

ALUR TUJUAN PEMBELAJARAN

KIMIA

Kelas XI

Tahun Pelajaran 2025/2026

SMAN 13 KOTA JAMBI

ALUR TUJUAN PEMBELAJARAN (ATP)

Berdasarkan:

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH NOMOR 046/H/KR/2025

TENTANG

CAPAIAN PEMBELAJARAN PADA PENDIDIKAN ANAK USIA DINI, JENJANG PENDIDIKAN DASAR, DAN JENJANG PENDIDIKAN MENENGAH

ALUR TUJUAN PEMBELAJARAN (ATP)

NAMA SATUAN PENDIDIKAN : SMAN 13 Kota Jambi

MATA PELAJARAN : KIMIA

FASE / KELAS : F / XI

SEMESTER : GANJIL dan GENAP

TAHUN PELAJARAN : 2025/2026

CAPAIAN PEMBELAJARAN	Pada akhir fase F, murid memiliki kemampuan sebagai berikut. 1. Pemahaman Kimia Menganalisis hubungan struktur atom dengan sistem periodik unsur; membandingkan jenis ikatan kimia serta kaitannya dengan bentuk molekul dan gaya intermolekuler dalam memprediksi sifat fisik materi; mengaitkan perubahan entalpi standar dari suatu reaksi kimia dengan sumber energi yang ada di lingkungan sekitar; menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi; menganalisis kesetimbangan kimia dan penerapannya; menjelaskan daya hantar listrik dan sifat koligatif larutan; menjelaskan sel elektrokimia dalam kehidupan sehari-hari; dan menjelaskan senyawa karbon dan makromolekul. 2. Keterampilan Proses Menerapkan keterampilan proses yang mencakup: • Mengamati Mengamati fenomena ilmiah dalam kehidupan sehari-hari maupun di laboratorium dan mencatat hasil pengamatannya dengan memperhatikan detail dari objek yang diamati untuk memunculkan pertanyaan yang akan diselidiki.
-----------------------------	--

	• Mempertanyakan dan Memprediksi Merumuskan pertanyaan ilmiah tentang hubungan antar variabel dan hipotesis yang dapat diselidiki secara ilmiah. • Merencanakan dan Melakukan Penyelidikan Merencanakan dan memilih metode yang sesuai serta mengendalikan variabel berdasarkan referensi untuk mengumpulkan data yang dapat dipercaya; memilih dan menggunakan alat dan bahan, termasuk penggunaan teknologi digital yang sesuai untuk mengumpulkan serta mencatat data secara sistematis dan akurat. • Memproses, Menganalisis Data dan Informasi Menafsirkan informasi yang diperoleh dengan jujur dan bertanggung jawab; menggunakan berbagai metode untuk menganalisa pola dan kecenderungan pada data; mendeskripsikan hubungan antar variabel serta mengidentifikasi inkonsistensi yang terjadi; menggunakan data dan rujukan untuk menarik kesimpulan yang konsisten dengan hasil penyelidikan. • Mengevaluasi dan Refleksi Mengidentifikasi sumber ketidakpastian dan kemungkinan penjelasan alternatif dalam rangka mengevaluasi kesimpulan serta menjelaskan cara spesifik untuk meningkatkan kualitas data; menganalisis validitas informasi dari sumber primer dan sekunder serta mengevaluasi pendekatan yang digunakan untuk menyelesaikan masalah dalam penyelidikan. • Mengomunikasikan Hasil Mengomunikasikan hasil penyelidikan secara sistematis dan utuh ditunjang dengan argumen ilmiah dan terbuka terhadap pendapat yang lebih relevan.
RASIONALISASI	Kimia adalah ilmu yang mempelajari materi dan energi serta perubahan yang menyertainya. Secara filosofis, kimia berpijak pada keyakinan bahwa segala sesuatu di alam semesta tersusun atas partikel-partikel kecil (atom dan molekul) yang dapat mengalami transformasi melalui interaksi dan reaksi kimia. Transformasi ini senantiasa melibatkan energi, baik dalam bentuk pelepasan maupun penyerapan. Prinsip-prinsip dasar ini menuntun kita untuk memahami dunia secara sistematis, mengungkap keteraturan dalam perubahan zat, serta menyadari keterkaitan antara struktur, sifat, dan fungsi suatu materi. Ilmu kimia memiliki peran sentral dalam pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. Pemahaman kimia memungkinkan integrasi pengetahuan dari berbagai bidang untuk menyelesaikan masalah kompleks di dunia nyata. Berbagai inovasi dalam bidang energi, kesehatan, lingkungan, pangan, material, dan manufaktur berbasis pada prinsip-prinsip kimia. Oleh karena itu, pembelajaran Kimia tidak hanya relevan secara akademik, tetapi juga strategis dalam mempersiapkan murid dalam menghadapi tantangan global seperti krisis energi, perubahan iklim, dan pengembangan teknologi hijau. Ilmu kimia memiliki keterkaitan yang erat dengan bidang ilmu lainnya.

Dalam bidang biologi, pemahaman reaksi biokimia sangat bergantung pada konsep kimia. Dalam bidang Fisika, teori atom, termodinamika, spektroskopi, dan mekanika kuantum digunakan untuk menjelaskan ikatan kimia dan struktur molekul. Di bidang geografi dan geologi, kimia diperlukan untuk memahami siklus materi dan unsur di bumi. Bahkan dalam ekonomi dan kebijakan publik, kimia menjadi pertimbangan dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan industry dan lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa kimia berfungsi sebagai jembatan konseptual antar bidang ilmu.

Pembelajaran Kimia tidak berhenti pada penguasaan konsep dan rumus secara mekanistik, melainkan perlu diarahkan untuk membangun pemahaman konseptual yang mendalam, keterampilan berpikir kritis, serta kemampuan memecahkan masalah yang kompleks. Oleh karena itu, pendekatan pembelajaran mendalam sangat relevan diterapkan dalam mata pelajaran Kimia. Melalui pendekatan ini, murid didorong untuk mengeksplorasi keterkaitan antar konsep, mengaplikasi dalam kehidupan nyata, serta mengembangkan pertanyaan-pertanyaan reflektif yang mendorong penalaran dan pengambilan keputusan berbasis ilmiah.

Pada jenjang SMA/MA/Program Paket C, Kimia ditetapkan sebagai mata pelajaran yang mulai diajarkan sejak kelas XI.

Penetapan ini mempertimbangkan beberapa aspek penting yang berkaitan dengan kesiapan murid dan struktur kurikulum. Dari sisi karakteristik ilmu kimia, pembelajaran Kimia memerlukan pemahaman konseptual yang kuat, penalaran logis, serta keterampilan berpikir abstrak. Oleh karena itu, mata pelajaran kimia lebih tepat diberikan setelah murid memperoleh dasar-dasar pengetahuan IPA umum di Fase D (kelas VII-IX) dan E (kelas X), sehingga pada Fase F (kelas XI dan XII), mereka sudah memiliki pondasi kognitif yang memadai untuk mendalami konsep-konsep kimia yang lebih kompleks.

Pembelajaran Kimia memberi ruang bagi murid untuk mempersiapkan pembelajaran lebih lanjut sesuai dengan minat, bakat, dan rencana karir masa depan. Bagi murid yang berminat pada rumpun saintek, seperti kedokteran, teknik, farmasi, pertanian, atau bidang sains murni, Kimia menjadi mata pelajaran penting dan relevan. Model pembelajaran Kimia pada Fase F dirancang untuk lebih mengembangkan pemahaman yang mendalam dan aplikatif. Pembelajaran tidak hanya berfokus pada penguasaan konsep teoritis, tetapi juga pada pemecahan masalah, kerja laboratorium, studi kasus, dan proyek kontekstual. Hal ini sejalan dengan pendekatan pembelajaran mendalam yang menekankan keterkaitan antar konsep, pemikiran reflektif, serta penerapan ilmu kimia dalam kehidupan nyata.

Mata pelajaran Kimia merupakan sarana yang strategis dalam mengembangkan dimensi profil lulusan. Dimensi-dimensi tersebut meliputi keimanan dan ketakwaan kepada Tuhan Yang Maha Esa, kewargaan, penalaran kritis, kreativitas, kolaborasi, kemandirian, kesehatan, dan komunikasi. Melalui pembelajaran kimia, murid tidak hanya mengembangkan pengetahuan ilmiah, tetapi juga membangun karakter dan keterampilan hidup yang dapat diterapkan dalam berbagai

	konteks, baik secara individu maupun dalam kolaborasi. Untuk itu, pendidik perlu merancang pengalaman belajar yang tidak hanya informatif, tetapi juga transformatif yang mendorong murid untuk terlibat aktif dalam eksperimen, proyek berbasis masalah, diskusi kontekstual, dan refleksi terhadap makna pembelajaran.
TUJUAN	Mata pelajaran Kimia bertujuan untuk membekali murid agar dapat: 1. Membentuk sikap religius dengan menyadari keteraturan dan keindahan alam serta mengagungkan kebesaran Tuhan Yang Maha Esa; 2. Menumbuhkan sikap ilmiah yang bertanggung jawab; mengembangkan rasa ingin tahu, integritas, kejujuran, adil, sikap saling menghormati, memahami kekuatan dan keterbatasan diri dan menjadi pembelajar sepanjang hayat; 3. Memahami konsep-konsep dasar kimia secara menyeluruh dan mendalam melalui serangkaian keterampilan proses dan keterampilan berpikir, serta mampu menerapkan pengetahuan kimia dalam menganalisis dan memecahkan masalah baik secara konseptual maupun praktis, dengan pendekatan kontekstual yang relevan dengan kehidupan sehari-hari, lingkungan, dan perkembangan teknologi; 4. Mengembangkan keahlian dalam melakukan serangkaian investigasi ilmiah terhadap fenomena sehari-hari maupun yang teramati di laboratorium secara mandiri maupun kolaboratif, mulai dari merumuskan masalah secara kritis, mengajukan dan menguji hipotesis, merancang dan menyusun instrumen percobaan, mengumpulkan, mengolah, menganalisis, data kualitatif maupun kuantitatif, serta mengomunikasikan berbagai hasil investigasi secara lisan dan tertulis secara utuh dan sistematis;
KARAKTERISTIK	Kimia mempelajari susunan dan struktur materi, sifat-sifat materi, bagaimana dan mengapa materi tergabung atau terpisah untuk membentuk materi baru, serta energi yang menyertai perubahannya. Karakter utama ilmu Kimia terletak pada kemampuannya menjembatani antara dunia makroskopik (yang dapat diamati secara langsung), dengan dunia submikroskopik (yang melibatkan atom, molekul, dan ion yang tidak tampak oleh indera). Untuk menjelaskan fenomena ini, pembelajaran Kimia juga menggunakan representasi simbolik berupa rumus kimia, persamaan reaksi, diagram, dan model, sehingga menuntut murid untuk berpikir abstrak dan terampil menghubungkan berbagai bentuk representasi secara terpadu. Mata pelajaran Kimia fase F diorganisasikan dalam 2 (dua) elemen, yaitu pemahaman kimia dan keterampilan proses.

	Pemahaman kimia mencakup semua materi yang dipelajari yang meliputi termokimia, struktur atom, ikatan kimia, bentuk molekul, gaya intermolekuler, larutan, laju reaksi, kesetimbangan kimia, sel elektrokimia, senyawa karbon, dan makromolekul. Keterampilan proses mencakup keseluruhan proses ilmiah dari mengamati fenomena sampai dengan mengomunikasikan hasil penyelidikan. Dalam melaksanakan pembelajaran, elemen keterampilan proses adalah cara yang dilakukan untuk memperoleh pemahaman kimia sehingga kedua elemen ini disampaikan dalam satu kesatuan yang utuh yang tidak diturunkan menjadi tujuan pembelajaran yang terpisah. Elemen dan deskripsi elemen mata pelajaran Kimia adalah sebagai berikut.
Elemen Pemahaman Kimia	Pemahaman fakta, konsep, prinsip, hukum, dan teori pada materi struktur atom, ikatan kimia, bentuk molekul, gaya intermolekuler, termokimia, laju reaksi, kesetimbangan kimia, sel elektrokimia, senyawa karbon, dan makromolekul
Elemen Keterampilan Proses	Keterampilan yang dibutuhkan murid dalam memahami kimia yang meliputi kemampuan mengamati; mempertanyakan dan memprediksi; merencanakan dan melakukan penyelidikan; memproses, menganalisis data dan informasi; mengevaluasi dan refleksi; serta mengomunikasikan hasil. Keterampilan proses tidak selalu merupakan urutan langkah, melainkan suatu siklus yang dinamis yang dapat disesuaikan berdasarkan perkembangan dan kemampuan murid.

NO	Tujuan Pembelajaran	Alur Tujuan Pembelajaran	Alokasi Waktu	Kata Kunci	Profil Pelajar Pancasila
11.1	Peserta didik memiliki kemampuan memahami konsep mol dan stoikiometri dalam menyelesaikan perhitungan kimia	11.1.1 Memahami konsep Atom relatif (Ar) dan Molekul relatif (Mr)		Ar dan Mr	o DPL 3 - Penalaran Kritis o DPL 5 - Kolaborasi
		11.1.2 Menganalisis konsep mol untuk menyelesaikan perhitungan kimia (hubungan antara jumlah mol, partikel, massa dan volume gas dalam persamaan reaksi serta pereaksi pembatas)		Konsep mol Mol dan Stoikiometri	o DPL 3 - Penalaran Kritis o DPL 5 - Kolaborasi
		11.1.3 Menganalisis rumus empiris dan rumus molekul		Rumus Empiris, Rumus Molekul	o DPL 3 - Penalaran Kritis o DPL 5 - Kolaborasi

NO	Tujuan Pembelajaran	Alur Tujuan Pembelajaran	Alokasi Waktu	Kata Kunci	Profil Pelajar Pancasila
		suatu senyawa berdasarkan massa penyusun unsur			
		11.1.4 Menentukan kadar zat dan air Kristal dalam suatu senyawa		Kadar zat, Air Kristal	o DPL 3 - Penalaran Kritis o DPL 5 - Kolaborasi
11.2	Peserta didik memiliki kemampuan memahami ikatan kimia dalam kaitannya dengan interaksi antar partikel materi dan sifat fisik materi	11.2.1 Menjelaskan terbentuknya ikatan ion, ikatan kovalen, dan ikatan logam		Ikatan Ion, Ikatan Kovalen, dan Ikatan Logam	o DPL 3 - Penalaran Kritis
		11.2.2 Menganalisis perbedaan antara ikatan ion dan kovalen dari sifat fisik senyawa.			o DPL 3 - Penalaran Kritis
		11.2.3 Membuat dan mengevaluasi struktur Lewis untuk senyawa sederhana.		Struktur Lewis	o DPL 3 - Penalaran Kritis
		11.2.4 Menjelaskan konsep ikatan koordinasi.		Kovalen koordinasi	o DPL 3 - Penalaran Kritis
		11.2.5 Menentukan bentuk molekul dan sudut ikatan dengan Teori Pasangan Elektron Kulit Valensi (VSEPR) atau Teori Domain elektron dan teori hibridisasi		Bentuk Molekul	o DPL 3 - Penalaran Kritis
		11.2.6 Memahami ikatan kovalen polar dan ikatan kovalen nonpolar serta senyawa polar dan senyawa nonpolar.		Kepolaran	o DPL 3 - Penalaran Kritis

NO	Tujuan Pembelajaran	Alur Tujuan Pembelajaran	Alokasi Waktu	Kata Kunci	Profil Pelajar Pancasila
		11.2.7 Menghubungkan interaksi antarion, atom dan molekul dengan sifat fisika zat		Interaksi antar molekul	o DPL 3 - Penalaran Kritis
11.3	Peserta didik memiliki kemampuan memahami konsep termokimia	11.3.1 Menjelaskan konsep dasar reaksi eksoterm dan endoterm berdasarkan perubahan entalpi.		Reaksi Eksoterm, Reaksi Endoterm	o DPL 3 - Penalaran Kritis
		11.3.2 Menganalisis grafik dan persamaan termokimia untuk menentukan jenis reaksi.		Grafik termokimia	o DPL 3 - Penalaran Kritis
		11.3.3 Memahami konsep ΔH sebagai kalor reaksi dan berbagai jenis entalpi reaksi (entalpi pembentukan, entalpi pembakaran, dan lain-lain)	2	Reaksi eksoterm, reaksi endoterm, Perubahan entalpi (ΔH)	o DPL 3 - Penalaran Kritis
		11.3.4 Melakukan perhitungan perubahan entalpi berdasarkan persamaan termokimia		Persamaan termokimia	o DPL 3 - Penalaran Kritis
		11.3.5 Menentukan perubahan entalpi reaksi berdasarkan energi ikatan rata-rata		Energi ikatan rata-rata	o DPL 3 - Penalaran Kritis
		11.3.6 Menjelaskan cara menentukan perubahan entalpi reaksi berdasarkan entalpi pembentukan standar, persamaan reaksi dan diagram entalpi berdasarkan hukum Hess.	8	Hukum Hess, Entalpi Pembentukan, Entalpi Penguraian Entalpi Pembakaran,	o DPL 3 - Penalaran Kritis
		11.3.7 Menggunakan persamaan termokimia untuk mengaitkan perubahan jumlah pereaksi atau hasil reaksi dengan perubahan energi berdasarkan kalorimeter	2	Kalorimeter	o DPL 3 - Penalaran Kritis
11.4	Peserta didik memiliki	11.4.1	2		o DPL 3 - Penalaran Kritis

NO	Tujuan Pembelajaran	Alur Tujuan Pembelajaran	Alokasi Waktu	Kata Kunci	Profil Pelajar Pancasila
	kemampuan konsep teori tumbukan antar partikel materi sebagai dasar konsep laju reaksi	Mendefinisikan dan menghitung laju reaksi.			
	.	11.4.2 Menganalisis pengaruh suhu, konsentrasi, luas permukaan, dan katalis terhadap laju reaksi.		Faktor yang mempengaruhi laju reaksi	o DPL 3 - Penalaran Kritis
		11.4.3 Mampu menjelaskan laju reaksi berdasarkan teori tumbukan dan energi aktivasi		Teori tumbukan,	o DPL 3 - Penalaran Kritis
		11.4.4 Mampu menganalisis hubungan laju terhadap konsentrasi untuk menentukan hukum laju dan orde reaksi.		Orde reaksi, Persamaan laju reaksi, Tetapan laju reaksi	o DPL 3 - Penalaran Kritis
11.5	Peserta didik memiliki kemampuan kesetimbangan kimia untuk mengamati perilaku reaktan dan produk pada level mikroskopik	11.5.1 Menjelaskan konsep dasar kesetimbangan kimia.		Rumus Tetapan Kesetimbangan	o DPL 3 Penalaran Kritis o DPL 4 Kreativitas o DPL 5 Kolaborasi
		11.5.2 Menganalisis pengaruh perubahan konsentrasi, suhu, dan tekanan terhadap posisi		Pergeseran Kesetimbangan	o DPL 3 Penalaran Kritis o DPL 4 Kreativitas o DPL 5 Kolaborasi
		11.5.3 Menghitung konstanta kesetimbangan berdasarkan konsentrasi (K_c) dari data yang diberikan.		Tetapan Kesetimbangan berdasarkan konsentrasi, K_c , derajat disosiasi (α)	o DPL 3 Penalaran Kritis o DPL 4 Kreativitas o DPL 5 Kolaborasi
		11.5.4 Menghitung konstanta kesetimbangan		Tetapan	o DPL 3 Penalaran Kritis o DPL 4 Kreativitas

NO	Tujuan Pembelajaran	Alur Tujuan Pembelajaran	Alokasi Waktu	Kata Kunci	Profil Pelajar Pancasila
		berdasarkan tekanan (Kp) dari data yang diberikan.		Keseimbangan berdasarkan tekanan , Kp	o DPL 5 Kolaborasi
		11.5.5 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah keseimbangan dan penerapannya prinsip Le Chatelier pada dalam industri		Pergeseran keseimbangan	o DPL 3 Penalaran Kritis o DPL 4 Kreativitas o DPL 5 Kolaborasi
11.6	Peserta didik memiliki kemampuan korelasi antara pH larutan asam, basa, garam dan larutan penyangga serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari	11.6.1 Menganalisis perbedaan larutan elektrolit dan non-elektrolit berdasarkan hasil eksperimen.		Larutan Elektrolit dan non Elektrolit	o DPL 3 - Penalaran Kritis
		11.6.2 Menginterpretasikan hasil uji daya hantar listrik berbagai larutan.		Larutan Elektrolit dan non Elektrolit	o DPL 3 - Penalaran Kritis
				SEMESTER 2	
11.6	Peserta didik memiliki kemampuan korelasi antara pH larutan asam, basa, garam dan larutan penyangga serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari	11.6.3 Mengidentifikasi dan menjelaskan berbagai konsep asam-basa berdasarkan teori Arrhenius, Brønsted-Lowry, dan Lewis secara kritis dan kontekstual		Teori Asam Basa Lewis, Bronsted Lowry dan Arrhenius	o DPL 3 Penalaran Kritis o DPL 4 Kreativitas o DPL 5 Kolaborasi
		11.6.4 Menentukan trayek perubahan pH beberapa indikator pH dan yang diekstrak dari bahan alam		Trayek pH, Indikator asam basa	o DPL 3 Penalaran Kritis o DPL 4 Kreativitas o DPL 5 Kolaborasi
		11.6.5		pH asam kuat, asam	o DPL 3 Penalaran Kritis

NO	Tujuan Pembelajaran	Alur Tujuan Pembelajaran	Alokasi Waktu	Kata Kunci	Profil Pelajar Pancasila
		Menghitung pH larutan asam dan basa, baik yang kuat maupun lemah, serta menganalisis pengaruh perubahan konsentrasi terhadap nilai pH.		lemah, basa kuat, basa lemah	o DPL 4 Kreativitas o DPL 5 Kolaborasi
		11.6.6 Mendeskripsikan prinsip titrasi asam basa berdasarkan metode titrasi netralisasi		Titrasi	o DPL 3 Penalaran Kritis o DPL 4 Kreativitas o DPL 5 Kolaborasi
		11.6.7 Penerapan titrasi dalam penentuan kadar suatu zat		Titrasi	o DPL 3 Penalaran Kritis o DPL 4 Kreativitas o DPL 5 Kolaborasi
		11.6.8 Menganalisis kesetimbangan ion dalam larutan garam dan jenis-jenisnya		Hidrolisis	o DPL 3 Penalaran Kritis o DPL 4 Kreativitas o DPL 5 Kolaborasi
		11.6.9 Mengidentifikasi garam yang mengalami hidrolisis dan menentukan sifat larutannya (asam, basa, netral)		Hidrolisis	o DPL 3 Penalaran Kritis o DPL 4 Kreativitas o DPL 5 Kolaborasi
		11.6.10 Menghitung pH larutan garam hasil hidrolisis		Hidrolisis	o DPL 3 Penalaran Kritis o DPL 4 Kreativitas o DPL 5 Kolaborasi
		11.6.11 Menjelaskan konsep dan fungsi larutan penyangga		Konsep larutan penyangga	o DPL 3 Penalaran Kritis o DPL 4 Kreativitas o DPL 5 Kolaborasi
		11.6.12 Mengidentifikasi jenis larutan penyangga berdasarkan komponen penyusunnya		Jenis larutan penyangga	o DPL 3 Penalaran Kritis o DPL 4 Kreativitas o DPL 5 Kolaborasi
		11.6.13 Melakukan perhitungan pH suatu larutan Buffer melalui metode problem solving yang tepat		Perhitungan pH larutan Penyangga	o DPL 3 Penalaran Kritis o DPL 4 Kreativitas o DPL 5 Kolaborasi
		11.6.14 Menganalisis aplikasi larutan penyangga dalam kehidupan sehari-hari		Larutan Penyangga dalam kehidupan	o DPL 3 Penalaran Kritis o DPL 4 Kreativitas o DPL 5 Kolaborasi

NO	Tujuan Pembelajaran	Alur Tujuan Pembelajaran	Alokasi Waktu	Kata Kunci	Profil Pelajar Pancasila
		11.6.15 Menjelaskan pengertian kelarutan dan hasil kali kelarutan (Ksp).		Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan	o DPL 3 Penalaran Kritis
		11.6.16 Menghitung kelarutan dari nilai Ksp dan sebaliknya.			o DPL 3 Penalaran Kritis
		11.6.17 Menganalisis pengaruh ion bersama dan pengaruh pH terhadap kelarutan.			o DPL 3 Penalaran Kritis
		11.6.18 Menerapkan konsep Ksp dalam memprediksi pembentukan endapan.			o DPL 3 Penalaran Kritis
		11.6.19 Mengidentifikasi sistem koloid dan membedakannya dari larutan dan suspensi		Sistem Koloid	
		11.6.20 Menganalisis sifat-sifat koloid dan jenis-jenis koloid berdasarkan fase terdispersi dan medium pendispersinya			
		11.6.21 Mengamati efek Tyndall dan gerak Brown melalui eksperimen			
		11.6.22 Mengevaluasi aplikasi koloid dalam kehidupan dan industri			

Mengetahui,
Kepala SMAN 13 Kota Jambi,

Jambi , 15 Juli 2025
Guru Mata Pelajaran Kimi

Ika Kartikasari, S.Si, M.Pd
NIP. 19770513 200903 2 006

Sri Hastutik,S.Pd
NIP.19740716 200903 2 002

PROGRAM TAHUNAN

KIMIA

Kelas XI

Tahun Pelajaran 2025/2026

SMA NEGERI 13 KOTA JAMBI

PROGRAM TAHUNAN (PROTA)

SATUAN PENDIDIKAN	: SMA NEGERI 13 KOTA JAMBI
MATA PELAJARAN	: KIMIA
KELAS / FASE	: XI (SEBELAS) / F
TAHUN PENYUSUNAN	: 2025 / 2026

CAPAIAN PEMBELAJARAN KIMIA

A. Rasional

Kimia adalah ilmu yang mempelajari materi dan energi serta perubahan yang menyertainya. Secara filosofis, kimia berpijak pada keyakinan bahwa segala sesuatu di alam semesta tersusun atas partikel-partikel kecil (atom dan molekul) yang dapat mengalami transformasi melalui interaksi dan reaksi kimia.

Transformasi ini senantiasa melibatkan energi, baik dalam bentuk pelepasan maupun penyerapan. Prinsip-prinsip dasar ini menuntun kita untuk memahami dunia secara sistematis, mengungkap keteraturan dalam perubahan zat, serta menyadari keterkaitan antara struktur, sifat, dan fungsi suatu materi.

Ilmu kimia memiliki peran sentral dalam pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. Pemahaman kimia memungkinkan integrasi pengetahuan dari berbagai bidang untuk menyelesaikan masalah kompleks di dunia nyata.

Berbagai inovasi dalam bidang energi, kesehatan, lingkungan, pangan, material, dan manufaktur berbasis pada prinsip-prinsip kimia. Oleh karena itu, pembelajaran Kimia tidak hanya relevan secara akademik, tetapi juga strategis dalam mempersiapkan murid dalam menghadapi tantangan global seperti krisis energi, perubahan iklim, dan pengembangan teknologi hijau. Ilmu kimia memiliki keterkaitan yang erat dengan bidang ilmu lainnya.

Dalam bidang biologi, pemahaman reaksi biokimia sangat bergantung pada konsep kimia. Dalam bidang Fisika, teori atom, termodinamika, spektroskopi, dan mekanika kuantum digunakan untuk menjelaskan ikatan kimia dan struktur molekul. Di bidang geografi dan geologi, kimia diperlukan untuk memahami siklus materi dan unsur di bumi. Bahkan dalam ekonomi dan kebijakan publik, kimia menjadi pertimbangan dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan industri dan lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa kimia berfungsi sebagai jembatan konseptual antar bidang ilmu.

Pembelajaran Kimia tidak berhenti pada penguasaan konsep dan rumus secara mekanistik, melainkan perlu diarahkan untuk membangun pemahaman konseptual yang mendalam, keterampilan berpikir kritis, serta kemampuan memecahkan masalah yang kompleks. Oleh karena itu, pendekatan pembelajaran mendalam sangat relevan diterapkan dalam mata pelajaran Kimia.

Melalui pendekatan ini, murid didorong untuk mengeksplorasi keterkaitan antar konsep, mengaplikasi dalam kehidupan nyata, serta mengembangkan pertanyaan-pertanyaan reflektif yang mendorong penalaran dan pengambilan keputusan berbasis ilmiah.

Pada jenjang SMA/MA/Program Paket C, Kimia ditetapkan sebagai mata pelajaran yang mulai diajarkan sejak kelas XI.

Penetapan ini mempertimbangkan beberapa aspek penting yang berkaitan dengan kesiapan murid dan struktur kurikulum. Dari sisi karakteristik ilmu kimia, pembelajaran Kimia memerlukan pemahaman konseptual yang kuat, penalaran logis, serta keterampilan berpikir abstrak. Oleh karena itu, mata pelajaran kimia lebih tepat diberikan setelah murid memperoleh dasar-dasar pengetahuan IPA umum di Fase D (kelas VII-IX) dan E (kelas X), sehingga pada Fase F (kelas XI dan XII), mereka sudah memiliki pondasi kognitif yang memadai untuk mendalami konsep-konsep kimia yang lebih kompleks.

Pembelajaran Kimia memberi ruang bagi murid untuk mempersiapkan pembelajaran lebih lanjut sesuai dengan minat, bakat, dan rencana karir masa depan. Bagi murid yang berminat pada rumpun saintek, seperti kedokteran, teknik, farmasi, pertanian, atau bidang sains murni, Kimia menjadi mata pelajaran penting dan relevan. Model pembelajaran Kimia pada Fase F dirancang untuk lebih mengembangkan pemahaman yang mendalam dan aplikatif. Pembelajaran tidak hanya berfokus pada penguasaan konsep teoritis, tetapi juga pada pemecahan masalah, kerja laboratorium, studi kasus, dan proyek kontekstual. Hal ini sejalan dengan pendekatan pembelajaran mendalam yang menekankan keterkaitan antar konsep, pemikiran reflektif, serta penerapan ilmu kimia dalam kehidupan nyata.

Mata pelajaran Kimia merupakan sarana yang strategis dalam mengembangkan dimensi profil lulusan. Dimensi-dimensi tersebut meliputi keimanan dan ketakwaan kepada Tuhan Yang Maha Esa, kewargaan, penalaran kritis, kreativitas, kolaborasi, kemandirian, kesehatan, dan komunikasi. Melalui pembelajaran kimia, murid tidak hanya mengembangkan pengetahuan ilmiah, tetapi juga membangun karakter dan keterampilan hidup yang dapat diterapkan dalam berbagai konteks, baik secara individu maupun dalam kolaborasi. Untuk itu, pendidik perlu merancang pengalaman belajar yang tidak hanya informatif, tetapi juga transformatif yang mendorong murid untuk terlibat aktif dalam eksperimen, proyek berbasis masalah, diskusi kontekstual, dan refleksi terhadap makna pembelajaran.

B. Tujuan

Mata pelajaran Kimia bertujuan untuk membekali murid agar dapat:

1. Membentuk sikap religius dengan menyadari keteraturan dan keindahan alam serta mengagungkan kebesaran Tuhan Yang Maha Esa;
2. Menumbuhkan sikap ilmiah yang bertanggung jawab; mengembangkan rasa ingin tahu, integritas, kejujuran, adil, sikap saling menghormati, memahami kekuatan dan keterbatasan diri dan menjadi pembelajar sepanjang hayat;
3. Memahami konsep-konsep dasar kimia secara menyeluruh dan mendalam melalui serangkaian keterampilan proses dan keterampilan berpikir, serta mampu menerapkan pengetahuan kimia dalam menganalisis dan memecahkan masalah baik secara konseptual maupun praktis, dengan pendekatan kontekstual yang relevan dengan kehidupan sehari-hari, lingkungan, dan perkembangan teknologi;
4. Mengembangkan keahlian dalam melakukan serangkaian investigasi ilmiah terhadap fenomena sehari-hari maupun yang teramati di laboratorium secara mandiri maupun kolaboratif, mulai dari merumuskan masalah secara kritis, mengajukan dan menguji hipotesis, merancang dan menyusun instrumen percobaan, mengumpulkan, mengolah,

menganalisis, data kualitatif maupun kuantitatif, serta mengomunikasikan berbagai hasil investigasi secara lisan dan tertulis secara utuh dan sistematis;

C. Karakteristik

Kimia mempelajari susunan dan struktur materi, sifat-sifat materi, bagaimana dan mengapa materi tergabung atau terpisah untuk membentuk materi baru, serta energi yang menyertai perubahannya. Karakter utama ilmu Kimia terletak pada kemampuannya menjembatani antara dunia makroskopik (yang dapat diamati secara langsung), dengan dunia submikroskopik (yang melibatkan atom, molekul, dan ion yang tidak tampak oleh indera). Untuk menjelaskan fenomena ini, pembelajaran Kimia juga menggunakan representasi simbolik berupa rumus kimia, persamaan reaksi, diagram, dan model, sehingga menuntut murid untuk berpikir abstrak dan terampil menghubungkan berbagai bentuk representasi secara terpadu.

Mata pelajaran Kimia fase F diorganisasikan dalam 2 (dua) elemen, yaitu pemahaman kimia dan keterampilan proses.

Pemahaman kimia mencakup semua materi yang dipelajari yang meliputi termokimia, struktur atom, ikatan kimia, bentuk molekul, gaya intermolekuler, larutan, laju reaksi, kesetimbangan kimia, sel elektrokimia, senyawa karbon, dan makromolekul. Keterampilan proses mencakup keseluruhan proses ilmiah dari mengamati fenomena sampai dengan mengomunikasikan hasil penyelidikan. Dalam melaksanakan pembelajaran, elemen keterampilan proses adalah cara yang dilakukan untuk memperoleh pemahaman kimia sehingga kedua elemen ini disampaikan dalam satu kesatuan yang utuh yang tidak diturunkan menjadi tujuan pembelajaran yang terpisah.

Elemen dan deskripsi elemen mata pelajaran Kimia adalah sebagai berikut.

Elemen	Deskripsi
Pemahaman IPA	Pemahaman fakta, konsep, prinsip, hukum, dan teori pada materi struktur atom, ikatan kimia, bentuk molekul, gaya intermolekuler, termokimia, laju reaksi, kesetimbangan kimia, sel elektrokimia, senyawa karbon, dan makromolekul
Keterampilan Proses	Keterampilan yang dibutuhkan murid dalam memahami kimia yang meliputi kemampuan mengamati; mempertanyakan dan memprediksi; merencanakan dan melakukan penyelidikan; memproses, menganalisis data dan informasi; mengevaluasi dan refleksi; serta mengomunikasikan hasil. Keterampilan proses tidak selalu merupakan urutan langkah, melainkan suatu siklus yang dinamis yang dapat disesuaikan berdasarkan perkembangan dan kemampuan murid.

D. Capaian Pembelajaran

Fase F (Umumnya untuk Kelas XI dan XII SMA/MA/Program Paket C)

Pada akhir fase F, murid memiliki kemampuan sebagai berikut.

1. Pemahaman Kimia

Menganalisis hubungan struktur atom dengan sistem periodik unsur; membandingkan jenis ikatan kimia serta kaitannya dengan bentuk molekul dan gaya intermolekuler dalam memprediksi sifat fisik materi; mengaitkan perubahan entalpi standar dari suatu reaksi kimia dengan sumber

energi yang ada di lingkungan sekitar; menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi; menganalisis kesetimbangan kimia dan penerapannya; menjelaskan daya hantar listrik dan sifat koligatif larutan; menjelaskan sel elektrokimia dalam kehidupan sehari-hari; dan menjelaskan senyawa karbon dan makromolekul.

2. Keterampilan Proses

Menerapkan keterampilan proses yang mencakup:

- Mengamati Mengamati fenomena ilmiah dalam kehidupan sehari-hari maupun di laboratorium dan mencatat hasil pengamatannya dengan memperhatikan detail dari objek yang diamati untuk memunculkan pertanyaan yang akan diselidiki.
- Mempertanyakan dan Memprediksi Merumuskan pertanyaan ilmiah tentang hubungan antar variabel dan hipotesis yang dapat diselidiki secara ilmiah.
- Merencanakan dan Melakukan Penyelidikan Merencanakan dan memilih metode yang sesuai serta mengendalikan variabel berdasarkan referensi untuk mengumpulkan data yang dapat dipercaya; memilih dan menggunakan alat dan bahan, termasuk penggunaan teknologi digital yang sesuai untuk mengumpulkan serta mencatat data secara sistematis dan akurat.
- Memproses, Menganalisis Data dan Informasi Menafsirkan informasi yang diperoleh dengan jujur dan bertanggung jawab; menggunakan berbagai metode untuk menganalisa pola dan kecenderungan pada data; mendeskripsikan hubungan antar variabel serta mengidentifikasi inkonsistensi yang terjadi; menggunakan data dan rujukan untuk menarik kesimpulan yang konsisten dengan hasil penyelidikan.
- Mengevaluasi dan Refleksi Mengidentifikasi sumber ketidakpastian dan kemungkinan penjelasan alternatif dalam rangka mengevaluasi kesimpulan serta menjelaskan cara spesifik untuk meningkatkan kualitas data;

PERHITUNGAN MINGGU/ JAM EFEKTIF :

A. PERHITUNGAN JAM EFEKTIF:

SEMESTER 1

No	Bulan	Jumlah Minggu	Jumlah Minggu Tidak Efektif	Jumlah Minggu Efektif	Tidak Efektif di Minggu Ke
1.	Juli	5	2	3	(Libur smst 1, MPLS 2)
2.	Agustus	4	0	4	-
3.	September	4	0	4	-
4.	Oktober	5	0	5	-
5.	Nopember	4	0	4	3,4 (Kokurikuler)
6.	Desember	4	3	1	3.4 (Libur smt)
Jumlah		26	-5	21	

1. Banyaknya Minggu Efektif = $26 - 5 = 21$ minggu
2. Kokurikuler 2 minggu = $4 \times 5 \text{ jam} = 20 \text{ JP}$
3. Banyaknya Jam Pelajaran Efektif = $21 \text{ minggu} \times 5 = 105 \text{ jam pelajaran.}$
3. Banyaknya Jam Pelajaran Efektif mapel kimia = $105 - 20 \text{ jp} = 85 \text{ jam pelajaran.}$

SEMESTER 2

No	Bulan	Jumlah Minggu	Jumlah Minggu Tidak Efektif	Jumlah Minggu Efektif	Tidak Efektif di Minggu Ke
1.	Januari	4	0	4	4(kokurikuler)
2.	Pebruari	4	0	4	-
3.	Maret	4	2	2	3,4(Libur idul fitri)
4.	April	5	0	5	-
5.	Mei	4		4	
6.	Juni	4	2	2	3,4 (Libur Semester)
Jumlah		25	-4	21	

1. Banyaknya Minggu Efektif = $25 - 4 = 21$ minggu
2. Banyaknya Jam Pelajaran Efektif = $21 \text{ minggu} \times 5 \text{ jam pel.} = 105 \text{ jam pel.}$
3. Banyaknya Jam Pelajaran Efektif mapel kimia = $105 - 20 \text{ jp} = 85 \text{ jam pelajaran.}$

No	Materi	Alokasi Waktu
SEMESTER 1		
1	Ikatan Kimia	22
2	Termokimia	18
3	Laju reaksi	15
4	Keseimbangan Kimia	17
	Jumlah	72 JP
SEMESTER 2		

1	Asam-Basa	15
5	Larutan elektrolit dan Non Elektrolit	5
2	Titration	10
3	Hidrolisis	15
4	Larutan Penyangga	15
5	Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan	15
6	Koloid	5
	Jumlah	80 JP

Mengetahui,
Kepala SMAN 13 Kota Jambi

Jambi , 15 Juli 2025
Guru Mata Pelajaran Kimia

Ika Kartikasari, S.Si, M.Pd.
NIP. 19770513 200903 2 006

Sri Hastutik, S.Pd
NIP. 19740716 200903 2 002

PROGRAM SEMESTER

KIMIA

Kelas XI

Tahun Pelajaran 2025/2026

SMA NEGERI 13 KOTA JAMBI

PROGRAM SEMESTER

Tahun Pelajaran : 2025/2026
Mata Pelajaran : Kimia

Kelas/Semester : XI / Ganjil
Alokasi Waktu : 5 Jam / Minggu

No	Materi/ Tujuan Pembelajaran	Jml JP	Juli					Agustus					September					Oktober					November					Desember				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4	5	1	2	3	4		1	2	3	4	5
1	Ikatan Kimia				M	√	√	√	√	√	U												P	P				S	S	R	L	L
2	Termokimia				P						√		√	√	√	U							R	R				U	U	A	I	I
3	Keseimbangan kimia				L											√		√	√	√	U		O	O				M	M	P	B	B
4	Laju Reaksi				S																√	√	J	J	√			A	A	O	U	U
																							E	E				T	T	R	R	R
																							K	K				I	I			
	Jumlah Jam Efektif					5	5	5	5	5	5		5	5	5	5		5	5	5		5	5					F	F		S	S
	Jumlah Jam Cadangan																			5											M	M
	Jumlah Jam Total Semester Ganjil					5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5									S	S

Mengetahui,
Kepala SMAN 13 Kota Jambi,

Jambi , 15 Juli 2025
Guru Mata Pelajaran Kimi

Ika Kartikasari, S.Si, M.Pd
NIP. 19770513 200903 2 006

Sri Hastutik,S.Pd
NIP.19740716 200903 2 002

PROGRAM SEMESTER

Tahun Pelajaran : 2025/2026
Mata Pelajaran : Kimia

Kelas/Semester : XI / Genap
Alokasi Waktu : 5 Jam / Minggu

			Januari					Februari					Maret					April					Mei					Juni				
No	Materi/ Tujuan Pembelajaran	Jml JP	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Larutan Elektrolit		√	U																								S	R			
2	Asam-Basa				√	√		√	U																			U	A			
3	Titrasi									√	√		U															M	P			
4	Hidrolisis													√	√	√		U										A	O			
5	Larutan Penyangga																		√	√								T	R			
6	Kelarutan dan Ksp																						√		√	√		I				
7	Koloid																										√	F				
	Jumlah Jam Efektif		5		5	5		5	5	5	5			5	5	5			5	5			5	5	5	5	5					
	Jumlah Jam Cadangan																															
	Jumlah Jam Total Semester Genap		5		5	5		5		5	5			5	5	5			5	5			5	5	5	5	5					

Mengetahui,
Kepala SMAN 13 Kota Jambi,

Jambi , 15 Juli 2025
Guru Mata Pelajaran Kimi

Ika Kartikasari, S.Si, M.Pd
NIP. 19770513 200903 2 006

Sri Hastutik,S.Pd
NIP.19740716 200903 2 002

RENCANAAN PEMBELAJARAN MENDALAM

Ikatan Kimia

KIMIA

KELAS XI

Oleh:

Sri Hastutik, S.Pd

Tahun Pelajaran 2025/2026

SMA NEGERI 13 KOTA JAMBI

PERENCANAAN PEMBELAJARAN

Ikatan Kimia

Satuan Pendidikan : SMA Negeri 13 Kota Jambi
Mata Pelajaran : Kimia
Kelas/Fase : XI / F
Waktu : 9 x pertemuan (22 x 45 menit)

IDENTIFIKASI

Peserta Didik :

Peserta didik kelas XI SMA fase F yang memiliki latar belakang pengetahuan dasar tentang atom dan konfigurasi elektron.

Kesiapan belajar kimia pada materi **Ikatan Kimia** di kelas XI Fase F sangat dipengaruhi oleh **penguasaan konsep dasar struktur atom dan konfigurasi elektron** yang telah dipelajari di kelas X. Pemahaman tentang **jumlah proton, elektron, dan posisi unsur dalam tabel periodik**, termasuk **kecenderungan periodik** seperti keelektronegatifan, energi ionisasi, dan jari-jari atom, merupakan **fondasi utama** dalam memahami jenis dan kekuatan ikatan antar atom.

Pengetahuan awal tentang **konfigurasi elektron dan kestabilan gas mulia** menjadi titik awal bagi peserta didik untuk memahami **mengapa dan bagaimana atom berikatan**, baik melalui **pemindahan elektron (ikatan ion)** maupun **penggunaan bersama elektron (ikatan kovalen)**. Keterkaitan antara konfigurasi elektron dan **kemampuan atom membentuk pasangan elektron** merupakan kunci untuk menelaah **struktur Lewis, bentuk molekul**, serta **polaritas ikatan**.

Kemampuan berpikir logis dan spasial sangat dibutuhkan untuk memahami **visualisasi pembentukan ikatan, representasi struktur Lewis, dan prediksi bentuk molekul berdasarkan teori VSEPR**. Peserta didik yang memiliki minat terhadap **visualisasi molekul dan simulasi interaktif** umumnya menunjukkan antusiasme dan keterlibatan yang lebih tinggi dalam proses pembelajaran.

Latar belakang pembelajaran di jenjang SMP, seperti pemahaman tentang **zat dan campuran, unsur dan senyawa**, serta **konsep sederhana ikatan ion dan kovalen**, menjadi pengantar yang penting. Akan tetapi, **penguatan konsep melalui eksperimen dan media interaktif** di SMA sangat krusial untuk membentuk pemahaman yang mendalam dan aplikatif.

Kebutuhan belajar peserta didik pada materi ini meliputi:

- **Model visual dan manipulatif**, seperti **simulasi pembentukan ikatan**, diagram Lewis, dan alat peraga molekul 3D.
- **Pendekatan kontekstual**, misalnya dengan mengaitkan ikatan kimia pada **penggunaan garam dapur, air, karbon dioksida, dan senyawa rumah tangga lainnya**.
- **Latihan bertahap**, mulai dari identifikasi jumlah elektron valensi hingga menentukan jenis ikatan dan polaritas molekul.

- **Bimbingan kelompok** atau tutor sebaya untuk membantu peserta didik yang kesulitan memahami logika antar konsep.

Faktor lain yang mempengaruhi kesiapan peserta didik termasuk:

- **Kemampuan bekerja dalam kelompok** untuk menyusun struktur Lewis secara kolaboratif.
- **Ketekunan dalam menyelesaikan soal berjenjang**, khususnya dalam menentukan jenis ikatan dan bentuk molekul.
- **Rasa ingin tahu terhadap sifat-sifat senyawa kimia** dan bagaimana ikatan mempengaruhi titik leleh, kelarutan, dan konduktivitas listrik suatu zat.
- **Gaya belajar dominan** (visual, kinestetik, atau verbal) yang perlu diperhatikan guru dalam menyusun strategi pembelajaran yang beragam.

Dukungan dari **lingkungan belajar yang kaya media**, seperti **video pembentukan ikatan, animasi geometri molekul, dan penggunaan aplikasi simulasi (misal: PhET)** akan sangat membantu peserta didik dalam **membangun model mental** yang tepat terhadap ikatan dan bentuk molekul.

Materi Pelajaran :

- Ikatan Ion,
- Ikatan Kovalen,
- Struktur Lewis,
- Bentuk Molekul,
- Polaritas, dan
- Ikatan Koordinasi
- Ikatan antar molekul (Ikatan Hidrogen, van der Waals, Gaya London)

Materi Ikatan Kimia

Materi *Ikatan Kimia* mencakup **pengetahuan faktual**, seperti jumlah elektron valensi, simbol unsur, dan letak unsur dalam tabel periodik; **pengetahuan konseptual**, seperti perbedaan ikatan ion dan kovalen, prinsip pembentukan ikatan berdasarkan kestabilan konfigurasi gas mulia, struktur Lewis, bentuk molekul berdasarkan teori VSEPR, dan konsep polaritas serta ikatan koordinasi. Materi ini juga melibatkan **pengetahuan prosedural**, seperti langkah-langkah menyusun struktur Lewis, menentukan bentuk molekul dari pasangan elektron di sekitar atom pusat, dan menganalisis kekuatan gaya antarmolekul (ikatan hidrogen, gaya van der Waals, dan gaya London). **Pengetahuan metakognitif** mencakup kemampuan peserta didik untuk menilai sendiri pemahamannya terhadap jenis ikatan yang terbentuk, kesesuaian struktur Lewis dengan data kimia, serta kesadaran akan kesalahan umum dalam menafsirkan bentuk dan polaritas molekul.

Materi ini sangat **relevan dengan kehidupan nyata** peserta didik karena berkaitan dengan sifat-sifat zat yang digunakan sehari-hari, seperti larut atau tidaknya suatu zat dalam air, titik didih dan leleh, kelarutan dalam pelarut polar/nonpolar, serta kekuatan interaksi dalam senyawa biologis dan industri. Pemahaman tentang ikatan kimia menjelaskan, misalnya, mengapa garam mudah larut dalam air (ikatan ionik polar), mengapa air dapat menetes membulat (gaya antarmolekul), atau mengapa karbon dioksida berbentuk gas sedangkan air berbentuk cair pada suhu ruang meskipun keduanya molekul kovalen.

Dalam **konteks teknologi dan industri**, materi ini mendasari pemahaman tentang sintesis senyawa kimia, reaktivitas bahan baku, formulasi obat, dan pengembangan material baru

dengan sifat fisis tertentu, seperti kekuatan, fleksibilitas, dan konduktivitas. Konsep ikatan koordinasi juga penting dalam memahami struktur kompleks logam dalam katalis, hemoglobin, dan senyawa kompleks lain di bidang biokimia dan metalurgi.

Tingkat kesulitan materi berkisar dari sedang hingga tinggi karena memerlukan keterampilan visualisasi molekul dalam tiga dimensi, kemampuan menganalisis hubungan antara struktur dan sifat, serta pemahaman abstrak terhadap interaksi antar partikel yang tidak kasat mata. Tantangan muncul pada penyusunan struktur Lewis yang tepat, pemahaman geometri molekul dari pasangan elektron, dan interpretasi konsep polaritas yang bersifat konseptual.

Struktur materi disusun secara progresif: dimulai dari konsep elektron valensi dan kecenderungan stabilitas atom, dilanjutkan dengan ikatan ion dan kovalen sederhana, kemudian struktur Lewis dan prediksi bentuk molekul menggunakan teori tolakan pasangan elektron (VSEPR), polaritas molekul dan ikatan koordinasi, hingga interaksi antarmolekul yang mempengaruhi sifat zat.

Dalam proses pembelajarannya, dapat diintegrasikan **nilai dan karakter**, seperti:

- **Ketelitian**, karena kesalahan kecil dalam menggambar struktur dapat menghasilkan kesimpulan yang salah.
- **Kerjasama**, melalui diskusi kelompok dalam menentukan bentuk molekul atau struktur Lewis.
- **Rasa ingin tahu**, dalam menelusuri mengapa zat tertentu memiliki sifat unik berdasarkan jenis ikatannya.
- **Kejujuran ilmiah**, saat menyampaikan hasil analisis dan berdiskusi dalam kelompok.
- **Tanggung jawab**, baik dalam tugas mandiri maupun proyek kelompok.

Melalui pemahaman tentang ikatan kimia, peserta didik dapat mengembangkan **kesadaran akan keteraturan dan logika ilmiah** dalam struktur materi, serta membangun **apresiasi terhadap sains sebagai dasar dari teknologi dan kehidupan modern**. Pembelajaran ini tidak hanya berfokus pada kemampuan kognitif, tetapi juga membentuk sikap ilmiah dan pengembangan karakter positif dalam memahami dunia kimia.

Dimensi Profil Lulusan :

☒ **DPL 3 – Penalaran Kritis:** Mampu menganalisis dan mengevaluasi informasi serta menerapkannya dalam pemecahan masalah melalui proses berpikir logis dan sistematis.

DESAIN PEMBELAJARAN

Capaian Pembelajaran :

Pada akhir fase F, peserta didik mampu:

"Menganalisis interaksi antarpartikel penyusun zat melalui pemahaman tentang ikatan kimia (ionik, kovalen, koordinasi) dan gaya antarmolekul, serta mengaitkannya dengan struktur, sifat fisik, dan kegunaan zat dalam kehidupan sehari-hari dan industri."

Lintas Disiplin Ilmu:

- Fisika (gaya antar partikel)
- Biologi (peran senyawa dalam tubuh manusia)

- Teknologi Informasi (pemanfaatan media digital)

Tujuan Pembelajaran :

Peserta didik mampu:

- Menjelaskan terbentuknya ikatan ion, ikatan kovalen, dan ikatan logam
- Menganalisis perbedaan antara ikatan ion dan kovalen dari sifat fisik senyawa.
- Membuat dan mengevaluasi struktur Lewis untuk senyawa sederhana.
- Menjelaskan konsep ikatan koordinasi.
- Menentukan bentuk molekul dan sudut ikatan dengan Teori Pasangan Elektron Kulit Valensi (VSEPR) atau Teori Domain elektron dan teori hibridisasi
- Memahami ikatan kovalen polar dan ikatan kovalen nonpolar serta senyawa polar dan senyawa nonpolar.
- Menghubungkan interaksi antarion, atom dan molekul dengan sifat fisika zat

11.2.1 Menjelaskan terbentuknya ikatan ion, ikatan kovalen, dan ikatan logam

11.2.2 Menganalisis perbedaan antara ikatan ion dan kovalen dari sifat fisik senyawa.

11.2.3 Membuat dan mengevaluasi struktur Lewis untuk senyawa sederhana.

11.2.4 Menjelaskan konsep ikatan koordinasi.

11.2.5 Menentukan bentuk molekul dan sudut ikatan dengan Teori Pasangan Elektron Kulit Valensi (VSEPR) atau Teori Domain elektron dan teori hibridisasi

11.2.6 Memahami ikatan kovalen polar dan ikatan kovalen nonpolar serta senyawa polar dan senyawa nonpolar.

11.2.7 Menghubungkan interaksi antarion, atom dan molekul dengan sifat fisika zat

Topik Pembelajaran :

- Pertemuan 1: Konsep dasar ikatan ion dan kovalen
- Pertemuan 2: Struktur Lewis, bentuk molekul, dan polaritas
- Pertemuan 3: Gaya antarmolekul dan ikatan koordinasi
- Pertemuan 4: Presentasi dan penguatan materi

Praktik Pedagogis :

- Pembelajaran berbasis masalah (Problem-Based Learning)
- Inkuiri terbimbing
- Kolaboratif dan reflektif

Pembelajaran Berbasis Masalah (Problem-Based Learning)

- **Kegiatan:** Peserta didik diberikan masalah kontekstual seperti: *“Mengapa es mengapung di air?”*, *“Mengapa garam mudah larut dalam air tetapi minyak tidak?”* atau *“Mengapa zat dengan massa molekul lebih kecil bisa memiliki titik didih lebih tinggi?”*. Mereka diminta **menganalisis jenis ikatan antar molekul dan gaya antarmolekul** yang berperan.
- **Berkesadaran:** Mendorong kesadaran bahwa kimia bukan hanya hafalan, tetapi alat untuk memahami dan memecahkan persoalan dalam kehidupan nyata.
- **Bermakna:** Masalah dirancang dari situasi sehari-hari sehingga peserta didik dapat merasakan relevansinya secara langsung.
- **Menggembirakan:** Rasa ingin tahu terpicu melalui penyelidikan terhadap fenomena unik atau paradoks kimia.

Inkuiri Terbimbing

- **Kegiatan:** Guru memandu peserta didik mengeksplorasi **struktur Lewis, bentuk molekul, dan polaritas** melalui lembar kerja berbasis pertanyaan berjenjang (scaffolded inquiry), serta penggunaan simulasi digital seperti *PhET*.
- **Berkesadaran:** Membantu peserta didik menyadari hubungan antara distribusi elektron dan bentuk molekul, serta dampaknya pada sifat zat.
- **Bermakna:** Peserta didik tidak diberi langsung jawabannya, tetapi dipandu untuk **menemukannya sendiri** secara bertahap, membangun konsep dari dasar.
- **Menggembirakan:** Simulasi interaktif dan penemuan mandiri menciptakan suasana belajar yang menantang namun memuaskan.

Kolaboratif dan Reflektif

- **Kegiatan:**
 - a) Peserta didik bekerja dalam **tim kecil untuk membandingkan berbagai jenis ikatan (ionik, kovalen, koordinasi)** dan menyusun peta konsep atau infografis.
 - b) Setelah presentasi, peserta didik melakukan **refleksi individu tertulis**: “Apa yang saya pelajari?”, “Apa yang paling menarik?”, “Apa yang masih membingungkan?”.
- **Berkesadaran:** Membangun empati dan pemahaman bahwa belajar efektif terjadi saat ide ditukar dan dikaji ulang bersama.
- **Bermakna:** Diskusi kolaboratif mengaitkan konsep dengan pemahaman rekan, sedangkan refleksi memberi ruang kesadaran metakognitif atas proses belajar.
- **Menggembirakan:** Interaksi kelompok yang aktif, berbagi ide dengan kreativitas media, dan kegiatan refleksi menjadikan pembelajaran lebih personal dan sosial.



Kemitraan Pembelajaran :

- Kolaborasi antar peserta didik
- Umpan balik antar kelompok
- Diskusi interaktif bersama guru



Lingkungan Pembelajaran :

- Kelas/laboratorium
- Lingkungan virtual (platform digital untuk simulasi dan diskusi)

Ruang Fisik:

- **Laboratorium Kimia:**

Digunakan untuk melakukan eksperimen sederhana atau demonstrasi visual seperti model ikatan ion, ikatan kovalen, dan struktur molekul menggunakan **model bola-dan-stik**, serta **pengamatan titik didih/cair dan kelarutan zat** untuk menunjukkan efek gaya antarmolekul.
 - **Ruang Kelas Interaktif:**

Dilengkapi dengan **proyektor, layar interaktif**, dan alat bantu visual untuk menampilkan **simulasi bentuk molekul (VSEPR), polaritas, dan gaya antar molekul**. Juga digunakan sebagai tempat **diskusi kelompok, debat ilmiah**, dan **presentasi hasil proyek atau investigasi ikatan kimia**.
-

Ruang Virtual:

- **Learning Management System (LMS):**
Platform seperti Google Classroom, Moodle, atau Edmodo dimanfaatkan untuk **mengakses materi, kuis interaktif, mengunggah tugas, dan melakukan diskusi daring** tentang jenis ikatan, struktur Lewis, dan prediksi bentuk molekul.
 - **Simulasi Interaktif dan Aplikasi Digital:**
Seperti *PhET “Molecule Polarity”*, *Molecular Shapes*, atau *ChemReaX* untuk mengeksplorasi **bentuk molekul, polaritas, dan interaksi antar molekul secara virtual**. Mendukung peserta didik dalam menyusun **struktur Lewis dan memprediksi geometri molekul berdasarkan teori VSEPR**.
 - **Sumber Pembelajaran Online:**
Artikel ilmiah populer, **video eksperimen atau penjelasan konsep** dari platform seperti YouTube (Khan Academy, CrashCourse, Ruangguru), serta **e-book kimia digital** dari situs resmi seperti *Kemdikbud*, *Khan Academy*, dan *ChemLibreTexts*.
-

Budaya Belajar:

- **Penalaran Kritis:**
Peserta didik dilatih untuk membedakan berbagai jenis ikatan berdasarkan elektronegativitas dan sifat fisik zat, serta **menghubungkan teori ikatan dengan fenomena dalam kehidupan sehari-hari**, seperti kekuatan adhesi air, larut-tidaknya suatu zat, dan konduktivitas larutan.
- **Kreativitas:**
Ditumbuhkan melalui pembuatan **model 3D molekul, poster struktur Lewis, infografis ikatan kimia**, atau **video pendek eksplanatif** tentang ikatan koordinasi dan gaya van der Waals.
- **Komunikasi Ilmiah:**
Ditingkatkan melalui presentasi hasil investigasi, **diskusi terbimbing**, dan laporan kelompok menggunakan **bahasa ilmiah yang runtut dan logis**, baik secara lisan maupun tulisan.

Pemanfaatan Digital :

- Simulasi PhET interaktif
 - Google Docs untuk kolaborasi
 - Canva atau PowerPoint untuk presentasi
 - Quizizz atau Google Form untuk evaluasi
-



PENGALAMAN BELAJAR

PENGALAMAN BELAJAR: MATERI IKATAN KIMIA

Pertemuan 1: Mengenal Ikatan Ion dan Kovalen melalui Konteks Kehidupan Nyata (2 JP @ 45 menit)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menjelaskan konsep ikatan ion dan ikatan kovalen, serta mengidentifikasi perbedaan mendasar cara terbentuknya.

AWAL (15 menit - Kontekstual, Berkesan, dan Memantik)

- Salam hangat, doa bersama, dan *ice breaking* ringan (tebak senyawa dari rumus kimia sederhana seperti H_2O , $NaCl$).
- **Orientasi Visual:** Guru menampilkan video pendek atau gambar tentang peran senyawa ionik dan kovalen dalam kehidupan sehari-hari, seperti garam dapur ($NaCl$), air (H_2O), dan plastik.
- **Pertanyaan pemantik:** “Mengapa garam dapur ($NaCl$) bisa larut dengan mudah dalam air, tapi minyak goreng tidak? Padahal keduanya sering kita gunakan setiap hari. Apa yang membuat mereka berbeda secara kimiawi?”

INTI (65 menit - Aktif, Terbimbing, Bermakna)

- **Memahami Konsep Ikatan Ion dan Kovalen (40 menit):**
 - Guru menjelaskan konsep **ikatan ion** sebagai serah terima elektron antara atom logam dan nonlogam, membentuk ion positif dan negatif yang saling tarik-menarik. Gunakan animasi untuk memvisualisasikan transfer elektron.
 - Guru menjelaskan konsep **ikatan kovalen** sebagai pemakaian bersama pasangan elektron antara dua atom nonlogam. Gunakan animasi untuk memvisualisasikan pembagian elektron.
 - Lakukan perbandingan visual antara **transfer elektron (ionik)** dan **pemakaian bersama elektron (kovalen)**, serta hubungannya dengan kecenderungan atom untuk mencapai kestabilan (aturan oktet/duplet).
- **Mengaplikasi Konsep Ikatan (25 menit):**
 - Peserta didik secara berpasangan menyusun model atom dan pasangan elektron menggunakan kartu/kelereng/bola *styrofoam* untuk menggambarkan pembentukan ikatan ionik (misal: $NaCl$, $MgCl_2$) dan ikatan kovalen (misal: H_2 , Cl_2 , O_2).
 - **Tantangan kelompok:** Berikan daftar 10 senyawa (misalnya, KCl , CO_2 , CH_4 , NaF , Br_2) dan minta kelompok untuk mengklasifikasikannya sebagai ionik atau kovalen berdasarkan rumus kimianya dan jenis unsur penyusunnya.

PENUTUP (10 menit)

- **Merefleksi (5 menit):** Diskusi singkat: “Apa ciri khas senyawa ion dan senyawa kovalen yang paling mudah kalian ingat dari cara terbentuknya?” Minta beberapa siswa untuk sharing.
- **Penugasan (5 menit):** Refleksi individu ditulis dalam jurnal digital atau catatan pribadi: “Hal yang paling membingungkan dan paling menarik yang saya pelajari hari ini tentang ikatan ion dan kovalen adalah...”. Tugas ringan: Cari 3 senyawa yang sering ditemui di rumah (misalnya,

gula, cuka, kalsium karbonat pada kapur) dan prediksi jenis ikatannya (ionik atau kovalen) beserta alasannya.

Pertemuan 2: Menganalisis Perbedaan Sifat Fisik Senyawa Ion dan Kovalen (2 JP @ 45 menit)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menganalisis perbedaan sifat fisik senyawa ion dan kovalen berdasarkan jenis ikatan yang terbentuk.

AWAL (15 menit)

- **Kuis cepat via Quizizz:** Menebak jenis ikatan dari senyawa yang diberikan (review pertemuan sebelumnya).
- **Pertanyaan Pemantik:** "Apa yang membuat garam (ionik) mudah larut di air dan punya titik leleh sangat tinggi, tapi minyak (kovalen) tidak larut di air dan mudah menguap? Bagaimana jenis ikatan memengaruhi sifat-sifat ini?"
- Mengingat kembali konsep ikatan ion dan kovalen dari pertemuan sebelumnya.

INTI (65 menit)

- **Memahami Perbedaan Sifat Fisik (40 menit):**
 - Guru menjelaskan karakteristik **sifat fisik senyawa ion** (misalnya, titik leleh dan titik didih tinggi, umumnya padat pada suhu kamar, konduktivitas listrik dalam lelehan/larutan, larut dalam pelarut polar, rapuh). Kaitkan dengan kuatnya gaya tarik elektrostatis antarion.
 - Guru menjelaskan karakteristik **sifat fisik senyawa kovalen** (misalnya, titik leleh dan titik didih relatif rendah, dapat berupa padat, cair, atau gas pada suhu kamar, umumnya non-konduktor, larut dalam pelarut non-polar). Kaitkan dengan lemahnya gaya antarmolekul.
 - **Demonstrasi sederhana (jika memungkinkan):** Uji kelarutan garam dan minyak dalam air. Uji konduktivitas listrik larutan garam vs. air murni atau larutan gula. Siswa mengamati perbedaannya.
- **Mengaplikasi Analisis Sifat Fisik (25 menit):**
 - Peserta didik dalam kelompok menganalisis data sifat fisik berbagai senyawa yang disediakan (misalnya, titik leleh, titik didih, kelarutan, daya hantar listrik). Dari data tersebut, mereka harus **mengidentifikasi jenis ikatannya** (ionik atau kovalen) dan memberikan alasannya.
 - Diskusi kelompok untuk menyimpulkan hubungan yang konsisten antara jenis ikatan kimia dan sifat fisik senyawa yang diamati.

PENUTUP (10 menit)

- **Merefleksi (5 menit):** Diskusi: "Bagaimana jenis ikatan kimia memengaruhi sifat-sifat zat yang kita temui sehari-hari? Berikan contohnya selain yang sudah dibahas!"
- **Penugasan (5 menit):** Refleksi tertulis: "Jelaskan dua perbedaan sifat fisik paling mencolok antara senyawa ionik dan senyawa kovalen, dan mengapa perbedaan itu terjadi!" Tugas: Cari contoh 2 senyawa ionik dan 2 senyawa kovalen lainnya dalam kehidupan sehari-hari beserta sifat fisiknya yang khas.

Pertemuan 3: Memahami Ikatan Logam dan Sifat-sifatnya (2 JP @ 45 menit)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menjelaskan terbentuknya ikatan logam dan mengidentifikasi sifat-sifat khas logam yang diakibatkannya.

AWAL (15 menit)

- **Orientasi Visual:** Menampilkan gambar atau video tentang sifat-sifat logam yang sering kita lihat (misalnya, kabel listrik yang menghantarkan listrik, panci yang menghantarkan panas, perhiasan emas yang berkilau, atau logam yang mudah dibentuk).
- **Pertanyaan Pemantik:** "Mengapa logam bisa menghantarkan listrik dan panas dengan sangat baik, berkilau, dan mudah dibentuk, berbeda jauh dengan garam atau air? Apa yang terjadi di dalam struktur logam?"
- Mengaitkan dengan pengetahuan dasar tentang konfigurasi elektron atom logam (memiliki elektron valensi yang sedikit).

INTI (65 menit)

- **Memahami Konsep Ikatan Logam (40 menit):**
 - Guru menjelaskan konsep **ikatan logam**, termasuk model "**lautan elektron**" atau "awan elektron" yang terdelokalisasi. Jelaskan bahwa atom-atom logam melepaskan elektron valensinya dan elektron-elektron ini bergerak bebas di antara ion-ion positif logam.
 - Menjelaskan bagaimana model lautan elektron ini berhasil menjelaskan sifat-sifat khas logam:
 - **Konduktivitas listrik dan panas** (karena elektron bebas dapat bergerak membawa energi).
 - **Kilap/daya pantul** (karena elektron bebas dapat menyerap dan memancarkan foton).
 - **Malleability (mudah ditempa)** dan **Ductility (mudah ditarik/dibentuk)** (karena ion-ion logam dapat bergeser tanpa memutuskan ikatan).
- **Mengaplikasi Konsep Ikatan Logam (25 menit):**
 - Peserta didik dalam kelompok menganalisis dan membandingkan sifat-sifat logam (misalnya, Al, Cu, Fe) dengan senyawa ionik (misalnya, NaCl) dan kovalen (misalnya, H₂O) yang sudah dipelajari.
 - Membuat poster mini atau infografis digital/manual yang membandingkan **ketiga jenis ikatan (ionik, kovalen, logam)** berdasarkan:
 - Cara terbentuknya (serah terima, pemakaian bersama, lautan elektron).
 - Sifat-sifat fisik yang paling menonjol (titik leleh, konduktivitas, kelarutan, bentuk).

PENUTUP (10 menit)

- **Merefleksi (5 menit):** Diskusi: "Bagaimana ikatan logam berperan penting dalam aplikasi teknologi modern, seperti pada pembuatan kabel listrik, konstruksi bangunan, atau *chip* elektronik?"
- **Penugasan (5 menit):** Refleksi tertulis: "Tuliskan tiga sifat khas logam yang paling kamu ingat dan jelaskan mengapa sifat tersebut terjadi berdasarkan model ikatan logam." Penugasan:

Mencari informasi tentang paduan logam (alloy) seperti baja atau perunggu dan kaitannya dengan ikatan logam.

Pertemuan 4: Membuat dan Mengevaluasi Struktur Lewis untuk Senyawa Sederhana (2 JP @ 45 menit)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu membuat dan mengevaluasi struktur Lewis untuk senyawa kovalen sederhana.

AWAL (15 menit)

- **Kuis Cepat:** Review elektron valensi atom-atom umum dan aturan oktet/duplet (misalnya, berapa elektron valensi O, N, C, H? Mengapa atom cenderung mencapai oktet/duplet?).
- **Pertanyaan Pemantik:** "Bagaimana kita bisa 'menggambar' atau 'memodelkan' bagaimana atom-atom berbagi elektron dalam suatu molekul? Apakah ada aturan yang bisa kita ikuti?"
- Menjelaskan relevansi **struktur Lewis** sebagai alat representasi sederhana yang membantu kita memahami ikatan dan elektron valensi.

INTI (65 menit)

- **Memahami Langkah-langkah Penyusunan Struktur Lewis (40 menit):**
 - Guru menjelaskan langkah-langkah sistematis penyusunan struktur Lewis secara bertahap:
 1. Menghitung total **elektron valensi** dari semua atom dalam molekul/ion.
 2. Menentukan **atom pusat** (biasanya atom yang paling tidak elektronegatif atau yang paling banyak membentuk ikatan).
 3. Menggambar **ikatan tunggal** antara atom pusat dan atom-atom terminal.
 4. Menempatkan sisa **elektron bebas** pada atom terminal hingga oktet/duplet terpenuhi.
 5. Menempatkan sisa elektron pada atom pusat.
 6. Membentuk **ikatan rangkap dua atau tiga** jika atom pusat belum mencapai oktet dan ada elektron bebas yang bisa dipakai bersama dari atom terminal.
 - Memberikan contoh penyusunan struktur Lewis untuk molekul sederhana secara *step-by-step* (misalnya, H_2O , CO_2 , NH_3 , CH_4 , O_2).
- **Mengaplikasi Penyusunan Struktur Lewis (25 menit):**
 - Peserta didik secara individu atau berpasangan berlatih menyusun struktur Lewis untuk beberapa senyawa lain (misalnya, SO_2 , CCl_4 , N_2 , HCN , Cl_2).
 - Guru berkeliling kelas, memberikan bimbingan individual, dan mengoreksi pemahaman siswa secara langsung.

PENUTUP (10 menit)

- **Merefleksi (5 menit):** Diskusi: "Apa tantangan terbesar dalam menyusun struktur Lewis? Strategi apa yang paling membantu kalian?"
- **Penugasan (5 menit):** Refleksi tertulis: "Sebutkan dan jelaskan tiga aturan penting dalam penyusunan struktur Lewis yang paling kalian ingat!" Penugasan: Buat struktur Lewis untuk 5 senyawa berbeda yang belum dibahas di kelas (misalnya, PCl_3 , H_2S , C_2H_4 , C_2H_2 , NF_3).

Pertemuan 5: Menentukan Bentuk Molekul dengan Teori Domain Elektron (VSEPR) (2 JP @ 45 menit)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menentukan bentuk molekul dengan Teori Pasangan Elektron Kulit Valensi (VSEPR) atau Teori Domain Elektron.

AWAL (15 menit)

- Tampilkan video/animasi: Perbandingan bentuk molekul 3D dari H_2O , CO_2 , dan CH_4 .
- **Pertanyaan Pemantik:** “Mengapa bentuk air (H_2O) bukan garis lurus seperti CO_2 , padahal sama-sama punya tiga atom? Kenapa molekul punya bentuk yang berbeda-beda?”
- Mengingat kembali konsep struktur Lewis sebagai dasar untuk mengidentifikasi pasangan elektron.

INTI (65 menit)

- **Memahami Teori Domain Elektron (VSEPR) (40 menit):**
 - Guru menjelaskan **Teori Domain Elektron (VSEPR)**: prinsip dasar bahwa pasangan-pasangan elektron (baik ikatan maupun bebas) di kulit valensi atom pusat akan saling tolak-menolak sejauh mungkin untuk meminimalkan tolakan dan mencapai kestabilan.
 - Menjelaskan bagaimana **pasangan elektron bebas** memiliki gaya tolakan yang lebih besar dibandingkan pasangan elektron ikatan, sehingga sangat memengaruhi bentuk molekul.
 - Menjelaskan **klasifikasi bentuk molekul** berdasarkan jumlah domain elektron (pasangan elektron ikatan + pasangan elektron bebas) di sekitar atom pusat, menggunakan notasi AX_nE_m (misalnya, AX_2 , AX_3 , AX_2E , AX_4 , AX_3E , AX_2E_2).
 - Memberikan contoh dan visualisasi setiap bentuk molekul ideal (linear, trigonal planar, tetrahedral, trigonal bipiramidal, oktahedral) dan bentuk turunan akibat adanya pasangan elektron bebas.
- **Mengaplikasi Penentuan Bentuk Molekul (25 menit):**
 - **Simulasi Interaktif:** Menggunakan simulasi PhET “Molecule Shapes” secara interaktif (dengan *projector* di depan kelas atau pada perangkat siswa jika memungkinkan) untuk membangun dan mengamati bentuk molekul nyata dan ideal, serta efek pasangan elektron bebas.
 - Peserta didik dalam kelompok menentukan bentuk molekul dari berbagai senyawa yang struktur Lewisnya sudah dikuasai atau diberikan (misalnya, NH_3 , PCl_5 , SF_6 , XeF_4).

PENUTUP (10 menit)

- **Merefleksi (5 menit):** Diskusi kelompok: “Mengapa teori VSEPR penting untuk memahami bentuk molekul? Apa keterkaitannya dengan kehidupan sehari-hari (misalnya, fungsi protein)?”
- **Penugasan (5 menit):** Refleksi tertulis: “Gambarkan struktur Lewis dan tentukan bentuk molekul dari senyawa CH_4 , NH_3 , dan H_2O ! Jelaskan mengapa bentuknya berbeda.”
Penugasan: Carilah 3 senyawa lain dan tentukan bentuk molekulnya berdasarkan teori VSEPR.

Pertemuan 6: Menentukan Sudut Ikatan dengan Teori Domain Elektron (VSEPR) (2 JP @ 45 menit)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menentukan dan memprediksi sudut ikatan dalam molekul berdasarkan Teori Pasangan Elektron Kulit Valensi (VSEPR).

AWAL (15 menit)

- **Kuis Singkat:** Review bentuk molekul dari pertemuan sebelumnya (misalnya, apa bentuk molekul CO_2 , H_2O , CH_4 ?).
- **Pertanyaan Pemantik:** "Jika bentuk molekul CH_4 adalah tetrahedral sempurna, apakah sudut ikatan H-C-H selalu $109,5^\circ$? Bagaimana dengan NH_3 dan H_2O yang juga turunan tetrahedral? Apakah sudut ikatannya sama?"
- Menjelaskan mengapa **sudut ikatan** penting untuk dipahami karena memengaruhi sifat fisik dan kimia molekul.

INTI (65 menit)

- **Memahami Konsep Sudut Ikatan dan Efek Pasangan Elektron Bebas (40 menit):**
 - Guru menjelaskan konsep **sudut ikatan** sebagai sudut yang dibentuk oleh dua ikatan pada atom pusat.
 - Menjelaskan secara detail bagaimana **pasangan elektron bebas memiliki gaya tolakan yang lebih besar** dibandingkan pasangan elektron ikatan, sehingga menyebabkan penyempitan sudut ikatan dari sudut ideal.
 - Memberikan contoh penyimpangan sudut ikatan pada molekul turunan tetrahedral (misalnya, CH_4 ($109,5^\circ$), NH_3 ($107,5^\circ$), H_2O ($104,5^\circ$)) dan menjelaskan alasannya berdasarkan efek tolakan pasangan elektron bebas.
- **Mengaplikasi Penentuan Sudut Ikatan (25 menit):**
 - Menggunakan kembali **simulasi PhET "Molecule Shapes"** untuk mengamati dan membandingkan sudut ikatan pada molekul yang berbeda, terutama yang memiliki pasangan elektron bebas. Siswa dapat memanipulasi molekul dan melihat perubahan sudut.
 - Peserta didik dalam kelompok menganalisis struktur Lewis dan bentuk molekul, kemudian memprediksi **sudut ikatan** (atau rentang sudut ikatan) pada berbagai molekul berdasarkan jumlah pasangan elektron bebas pada atom pusat.

PENUTUP (10 menit)

- **Merefleksi (5 menit):** Diskusi: "Apa peran signifikan pasangan elektron bebas dalam menentukan sudut ikatan suatu molekul? Apakah ada molekul yang sudut ikatannya lebih besar dari sudut ideal?"
 - **Penugasan (5 menit):** Refleksi tertulis: "Jelaskan mengapa sudut ikatan pada NH_3 ($107,5^\circ$) lebih kecil dari sudut tetrahedral ideal ($109,5^\circ$) dan sudut ikatan pada H_2O ($104,5^\circ$) lebih kecil lagi!" Penugasan: Gambar struktur 3D molekul H_2S dan PCl_3 , kemudian tentukan perkiraan sudut ikatannya beserta alasannya.
-

Pertemuan 7: Konsep Teori Hibridisasi dan Bentuk Molekul (2 JP @ 45 menit)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menjelaskan konsep hibridisasi dan hubungannya dengan bentuk molekul serta sudut ikatan.

AWAL (15 menit)

- **Video Animasi:** Menampilkan animasi hibridisasi orbital pada atom karbon (misalnya, pembentukan ikatan pada CH_4 , C_2H_4 , C_2H_2).
- **Pertanyaan Pemantik:** "Jika orbital s dan p itu punya bentuk dan energi yang berbeda, bagaimana atom karbon bisa membentuk empat ikatan C-H yang setara di molekul metana (CH_4)? Teori VSEPR sudah menjelaskan bentuknya, tapi apa yang terjadi pada orbitalnya?"
- Memperkenalkan bahwa VSEPR menjelaskan bentuk molekul, sedangkan **hibridisasi** menjelaskan bagaimana orbital-orbital atom bergabung untuk membentuk orbital baru yang sesuai untuk pembentukan ikatan.

INTI (65 menit)

- **Memahami Teori Hibridisasi (40 menit):**
 - Guru menjelaskan konsep **hibridisasi** sebagai proses penggabungan (peleburan) orbital-orbital atom (s, p, d) untuk membentuk orbital-orbital hibrida yang baru, yang memiliki bentuk dan energi yang setara.
 - Menjelaskan jenis-jenis hibridisasi yang umum (sp^3 , sp^2 , sp) dan bagaimana mereka terbentuk (misalnya, $1s + 3p = 4\text{sp}^3$).
 - Menjelaskan **hubungan langsung antara jenis hibridisasi atom pusat dan bentuk molekul** yang terbentuk:
 - sp^3 (4 domain) $\rightarrow$ tetrahedral ($109,5^\circ$)
 - sp^2 (3 domain) $\rightarrow$ trigonal planar (120°)
 - sp (2 domain) $\rightarrow$ linear (180°)
 - Memberikan contoh molekul untuk setiap jenis hibridisasi (misalnya, CH_4 untuk sp^3 , C_2H_4 untuk sp^2 , C_2H_2 untuk sp).
- **Mengaplikasi Penentuan Hibridisasi (25 menit):**
 - Peserta didik dalam kelompok menganalisis struktur Lewis molekul yang diberikan (misalnya, CCl_4 , BF_3 , BeCl_2 , CO_2 , SO_3). Kemudian, mereka memprediksi jenis hibridisasi atom pusat berdasarkan jumlah domain elektron di sekitarnya.
 - Jika memungkinkan, siswa membuat model sederhana orbital hibrida menggunakan plastisin atau bahan lain untuk memvisualisasikan orientasi ruangnya.

PENUTUP (10 menit)

- **Merefleksi (5 menit):** Diskusi: "Bagaimana teori hibridisasi melengkapi pemahaman kita tentang ikatan dan bentuk molekul yang tidak bisa dijelaskan hanya oleh teori VSEPR? Kapan kita perlu menggunakan hibridisasi?"
 - **Penugasan (5 menit):** Refleksi tertulis: "Tentukan jenis hibridisasi atom C pada molekul CH_4 , C_2H_4 , dan C_2H_2 ! Jelaskan alasan perbedaan hibridisasinya." Penugasan: Tentukan hibridisasi atom pusat pada H_2O dan NH_3 , dan jelaskan mengapa hibridisasi ini sesuai dengan bentuk molekulnya.
-

Pertemuan 8: Memahami Ikatan Kovalen Polar dan Ikatan Kovalen Nonpolar (2 JP @ 45 menit)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menjelaskan dan mengidentifikasi ikatan kovalen polar serta ikatan kovalen nonpolar berdasarkan perbedaan elektronegativitas.

AWAL (15 menit)

- **Demonstrasi:** Guru menampilkan perbedaan daya tarik magnet antara dua kutub magnet yang berbeda (utara-selatan) dan sejenis (utara-utara). Kaitkan dengan "tarikan" elektron.
- **Pertanyaan Pemantik:** "Apakah semua ikatan kovalen itu sama dalam hal pembagian elektron? Apakah ada ikatan yang 'berat sebelah' atau tidak adil dalam berbagi elektronnya?"
- Mengingat kembali konsep **elektronegativitas** sebagai kemampuan atom untuk menarik elektron ikatan.

INTI (65 menit)

- **Memahami Konsep Polaritas Ikatan Kovalen (40 menit):**
 - Guru menjelaskan konsep **polaritas ikatan kovalen** yang didasarkan pada **perbedaan elektronegativitas** antara dua atom yang berikatan.
 - Membedakan antara:
 - **Ikatan kovalen nonpolar:** Terjadi jika perbedaan elektronegativitas nol atau sangat kecil (misalnya, ikatan antara atom sejenis seperti Cl-Cl, O=O, atau ikatan C-H yang dianggap nonpolar). **Distribusi elektron merata.**
 - **Ikatan kovalen polar:** Terjadi jika ada perbedaan elektronegativitas yang signifikan. Elektron ikatan lebih tertarik ke atom yang lebih elektronegatif, menciptakan **momen dipol ikatan** (parsial positif dan parsial negatif).
 - Menjelaskan bagaimana momen dipol ikatan (vektor) terbentuk, menunjukkan arah tarikan elektron yang tidak seimbang.
- **Mengaplikasi Analisis Polaritas Ikatan (25 menit):**
 - Peserta didik menganalisis pasangan atom yang berikatan dan memprediksi apakah ikatan yang terbentuk bersifat polar atau nonpolar (misal: H-Cl, O-H, C-C, C-H, N-O, F-F).
 - Menggunakan skala elektronegativitas yang diberikan (misalnya, dari tabel periodik) untuk membantu mengidentifikasi polaritas ikatan dengan menghitung selisih elektronegativitas.

PENUTUP (10 menit)

- **Merefleksi (5 menit):** Diskusi: "Mengapa perbedaan elektronegativitas sangat penting dalam menentukan polaritas suatu ikatan? Bagaimana hal ini memengaruhi sifat kimiawi suatu ikatan?"
 - **Penugasan (5 menit):** Refleksi tertulis: "Berikan 3 contoh ikatan kovalen polar dan 3 contoh ikatan kovalen nonpolar yang berbeda dari yang sudah dibahas di kelas! Jelaskan mengapa demikian." Penugasan: Cari tahu mengapa beberapa molekul diatomik (misal: HF, HCl) polar, sedangkan yang lain (misal: Cl₂, N₂) nonpolar.
-

Pertemuan 9: Memahami Senyawa Polar dan Senyawa Nonpolar (2 JP @ 45 menit)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menjelaskan dan mengidentifikasi senyawa polar dan senyawa nonpolar berdasarkan polaritas ikatan dan geometri molekul.

AWAL (15 menit)

- **Studi Kasus:** “Mengapa air dapat melarutkan gula dengan mudah, tetapi tidak dapat melarutkan minyak? Mengapa ada zat yang 'saling melarutkan' dan ada yang tidak?”
- Mengingat kembali konsep polaritas ikatan (dari pertemuan sebelumnya) dan bentuk molekul (dari teori VSEPR).

INTI (65 menit)

- **Memahami Konsep Polaritas Molekul (40 menit):**
 - Guru menjelaskan bahwa **polaritas molekul** tidak hanya ditentukan oleh polaritas ikatan yang ada di dalamnya, tetapi juga oleh **geometri molekul** (bentuk molekul).
 - Menjelaskan bagaimana momen dipol ikatan (yang bersifat vektor) dapat:
 - **Saling meniadakan** jika molekul memiliki bentuk simetris (misalnya, CO_2 , CCl_4), sehingga menghasilkan **molekul nonpolar** meskipun ikatannya polar.
 - **Saling memperkuat** atau tidak meniadakan jika molekul memiliki bentuk asimetris (misalnya, H_2O , NH_3), sehingga menghasilkan **molekul polar**.
 - Memberikan contoh senyawa polar (H_2O , NH_3 , HCl) dan nonpolar (CO_2 , CCl_4 , CH_4 , O_2) dan menjelaskan alasannya secara detail.
- **Mengaplikasi Penentuan Polaritas Molekul (25 menit):**
 - **Simulasi PhET “Molecule Polarity”:** Peserta didik menggunakan simulasi ini untuk memvisualisasikan momen dipol pada berbagai ikatan dan bagaimana vektor momen dipol tersebut menghasilkan momen dipol total molekul, sehingga dapat menentukan polaritas totalnya.
 - Peserta didik dalam kelompok menganalisis struktur Lewis dan bentuk molekul dari beberapa senyawa (misalnya, BF_3 , SO_2 , SF_4 , XeF_2) untuk memprediksi polaritasnya.

PENUTUP (10 menit)

- **Merefleksi (5 menit):** Diskusi: “Mengapa CO_2 memiliki ikatan polar ($\text{C}=\text{O}$), tetapi molekulnya secara keseluruhan nonpolar? Jelaskan dengan gambar!”
- **Penugasan (5 menit):** Refleksi tertulis: "Jelaskan perbedaan antara 'ikatan polar' dan 'molekul polar'!" Penugasan: Klasifikasikan 5 senyawa yang berbeda (misalnya, HF , H_2S , CH_3OH , BCl_3 , PCl_5) sebagai polar atau nonpolar, serta berikan alasan berdasarkan bentuk molekul dan polaritas ikatan.

Pertemuan 10: Gaya Antarmolekul, Ikatan Koordinasi, dan Sifat Fisika Zat (2 JP @ 45 menit)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menjelaskan konsep ikatan koordinasi dan penerapannya, serta menghubungkan interaksi antarion, atom, dan molekul dengan sifat fisika zat.

AWAL (15 menit)

- **Studi Kasus:** “Mengapa titik didih air sangat tinggi (100°C) dibandingkan molekul dengan massa yang hampir sama seperti metana (CH₄) yang titik didihnya -161°C? Padahal air jauh lebih ringan!”
- Diskusi singkat tentang pentingnya interaksi antar molekul dalam menjelaskan fenomena makroskopis yang kita alami sehari-hari.

INTI (65 menit)

- **Memahami Gaya Antarmolekul (40 menit):**
 - Guru menjelaskan berbagai jenis **gaya antarmolekul** (interaksi antarmolekul) yang lebih lemah dari ikatan kimia tetapi sangat memengaruhi sifat fisik zat:
 - **Ikatan Hidrogen:** Gaya terkuat, terjadi antara H yang terikat pada atom sangat elektronegatif (N, O, F) dengan pasangan elektron bebas atom N, O, F lain.
 - **Gaya Dipol-dipol:** Terjadi antara molekul-molekul polar.
 - **Gaya London (Gaya Dispersi/Gaya Van der Waals):** Gaya terlemah, terjadi pada semua molekul (polar dan nonpolar) karena dipol sesaat. Kekuatan bergantung pada ukuran molekul.
 - Menjelaskan **kekuatan relatif** masing-masing gaya dan bagaimana gaya-gaya tersebut memengaruhi sifat fisik zat seperti **titik didih, kelarutan, viskositas, dan tegangan permukaan**.
 - Guru juga menjelaskan konsep **ikatan koordinasi** (ikatan datif) sebagai jenis ikatan kovalen di mana kedua elektron ikatan berasal dari satu atom. Berikan contoh **senyawa kompleks** dengan contoh nyata (misalnya, ion kompleks logam transisi seperti ion tembaga tetraamina [Cu(NH₃)₄]²⁺ atau hemoglobin).
- **Mengaplikasi Analisis Gaya Antarmolekul & Ikatan Koordinasi (25 menit):**
 - Siswa menganalisis pengaruh **ikatan koordinasi** dan **gaya antarmolekul** terhadap titik didih, kelarutan, dan kekuatan adhesi (misalnya, air yang menempel di kaca) melalui studi kasus atau data tabel.
 - **Aktivitas Eksperimen Virtual atau Demonstrasi Sederhana:** Menggunakan zat polar (misalnya, air, alkohol) dan non-polar (misalnya, minyak, heksana) untuk menunjukkan efek kelarutan ("*like dissolves like*").

PENUTUP (10 menit)

- **Merefleksi (5 menit):** Diskusi: “Bagaimana interaksi antarmolekul menjelaskan fenomena di sekitar kita, seperti tegangan permukaan air, mengapa alkohol mudah menguap, atau mengapa sabun bisa membersihkan minyak?”
 - **Penugasan (5 menit):** Refleksi ditulis dalam catatan ilmiah. Guru menegaskan hubungan antara struktur molekul (jenis ikatan, bentuk, polaritas) dan sifat fisik zat, termasuk peran ikatan koordinasi. Penugasan: Buat diagram perbandingan kekuatan gaya antarmolekul dan berikan contoh senyawanya masing-masing.
-

Pertemuan 11: Proyek Mini – Peta Konsep dan Presentasi Ikatan Kimia (2 JP @ 45 menit)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu mengintegrasikan dan mengomunikasikan pemahaman tentang konsep ikatan kimia secara kolaboratif melalui proyek dan presentasi.

AWAL (15 menit)

- **Kuis peninjauan materi** singkat dan pemanasan sebelum presentasi proyek.
- Guru menampilkan contoh **peta konsep visual ikatan kimia** yang komprehensif atau infografis yang menarik, untuk memberikan inspirasi dan panduan.

INTI (60 menit)

- **Mengaplikasi & Kolaborasi Proyek (60 menit):**
 - Siswa dalam kelompok (kelompok yang sama atau baru, tergantung preferensi guru) akan **menyusun dan mempresentasikan proyek mini** yang mencakup seluruh materi ikatan kimia yang telah dipelajari.
 - Setiap kelompok harus memilih **1-2 senyawa yang menarik** dan menganalisisnya secara mendalam, mencakup:
 - Jenis ikatan yang ada dalam senyawa tersebut (ionik, kovalen, logam) dan alasannya.
 - Struktur Lewis, bentuk molekul (berdasarkan VSEPR/Hibridisasi), dan polaritas molekul.
 - Aplikasi senyawa tersebut dalam kehidupan nyata atau industri.
 - Jenis gaya antarmolekul yang terlibat (jika relevan) dan bagaimana gaya tersebut memengaruhi sifat fisik penting dari senyawa tersebut (misalnya, titik didih, kelarutan).
 - Jika relevan, konsep ikatan koordinasi yang mungkin ada dalam senyawa atau turunannya.
 - Format proyek bisa berupa **peta konsep digital/manual, presentasi slideshow, infografis, atau video singkat**.

PENUTUP (15 menit)

- **Merefleksi & Umpan Balik (10 menit):**
 - Setiap kelompok memberi **umpan balik formatif** kepada kelompok lain (misalnya, menggunakan *sticky notes* atau form digital singkat) tentang kekuatan presentasi dan area yang bisa ditingkatkan.
 - Diskusi terbuka: “Apa hal baru yang kamu pelajari dari presentasi kelompok lain? Konsep apa yang paling menantang untuk diintegrasikan dalam proyek ini?”
- **Refleksi Akhir & Penugasan (5 menit):**
 - Guru merangkum keterkaitan semua jenis ikatan dan interaksi antarmolekul, serta pentingnya memahami struktur untuk memprediksi sifat.
 - Refleksi akhir (individu): “Dari semua konsep ikatan kimia yang telah kita pelajari, ikatan/konsep mana yang menurutmu paling penting untuk dipahami dan mengapa?”
 - Penugasan lanjutan (opsional): Membuat poster atau video kreatif tentang jenis-jenis ikatan kimia untuk pajangan kelas atau portofolio digital.

ASESMEN PEMBELAJARAN

ASESMEN PEMBELAJARAN MATERI IKATAN KIMIA

Asesmen pada Awal Pembelajaran (Diagnostik):

- **Kuis Awal (Pilihan Ganda dan Pertanyaan Terbuka)**

Contoh soal:

1. Jelaskan perbedaan utama antara ikatan ion dan ikatan kovalen!
 2. Senyawa manakah yang kemungkinan besar memiliki ikatan ion?
 - a) H_2O
 - b) NaCl
 - c) CO_2
 - d) CH_4
 - e) NH_3
-

Asesmen pada Proses Pembelajaran:

- **Observasi Diskusi Kelompok**

Guru mengamati partisipasi, kemampuan berargumentasi, dan keterlibatan siswa saat diskusi topik ikatan kimia dan simulasi bentuk molekul.

- **Penilaian Simulasi dan Pengisian LKPD**

Siswa mengerjakan lembar kerja yang berisi tugas menyusun struktur Lewis, menentukan bentuk molekul, dan menilai polaritas senyawa berdasarkan simulasi interaktif.

Asesmen pada Akhir Pembelajaran:

- **Tes Formatif (Pilihan Ganda dan Uraian)**

Soal Pilihan Ganda (5 soal):

1. Ikatan yang terbentuk akibat transfer elektron disebut...
 - a) Ikatan kovalen
 - b) Ikatan ion
 - c) Ikatan hidrogen
 - d) Ikatan koordinasi
 - e) Gaya London

Jawaban: b

2. Dalam ikatan kovalen, pasangan elektron...
 - a) Ditukar satu arah
 - b) Digunakan bersama oleh dua atom
 - c) Hilang dari salah satu atom
 - d) Tidak berpengaruh terhadap sifat molekul
 - e) Membentuk ion positif

Jawaban: b

3. Struktur Lewis dari air (H_2O) menunjukkan bahwa atom oksigen memiliki...
 - a) 2 pasangan elektron bebas
 - b) 1 pasangan elektron bebas
 - c) 3 pasangan elektron bebas
 - d) Tidak ada pasangan elektron bebas
 - e) Pasangan elektron bebas sama dengan hidrogen

Jawaban: a

4. Bentuk molekul CO_2 adalah...
 - a) Linear
 - b) Segitiga planar
 - c) Tetrahedral
 - d) Bentuk V
 - e) Piramida trigonal

Jawaban: a

5. Gaya antarmolekul yang paling kuat adalah...
 - a) Gaya London
 - b) Gaya dipol-dipol
 - c) Ikatan hidrogen
 - d) Gaya van der Waals
 - e) Ikatan ion

Jawaban: c

Soal Uraian (5 soal):

1. Jelaskan proses pembentukan ikatan ion pada senyawa NaCl dan hubungkan dengan perbedaan elektronegativitas antara Na dan Cl!
2. Gambarkan struktur Lewis molekul NH_3 dan jelaskan bentuk molekulnya menurut teori VSEPR!
3. Sebutkan dan jelaskan tiga aturan penting dalam penyusunan struktur Lewis!
4. Berikan contoh senyawa yang memiliki ikatan koordinasi dan jelaskan perannya dalam kehidupan sehari-hari!
5. Bagaimana gaya antarmolekul mempengaruhi titik didih suatu zat? Berikan contoh!

- **Presentasi Kelompok**

Setiap kelompok mempresentasikan hasil analisis ikatan dalam senyawa tertentu, menjelaskan struktur, bentuk molekul, polaritas, dan relevansi senyawa tersebut.

- **Refleksi Tertulis**

Siswa menuliskan pengalaman belajar mereka, kesulitan yang dihadapi, dan pertanyaan yang masih ingin mereka jawab mengenai ikatan kimia.



Instrumen Penilaian



1. RUBRIK PENILAIAN KELOMPOK & INDIVIDU

Digunakan untuk menilai presentasi, simulasi, proyek, atau diskusi kelompok.

Aspek	Skor 4 (Sangat Baik)	Skor 3 (Baik)	Skor 2 (Cukup)	Skor 1 (Perlu Bimbingan)
Pemahaman Konsep	Menunjukkan penguasaan konsep secara menyeluruh	Menguasai sebagian besar konsep. Penjelasan	Pemahaman terbatas. Masih terdapat	Tidak memahami konsep dasar atau penjelasan tidak

Aspek	Skor 4 (Sangat Baik)	Skor 3 (Baik)	Skor 2 (Cukup)	Skor 1 (Perlu Bimbingan)
	dan tepat. Dapat menjelaskan dengan contoh ilmiah yang benar.	cukup tepat namun kurang mendalam.	miskonsepsi dalam menjelaskan konsep.	sesuai.
Partisipasi	Aktif sepanjang proses, mengajukan pertanyaan dan memberi kontribusi penting dalam kelompok.	Terlibat aktif sebagian waktu dan kadang memberi kontribusi.	Terlihat pasif, hanya sesekali terlibat dalam kegiatan kelompok.	Tidak menunjukkan keterlibatan dalam proses kelompok.
Komunikasi Ilmiah	Menggunakan bahasa ilmiah yang jelas, terstruktur, dan sesuai konteks.	Bahasa cukup jelas dan ilmiah, namun kadang kurang struktur.	Menggunakan bahasa campuran dan kurang tepat secara ilmiah.	Bahasa tidak ilmiah, membingungkan, dan tidak sesuai konteks.
Kreativitas	Menampilkan ide/inovasi visual/media baru yang menarik dan relevan.	Menyusun karya/media yang baik namun masih konvensional.	Karya terlihat umum, tanpa tambahan kreativitas yang jelas.	Tidak ada usaha kreatif dalam penyajian materi.

Nilai Akhir = (Jumlah Skor/16) x 100



2. CEKLIS OBSERVASI PROSES PEMBELAJARAN

Digunakan saat diskusi kelompok, kerja simulasi, dan presentasi berlangsung.

Nama Siswa	Kolaborasi (✓/X)	Ketepatan Konsep (✓/X)	Kemandirian (✓/X)	Keaktifan Diskusi (✓/X)	Catatan Khusus
------------	---------------------	---------------------------	----------------------	----------------------------	----------------

Keterangan indikator:

- **Kolaborasi:** bersedia bekerja sama, berbagi ide, dan mendukung tim.
- **Ketepatan Konsep:** mampu menyampaikan jawaban/penjelasan yang sesuai konsep ilmiah.
- **Kemandirian:** menyelesaikan tugas tanpa terlalu bergantung pada teman/guru.
- **Keaktifan Diskusi:** aktif bertanya, menanggapi, dan menyumbangkan pemikiran.

○

Mengetahui,
Kepala SMAN 13 Kota Jambi

Jambi, 15 Juli 2025
Guru Mata Pelajaran Kimia

Ika Kartikasari, S.Si, M.Pd.
NIP. 19770513 200903 2 006

Sri Hastutik, S.Pd
NIP. 19740716 200903 2 002

LAMPIRAN PEMBELAJARAN

A. LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

LKPD 1

Nama Siswa :
Kelas/Semester : X /
Kelompok :
Mata Pelajaran :
Hari/Tanggal :

KESTABILAN ATOM

KEGIATAN - 1

Susunan Elektron Gas Mulia

Lengkapi tabel berikut

No	Atom	Susunan Elektron	Elektron Valensi
1	${}_2\text{He}$		
2	${}_{10}\text{Ne}$		
3	${}_{16}\text{Ar}$		
4	${}_{36}\text{Kr}$		
5	${}_{54}\text{Xe}$		
6	${}_{86}\text{Rn}$		

Pertanyaan :

1. Berdasarkan tabel kegiatan di atas, apa yang anda ketahui tentang susunan elektron yang dimiliki oleh unsur Helium
2. Berdasarkan tabel kegiatan di atas, apa yang anda ketahui tentang susunan elektron yang dimiliki oleh unsure Neon, Argon, Krypton, Xenon dan Radon?

Simpulan:

Apabila susunan electron yang dimiliki unsure-unsur gas mulia adalah susunan electron stabil, simpulkan bagaimana ciri-ciri susunan electron stabil

KEGIATAN - 2

Kecenderungan suatu unsur untuk mencapai kestabilan

Lengkapi table berikut:

Atom	Susunan Elektron	Electron valensi	Melepas / menerima elektron	Konfigurasi electron baru	Lambang ion
${}_3\text{Li}$	2 1	1	Melepas 1 e	2	Li^+
${}_{12}\text{Mg}$	2 8 2	2	Melepas 2 e	2 8	Mg^{2+}
${}_{13}\text{Al}$	.....	....	.....	.....	.....
${}_7\text{N}$	2 5	5	Menerima 3 e	2 8	N^{3-}
${}_8\text{O}$	.....	....	.....	.....	.....
${}_9\text{F}$	.....	....	.....	.....	.....

Pertanyaan :

1. Berdasarkan table kegiatan di atas, bagaimana kecenderungan unsur-unsur yang mempunyai electron valensi 1, 2, 3 untuk mencapai kestabilan?

2. Berdasarkan table kegiatan di atas, bagaimana kecenderungan unsure-unsur yang mempunyai electron valensi 4, 5, 6, 7 untuk mencapai kestabilan?

Simpulan:

LKPD 2

LKPD adalah panduan dalam melakukan aktivitas pembelajaran, yaitu:

Nama :
Kelas/Semester : XI /
Mata Pelajaran :
Hari/Tanggal :
Nama siswa :
Materi pembelajaran :
.....

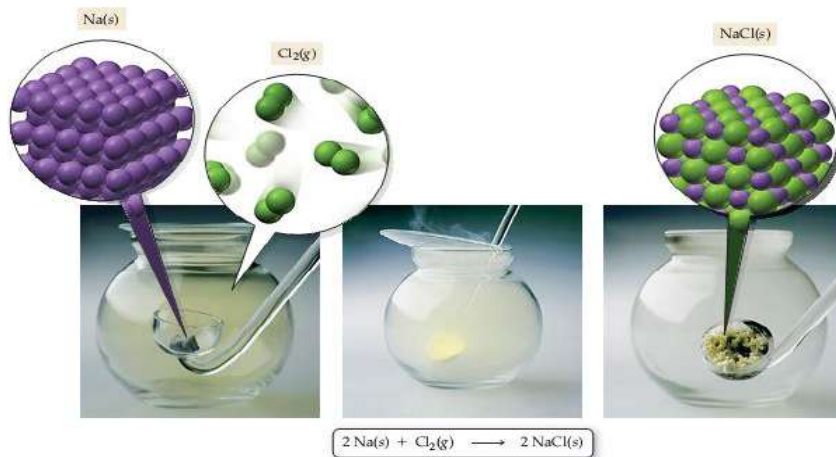
IKATAN KIMIA

Bagian 1, Ikatan Ion

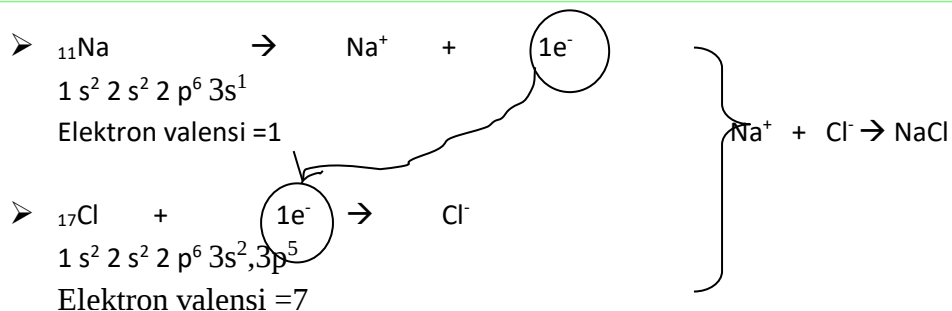
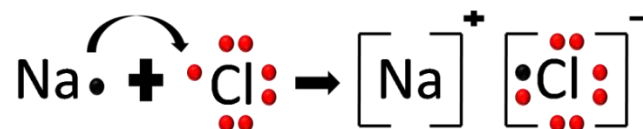
INFORMASI

- Ketika atom berinteraksi untuk membentuk ikatan kimia, hanya bagian terluarnya yang bersinggungan dengan atom lain. Oleh karena itu, untuk mempelajari ikatan kimia kita hanya perlu membahas terutama electron valensi dari atom-atom yang terlibat.
- Atom suatu unsur yang tidak stabil cenderung bergabung (berikatan) dengan atom unsur lain untuk mencapai kestabilan dengan cara menangkap elektron atau melepaskan elektron
- Atom yang cenderung melepaskan elektron, membentuk kation : $X \rightarrow X^+ + e^-$
- Atom yang cenderung menerima elektron, membentuk (anion): $Y + e^- \rightarrow Y^-$

Mikroskopis terbentuknya ikatan ion senyawa NaCl



Model . Struktur Lewis Pembentukan Ikatan Ion dalam senyawa NaCl



PERTANYAAN KUNCI

1. Apakah sifat logam dari atom Na dan Cl ? (logam/nonlogam)

Jawab atom Na :
 atom Cl :

2. Berdasarkan model 3, berapa elektron valensi atom Na dan Cl?
 Jawab atom Na :
 atom Cl :
3. Berdasarkan model 3, bagaimana kecenderungan atom Na dan Cl mencapai kestabilan (sesuai aturan oktet), apakah melepas atau menerima elektron?
 Jawab atomNa :
 atom Cl :
4. Berdasarkan model 3, apakah jenis ion yang dibentuk oleh atom Na dan Cl?(Kation/anion)
 Jawab atomNa :
 atom Cl :
5. Jika kation berdekatan dengan anion, interaksi apakah yang terjadi? (Tarik menarik atau tolak menolak)?
 Jawab:.....
6. Ikatan antara Na dan Cl adalah ikatan ion, berdasarkan jawaban soal no 1-5, bagaimana proses terbentuknya ikatan ion?
 Jawab:.....

Latihan

1. Bagaimanakah proses terbentuknya ikatan ion atom-atom berikut! dan tuliskanlah rumus kimia senyawa yang terbentuk!
 - a. ${}^3\text{Li}$ dengan ${}^9\text{F}$
 - b. ${}^{12}\text{Mg}$ dengan ${}^{16}\text{S}$

BAGIAN 2 : Pembentukan Ikatan Kovalen (tunggal, rangkap, rangkap tiga)

Pengantar

Pada dasarnya unsur unsur dalam akan membentuk unsur stabilnya dengan cara mengikuti kaidah duplet atau oktet. Untuk mencapai kaidah tersebut unsur unsur akan berusaha untuk menyempurnakan elektron valensinya menjadi 2 (khusus H dan Ne) atau menjadi 8 dengan menjadi ion atau saling berikatan melalui ikatan kimia. Pada materi sebelumnya telah dipelajari ikatan ion yang terjadi karena adanya proses serah terima elektron. Unsur yang memiliki kelebihan elektron akan disumbangkan kepada pasangannya yang kekurangan elektron, dari proses tersebut terbentuklah ikatan ion. ***Namun pada beberapa kasus terjadi ikatan antara unsur unsur yang kekurangan elektron. Contoh, dalam gas O_2 terjadi ikatan antara dua atom O. Atom O memiliki elektron valensi 6, dari data tersebut ikatan ion tidak mungkin terjadi karena tidak ada serah terima elektron.***

Rumusan Masalah

1. Setelah membaca pengantar pada bagian sebelumnya, dapatkah kalian menemukan permasalahan? Coba tuliskan masalah yang kalian sudah kalian temukan.

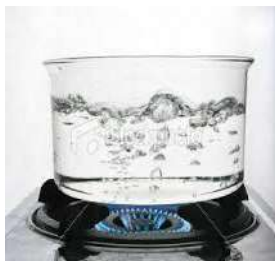
2. Diskusikan dengan teman satu kelompok jawaban apa yang mungkin dari pertanyaan yang dituliskan pada no 1.

Pahami Konsepnya

1. Perhatikan rumus molekul untuk garam dapur (NaCl) dan air (H_2O). Atom-atom apa sajakah yang menjadi penyusunnya?

2. Identifikasikan, termasuk logam atau non logam masing-masing atom tersebut!

3. Sekarang perhatikan rumus molekul air. Berapakah elektron valensi untuk atom hidrogen dan oksigen? Berapakah jumlah elektron yang harus dicapai untuk atom hidrogen agar stabil? Dan berapakah jumlah elektron yang harus dicapai untuk atom oksigen agar stabil?



4. Jadi, berapakah jumlah elektron yang dibutuhkan untuk masing-masing atom?

Untuk atom H :

Untuk atom O :

5. Sekarang, kita amati komponen penyusun udara. Komponen penyusun udara terbesar adalah gas hidrogen (H_2), gas oksigen (O_2), dan gas nitrogen (N_2). Amati rumus molekul gas hidrogen (H_2)! Tuliskan konfigurasi elektron atom hidrogen! Berapakah elektron valensinya? Berapakah jumlah elektron yang dibutuhkan agar stabil?

6. Gambarkan struktur dari H_2 dengan menggambar lambang atom H sebanyak dua buah disertai satu elektron yang dimilikinya.

7. Jadi, atom H tersebut untuk memperoleh satu buah elektron lainnya, berikatan dengan atom H lainnya sehingga membentuk molekul H_2 . Apa yang kalian amati dari penggunaan elektron oleh kedua atom tersebut? Apakah di molekul ini terjadi serah terima elektron? Kalau tidak, apa yang terjadi sehingga atom H tersebut bisa berikatan satu sama lain?

8. Ikatan yang terjadi pada air dan komponen penyusun udara seperti gas hidrogen (H_2) tersebut dinamakan ikatan kovalen. Coba definisikan dengan kalimatmu sendiri, apa yang dimaksud dengan ikatan kovalen?



Karena jumlah pasangan elektron yang digunakan untuk berpasangan pada molekul H_2 adalah satu pasang, maka ikatan nya dinamakan ikatan kovalen tunggal

9. Dengan cara yang sama dengan penggambaran aikatan kovalen atom hidrogen, coba kalian gambarkan untuk gas oksigen (O_2) dan gas Nitrogen (N_2)

Latihan Soal

Setelah kalian memahami konsep pembentukan ikatan kovalen, coba kalian gambarkan notasi lewis dari senyawa senyawa berikut!

1. Gas $Cl_2 \rightarrow$

2. Gas $HCl \rightarrow$

3. Gas $\text{CO}_2 \rightarrow$

4. Gas $\text{HCN} \rightarrow$

5. $\text{NH}_3 \rightarrow$

Religion without science is blind. Science without religion is lame (Albert Einstein).

Belajar kimia itu mudah dan menyenangkan. Cem-Is-Try. Chem-Is-Fun. Fighting! 😊

Kesimpulan

Setelah kalian memahami konsep ikatan kovalen dan melakukan latihan soal, buatlah simpulannya!

Ikatan kovalen terbentuk antara unsur_____ dengan unsur_____.

Ikatan kovalen terjadi karena

BAGIAN 3 : Ikatan Kovalen Koordinasi

Pengantar

Sebagai pengantar untuk memahami konsep ikatan kovalen koordinasi, perhatikan oleh kalian slide/gambar yang ditunjukkan oleh guru didepan kelas mengenai ikatan kovalen NH_3 dan NH_4^+

Rumusan Masalah

1. Setelah kalian memperhatikan gambar tersebut, tuliskan apa yang menjadi permasalahan jika dibandingkan dengan konsep sebelumnya!

2. Dari permasalahan diatas, diskusikan dengan teman satu kelompok jawaban yang mungkin untuk pertanyaan tersebut!

Pahami Konsepnya

COSO (COntoh SOal)

1. Buatlah struktur lewis dari H_2SO_4 .

Perhatikan senyawa H_2SO_4 Berapakah elektron valensi dari masing-masing atom yang terlibat pada senyawa tersebut.

Buatlah struktur lewis dari senyawa tersebut. Kemudian tentukan ikatan yang ada pada senyawa berikut:

Atom O dan atom S dapat berikatan. ikatan tersebut dinamakan ikatan kovalen koordinasi.

2. Buatlah struktur lewis dari HNO_2

Perhatikan senyawa HNO_2 . Berapakah elektron valensi dari masing-masing atom yang terlibat pada senyawa tersebut.

Buatlah struktur lewis dari senyawa tersebut. Kemudian tentukan ikatan yang ada pada senyawa berikut:

Atom N dan atom O dapat berikatan. ikatan tersebut dinamakan ikatan kovalen koordinasi.

3. Buatlah struktur lewis dari H_3PO_4

Perhatikan senyawa H_3PO_4 . Berapakah elektron valensi dari masing-masing atom yang terlibat pada senyawa tersebut.

Buatlah struktur lewis dari senyawa tersebut. Kemudian tentukan ikatan yang ada pada senyawa berikut:

Atom P dan atom O dapat berikatan. ikatan tersebut dinamakan ikatan kovalen koordinasi.

Kesimpulan

Dari contoh soal diatas, buatlah satu simpulan mengenai definisi ikatan kovalen koordinasi!

Ikatan kovalen koordinasi adalah...

LKPD 1

Nama Siswa :
Kelas/Semester : X /
Kelompok :
Mata Pelajaran :
Hari/Tanggal :

Bentuk Molekul

Kelompok :

Nama Anggota :

Rumusan Masalah

Fenomena

Coba perhatikan video tentang peristiwa pembelokan arah aliran senyawa H_2O dan CCl_4 oleh medan listrik, berikut : <https://www.youtube.com/watch?v=67FMcTVIHXM>

Berdasarkan fenomena diatas, rumuskan masalah yang ingin diselesaikan!.

1. Apa yang kalian pikirkan dari fenomena tersebut ?

2. Menurut kalian, mengapa hal itu terjadi ?

3. Untuk memastikan jawaban kalian, coba gambarkan struktur lewis molekul dari H_2O dan CCl_4 ?

4. Nah, coba kalian rangkai bentuk molekul H_2O dan CCl_4 menggunakan mollymood dan gambarlah bentuknya ?



Mengapa bentuk molekul H_2O dan CCl_4 menggunakan mollymood tampak seperti itu ?

Untuk menentukan bentuk molekul suatu senyawa, terlebih dahulu kita harus menentukan pasangan elektron ikatan (PEI) dan pasangan elektron bebas (PEB) dari suatu senyawa dengan melihat struktur Lewisnya dan bagaimana pengaruhnya pada bentuk molekul.

5. Apa yang dimaksud PEI dan PEB ?



6. Ada berapa PEI dan PEB dalam molekul H_2O dan CCl_4 ?



Catatan:

Bentuk dasar dari suatu molekul ditentukan oleh jumlah pasangan elektron yang ada pada atom pusatnya. Ada 5 bentuk molekul dasar dari suatu senyawa, yakni :

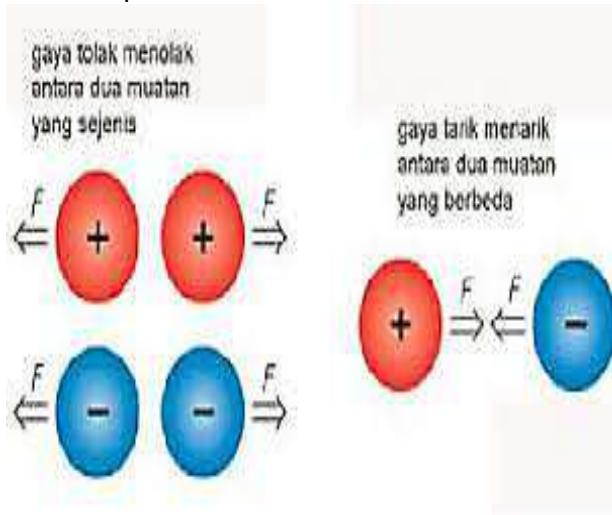
1. Linear
2. Segitiga Datar
3. Tetrahedral
4. Trigonal Bipyramida
5. Oktahedral

Bentuk-bentuk molekul tersebut bersifat simetris, apabila suatu senyawa yang memiliki jumlah pasangan elektron pada atom pusat sama dengan bentuk molekul dasar tersebut, namun memiliki bentuk yang berbeda. Hal tersebut disebabkan perbedaan komposisi PEI

dan PEB dari pasangan elektron yang ada pada atom pusatnya. Sehingga bentuk molekul dasar (simetris) tersebut terdistorsi menjadi bentuk molekul yang berbeda dan tidak simetris.

Bagaimana pengaruh perbedaan jumlah PEI dan PEB dari molekul H_2O dan CCl_4 . Untuk pengaruh PEI dan PEB maka coba kalian ingat tentang muatan elektron, bagaimana jika satu elektron didekatkan dengan elektron yang lain ?

6. Ada berapa PEI dan PEB dalam molekul H_2O dan CCl_4 ?



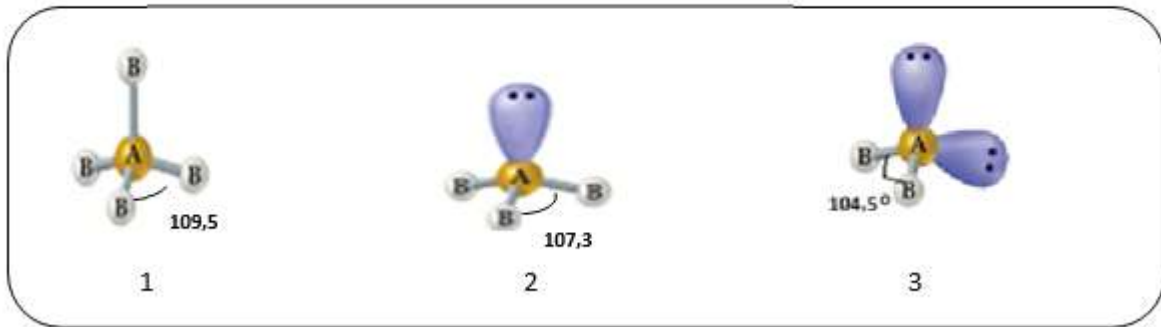
7. Gambarkan kemungkinan interaksi elektron pada molekul H_2O dan CCl_4 ?

Setelah mengetahui pengaruh PEI dan PEB, maka coba sebutkan dan jelaskan bentuk molekul H_2O dan CCl_4 yang telah kamu rangkai di atas ?



Dapatkan kalian menyimpulkan apakah yang menyebabkan bentuk dari suatu senyawa dan menjelaskan fenomena pembelokan H_2O oleh medan listrik ?

Gambar Bentuk Molekul



Terdapat 3 buah model pada gambar 1, gambar 2, gambar 3. Pada gambar tersebut terdapat simbol ____ merupakan atom pusat, dan simbol ____ merupakan atom yang diikat oleh atom pusat. Atom pusat pada gambar 1 mengikat ____ atom lain, gambar 2 mengikat ____ atom lain, dan gambar 3 mengikat ____ atom lain.

Coba perhatikan gambar di atas, terdapat perbedaan dari segi jumlah PEI dan PEB serta jenis tolakan yang terjadi. Untuk lebih jelasnya, dari informasi dari gambar bentuk molekul di atas, isilah tabel di bawah ini !

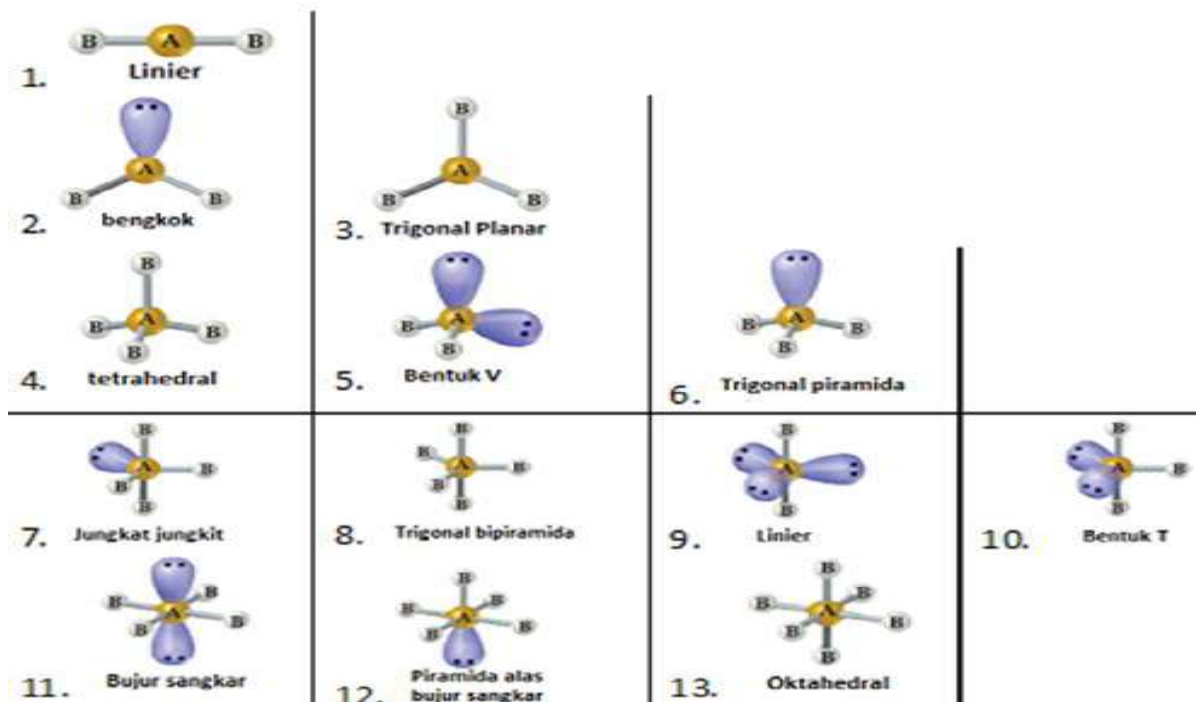
Gambar	Jumlah PEI	Jumlah PEB	Jenis Tolakan	Besar Sudut
1				
2				
3				

Perhatikan tolakan antara PEB dengan PEB, PEB dengan PEI, dan PEI dengan PEI. Cobalah kalian urutkan tolakan dari yang terbesar sampai yang terkecil !

➤

➤

Menemukan Konsep Teori Domain Elektron



Carilah bentuk molekul berdasarkan PEI dan PEB berikut, tuliskan bentuk molekul pada tabel berikut.

PEB \ PEI	1	2	3
2			
3			
4			
5			
6			

Setelah mengetahui, pengaruh PEI dan PEB, coba kalian jelaskan konsep teori Domain Elektron ?

Menggambar Bentuk Molekul Dasar

Dengan membaca modul, Coba kalian rangkai bentuk molekul senyawa menggunakan molymood dan gambarkan hasilnya dalam tabel berikut ini !

NO	Rumus Kimia Senyawa	Jumlah PEI	Jumlah PEB	Bentuk Molekul
1	CO ₂			
2	BH ₃			
3	CH ₄			
4	PCl ₅			

5	SF ₆			
---	-----------------	--	--	--

Meramalkan Bentuk Molekul

Untuk meramalkan bentuk molekul, terlebih dahulu menentukan atom pusat (A), jumlah atom yang diikat (X), PEB (E), jumlah PEI (n), dan jumlah PEB (m). Dengan menggunakan notasi :



Dengan membaca modul, Coba ramalkan bentuk molekul senyawa dalam tabel berikut ini dan rangkailah hasilnya menggunakan mollymood !

NO	Rumus Kimia Senyawa	A	X	n	m	Bentuk Molekul	Nama Bentuk
1	H ₂ O						
2	SO ₂						

3	NH ₃						
4	ClF ₃						
5	TeCl ₄						
6	XeF ₂						
7	IF ₅						

8	XeF ₄						

LKPD 1

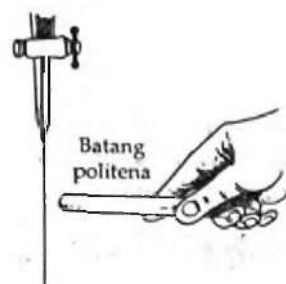
LKPD adalah panduan dalam melakukan aktivitas pembelajaran, yaitu:

Nama Siswa :
Kelas/Semester : X /
Kelompok :
Mata Pelajaran :
Hari/Tanggal :

KEPOLARAN SENYAWA

Lakukan kegiatan berikut!

1. Sediakan buret atau pipet tetes panjang. Isi dengan air, HCl, dan CCl_4 . Buat muatan listrik pada penggaris politena.
2. Keluarkan zat dari buret atau pipet, lalu dekatkan pada penggaris yang sudah bermuatan seperti pada gambar di samping.
3. Amati apa yang terjadi.



Zat	Hasil Pengamatan
Air	
HCl	
CCl_4	

Catatan: CCl_4 dapat diganti dengan minyak tanah

Pertanyaan:

1. Apakah ada pengaruh dari muatan listrik pada zat-zat tersebut?

.....
.....
.....

2. Dari percobaan di atas buatlah kesimpulan dari kepolaran senyawa!

.....
.....
.....

Kepolaran senyawa dapat pula ditentukan oleh harga keelektronegatifan unsur-unsur yang membentuk ikatan kovalen pada senyawa tersebut.

Lengkapi data berikut.

Senyawa kovalen nonpolar Senyawa kovalen polar

Molekul	Senyawa kovalen nonpolar		Senyawa kovalen polar	
	H_2	Cl_2	HCl	HBr
Diagram Lewis				

Keelektronegativitas	H =	Cl =	H = Cl =	H = Br =
Beda keelektronegativitas	H dan H	Cl dan Cl	H dan Cl	Cl dan Br
Muatan pada molekul	.....	.....	$\delta^+ \text{H dan Cl}^{\delta-}$	$\delta^+ \text{H dan Br}^{\delta-}$

Berdasarkan data di atas, ditinjau dari harga keelektronegativitas unsur pada senyawa kovalen polar maka:

ikatan kovalen nonpolar =
.....
.....
ikatan kovalen polar =
.....
.....

Latihan

Berikan contoh ikatan kovalen nonpolar dan ikatan kovalen polar, masukkan pada tabel berikut.

Ikatan Kovalen Nonpolar		Ikatan Kovalen Polar	
Rumus	Diagram Lewis	Rumus	Diagram Lewis

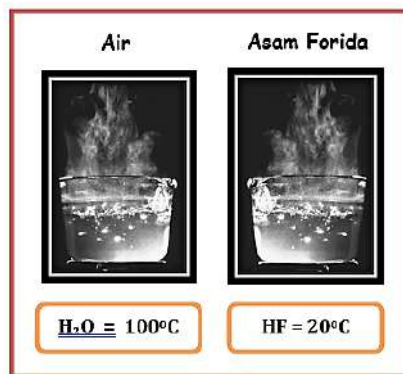
LKPD 1

Nama Siswa :
Kelas/Semester : X /
Kelompok :
Mata Pelajaran :
Hari/Tanggal :

INTERAKSI ANTAR MOLEKUL

A. Fenomena

Coba perhatikan gambar berikut!.



Air (H_2O) dan asam florida (HF) adalah dua zat cair yang keberadaannya dapat dijumpai di sekitar kita. H_2O yang merupakan kebutuhan dasar setiap makhluk hidup menjadikannya amat dibutuhkan agar bisa bertahan hidup. Walaupun jarang dijumpai, HF adalah senyawa yang banyak digunakan dalam laboratorium dalam beberapa praktikum. Selain itu senyawa ini juga dimanfaatkan sebagai cairan elektrolit dalam pengolahan mineral aluminium dan mensketsa gelas.

Sepintas, kedua senyawa ini hampir tidak dapat dibedakan secara fisik utamanya warna. Seringkali orang tidak mampu membedakan jika keduanya berada dalam botol tertutup tanpa label. Karena penasaran, seorang siswa melakukan percobaan untuk menemukan perbedaan titik didih antara H_2O dan HF dengan cara memanaskan kedua senyawa murni ini hingga mendidih. Berdasarkan hasil percobaannya diperoleh hasil seperti yang tertulis di bawah masing-masing gambar H_2O dan HF . Namun, siswa tersebut masih kesulitan untuk menjelaskan perbedaan tersebut.

Rumusan Masalah

Berdasarkan fenomena di atas, rumusan masalah apa yang dihadapi oleh siswa tersebut. Nyatakan dalam bentuk pertanyaan.

Mengapa

PERTANYAAN

1) Jelaskan pengertian gaya antarmolekul?

.....
.....

2) Gaya antarmolekul apakah yang terdapat pada molekul-molekul HCl? Jelaskan!

3) Jelaskan perbedaan antara gaya van der Waals dengan ikatan hidrogen!

4) Jelaskan pengaruh massa molekul terhadap titik didih suatu senyawa!

5) Gaya antarmolekul apakah yang terdapat pada H_2O dan HF? Jelaskan!

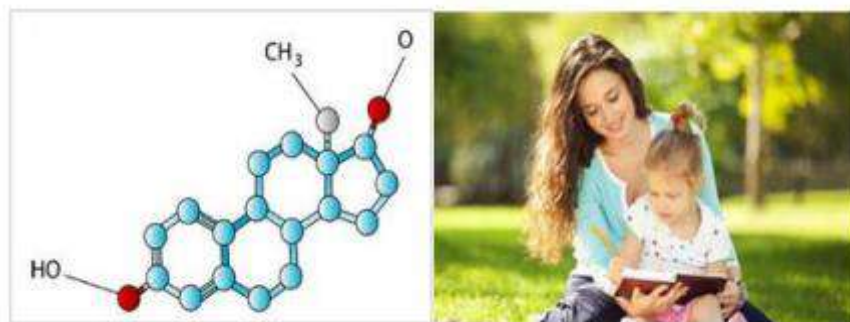
KESIMPULAN

Mengapa titik didih H_2O berbeda dengan titik didih HF? Jelaskan!

B. BAHAN BACAAN

IKATAN KIMIA

Perhatikan dua contoh senyawa berikut. “ $C_{18}H_{24}O_6$ dan $C_{19}H_{28}O_6$ ” “Apa yang membedakan kedua senyawa itu?” Tentunya Jumlah atom C dan atom H. Kedua senyawa tersebut adalah dua senyawa yang berbeda.



Gambar 1. Struktur hormon estrogen pada wanita (Sumber: belajaraktif.com)

Yang pertama adalah estrogen yaitu hormon yang bertanggung jawab atas sifat kewanitaan. Sedangkan yang kedua adalah testosteron yaitu hormon yang bertanggung jawab atas sifat kelakian. Hal yang menarik di sini adalah adanya interaksi antara C, H, O yang sedikit beda jumlah atom bisa menyebabkan perbedaan jenis kelamin. Mirip, tapi sama sekali berbeda, bukan? Bayangkan! ikatan kimia antar 118 atom unsur dalam SPU bisa menghasilkan berapa milyar senyawa yang berbeda? Mengapa mereka saling berinteraksi? Bagaimana mereka saling berinteraksi? Yuk ikuti pembahasan ikatan kimia pada modul ini, semangat ...!

1. Kestabilan unsur-unsur

Unsur-unsur dalam umumnya tidak stabil sehingga ditemukan dalam bentuk senyawanya. Atom-atom unsur tersebut saling berikatan membentuk molekul unsur atau molekul senyawa, untuk mencapai keadaan yang lebih stabil. Gas mulia merupakan unsur golongan VIII A dan bersifat inert. Hal ini karena gas mulia sulit bereaksi dengan atom unsur lainnya. Di alam, gas mulia berada sebagai atom tunggal. Atom-atom gas mulia bersifat stabil karena kulit terluarnya terisi penuh oleh elektron. Perhatikan Tabel 1 konfigurasi elektron gas mulia.

Tabel 1. Konfigurasi elektron beberapa unsur gas mulia

Unsur	Konfigurasi elektron	Elektron valensi
Helium, ${}_2\text{He}$	$1s^2$	2
Neon, ${}_{10}\text{Ne}$	$1s^2 2s^2 2p^6$	8
Argon, ${}_{18}\text{Ar}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$	8
Krypton, ${}_{36}\text{Kr}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$	8
Xenon, ${}_{54}\text{Xe}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6$	8
Radon, ${}_{86}\text{Rn}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^6$	8

G.N. Lewis (Amerika) dan W. Kossel (Jerman) menjelaskan bahwa kestabilan suatu atom unsur dalam ikatan kimianya, terkait dengan upaya atom unsur tersebut untuk memiliki konfigurasi elektron seperti gas mulia terdekat.

- Dikemukakan bahwa jumlah elektron pada kulit terluar dari dua atom yang berikatan akan berubah sedemikian rupa sehingga konfigurasi elektron kedua atom tadi sama dengan konfigurasi elektron gas mulia yaitu mempunyai 8 elektron pada kulit terluarnya. Pernyataan ini disebut aturan oktet
- Unsur-unsur dengan nomor atom kecil seperti H dan Li, stabil dengan 2 elektron valensi seperti He, disebut aturan duplet

Aturan duplet : konfigurasi elektron stabil dengan 2 elektron pada kulit terluar.

Aturan oktet : konfigurasi elektron stabil dengan 8 elektron pada kulit terluar

Suatu atom dapat mencapai kestabilan konfigurasi elektron gas mulia dengan cara melepaskan elektron, menangkap elektron, atau berbagi elektron.

Contoh:

- Unsur natrium, $_{11}\text{Na}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$, mempunyai elektron valensi satu, sesuai kaidah oktet unsur ini akan stabil dengan cara melepaskan 1e tersebut membentuk ion Na^+

$$\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + e$$
 $1s^2 2s^2 2p^6$ (sama dengan konfigurasi elektron $_{10}\text{Ne}$)
- Unsur $_{13}\text{Al}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$, mempunyai elektron valensi tiga, sesuai kaidah oktet unsur ini akan stabil dengan cara melepaskan 3e tersebut membentuk ion Al^{3+} .

$$\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3e$$
 $1s^2 2s^2 2p^6$ (sama dengan konfigurasi elektron $_{10}\text{Ne}$)
- Unsur $_{8}\text{O}$: $1s^2 2s^2 2p^4$, mempunyai elektron valensi 6, sesuai kaidah oktet unsur ini akan stabil dengan cara menyerap 2e membentuk ion O^{2-}

$$\text{O} + 2e \rightarrow \text{O}^{2-}$$
 $1s^2 2s^2 2p^6$ (sama dengan konfigurasi elektron $_{10}\text{Ne}$)
- Unsur $_{17}\text{Cl}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$, mempunyai elektron valensi 7, sesuai kaidah oktet unsur ini akan stabil dengan cara menyerap 1 elektron membentuk ion Cl^-

$$\text{Cl} + e \rightarrow \text{Cl}^-$$
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ (sama dengan konfigurasi elektron $_{18}\text{Ar}$)

Jadi unsur logam akan melepaskan elektron valensinya membentuk ion positif (+), sedangkan unsur nonlogam akan menangkap elektron membentuk ion negatif (-)



Pada saat atom-atom membentuk ikatan, hanya elektron-elektron pada kulit terluar yang berperan yaitu elektron valensi. Elektron valensi dapat digambarkan dengan struktur Lewis yaitu lambang kimia suatu atom atau ion yang dikelilingi oleh titik-titik elektron valensi. Coba cermati tabel berikut :

Tabel 2. Struktur Lewis unsur-unsur golongan utama (Sumber : Setiyana, 2015)

I A	II A	III A	IV A	V A	VI A	VII A	VIII A
X•	•X•	•X•	•X•	•X•	•X•	•X•	•X•

Contoh soal

Gambarkan simbol Lewis untuk atom $_{17}\text{Cl}$, $_8\text{O}$ dan $_{11}\text{Na}$!

Jawab

Unsur	Konfigurasi elektron	Elektron valensi	Rumus lewis
$_{17}\text{Cl}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$	7	$\cdot\ddot{\text{Cl}}\cdot$
$_8\text{O}$	$1s^2 2s^2 2p^4$	6	$\ddot{\text{O}}:$
$_{11}\text{Na}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	1	$\text{Na}\cdot$

2. Pembentukan ikatan ion

Ikatan ion atau elektrovalen umumnya terbentuk antara atom logam dan non logam. Hal ini terjadi karena atom unsur logam cenderung melepas elektron membentuk ion positif (+) dan atom unsur non logam cenderung menangkap elektron sehingga membentuk ion negatif (-). Ikatan antara ion positif dengan ion negatif melalui gaya elektrostatis disebut ikatan ion. Perhatikan gambar berikut:

							H ⁻	He		
Li ⁺	Be ²⁺						N ³⁻	O ²⁻	F ⁻	Ne
Na ⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺						S ²⁻	Cl ⁻	Ar
K ⁺	Ca ²⁺	Sc ³⁺						Se ²⁻	Br ⁻	Kr
Rb ⁺	Sr ²⁺	Y ³⁺						Te ²⁻	I ⁻	Xe
Cs ⁺	Ba ²⁺	La ³⁺								

Gambar 1. Unsur-unsur pembentuk anion dan kation (Sumber : Masterton, Hurley, 2010)

Contohnya a. Senyawa garam dapur, NaCl , terbentuk dari ikatan ion antara atom Na dengan atom Cl.

$_{11}\text{Na}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

$\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + e$

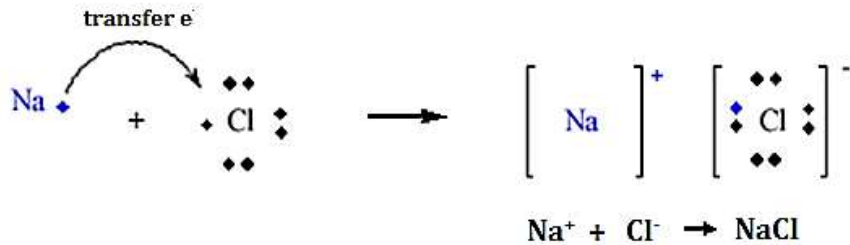
$_{17}\text{Cl}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$



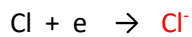
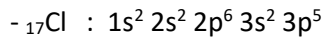
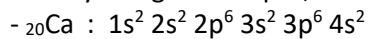
- Ikatan ion



Ilustrasi pembentukan ikatan ion



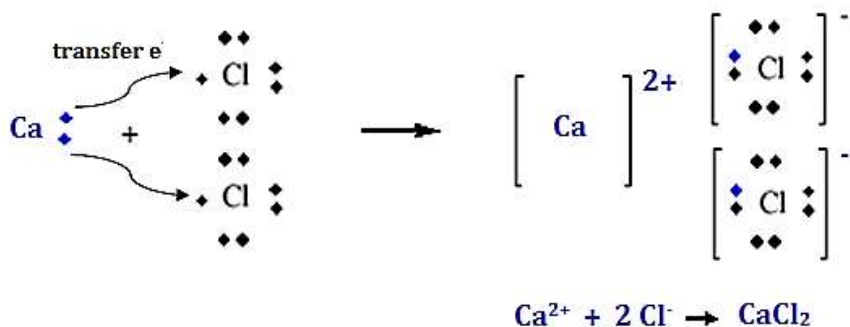
b. Senyawa garam dapur, NaCl, terbentuk dari ikatan ion antara atom Na dengan atom Cl.



- Ikatan ion



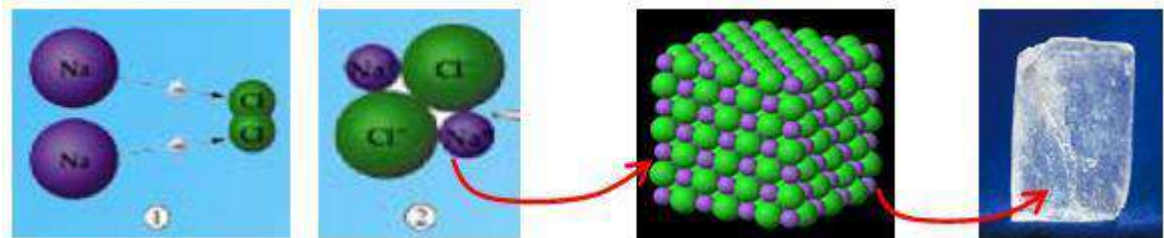
Ilustrasi pembentukan ikatan ion



3. Sifat fisis senyawa ion

Sifat fisis senyawa ion ditentukan oleh gaya elektrostatis yang kuat antara ion positif dan negatif senyawa tersebut. Dalam fase padat, membentuk struktur kristal. Contoh Susunan ion-ion Na^+ dan Cl^- yang membentuk struktur kristal NaCl.

Setiap ion Na^+ dikelilingi oleh 6 ion Cl^- dan setiap ion Cl^- dikelilingi oleh 6 ion Na^+ .



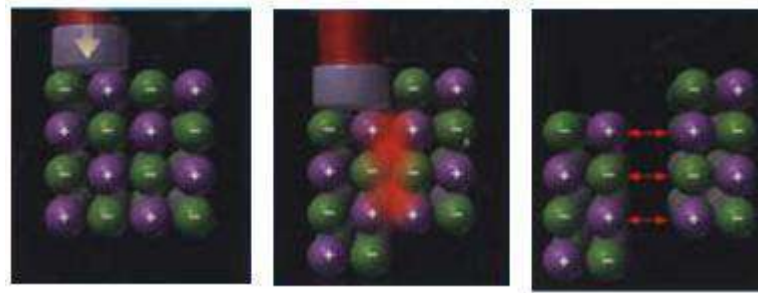
Gambar 2. Ilustrasi struktur kristal NaCl (Sumber : Setiyana, 2015)

Beberapa sifat fisis senyawa ion lainnya adalah :

a. Bersifat keras tetapi rapuh

Jika senyawa ion dikenakan suatu energi, misalnya dipukul menggunakan palu, lapisan yang terkena pukulan akan bergeser. Ion-ion yang muatannya sama akan saling menolak. Tolak-menolak antar ion

iniilah yang menyebabkan kekuatan ikatan ion akan berkurang sehingga senyawa ion bersifat mudah rapuh. Perhatikan ilustrasi berikut:



Gambar 2. Ilustrasi sifat rapuh senyawa ion (Sumber : Setiyana, 2015)

b. Mempunyai titik leleh dan titik didih yang tinggi.

Ikatan ion antara kation dan anion sangat kuat. Untuk memutuskan ikatan ion diperlukan energi yang cukup besar. inilah penyebab senyawa ion mempunyai titik didih dan titik leleh yang cukup tinggi. Contohnya : NaCl mempunyai titik leleh 801 oC dan titik didih 1.465 oC.

c. Larut dalam pelarut air, tetapi umumnya tidak larut dalam pelarut organik.

d. Bersifat konduktor listrik

Tidak menghantarkan listrik pada fase padat, tetapi menghantarkan listrik dalam fase cair (lelehannya) atau jika larut dalam air.

1. Pembentukan ikatan kovalen

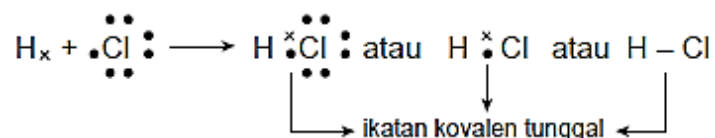
Ikatan kovalen terbentuk akibat kecenderungan atom-atom untuk menggunakan elektron bersama (*share elektron*) agar memiliki konfigurasi elektron seperti gas mulia terdekat. Atom-atom yang berikatan kovalen umumnya adalah antara atom-atom non logam.

Penggunaan pasangan elektron dalam ikatan kovalen dapat digambarkan dengan struktur Lewis. Struktur Lewis menggambarkan jenis atom-atom dalam molekul dan bagaimana atom-atom tersebut terikat satu sama lain.

a. Ikatan kovalen tunggal

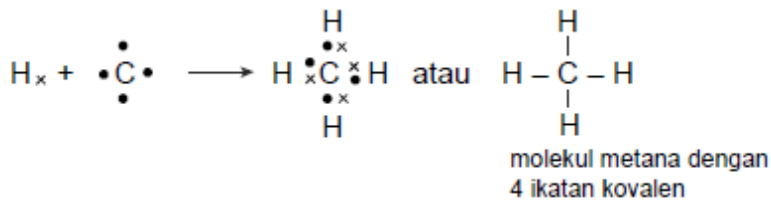
Ikatan kovalen tunggal adalah ikatan kovalen yang melibatkan penggunaan 1 pasangan elektron (2 elektron) oleh dua atom yang saling berikatan. Contohnya pembentukan senyawa HCl dan CH₄

- Pembentukan HCl Konfigurasi elektron $1\text{H} : 1s^1$ sehingga elektron valensinya = 1. Untuk mencapai konfigurasi elektron yang stabil (sesuai kaidah duplet) diperlukan 1 elektron . Konfiguarsi elektron $17\text{Cl} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ sehingga Cl mempunyai elektron valensi = 7. Untuk mencapai konfigurasi elektron yang stabil (sesuai kaidah oktet) diperlukan 1 elektron, maka struktur Lewis pembentukan HCl



- Pembentukan CH₄

Konfigurasi elektron $1\text{H} : 1s^1$ sehingga elektron valensinya = 1. Untuk mencapai konfigurasi elektron yang stabil (sesuai kaidah duplet) diperlukan 1 elektron. $6\text{C} : 1s^2 2s^2 2p^2$ sehingga elektron valensinya = 4. Untuk mencapai konfigurasi elektron yang stabil (sesuai kaidah oktet) diperlukan 4 elektron, maka struktur Lewis pembentukan CH₄

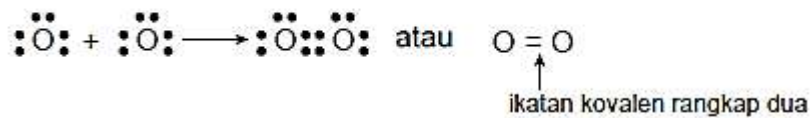


b. Ikatan kovalen rangkap dua dan rangkap tiga

Ikatan kovalen rangkap dua adalah ikatan kovalen yang melibatkan penggunaan bersama 2 pasangan elektron (4 elektron) oleh dua atom yang saling berikatan, jika pasangan elektron yang digunakan bersama sebanyak 3 pasang disebut ikatan kovalen rangkap tiga. Contoh:

- Pembentukan O_2

Konfigurasi elektron $_{16}O$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ sehingga elektron valensinya = 6, untuk mencapai konfigurasi elektron yang stabil (sesuai kaidah oktet) diperlukan 2 elektron, maka struktur Lewis pembentukan O_2



- Pembentukan N_2

Konfigurasi elektron $_7N$: $1s^2 2s^2 2p^3$ sehingga elektron valensinya = 5, untuk mencapai konfigurasi elektron yang stabil (sesuai kaidah oktet) diperlukan 3 elektron, maka struktur Lewis pembentukan N_2

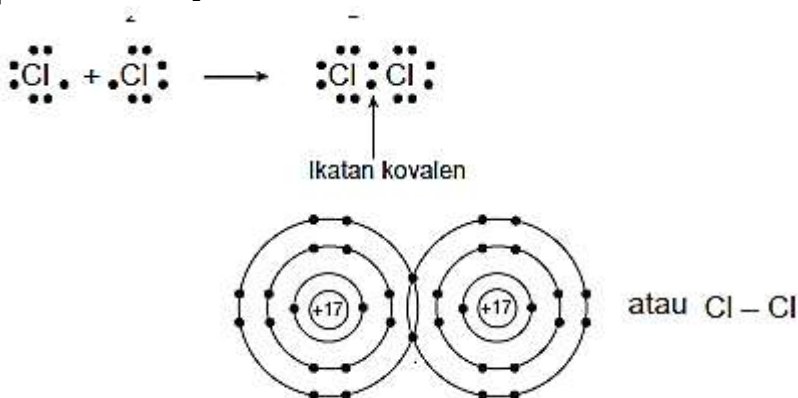
Contoh soal

Jelaskan pembentukan senyawa Cl_2 dan CO_2 menggunakan struktur lewis!

Jawab

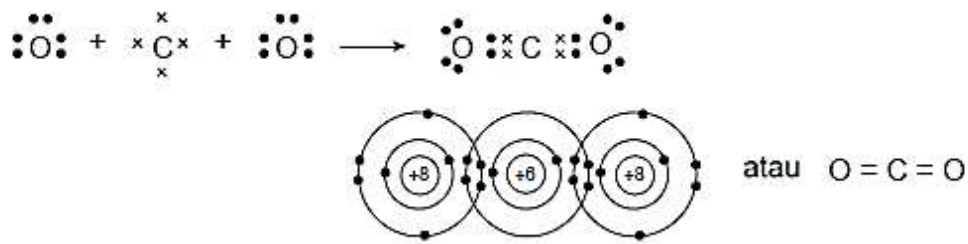
1) Pembentukan senyawa Cl_2

Konfigurasi elektron $_{17}Cl$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ sehingga elektron valensinya = 7, untuk mencapai konfigurasi elektron yang stabil (sesuai kaidah oktet) diperlukan 1 elektron, maka struktur Lewis pembentukan Cl_2



2) Pembentukan CO_2

Konfigurasi elektron $_{16}O$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ sehingga elektron valensi-nya = 6, untuk mencapai konfigurasi elektron yang stabil (sesuai kaidah oktet) diperlukan 2 elektron. Konfigurasi elektron $_6C$: $1s^2 2s^2 2p^2$ sehingga elektron valensinya = 4. Untuk mencapai konfigurasi elektron yang stabil (sesuai kaidah oktet) diperlukan 4 elektron, maka struktur Lewis pembentukan CO_2

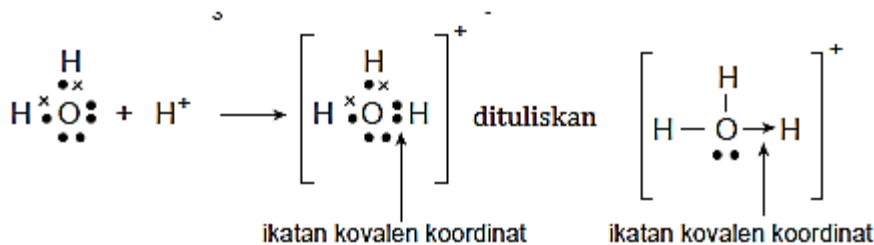


2. Ikatan kovalen koordinasi

Ikatan kovalen koordinasi adalah Ikatan kovalen yang pasangan elektron yang digunakan untuk berikatan hanya berasal dari salah satu atom. Coba perhatikan contoh pembentukan ikatan kovalen koordinasi pada ion H_3O^+ berikut :

- Reaksi : $\text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+$

- Struktur Lewis :



(Tanda panah, $\rightarrow$, menunjukkan pasangan elektron ikatan kovalen koordinat berasal dari atom oksigen) - Keterangan: Ion hidronium, H_3O^+ dibentuk dari molekul H_2O yang mengikat ion H^+ . Pada molekul H_2O , atom oksigen mempunyai dua pasang elektron bebas sedangkan ion H^+ tidak mempunyai elektron. Ikatan kovalen koordinasi terbentuk oleh salah satu pasangan elektron bebas dari oksigen dengan ion H^+ .

Ikatan kovalen koordinat terbentuk jika pasangan elektron yang digunakan bersama berasal dari salah satu atom

Contoh soal:

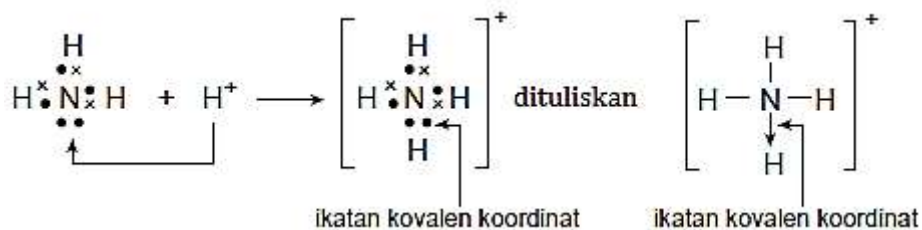
Jelaskan bagaimana pembentukan ikatan kovalen koordinasi pada ion NH_4^+ .

Jawab

Reaksi : $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$

Ion NH_4^+ dibentuk dari molekul NH_3 yang mengikat ion H^+ . Pada molekul NH_3 atom nitrogen mempunyai sepasang elektron bebas yang digunakan untuk mengikat ion H^+ sehingga terbentuk ikatan kovalen koordinasi.

Struktur Lewis :



(Tanda panah, $\rightarrow$, menunjukkan pasangan elektron ikatan kovalen koordinat berasal dari atom nitrogen)

3. Sifat-sifat fisis ikatan kovalen

- a. Senyawa kovalen ada yang membentuk struktur molekul sederhana misalnya CH_4 dan H_2O , ada juga yang membentuk struktur molekul raksasa seperti SiO_2 . Selain itu ada atom-atom yang membentuk struktur kovalen raksasa contohnya karbon dalam intan.
- b. Titik didih senyawa kovalen bervariasi, ada yang rendah dan sangat tinggi.

Tabel 3. Titik didih beberapa senyawa kovalen (Sumber : Visual encyclopedia)

Struktur molekul sederhana		Struktur kovalen raksasa	
Zat	Titik didih $^{\circ}\text{C}$	Zat	Titik didih $^{\circ}\text{C}$
Metana, CH_4	- 161	Intan, C	4830
Air, H_2O	100	Silikon, Si	2355
Klor, Cl_2	- 35	Silika, SiO_2	2230

- c. Metana memiliki fase gas, pada setiap molekulnya terdapat ikatan kovalen yang relatif kuat. Di antara molekul-molekul CH_4 terdapat gaya antarmolekul yang lemah. Pada saat dipanaskan, masing-masing molekul CH_4 mudah berpisah, sehingga titik didih metana rendah.
- d. Pada intan, atom C dengan C lainnya berikatan kovalen sangat kuat, membentuk struktur raksasa sehingga titik didihnya tinggi. Senyawa dengan struktur molekul raksasa tidak larut dalam air dan tidak menghantarkan listrik kecuali grafit yaitu karbon pada batu baterai dan isi pensil

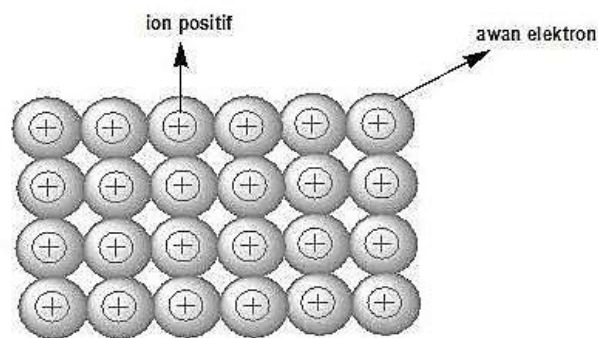
4. Ikatan logam

Pernahkan kalian bertanya mengapa kawat tembaga dapat digunakan sebagai penghantar listrik dalam kabel? Atau emas, perak dapat digunakan untuk perhiasan dalam bentuk yang indah?

Benarkah semua itu berkaitan dengan sifat ikatan logam? Yuk simak penjelasan berikut:

Atom logam mempunyai keelektronegatifan rendah, artinya mereka cenderung mudah melepaskan elektron terluarnya. Jika atom logam melepaskan elektron maka terbentuk kation atau ion positif. Elektron-elektron dari atom logam ditemukan di dalam kisi-kisi logam dan bebas bergerak diantara semua kation, membentuk lautan elektron. Gaya elektrostatis antar muatan (+) logam dan muatan (-) dari elektron akan menggabungkan kisi-kisi logam tersebut.

Tarik-menarik dari kation di dalam lautan elektron yang bertindak sebagai perekat dan menggabungkan kation-kation disebut ikatan logam.



Gambar 4. Ilustrasi ikatan logam

Beberapa sifat fisis logam antara lain:

- Penghantar listrik dan panas yang baik Elektron yang bebas bergerak pada lautan elektron menyebabkan logam dapat menghantarkan listrik, sehingga logam banyak digunakan sebagai penghantar listrik dalam kabel.
- Mempunyai titik leleh dan titik didih yang tinggi Atom logam dengan atom logam tersusun rapat membentuk struktur raksasa sehingga logam mempunyai titik leleh dan kekerasan yang tinggi. Dengan demikian logam banyak digunakan sebagai penghantar panas.
- Bersifat keras namun tidak mudah patah Hal ini menyebabkan logam mudah dibentuk dengan ditempa dan digunakan untuk perhiasan atau pajangan dengan bentuk yang indah

BENTUK MOLEKUL

1. Teori Valence Shell Electron Pair of Repulsion (VSEPR) dan Teori Domain Elektron.

Teori VSEPR adalah teori yang menggambarkan bentuk molekul berdasarkan kepada tolakan pasangan electron disekitar atom pusat. Teori tolakan pasangan elektron ini dikenal dengan istilah VSEPR (Valence Shell Electron Pair of Repulsion).

Bentuk molekul didasarkan kepada jumlah electron yang saling tolak-menolak disekitar atom pusat yang akan menempati tempat sejauh mungkin untuk meminimumkan tolakan.

Teori VSEPR merupakan penjabaran sederhana dari rumus Lewis yang berguna untuk memprediksikan bentuk molekul poliatom berdasarkan struktur Lewis-nya. Teori VSEPR pertama kali dikembangkan oleh Nevil Sidgwick dan Herbert Powell pada tahun 1940, dan dikembangkan lebih lanjut oleh Ronald Gillespie dan Ronald Nyholm.

Ide dasar teori VSEPR adalah adanya tolakan antara pasangan elektron sehingga pasangan elektron tersebut akan menempatkan diri pada posisi sejauh mungkin dari pasangan elektron lainnya. Posisi pasangan elektron satu dengan yang lain yang semakin berjauhan akan menyebabkan tolakan antar mereka menjadi semakin kecil. Pada posisi yang paling jauh yang dapat dicapai, tolakan antar pasangan elektron menjadi minimal. Tolakan antar pasangan elektron terjadi antara pasangan elektron bebas yang terlokalisasi pada atom pusat dan elektron ikat secara ikatan koordinasi. Teori VSEPR mengasumsikan bahwa masing-masing molekul akan mencapai geometri tertentu sehingga tolakan pasangan antarelektron di kulit valensi menjadi minimal.

Teori Domain Elektron

Menurut Ralph H. Petrucci (1985), teori Domain Elektron merupakan penyempurnaan dari teori VSEPR. Teori ini adalah suatu cara meramalkan bentuk molekul berdasarkan tolak menolak elektron-elektron pada kulit luar atom pusat. Domain elektron berarti kedudukan elektron atau daerah keberadaan elektron. Jumlah domain elektron ditentukan sebagai berikut: a. Setiap elektron ikatan (apakah ikatan tunggal, rangkap atau rangkap tiga) merupakan 1 domain. b. Setiap pasangan elektron bebas merupakan 1 domain.

Contoh :

Tentukan domain elektron atom pusat pada beberapa senyawa : H_2O , CO_2 dan SO_2 !

Pembahasan :

- Gambarkan struktur lewis masing-masing senyawa
- Setiap satu elektron ikatan (tunggal, rangkap dua maupun rangkap tiga merupakan satu domain
- Setiap pasangan elektron bebas merupakan satu domain Sehingga jumlah domainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.6-1. Contoh Penentuan Domain Elektron

No	Senyawa	Struktur Lewis	Jumlah Domain Elektron
1	H_2O		4
2	CO_2		2
3	SO_2		3

Penjelasan :

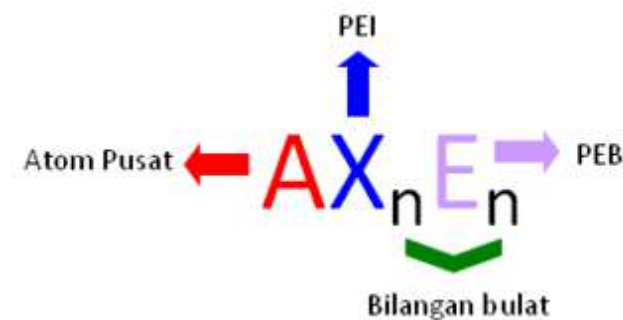
2. Pada struktur lewis H₂O atom pusat O dikelilingi oleh 4 PEI sehingga jumlah domain elektron = 4
3. Pada struktur lewis CO₂ atom pusat C dikelilingi oleh 2 ikatan rangkap, sehingga domain elektron = 2
3. Pada struktur lewis SO₂ atom pusat S dikelilingi oleh dua ikatan rangkap, ikatan tunggal dan 1 PEB, sehingga jumlah domain elektron = 3

Teori domain elektron mempunyai prinsip-prinsip dasar sebagai berikut:

- a. Antar domain elektron pada kulit luar atom pusat saling tolak-menolak sehingga domain elektron akan mengatur diri (mengambil formasi) sedemikian rupa, sehingga tolak-menolak di antaranya menjadi minimum.
- b. Urutan kekuatan tolak-menolak di antara domain elektron adalah: Tolakan antar domain elektron bebas > tolakan antara domain elektron bebas dengan domain elektron ikatan > tolakan antara domain elektron ikatan.
- c. Bentuk molekul hanya ditentukan oleh pasangan elektron ikatan.

2. Rumus/Tipe Molekul

Rumusan tipe molekul dapat ditulis dengan lambang **AX_nE_m** (jumlah pasangan electron), pasangan elektron ikatan (PEI) dan pasangan elektron bebas (PEB)



dimana :

A : Atom pusat

X : Jumlah pasangan elektron ikatan (PEI)

E : jumlah pasangan elektron bebas (PEB)

Catatan:

- a. ikatan rangkap dua atau rangkap tiga dihitung satu pasang electron ikatan
- b. tolakan antara PEB-PEB > PEB-PEI > PEI-PEI
- c. PEI menentukan bentuk molekul, PEB mempengaruhi besar sudut ikatan

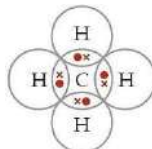
Langkah-langkah memprediksi bentuk molekul dengan teori VSEPR

- a. Tentukan struktur lewis dari rumus molekul
- b. Tentukan jumlah PEB dan PEI atom pusat
- c. Tentukan tipe/rumus molekulnya
- d. Gambar bentuk molekul dan beri nama sesuai dengan jumlah PEI dan PEB

Contoh :

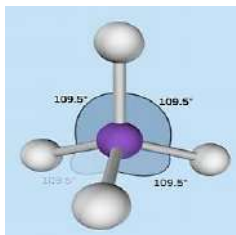
1. Senyawa metana, CH₄

Struktur lewisnya dapat digambarkan sebagai berikut.



Dari struktur lewisnya, bahwa atom pusat, C memiliki empat pasangan elektron ikatan (PEI) dan tidak memiliki pasangan elektron bebas (PEB), sehingga tipe molekulnya adalah AX₄.

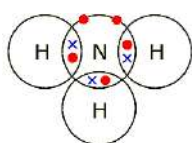
Pasangan elektron ikatan akan menempati posisi dimana tolakan sekecil mungkin, sehingga posisi PEI antara satu dengan yang lain menjadi sama jaraknya dan menghasilkan sudut antara H – C – H yang sama besarnya, sehingga berdasarkan rumus/tipe molekulnya, CH₄ memiliki bentuk tetrahedral seperti tampak pada gambar berikut.



Gambar 3.6-1. Bentuk molekul CH₄

2. Senyawa amonia, NH₃

Struktur lewis NH₃ adalah sebagai berikut :

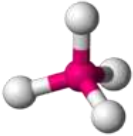
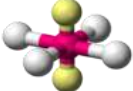
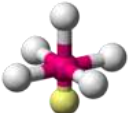


Pembahasan :

Atom pusat adalah N mempunyai elektron valensi 5 Pasangan Elektron ikatan (X) = 3 Pasangan Elektron Bebas E = (5-3)/2 = 1 Bentuk molekul AX₃E bentuk molekulnya piramida segitiga Dengan menggunakan teori VSEPR maka kita dapat meramalkan bentuk geometri suatu molekul, seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel 3.6-2. Hubungan antara jumlah PEI, PEB, tipe molekul dan bentuk molekul

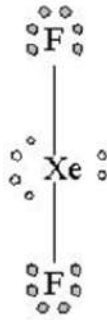
Ikatan PEI	Bebas PEB	Geometri Molekul	Notasi	Geometri	Kepolaran	Sudut	Contoh Senyawa
2	0	Linier	AX ₂		Non Polar	180°	CO ₂ , BeCl ₂
2	1	Bengkok / Bentuk V	AX ₂ E		Polar	120° (119°)	SO ₂ , SnCl ₂
2	2	Bengkok / Bentuk V	AX ₂ E ₂		Polar	109,5° (104,5°)	H ₂ O dan SCl ₂
2	3	Linear	AX ₂ E ₃		Non Polar	180°	XeF ₂
3	0	Segitiga datar / Trigonal Planar	AX ₃		Non Polar	120°	BH ₃ dan BCl ₃
3	1	Limas alas segitiga / Trigonal Piramidal	AX ₃ E		Polar	107°	NH ₃ dan PCl ₃
3	2	Bentuk T / T Shaped	AX ₃ E ₂		Polar	90°, 180° (87,5°, <180°)	ClF ₃

Ikatan PEI	Bebas PEB	Geometri Molekul	Notasi	Geometri	Kepolaran	Sudut	Contoh Senyawa
4	0	Tetrahedral	AX_4		Non Polar	$109,5^\circ$	CCl_4 dan SiH_4
4	1	Jungkat jungkit / Seesaw	AX_4E		Polar	$180^\circ, 120^\circ, 90^\circ$ ($173,1^\circ, 101,6^\circ$)	SF_4
4	2	Segiempat datar / Segiempat Planar	AX_4E_2		Non Polar	90°	XeF_4
5	0	Dwilimas segitiga / Trigonal bipiramidal	AX_5		Non Polar	$90^\circ, 120^\circ$	PCl_5 dan PF_5
5	1	Limas segiempat / Segi empat Piramidal	AX_5E		Polar	$90^\circ(84,8^\circ), 180^\circ$	ClF_5
6	0	Oktahedral	AX_6		Non Polar	90°	SF_6
7	0	Pentagonal bipiramidal	AX_7		Non Polar	$90^\circ, 72^\circ, 180^\circ$	IF_7

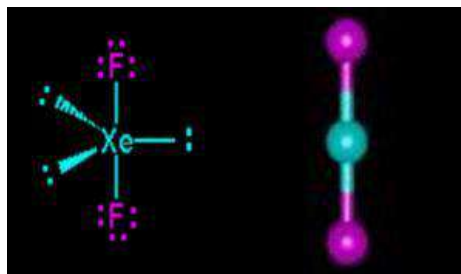
Dalam modul ini maka akan di contohkan menentukan bentuk geometri molekul XeF_2 , XeF_4 , dan XeF_6 . Diantara molekul-molekul tersebut ada yang memiliki pasangan elektron bebas dan ada yang tidak, jadi molekul-molekul tersebut adalah contoh yang bagus untuk lebih memahami teori VSEPR. Pertama kita harus menentukan struktur lewis masing-masing molekul. Xe memiliki jumlah elektron valensi 8 sedangkan F elektron valensinya adalah 7 (lihat gambar dibawah).



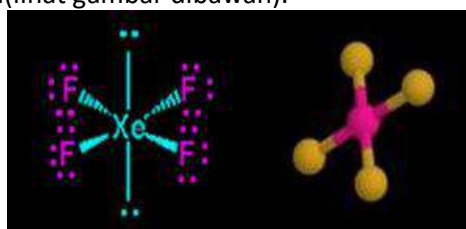
Struktur Lewis XeF_2 seperti gambar di bawah, dua elektron Xe masing-masing dipakai untuk berikatan secara kovalen dengan 2 atom F sehingga meninggalkan 3 pasangan elektron bebas pada atom pusat Xe. Hal yang sama terjadi pada molekul XeF_4 dimana 4 elektron Xe dipakai untuk berikatan dengan 4 elektron dari 4 atom F, sehingga meninggalkan 2 pasangan elektron bebas pada atom pusat Xe.



Lihat gambar diatas XeF_2 memiliki 2 pasangan elektron ikatan (PEI) dan 3 pasangan elektron bebas (PEB) jadi total ada 5 pasangan elektron yang terdapat pada XeF_2 , hal ini menandakan bahwa geometri molekul atau kerangka dasar molekul XeF_2 adalah trigonal bipiramid. Karena terdapat 3 PEB maka PEB ini masing masing akan menempati posisi ekuatorial pada kerangka trigonal bipiramid, sedangkan PEI akan menempati posisi aksial yaitu pada bagian atas dan bawah. Posisi inilah posisi yang stabil apabila terdapat atom dengan 2 PET dan 3 PEB sehingga menghasilkan bentuk molekul linear. Jadi bentuk molekul XeF_2 adalah linier. (lihat gambar dibawah).



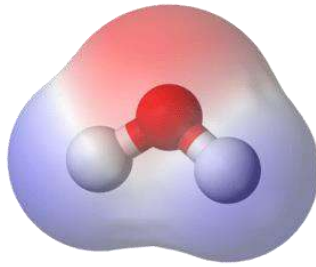
Lihat gambar struktur lewis XeF_4 memiliki 4 pasangan elektron terikat (PET) dan 2 pasangan elektron bebas (PEB) jadi total ada 6 pasangan elektron yang terdapat pada XeF_4 , hal ini menandakan bahwa geometri molekul atau kerangka dasar molekul XeF_4 adalah oktahedral. Karena terdapat 2 PEB maka PEB ini masing masing akan menempati posisi aksial pada kerangka oktahedral, sedangkan PET akan menempati posisi ekuatorial. Posisi inilah posisi yang stabil apabila terdapat atom dengan 4 PET dan 2 PEB sehingga menghasilkan bentuk molekul yang disebut segiempat planar. Jadi bentuk molekul XeF_4 adalah segiempat planar. (lihat gambar dibawah).



Gambar 3.6-3. Bentuk Molekul XeF_4

Kepolaran Senyawa

Kali ini kita akan memberikan materi mengenai Kepolaran senyawa. *Apasih kepolaran seyawa itu* ? pasti ada yang masih bingung kan? ok langsung aja yuk dibaca artikel ini.



KEPOLARAN

Kepolaran senyawa adalah perilaku suatu zat yang menyerupai medan magnet, yaitu terdapat kutub sementara yang disebut dipol. Kepolaran senyawa terdapat pada senyawa kovalen, dan dibagi menjadi dua, yaitu:

1) Senyawa kovalen polar

Adalah senyawa kovalen yang dibentuk oleh dua unsur berbeda, dimana keelektronegatifan pasti berbeda, sehingga menghasilkan dipol.

Ciri-ciri senyawa polar :

1. Dapat larut dalam air dan pelarut polar lain.
2. Memiliki kutub(+) dan kutub (-) , akibat tidak meratanya distribusi elektron.
3. Memiliki pasangan elektron bebas (bila bentuk molekul diketahui) atau memiliki perbedaan keelektronegatifan.

Contoh: HCl, HBr, HI, H₂O.

2) Senyawa kovalen non-polar

Adalah senyawa kovalen yang dibentuk oleh dua unsur sama, dimana keelektronegatifan pasti sama.

Ciri-ciri senyawa non polar :

1. Tidak larut dalam air dan pelarut polar lain.
2. Tidak memiliki kutub (+) dan kutub (-) , akibat meratanya distribusi elektron.
3. Tidak memiliki pasangan elektron bebas (bila bentuk molekul diketahui) atau keelektronegatifannya sama.

Contoh: H₂, Cl₂, O₂, N₂, dan senyawa poliatomik lainnya. Tingkat kepolaran senyawa dinyatakan dalam momen dipol dalam satuan Coulomb meter. Senyawa non-polar memiliki momen dipol nol.

Baca juga artikel mengenai : [Fungsi larutan penyangga](#)

Tingkat kepolaran senyawa dinyatakan dalam momen dipol dalam satuan Coulomb meter.

Senyawa non-polar memiliki momen dipol nol. Senyawa polar memiliki perbedaan keelektronegatifan yang besar, perbedaan harga ini mendorong timbulnya kutub kutub listrik yang permanen (dipol permanent). Jadi antar molekul polar terjadi gaya tarik dipol permanent.

Senyawa non polar memiliki perbedaan keelektronegatifan yang kecil, bahkan untuk senyawa biner dwiatom (seperti O₂,H₂) perbedaan keelektronegatifannya = 0.

Bila terdapat senyawa non polar terjadi gaya tarik dipol sesaat (gaya dispersi/ gaya london) gaya ini terjadi akibat muatan + inti atom salah satu atom menginduksi elektron atom lain sehingga terjadilah kutub kutub yang sifatnya sesaat.

Kesimpulan

Senyawa polar adalah senyawa yang terbentuk akibat adanya suatu ikatan antar elektron pada unsur-unsurnya sedangkan, Senyawa nonpolar adalah senyawa yang terbentuk akibat adanya suatu ikatan antar elektron pada unsur-unsur yang membentuknya.

Beberapa senyawa ada yang larut dengan pengadukan, tanpa pengadukan, atau tidak larut.

Pengadukan didalam mengetahui kepolaran suatu senyawa sangat mempengaruhi kelarutan suatu senyawa karena dengan melakukan pengadukan suatu senyawa dapat larut lebih cepat.

Ada bahan-bahan yang tetap tidak larut setelah pengadukan yaitu bahan -bahan dari jenis minyak tidak dapat larut meskipun setelah diaduk.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kelarutan suatu senyawa yaitu, suhu zat pelarut, volume zat pelarut, dan lama pengadukan.

Interaksi Antar Molekul

Dalam kehidupan sehari-hari, kita menemukan berbagai jenis zat yang partikelnya berupa molekul dan berbeda fasa. Dalam fasa gas, pada suhu tinggi dan tekanan yang relatif rendah (jauh di atas titik didihnya), molekul-molekul benar-benar berdiri sendiri, tidak ada gaya tarik antarmolekul. Akan tetapi, pada suhu yang relatif rendah dan tekanan yang relatif tinggi, yaitu mendekati titik embunnya, terdapat suatu gaya tarik-menarik antarmolekul. Gaya tarik menarik antar molekul itulah yang memungkinkan suatu gas dapat mengembun. (James E. Brady, 1990).

Molekul-molekul dalam zat cair atau dalam zat padat diikat oleh gaya tarik-menarik antar molekul. Oleh karena itu, untuk mencairkan suatu zat padat atau untuk menguapkan suatu zat cair diperlukan energi untuk mengatasi gaya tarik-menarik antar molekul. Makin kuat gaya tarik antar molekul, makin banyak energi yang diperlukan untuk mengatasinya, maka semakin tinggi titik cair atau titik didih.

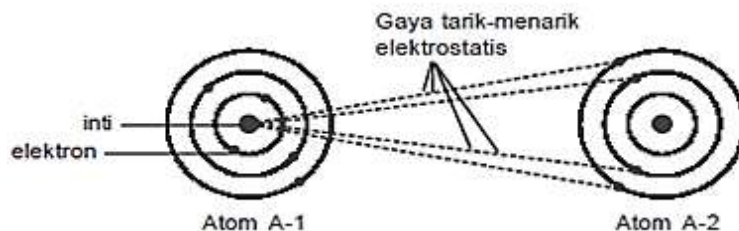
1. Gaya Van Der Waals

Gaya Van Der Waals merupakan salah satu jenis gaya tarik menarik diantara molekul. Gaya ini timbul dari gaya London dan gaya antardipol-dipol.

Jadi, gaya Van Der Waals dapat terjadi pada molekul nonpolar maupun molekul polar.

Gaya ini diusulkan pertama kalinya oleh Johannes Van der Waals (1837-1923). Konsep gaya tarik antar molekul ini digunakan untuk menurunkan persamaan tentang zat-zat yang berada pada fase gas.

Kejadian ini disebabkan adanya gaya tarik-menarik antara inti atom dengan elektron atom lain yang disebut gaya tarik menarik elektrostatis (gaya coulomb). Umumnya terdapat pada senyawa polar.



Untuk molekul non polar, gaya Van der Waals timbul karena adanya dipol-dipol sesaat atau gaya London.

Gaya Van der Waals bekerja bila jarak antar-molekul sudah sangat dekat, tetapi tidak melibatkan terjadinya pembentukan ikatan antar atom. Misalnya, pada suhu -160°C molekul Cl_2 akan mengkristal dalam lapisan tipis, dan gaya yang bekerja untuk menahan lapisan-lapisan tersebut adalah gaya Van der Waals.

Paling sedikit terdapat tiga gaya antarmolekul yang berperan dalam terjadinya gaya Van der Waals, yaitu gaya orientasi, gaya imbas, dan gaya dispersi.

a. Gaya orientasi/Gaya dipol-dipol

Gaya orientasi terjadi pada molekul-molekul yang mempunyai dipol permanen atau molekul polar. Interaksi antara kutub positif dari satu molekul dengan kutub negatif dari molekul yang lain akan menimbulkan gaya tarik menarik yang relatif lemah. Gaya ini memberi sumbangan yang relatif kecil terhadap gaya Van der Waals secara keseluruhan.

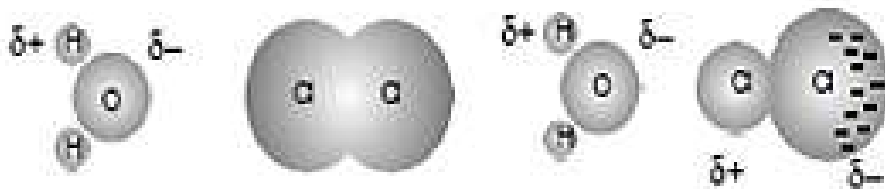


Gambar 1. Gaya dipol-dipol

Kekuatan gaya orientasi ini akan semakin besar bila molekul-molekul tersebut mengalami penataan dengan ujung positif suatu molekul mengarah ke ujung negatif dari molekul yang lain.

b. Gaya imbas/Gaya dipol-dipol terinduksi

Gaya imbas terjadi bila terdapat molekul yang dipol permanen berinteraksi dengan molekul dipol sesaat dengan dipol permanen. Adanya molekul-molekul polar akan menyebabkan imbasan dari kutub molekul polar kepada molekul nonpolar, sehingga elektron-elektron dari molekul nonpolar tersebut mengumpul pada salah satu sisi molekul (terdorong atau tertarik), yang menimbulkan terjadinya dipol sesaat pada molekul nonpolar tersebut. Terjadinya dipol sesaat akan berakibat adanya gaya tarik-menarik antardipol tersebut yang menghasilkan gaya imbas. Gaya imbas juga memberikan andil yang kecil terhadap keseluruhan gaya Van der Waals.



Gambar 2. Gaya dipol-dipol terinduksi

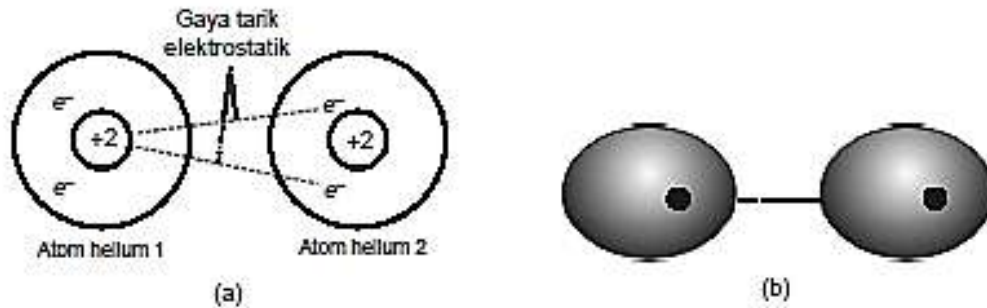
Jarak antar molekul yang berjauhan mengakibatkan molekul nonpolar (Cl_2) belum terjadi imbas, tetapi bila sudah dekat akan terjadi imbasan. Molekul polar (H_2O) mempunyai dipol permanen. Akibat terimbas, molekul nonpolar (Cl_2) akan menjadi dipol permanen

2. Gaya London/Gaya Dispersi/Gaya Tarik Menarik dipol Sesaat-dipol Terimbas

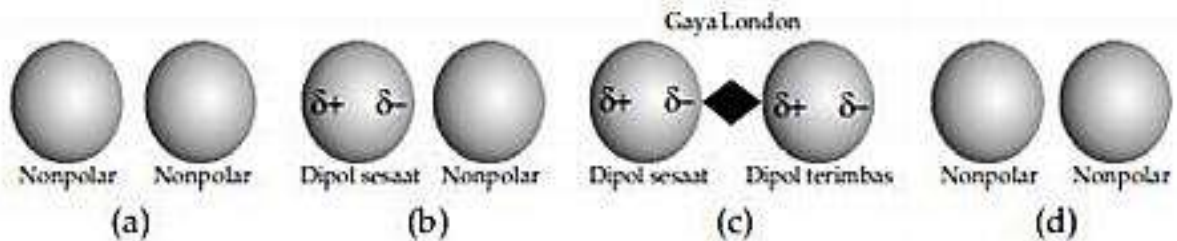
Gaya London adalah gaya tarik menarik yang sifatnya lemah antara atom atau molekul yang timbul dari pergerakan elektron yang acak disekitar atom-atom. Karena elektron bergerak secara acak disekitar inti atom, maka suatu saat terjadi ketidakseimbangan muatan didalam atom. Akibatnya terbentuk dipol sesaat.

Dipol-dipol yang berlawanan arah ini saling berikatan walau sifatnya lemah. Adanya gaya-gaya ini terutama terdapat pada molekul-molekul nonpolar yang dikemukakan pertama kalinya oleh Fritz London.

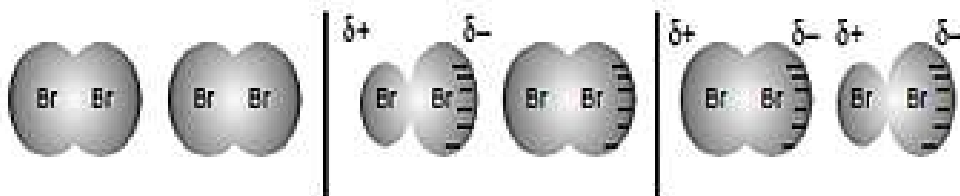
Perhatikan Gambar 3, setiap atom helium mempunyai sepasang elektron. Apabila pasangan elektron tersebut dalam peredarannya berada pada bagian kiri atom, maka bagian kiri atom tersebut menjadi lebih negatif terhadap bagian kanan yang lebih positif. Akan tetapi karena pasangan elektron selalu beredar maka dipol tadi tidak tetap, selalu berpindah-pindah (bersifat sesaat). Polarisasi pada satu molekul akan mempengaruhi molekul tetangganya, Antara dipol-dipol sesaat tersebut terdapat suatu gaya tarik menarik yang mempersatukan molekul-molekul nonpolar dalam zat cair atau zat padat.



Gambar 3. Dua skema yang menggambarkan pembentukan dipol sesaat pada atom-atom helium

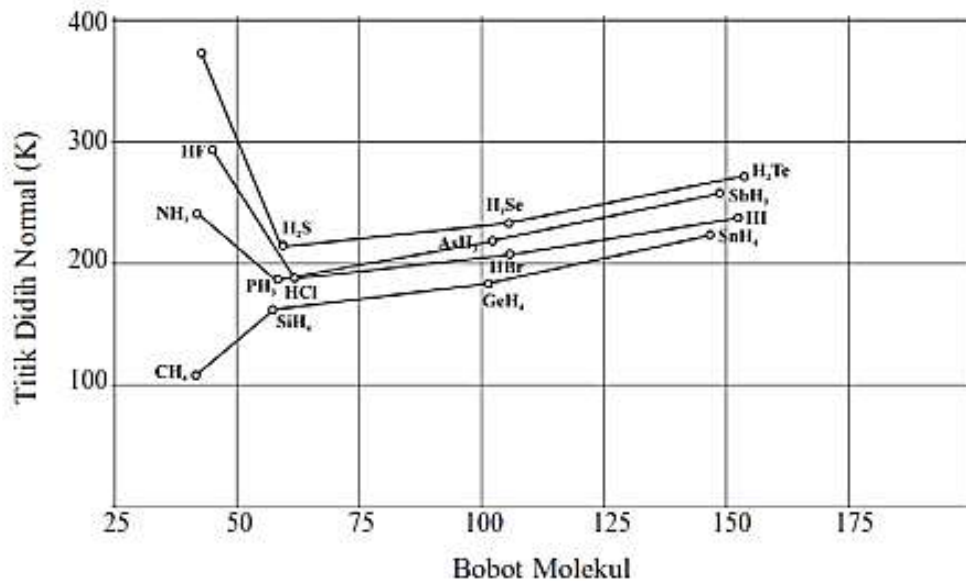


Berdasarkan gambar di atas dapat dijelaskan sebagai berikut. 1. Molekul nonpolar mempunyai sebaran muatan lautan electron setimbang dan simetris dalam keadaan normal, electron terdistribusi merata dalam molekul. 2. Pada waktu-waktu tertentu (sesaat) dapat terjadi pengutuban atau pembentukan dipol yang disebut dipol sesaat. 3. Sisi bermuatan parsial negatif dari dipol sesaat akan mempengaruhi kerapatan elektron molekul terdekat sehingga membentuk dipol, hal ini memungkinkan dua molekul membentuk ikatan yang disebut Gaya London. 4. Gaya tarik-menarik ini hanya berlangsung sesaat, dikarenakan dipol sesaat dan terimbas muncul mengikuti fluktuasi elektron.



Gambar 4. Terjadinya dipol sesaat

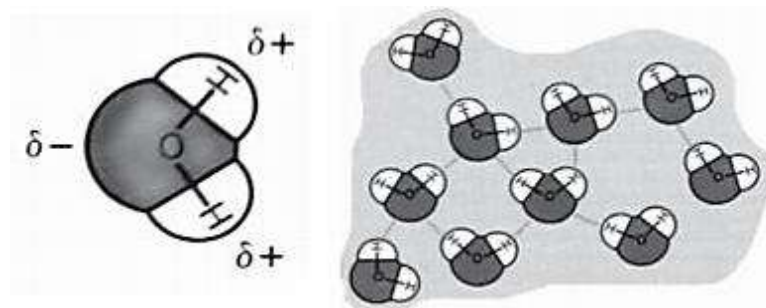
3. Ikatan Hidrogen Antara molekul-molekul yang sangat polar dan mengandung atom hidrogen terjadi ikatan hidrogen. Titik didih senyawa “hidrida” dari unsur-unsur golongan A, VA, VIA, dan VIIA, diberikan pada gambar berikut.



Gambar 5. Titik didih senyawa hidrida dari unsur-unsur golongan IVA, VA, VIA, dan VIIA. (Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change, Martin S. Silberberg. 2000)

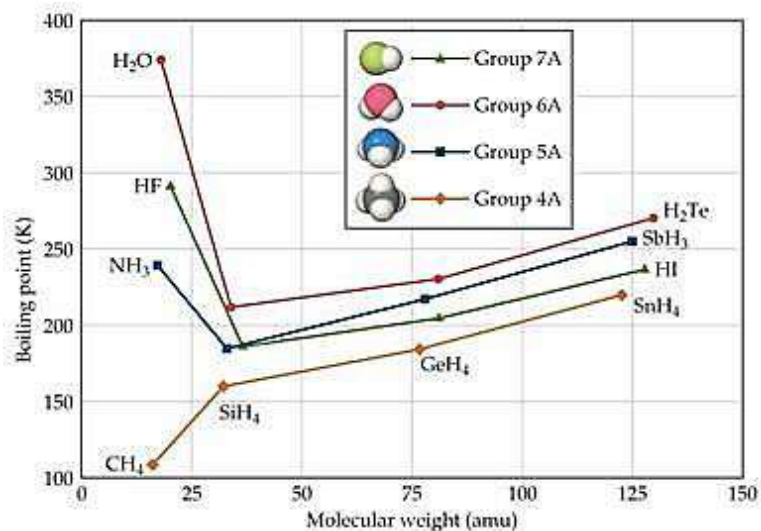
Perilaku normal ditunjukkan oleh senyawa hidrida dari unsur-unsur golongan IVA, yaitu titik didih meningkat sesuai dengan penambahan massa molekul. Kecenderungan itu sesuai dengan yang diharapkan karena dari CH ke SnH massa molekul relatif meningkat, sehingga gaya Van der Waals juga makin kuat. Akan tetapi, ada beberapa pengecualian seperti yang terlihat pada gambar, yaitu HF, H₂O, dan NH₃. Ketiga senyawa itu mempunyai titik didih yang luar biasa tinggi dibandingkan anggota lain dalam kelompoknya. Fakta itu menunjukkan adanya gaya tarik-menarik antarmolekul yang sangat kuat dalam senyawa-senyawa tersebut. Walaupun molekul HF, H₂O, dan NH₃ bersifat polar, gaya dipol-dipolnya tidak cukup kuat untuk menerangkan titik didih yang mencolok tinggi itu.

Perilaku yang luar biasa dari senyawa-senyawa yang disebutkan di atas disebabkan oleh ikatan lain yang disebut *ikatan hidrogen* (James E. Brady, 2000). Oleh karena unsur F, O, dan N sangat elektronegatif, maka ikatan F – H, O – H, dan N – H sangat polar, atom H dalam senyawa-senyawa itu sangat positif. Akibatnya, atom H dari satu molekul terikat kuat pada atom unsur yang sangat elektronegatif (F, O, atau N) dari molekul tetangganya melalui pasangan elektron bebas pada atom unsur berkeelektronegatifan besar itu. Ikatan hidrogen dalam H₂O disajikan pada gambar berikut :



Gambar 6. Molekul polar air (kiri) dan ikatan hidrogen pada air (kanan). (Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change, Martin S. Silberberg. 2000.)

Perhatikan ilustrasi garfik di bawah ini!



Gambar 7. Grafik titik didih sebagai fungsi massa molekul senyawa hidrida golongan IVA–VIIA (Sumber: Brown, Theodore L. et al. 2015. Chemistry: The Central Science (13th edition). New Jersey: Pearson Education, Inc.)

Hal apa yang dapat kalian kemukan? Adakah pengaruh gaya antar molekul terhadap titik didih, titik leleh ataupun wujud zat? Untuk mempelajarinya, mari bersama kita bahas modul pembelajaran kedua berikut ini.

1. Hubungan Interaksi Antar Molekul dengan Sifat Fisik Zat

Sifat fisis seperti titik lebur dan titik didih sangat dipengaruhi oleh gaya interaksi antar-molekul. Adanya ikatan hidrogen sebagai gaya interaksi antar- molekul yang paling kuat memberikan pengaruh yang signifikan pada titik didih beberapa senyawa hidrida biner dari unsur-unsur golongan IVA hingga VIIA.

Titik didih dari senyawa hidrida unsur golongan IVA (CH_4 , SiH_4 , GeH_4 , dan SnH_4 , seluruhnya nonpolar) meningkat dari atas ke bawah golongan (dari C ke Sn). Hal ini dapat dimengerti sebagai akibat dari adanya polarisabilitas dan gaya dispersi London secara umum meningkat seiring dengan bertambahnya massa molekul. Senyawa- senyawa hidrida dari golongan VA, VIA, dan VIIA secara umum juga mengikuti pola kenaikan titik didih yang sama, namun khusus untuk senyawa NH_3 , H_2O , dan HF titik didihnya jauh lebih tinggi dari yang diperkirakan.

Faktanya, ketiga senyawa ini juga memiliki sifat-sifat yang membedakannya dari senyawa-senyawa lain dengan massa molekul dan polaritas yang bermiripan. Sebagai contoh, air (H_2O) memiliki titik leleh yang tinggi, kalor jenis yang tinggi, dan kalor penguapan yang tinggi. Sifat-sifat ini menunjukkan bahwa adanya gaya antar- molekul tak lazim yang kuat pada molekul-molekul ketiga senyawa tersebut, yakni ikatan hidrogen.

Molekul yang sebaran muatannya tidak simetris, bersifat polar dan mempunyai dua ujung yang berbeda muatan (dipol). Dalam zat polar molekulnya cenderung menyusun diri dengan ujung (pol) positif berdekatan dengan ujung (pol) negatif dari molekul di dekatnya. Suatu gaya tarik-menarik yang terjadi disebut *gaya tarik dipol- dipol* dibandingkan gaya dispersi (gaya London), sehingga zat polar cenderung mempunyai titik cair dan titik didih lebih tinggi dibandingkan zat nonpolar yang massa molekulnya kira-kira sama. Contohnya normal butana dan aseton.

Gaya-gaya antarmolekul, yaitu gaya dispersi (gaya London) dan gaya dipol- dipol, secara kolektif disebut gaya Van Der Waals. Gaya dispersi setiap zat, baik polar maupun nonpolarzatpolar menambah gaya dispersi dalam zat itu. Dalam membandingkan zat –zat yang mempunyai massa molekul relatif (M_r) kira-kira sama, adanya gaya dipol-dipol dapat menghasilkan perbedaan sifat yang cukup nyata.

Misalnya, n-butana dengan aseton. Akan tetapi dalam membandingkan zat dengan massa molekul relatif (M_r) yang berbeda jauh, gaya dispersi menjadi lebih penting.

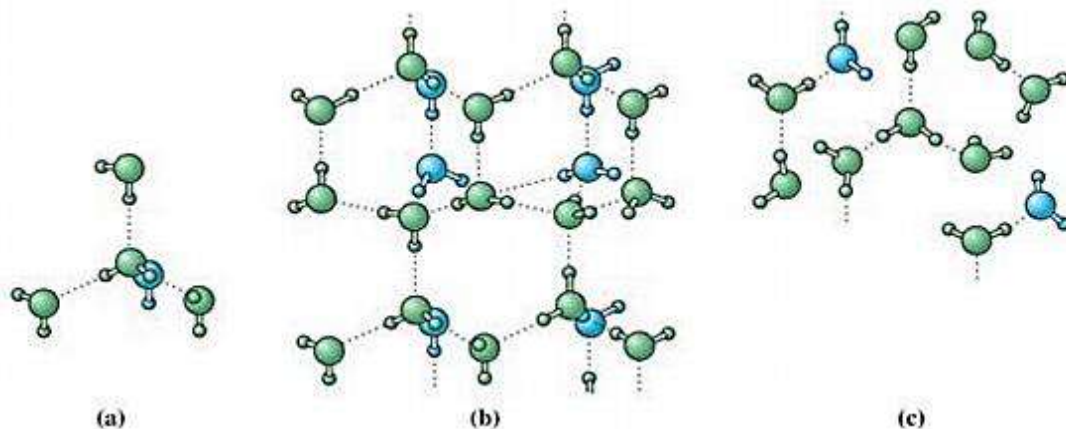
Misalnya, HCl dengan HI, HCl (momen dipol = 1,08) lebih polar dari HI (momen dipol = 0,38). Kenyataannya, HI mempunyai titik didih lebih tinggi daripada HCl. Fakta itu menunjukkan bahwa gaya V lebih kuat daripada HCl. Berarti, lebih polarnya HCl tidak cukup untuk mengimbangi kecenderungan peningkatan gaya dispersi akibat pertambahan massa molekul dari HI.

Kemudahan suatu molekul untuk membentuk dipol sesaat atau untuk mengimbangi suatu molekul disebut *polarisabilitas*. Polarisabilitas berkaitan dengan massa molekul relatif (M_r) dan bentuk molekul. Pada umumnya, makin banyak jumlah elektron dalam molekul, makin mudah mengalami polarisasi. Oleh karena jumlah elektron berkaitan dengan massa molekul relatif, maka dapat dikatakan bahwa makin besar massa molekul relatif, makin kuat gaya London. Misalnya, radon ($A_r = 222$) mempunyai titik didih lebih tinggi dibandingkan helium ($A = 4$), 221 K untuk Rn dibandingkan dengan 4 K untuk He. Molekul yang bentuknya panjang lebih mudah mengalami polarisasi dibandingkan molekul yang kecil, kompak, dan simetris.

Misalnya, normal pentana mempunyai titik cair dan titik didih yang lebih tinggi dibandingkan neopentana. Kedua zat itu mempunyai massa molekul relatif yang sama besar. Contoh lainnya adalah ikatan hidrogen pada air dan makhluk hidup.

a. Ikatan hidrogen pada air

Pada air, satu molekul air dapat berikatan hidrogen dengan empat molekul air lain di sekitarnya dalam susunan tetrahedral seperti terlihat dalam gambar (a) di bawah. Pada es, molekul-molekul air berikatan hidrogen dalam struktur susunan yang kaku namun lebih terbuka. Struktur yang lebih terbuka (berongga) pada es seperti terlihat pada gambar (b) mengakibatkan es memiliki densitas (massa jenis) yang lebih kecil. Ketika es melebur, sebagian ikatan hidrogen putus. Hal ini menyebabkan molekul-molekul air dapat tersusun lebih rapat sehingga densitasnya meningkat seperti terlihat pada gambar (c). Dengan kata lain, jumlah molekul H_2O per satuan volum dalam wujud cair lebih banyak dibanding dalam wujud padat.



Gambar 8. Ikatan hidrogen pada air (Sumber: Petrucci, Ralph H. et al. 2017. General Chemistry: Principles and Modern Applications (11th edition). Toronto: Pearson Canada Inc.)

Seiring air es dipanaskan di atas titik lebur, pemutusan ikatan hidrogen terus berlanjut sehingga molekul-molekul air menjadi semakin tersusun rapat dan densitas air semakin meningkat. Air dalam wujud cair akan mencapai densitas maksimum pada suhu $3,98^{\circ}C$. Di atas suhu tersebut, air berperilaku “normal” seperti zat-zat lain pada umumnya sebagaimana densitas menurun seiring dengan kenaikan suhu.

Sifat anomali air ini berperan dalam beberapa fenomena-fenomena yang terjadi di bumi, seperti misalnya gunung es yang mengapung di atas perairan dan meledaknya pipa air pada musim salju. Ledakan pipa air dapat terjadi jika pendinginan terjadi secara mendadak sebagaimana air yang membeku menjadi es mengalami pemuaian. Dalam peristiwa es yang mengapung pada perairan yang membeku di musim salju, mengapungnya bongkahan es akan menghambat terjadinya pembekuan air lebih lanjut sehingga makhluk hidup yang berada di dalam perairan dapat bertahan

hidup. Tanpa adanya sifat anomali air oleh karena keberadaan ikatan hidrogen ini, perairan akan membeku dari dasar hingga ke permukaan. Hal ini tentunya akan mengakibatkan makhluk hidup di perairan tersebut terancam tidak dapat bertahan hidup selama musim salju.

b. Ikatan Hidrogen pada Makhluk Hidup

Reaksi-reaksi kimia pada tubuh makhluk hidup melibatkan senyawa-senyawa dengan struktur kompleks, seperti protein dan DNA, di mana dalam reaksi-reaksi tersebut ikatan-ikatan tertentu harus dapat dengan mudah diputuskan dan dibentuk kembali. Ikatan hidrogen merupakan ikatan yang energinya pas dalam memungkinkan hal tersebut. Energi ikatan hidrogen paling besar di antara gaya-gaya interaksi antar-molekul lainnya, dan energinya relatif jauh lebih kecil dibanding ikatan kimia intramolekul seperti ikatan kovalen dan ikatan ionik.

Bentuk dari suatu molekul protein sangat dipengaruhi oleh ikatan hidrogen; jika ada ikatan-ikatan yang putus, molekul protein dapat kehilangan fungsinya.

Ikatan ini juga berperan penting dalam mengikatkan kedua untai molekul DNA membentuk heliks ganda. Ikatan hidrogen yang tidak terlalu kuat ini dapat mempertahankan struktur rantai ganda DNA namun juga dapat dengan mudah diputuskan pada proses replikasi DNA dalam pembelahan sel.

2. Analisa Bentuk Molekul dan Polaritas Molekul

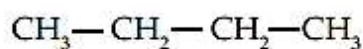
Molekul mempunyai sifat polarisabilitas berbeda-beda. Polarisabilitas merupakan kemudahan suatu molekul untuk membentuk dipol sesaat atau mengimbas suatu dipol. Polarisabilitas sangat erat hubungannya dengan massa relatif molekul dan kerumitan molekul.

a. Massa relatif molekul

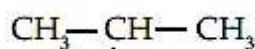
Pada umumnya molekul dengan jumlah elektron yang besar akan lebih mudah mengalami polarisabilitas. Jika semakin besar nomor massa molekul relatif, maka semakin kuat pula gaya London yang bekerja pada molekul itu. Misal, dua molekul propana saling menarik dengan kuat dibandingkan dua molekul metana. Molekul dengan distribusi elektron besar lebih kuat saling menarik daripada molekul yang elektronnya kuat terikat. Misal molekul I_2 akan saling tarik-menarik lebih kuat daripada molekul F_2 yang lebih kecil. Dengan demikian titik didih I_2 akan lebih besar jika dibandingkan dengan titik didih F_2 .

b. Bentuk Molekul

Molekul yang mempunyai bentuk molekul memanjang lebih mudah mengalami polarisabilitas dibandingkan dengan molekul dengan bentuk rumit, membulat atau simetris. Misal deretan hidrokarbon dengan rantai cabang akan mempunyai titik didih lebih rendah jika dibandingkan dengan hidrokarbon dengan rantai lurus. Normal butana mempunyai titik didih lebih tinggi dibandingkan isobutana yang memiliki rantai cabang.



n-butana



isobutana

C. GLOSARIUM

Aturan oktet	: Kecenderungan unsur-unsur untuk memiliki konfigurasi elektron pada kulit terluar sebanyak 8 elektron seperti gas mulia Ne, Ar, Kr, Xe, Rn.
Aturan Duplet	: Kecenderungan unsur-unsur untuk memiliki konfigurasi elektron pada kulit terluar sebanyak 2 elektron seperti gas mulia He
Struktur Lewis	: Suatu cara yang diusulkan G.N. Lewis untuk menggambarkan elektron valensi dari atom-atom dengan titik-titik. Simbol Lewis adalah suatu

	atom atau ion terdiri dari lambang kimia yang dikelilingi oleh titik elektron.
Ikatan ion	: Disebut juga ikatan elektrovalen, adalah ikatan yang terjadi antara umumnya ion positif (+) atom unsur logam dan ion negatif (-) atom unsur non logam melalui gaya elektrostatik.
Ikatan kovalen	: Disebut juga ikatan homovalen, terbentuk akibat kecenderungan atom-atom untuk menggunakan elektron bersama (share elektron) agar memiliki konfigurasi elektron seperti gas mulia terdekat. Atom-atom yang berikatan kovalen umumnya adalah antara atom-atom non logam.
Ikatan kovalen tunggal	: Ikatan kovalen yang melibatkan penggunaan 1 pasangan elektron (2 elektron) oleh dua atom yang saling berikatan.
Ikatan kovalen rangkap	: Ikatan kovalen yang melibatkan penggunaan bersama 2 pasangan elektron (4 elektron) oleh dua atom yang saling berikatan.
Ikatan kovalen rangkap tiga	: Ikatan yang terbentuk jika terjadi penggunaan bersama 3 pasangan elektron (6 elektron) oleh dua atom yang berikatan.
Ikatan kovalen koordinasi	: Ikatan kovalen yang pasangan elektron yang digunakan untuk berikatannya hanya berasal dari salah satu atom
Ikatan logam	: Tarik-menarik dari kation di dalam lautan elektron yang bertindak sebagai perekat dan menggabungkan kation-kation
Struktur Lewis	: Suatu pola atau diagram yang menggambarkan jumlah elektron valensi dari atom-atom yang akan membentuk ikatan kimia.
Atom pusat	: Atom yang dapat mengikat beberapa atom lain dalam suatu senyawa kovalen.
PEI	: Pasangan elektron atom pusat yang digunakan untuk membentuk ikatan dengan atom lain dalam senyawa.
PEB	: Pasangan elektron atom pusat yang tidak digunakan untuk membentuk ikatan dengan atom lain dalam senyawa.
Simetris	: Distribusi elektron menyebar secara merata di sekitar atom pusat.
Tidak simetris	: Distribusi elektron menyebar tidak merata di sekitar atom pusat.
Elektron Valensi	: Jumlah elektron pada kulit terluar.
Domain elektron	: Suatu area dalam molekul yang ditempati oleh elektron.

D. DAFTAR PUSTAKA

- <https://sumberbelajar.belajar.kemdikbud.go.id/sumberbelajar/tampil/Sel-Elektrokimia2015/konten1.html>. Diakses 9 September 2020
- Mcmurry, John E & Fay, Robert C & Fantini, Jordan. 2012. Chemistry. London: Prentice Hall.
- Masterton, William L., Hurley, Cecile N., Neth, Edward. 2011. Chemistry: Principles and Reactions. Cengage Learning Published
- Setiyana. 2015. My Dream In Chemistry, Kelas XII MIPA semester 1. Bandung : Tinta Emas Publishin
- Brady, James E. 1999. *Kimia Universitas, Asas dan Struktur, Edisi Kelima*. Binarupa Aksara : Jakarta
- Hart, Harold (Suminar Achmadi). 1990 *Kimia Organik Suatu Kuliah Singkat (terjemahan)*. Erlangga : Jakarta
- Petrucchi, Ralph H., 1987. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern, Jilid 3*, Erlangga : Jakarta
- Respati. 1986. *Pengantar Kimia Organik*. Aksara Baru : Jakarta
- <https://esdikimia.wordpress.com/2009/09/29/teori-domain-elektron/> diunduh pada tanggal 14 Agustus 2020
- <https://esdikimia.wordpress.com/2010/08/14/bentuk-molekul/> diunduh pada tanggal 14 Agustus 2020
- Sudarmo, Unggul. 2016. Kimia untuk SMA/MA Kelas X. Erlangga. Jakarta.
- Watoni, Haris. 2016. Kimia untuk Siswa SMA/MA Kelas X. Yrama Widya. Bandung.

RENCANAAN PEMBELAJARAN MENDALAM

Termokimia

KIMIA

KELAS XI

Oleh:

Sri Hastutik, S.Pd

Tahun Pelajaran 2025/2026

SMA NEGERI 13 KOTA JAMBI

PERENCANAAN PEMBELAJARAN

Termokimia

Satuan Pendidikan : SMA Negeri 13 Kota Jambi
Mata Pelajaran : Kimia
Kelas/Fase : XI / F
Waktu : 9 x Pertemuan (18 x 45 menit)

IDENTIFIKASI

Peserta Didik :

Peserta didik kelas XI yang memiliki kemampuan dasar memahami konsep perubahan energi dan hukum kekekalan energi.

Kesiapan Belajar Peserta Didik: Materi Termokimia (Kelas XI Fase F)

Kesiapan belajar peserta didik dalam memahami **materi Termokimia** di kelas XI Fase F sangat dipengaruhi oleh sejumlah faktor kognitif dan nonkognitif, baik dari segi **pengetahuan awal**, **kemampuan berpikir ilmiah**, **pengalaman belajar sebelumnya**, maupun **motivasi dan minat belajar**.

1. Pengetahuan Awal

Salah satu komponen kunci dalam kesiapan belajar termokimia adalah **penguasaan konsep dasar reaksi kimia dan hukum kekekalan energi**. Peserta didik diharapkan telah memahami:

- Jenis-jenis reaksi kimia dan perubahan energi yang menyertainya (eksoterm dan endoterm).
- Pengertian energi, kalor, dan suhu.
- Dasar hukum kekekalan energi (termasuk Hukum I Termodinamika secara konseptual).
- Kemampuan melakukan konversi satuan energi (kalori $\leftrightarrow$ joule), serta penggunaan notasi ilmiah.

Penguasaan terhadap **stoikiometri** dan **perhitungan mol**, yang telah dipelajari pada kelas X, juga merupakan prasyarat penting. Kemampuan ini akan mendukung akurasi dalam menghitung **perubahan entalpi** dan menentukan **kalor reaksi** berdasarkan data percobaan atau perhitungan teoritis.

2. Minat dan Motivasi Belajar

Minat peserta didik terhadap fenomena energi dalam kehidupan sehari-hari (seperti pembakaran bahan bakar, metabolisme tubuh, dan reaksi dalam baterai) dapat meningkatkan motivasi belajar mereka terhadap materi termokimia. Peserta didik yang menunjukkan rasa ingin tahu tentang “mengapa reaksi terasa panas atau dingin” atau “mengapa makanan menghasilkan energi” akan lebih siap untuk mengeksplorasi topik ini secara lebih mendalam.

3. Latar Belakang dan Pengalaman Belajar

Peserta didik yang pernah melakukan pengamatan atau eksperimen sederhana terkait kalor di tingkat SMP (misalnya pengaruh pemanasan terhadap suhu zat) akan memiliki fondasi awal yang lebih kuat. Selain itu, pengalaman menggunakan alat ukur suhu (termometer), serta memahami grafik hubungan suhu dan waktu, akan memudahkan dalam analisis data termokimia.

4. Kemampuan Penalaran dan Matematika

Materi termokimia menuntut peserta didik memiliki:

- Kemampuan membaca dan menafsirkan grafik atau tabel data energi.
- Keterampilan **logika matematis** untuk menyusun perhitungan kalor berdasarkan rumus $q = m \cdot c \cdot \Delta T$, hukum Hess, atau data perubahan entalpi standar.
- Kemampuan berpikir sistematis dalam mengidentifikasi sistem dan lingkungan, serta menentukan arah aliran energi.

5. Gaya Belajar dan Kebutuhan Khusus

Peserta didik dengan gaya belajar visual akan terbantu dengan diagram energi reaksi (profil entalpi), simulasi kalorimetri, dan animasi proses eksoterm/endoterm. Sementara peserta didik kinestetik lebih terlibat saat melakukan praktikum kalorimetri atau eksperimen pembakaran sederhana.

Bagi peserta didik yang membutuhkan dukungan tambahan (misalnya dalam memahami simbol dan satuan fisika/kimia), penyediaan **lembar bantu, kalkulator ilmiah, dan infografis ringkas** akan sangat membantu mempercepat pemahaman.

6. Kesiapan Sosial dan Emosional

Pembelajaran termokimia sering melibatkan kerja kelompok dalam percobaan atau diskusi analisis data. Oleh karena itu, **kemampuan kolaboratif, komunikasi ilmiah sederhana, dan ketekunan dalam pencatatan data eksperimen** merupakan aspek penting dalam menunjang kesiapan belajar. Peserta didik yang terbiasa bekerja sama dan menyampaikan pendapat secara tertib akan lebih mudah mengikuti pembelajaran aktif dan berbasis penemuan.

Materi Pelajaran :

Termokimia (reaksi eksoterm dan endoterm, perubahan entalpi, hukum Hess, dan perhitungan kalor reaksi)

Materi Termokimia

Materi *Termokimia* mencakup pengetahuan **faktual**, seperti definisi kalor, sistem dan lingkungan, jenis reaksi berdasarkan perubahan energi (eksoterm dan endoterm), serta satuan energi seperti joule (J) dan kalori (cal); **konseptual**, seperti perubahan entalpi (ΔH), hukum Hess, entalpi pembentukan dan pembakaran, serta hubungan antara kalor, massa, kapasitas kalor, dan perubahan suhu dalam sistem kimia.

Secara **prosedural**, peserta didik mempelajari langkah-langkah dalam menentukan jenis reaksi berdasarkan data suhu atau perubahan entalpi, menghitung kalor reaksi menggunakan rumus $q = mc\Delta T$, menerapkan hukum Hess untuk menentukan perubahan entalpi total, dan menghitung energi reaksi berdasarkan data reaksi standar atau eksperimen. Sementara secara **metakognitif**, siswa diajak untuk merefleksikan strategi mereka dalam memilih metode perhitungan (langsung, tabel data, atau hukum Hess), serta mengidentifikasi kesalahan umum seperti salah dalam menandai tanda ΔH atau penggunaan satuan.

Materi ini **relevan dengan kehidupan sehari-hari** peserta didik dalam memahami fenomena seperti sensasi panas saat membakar bahan bakar, energi makanan dalam proses metabolisme, reaksi eksoterm dalam penghangat tangan instan, atau reaksi endoterm dalam es instan untuk pertolongan pertama. Dalam konteks **industri dan teknologi**, pemahaman termokimia menjadi dasar penting dalam desain sistem pembakaran, efisiensi energi, dan pengembangan material energi alternatif seperti baterai dan sel bahan bakar (fuel cell).

Tingkat **kesulitan materi** ini tergolong sedang hingga tinggi karena menuntut integrasi antara konsep fisika dan kimia, penggunaan rumus matematis, serta interpretasi data grafik atau eksperimen. Kesalahan umum yang dihadapi peserta didik termasuk kekeliruan membedakan reaksi eksoterm dan endoterm berdasarkan tanda ΔH , kesalahan dalam konversi satuan energi, serta pemahaman yang kurang tentang makna fisik dari perubahan entalpi.

Struktur materi termokimia biasanya dimulai dari pengantar konsep energi dalam reaksi kimia, pengenalan sistem-lingkungan, jenis reaksi berdasarkan energi (eksoterm/endoterm), kemudian dilanjutkan dengan perubahan entalpi, hukum Hess, perhitungan kalor reaksi berdasarkan data eksperimen, dan diakhiri dengan penerapan konsep dalam kehidupan nyata dan teknologi.

Dalam pembelajaran ini dapat diintegrasikan **nilai-nilai karakter**, seperti **ketelitian**, karena perhitungan yang salah sekecil apapun dapat menghasilkan interpretasi yang keliru; **logika dan kejujuran ilmiah**, dalam menganalisis hasil praktikum dan penggunaan data

eksperimen; serta **tanggung jawab dan kerja sama**, terutama dalam kerja kelompok saat praktikum kalorimetri atau diskusi hukum Hess.

Dengan memahami materi ini, peserta didik dapat mengembangkan **sikap ilmiah dan kesadaran energi**, seperti pentingnya efisiensi energi dalam kehidupan modern, penghematan energi rumah tangga, serta kontribusi sains dalam mengurangi dampak lingkungan melalui pengembangan reaksi yang hemat energi. Hal ini memperluas pembelajaran dari sekadar aspek kognitif menuju pembentukan sikap dan **kesadaran ekologis yang kontekstual dan aplikatif**.

Dimensi Profil Lulusan :

☒ **DPL 3 – Penalaran Kritis:** Peserta didik mampu memahami, menganalisis, dan mengevaluasi informasi ilmiah tentang energi dalam reaksi kimia untuk menyelesaikan masalah nyata.

DESAIN PEMBELAJARAN

Capaian Pembelajaran :

Peserta didik mampu **menganalisis perubahan energi yang menyertai reaksi kimia**, membedakan reaksi eksoterm dan endoterm berdasarkan data percobaan dan grafik, serta **menjelaskan konsep perubahan entalpi dan hukum Hess** dalam kaitannya dengan kekekalan energi. Peserta didik juga mampu **mengolah dan menginterpretasikan data hasil eksperimen kalorimetri**, serta **menggunakan model dan perhitungan matematis** untuk menentukan perubahan entalpi dan menghitung energi reaksi.

Lintas Disiplin Ilmu:

- Fisika (energi, kalor, suhu)
- Matematika (perhitungan entalpi, konversi satuan)
- Teknologi (penggunaan sensor suhu, simulasi digital)

Tujuan Pembelajaran :

Peserta didik diharapkan mampu:

- 11.3.1. Menjelaskan konsep dasar reaksi eksoterm dan endoterm berdasarkan perubahan entalpi.
- 11.3.2. Menganalisis grafik dan persamaan termokimia untuk menentukan jenis reaksi.
- 11.3.3. Melakukan perhitungan perubahan entalpi berdasarkan persamaan termokimia
- 11.3.4. Memahami konsep ΔH sebagai kalor reaksi dan berbagai jenis entalpi reaksi (entalpi pembentukan, entalpi pembakaran, dan lain-lain)
- 11.3.5. Menentukan perubahan entalpi reaksi berdasarkan energi ikatan rata-rata
- 11.3.6. Menjelaskan cara menentukan perubahan entalpi reaksi berdasarkan entalpi pembentukan standar, persamaan reaksi dan diagram entalpi berdasarkan hukum Hess.

11.3.7. Menggunakan persamaan termokimia untuk mengaitkan perubahan jumlah pereaksi atau hasil reaksi dengan perubahan energi berdasarkan kalorimeter

 Topik Pembelajaran :

1. Konsep dasar reaksi eksoterm dan endoterm
2. Kalor reaksi dan perubahan entalpi
3. Hukum Hess dan energi ikatan
4. Aplikasi termokimia dalam kehidupan sehari-hari

 Praktik Pedagogis :

- Inkuiri terbimbing
- Pembelajaran berbasis proyek (Project-Based Learning)
- Eksperimen terbuka dan diskusi reflektif

 Kemitraan Pembelajaran :

- Kerja kelompok
- Umpan balik antar peserta didik dan guru

 Lingkungan Pembelajaran :

- Kelas, laboratorium, dan ruang terbuka (jika tersedia)
- Platform digital kolaboratif

Ruang Fisik:

• **Laboratorium Kimia:**

Tempat utama untuk melakukan eksperimen termokimia, seperti pengukuran perubahan suhu reaksi eksoterm dan endoterm, serta percobaan hukum Hess menggunakan alat-alat sederhana dan alat pengukur kalor (kalorimeter).

• **Ruang Kelas:**

Dilengkapi dengan proyektor atau layar interaktif untuk menampilkan video eksperimen, animasi perubahan entalpi, grafik termokimia, serta sebagai tempat diskusi dan presentasi hasil proyek dan refleksi eksperimen.

• **Ruang Terbuka (jika tersedia):**

Area untuk melakukan percobaan sederhana yang membutuhkan ventilasi baik atau eksperimen yang melibatkan bahan alami dan reaksi di luar kelas.

Ruang Virtual:

• **Platform LMS (Learning Management System):**

Digunakan untuk mengakses modul pembelajaran termokimia, mengerjakan kuis online, berdiskusi secara daring, serta mengumpulkan laporan eksperimen dan proyek.

• **Simulasi Interaktif:**

Misalnya aplikasi simulasi kalor reaksi dan hukum Hess yang membantu peserta didik memvisualisasikan perubahan energi dan entalpi tanpa harus melakukan percobaan fisik

secara langsung.

- **Sumber Daya Digital:**

Video tutorial, artikel populer, dan e-book yang membahas konsep termokimia, aplikasi kalor dalam kehidupan sehari-hari, serta studi kasus energi reaksi kimia.

Budaya Belajar:

- **Penalaran Kritis:**

Menganalisis data eksperimen termokimia dan hukum Hess untuk menginterpretasikan perubahan energi dalam reaksi kimia secara tepat dan logis.

- **Kreativitas:**

Merancang alat sederhana untuk mengukur kalor reaksi, membuat laporan eksperimen yang menarik, atau mengembangkan presentasi visual yang menggambarkan konsep perubahan entalpi dan kalor reaksi.

- **Komunikasi:**

Menyampaikan hasil observasi, analisis, dan kesimpulan eksperimen melalui diskusi kelompok, presentasi lisan, serta laporan tertulis dengan bahasa ilmiah yang jelas dan terstruktur.



Pemanfaatan Digital :

- Simulasi reaksi eksoterm/endoterm (PhET, ChemCollective)
 - Google Docs untuk kolaborasi laporan
 - Quizizz dan Google Form untuk asesmen formatif
-



PENGALAMAN BELAJAR

PENGALAMAN BELAJAR: MATERI TERMOKIMIA

Pertemuan 1: Reaksi Eksoterm dan Endoterm (2 JP @ 45 menit)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menjelaskan konsep reaksi eksoterm dan endoterm, mengidentifikasi ciri-cirinya, dan memberikan contoh penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

AWAL (15 menit - Berorientasi Nyata dan Berkesan)

- Guru membuka pelajaran dengan salam hangat, doa bersama, dan *ice breaking* singkat (misal: menebak reaksi sehari-hari yang terasa panas atau dingin, seperti membakar kertas atau menempelkan *ice pack*).
- **Orientasi Visual & Kontekstual:**

- Tampilkan video singkat atau animasi reaksi **eksoterm** (misal: pembakaran kayu, meledaknya balon hidrogen) dan reaksi **endoterm** (misal: proses fotosintesis, pendinginan instan pada *cold pack*).
- Ajukan pertanyaan pemantik: “Apa yang terjadi dengan suhu sekitar saat lilin dibakar atau ketika kalian menggunakan *ice pack* untuk cedera? Mengapa ada reaksi yang mengeluarkan panas dan ada yang menyerap panas?”
- Hubungkan dengan pengalaman sehari-hari, seperti proses memasak atau pendinginan tubuh.

INTI (65 menit - Aktif, Eksploratif, Bermakna)

- **Memahami Konsep Reaksi Eksoterm dan Endoterm (45 menit):**
 - **Aktivitas 1: Eksplorasi Konsep Reaksi Eksoterm dan Endoterm**
 - Guru menjelaskan definisi **reaksi eksoterm** (sistem melepaskan kalor ke lingkungan, ΔH negatif, suhu lingkungan naik) dan **reaksi endoterm** (sistem menyerap kalor dari lingkungan, ΔH positif, suhu lingkungan turun).
 - Gunakan bantuan animasi dan **diagram tingkat energi** untuk memvisualisasikan perbedaan energi reaktan dan produk, serta arah aliran kalor pada kedua jenis reaksi.
 - Diskusikan secara interaktif: “Mengapa reaksi pembakaran terasa panas, sedangkan reaksi pada kantong es instan terasa dingin? Bagaimana kita bisa tahu apakah suatu reaksi mengeluarkan atau menyerap energi hanya dengan menyentuh wadahnya?”
- **Mengaplikasi Konsep (20 menit):**
 - **Aktivitas 2: Identifikasi dan Diskusi Kelompok**
 - Dalam kelompok kecil (3-4 orang), peserta didik mencari dan mendiskusikan minimal 3 contoh reaksi eksoterm dan 3 contoh reaksi endoterm yang terjadi di lingkungan sekitar mereka (misal: pengembunan, melarutkan pupuk, penguraian kalsium karbonat).
 - Setiap kelompok membuat tabel perbedaan reaksi eksoterm dan endoterm lengkap dengan ciri-ciri dan contohnya.

PENUTUP (10 menit - Berorientasi Kontekstual)

- **Merefleksi (5 menit):** Diskusi kelas: “Mengapa penting bagi kita untuk mengetahui apakah suatu reaksi bersifat eksoterm atau endoterm, terutama dalam konteks keselamatan atau efisiensi energi?”
- **Penugasan (5 menit):** Guru menekankan pentingnya memahami reaksi eksoterm dan endoterm untuk kehidupan sehari-hari dan bidang teknologi. Penugasan ringan: Amati dan catat 2 contoh reaksi eksoterm dan 2 contoh reaksi endoterm yang kalian temukan di rumah atau lingkungan selama 2 hari ke depan, jelaskan ciri-cirinya.

Pertemuan 2: Kalor Reaksi dan Perubahan Entalpi (2 JP @ 45 menit)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menjelaskan konsep kalor reaksi dan perubahan entalpi (ΔH), serta mengaitkannya dengan jumlah zat dalam reaksi termokimia.

AWAL (15 menit)

- *Review* singkat materi pertemuan sebelumnya tentang eksoterm dan endoterm dengan kuis interaktif (misal: Kahoot atau kuis lisan).
- **Apersepsi dan Motivasi:**
 - Demonstrasi perubahan suhu saat melarutkan garam (misal: NaCl atau KNO₃) dalam air menggunakan termometer.
 - Tanya jawab: "Apa yang terjadi dengan suhu air saat garam dilarutkan? Dari mana datangnya panas atau dingin itu? Apa hubungannya dengan energi dalam reaksi?"
 - Menjelaskan bahwa perubahan suhu ini adalah indikasi adanya perubahan energi atau kalor yang dilepaskan/diserap oleh reaksi.

INTI (65 menit)

- **Memahami Konsep Kalor dan Entalpi (45 menit):**
 - **Aktivitas 1: Konsep Kalor Reaksi dan Perubahan Entalpi**
 - Guru menjelaskan konsep **kalor reaksi (q)** sebagai energi yang dilepaskan atau diserap selama reaksi, dan **perubahan entalpi (ΔH)** sebagai perubahan energi panas sistem pada tekanan konstan.
 - Menjelaskan hubungan antara q dan ΔH , serta **satuan** yang digunakan (Joule, kilojoule, kalori).
 - Menunjukkan kembali **diagram tingkat energi** dan menjelaskan bagaimana ΔH direpresentasikan (produk - reaktan).
 - Siswa menggunakan simulasi interaktif (misal: PhET Energy Forms and Changes) untuk memvisualisasikan aliran energi dan perubahan entalpi pada berbagai proses.
- **Mengaplikasi Konsep (20 menit):**
 - **Aktivitas 2: Latihan Perhitungan Dasar Entalpi**
 - Siswa mengerjakan soal hitungan entalpi berdasarkan data reaksi sederhana yang diberikan secara berkelompok. Misalnya, jika reaksi $A + B \rightarrow C$ memiliki $\Delta H = -100 \text{ kJ}$, berapa kalor yang dilepaskan jika 2 mol A bereaksi?
 - Fokus pada konsep proporsionalitas antara jumlah mol zat dan perubahan entalpi.

PENUTUP (10 menit)

- **Merefleksi (5 menit):** Refleksi individu: "Tuliskan bagaimana pemahaman tentang kalor dan entalpi dapat membantu menjelaskan fenomena alam sehari-hari, seperti mengapa bahan bakar menghasilkan panas atau mengapa es mencair."
- **Penugasan (5 menit):** Guru memberikan rangkuman dan umpan balik singkat. Penugasan: Cari dan laporkan 2 contoh perubahan entalpi yang signifikan dalam kehidupan sehari-hari (misal: pada proses pencernaan makanan, pembakaran LPG) beserta perkiraan jenis reaksinya (eksoterm/endoterm).

Pertemuan 3: Persamaan Termokimia dan Jenis Entalpi Reaksi (2 JP @ 45 menit)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menulis dan menafsirkan persamaan termokimia, serta memahami berbagai jenis entalpi reaksi standar (pembentukan, pembakaran, penguraian).

AWAL (15 menit)

- Kuis singkat atau pertanyaan lisan untuk mengingat konsep ΔH dan hubungannya dengan jumlah mol.
- **Apersepsi dan Motivasi:** Tampilkan beberapa persamaan reaksi kimia yang disertai nilai ΔH (misal: pembakaran metana, pembentukan air). "Mengapa penting menuliskan ΔH di samping persamaan reaksi? Apa arti angka dan tanda plus/minusnya?"

INTI (65 menit)

- **Memahami Persamaan Termokimia dan Jenis Entalpi (45 menit):**
 - **Aktivitas 1: Memahami Persamaan Termokimia**
 - Guru menjelaskan **persamaan termokimia**: persamaan reaksi kimia yang sudah setara dan menyertakan nilai ΔH serta wujud zat. Menekankan aturan penulisan (koefisien, tanda ΔH , wujud zat).
 - Menjelaskan bahwa ΔH berlaku untuk koefisien mol yang tertera dalam persamaan tersebut.
 - Membahas berbagai **jenis entalpi reaksi standar** dan definisinya:
 - **Entalpi Pembentukan Standar (ΔH_f°)**: Pembentukan 1 mol senyawa dari unsur-unsurnya dalam keadaan standar.
 - **Entalpi Pembakaran Standar (ΔH_c°)**: Pembakaran sempurna 1 mol zat.
 - **Entalpi Penguraian Standar (ΔH_d°)**: Penguraian 1 mol senyawa menjadi unsur-unsurnya. (Hubungkan ΔH_d° dengan ΔH_f°).
 - Jenis entalpi lain yang relevan (misal: netralisasi, pelarutan) secara singkat.
- **Mengaplikasi Konsep (20 menit):**
 - **Aktivitas 2: Latihan Penulisan dan Interpretasi**
 - Siswa dalam kelompok berlatih menulis persamaan termokimia dari deskripsi verbal (misal: "entalpi pembentukan CO_2 adalah $-393,5 \text{ kJ/mol}$ ").
 - Menganalisis dan menginterpretasikan persamaan termokimia yang diberikan (misal: dari persamaan pembakaran propana, berapa kalor yang dihasilkan jika 1 mol propana terbakar?).
 - Latihan soal perhitungan perubahan entalpi berdasarkan koefisien dan nilai ΔH yang diketahui dari persamaan termokimia.

PENUTUP (10 menit)

- **Merefleksi (5 menit):** Refleksi kelompok: "Apa tantangan terbesar dalam menulis atau menafsirkan persamaan termokimia? Mengapa tanda ΔH sangat penting?"
- **Penugasan (5 menit):** Umpan balik dan rangkuman konsep. Penugasan: Cari dan tuliskan 3 contoh persamaan termokimia (satu untuk pembentukan, satu untuk pembakaran, satu untuk penguraian) yang berbeda dari yang dibahas di kelas, lengkap dengan wujud zat dan nilai ΔH -nya (cari di buku/internet).

Pertemuan 4: Perhitungan Entalpi Reaksi Menggunakan Entalpi Pembentukan Standar (2 JP @ 45 menit)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menghitung perubahan entalpi suatu reaksi (ΔH_{reaksi}) menggunakan data entalpi pembentukan standar (ΔH_f°).

AWAL (15 menit)

- Kuis singkat untuk me-review berbagai jenis entalpi standar (terutama ΔH_f°).
- **Motivasi:** "Kita tidak selalu bisa mengukur entalpi setiap reaksi secara langsung di laboratorium. Apakah ada cara untuk menghitung ΔH_{reaksi} tanpa harus melakukan eksperimen?"

INTI (65 menit)

- **Memahami Metode Perhitungan (45 menit):**
 - **Aktivitas 1: Memahami Prinsip dan Rumus**
 - Guru menjelaskan prinsip bahwa perubahan entalpi suatu reaksi dapat dihitung dari selisih total entalpi pembentukan standar produk dan reaktan.
 - Menurunkan dan menjelaskan rumus: $\Delta H_{\text{reaksi}} = \sum n \Delta H_f^\circ(\text{produk}) - \sum m \Delta H_f^\circ(\text{reaktan})$, di mana n dan m adalah koefisien stoikiometri.
 - Menekankan bahwa ΔH_f° unsur bebas dalam keadaan standar adalah nol.
 - Memberikan contoh langkah-langkah perhitungan ΔH_{reaksi} menggunakan tabel data ΔH_f° .
- **Mengaplikasi Perhitungan (20 menit):**
 - **Aktivitas 2: Latihan Perhitungan**
 - Siswa dalam kelompok mengerjakan beberapa soal perhitungan ΔH_{reaksi} menggunakan data ΔH_f° yang disediakan. Contoh reaksi: pembakaran etanol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.
 - Pastikan siswa menyetarakan reaksi terlebih dahulu.

PENUTUP (10 menit)

- **Merefleksi (5 menit):** Diskusi kelas: "Mengapa metode perhitungan ini sangat berguna bagi para kimiawan? Apa kelebihan dan kekurangannya?"
 - **Penugasan (5 menit):** Umpan balik dan rangkuman. Penugasan: Cari reaksi kimia yang relevan di internet (misal: reaksi pembuatan asam sulfat) dan hitung ΔH_{reaksi} -nya menggunakan data ΔH_f° .
-

Pertemuan 5: Hukum Hess dan Diagram Entalpi (2 JP @ 45 menit)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menjelaskan dan menerapkan Hukum Hess untuk menentukan perubahan entalpi reaksi melalui diagram entalpi dan kombinasi persamaan reaksi.

AWAL (15 menit)

- Kuis singkat untuk me-review perhitungan ΔH dari ΔH_f° .

- **Motivasi:** "Beberapa reaksi terlalu lambat atau berbahaya untuk diukur ΔH -nya secara langsung. Apakah ada cara lain untuk menentukan ΔH suatu reaksi jika kita tahu ΔH dari reaksi-reaksi lain yang terkait?"
- Menjelaskan konsep **Hukum Hess** sebagai prinsip penjumlahan entalpi.

INTI (65 menit)

- **Memahami Hukum Hess (45 menit):**
 - **Aktivitas 1: Memahami Prinsip Hukum Hess**
 - Guru menjelaskan prinsip **Hukum Hess**: Perubahan entalpi suatu reaksi hanya bergantung pada keadaan awal dan akhir, tidak pada jalur reaksi.
 - Menjelaskan dua metode penerapan Hukum Hess:
 1. **Menggunakan Diagram Entalpi/Siklus Hess:** Memvisualisasikan jalur reaksi dan menjumlahkan ΔH di setiap tahap.
 2. **Menggunakan Kombinasi Persamaan Reaksi:** Mengubah (membalik/mengalikan koefisien) dan menjumlahkan persamaan termokimia yang diketahui untuk mendapatkan persamaan target.
 - Memberikan contoh soal langkah demi langkah untuk kedua metode.
- **Mengaplikasi Hukum Hess (20 menit):**
 - **Aktivitas 2: Simulasi dan Latihan**
 - Siswa dalam kelompok mengerjakan soal penerapan Hukum Hess (misal: mencari ΔH pembentukan CO dari data ΔH pembakaran C dan CO_2).
 - Fokus pada kemampuan memanipulasi persamaan termokimia (membalik tanda ΔH , mengalikan ΔH dengan faktor koefisien) dan menyusun diagram entalpi.

PENUTUP (10 menit)

- **Merefleksi (5 menit):** Diskusi kelas: "Mengapa Hukum Hess sangat powerful dalam termokimia? Apa kelebihanannya dibandingkan metode ΔH_f° ?"
- **Penugasan (5 menit):** Umpan balik dan rangkuman konsep. Penugasan: Cari 1 contoh lain penerapan Hukum Hess di industri (misal: untuk reaksi yang sulit diukur langsung) atau lingkungan.

Pertemuan 6: Perhitungan Entalpi Reaksi Berdasarkan Energi Ikatan Rata-rata (2 JP @ 45 menit)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menghitung perubahan entalpi reaksi (ΔH_{reaksi}) berdasarkan data energi ikatan rata-rata.

AWAL (15 menit)

- Kuis singkat untuk me-review Hukum Hess.
- **Motivasi:** "Kita tahu ikatan kimia itu menahan atom bersama. Apa hubungannya dengan energi? Bagaimana energi ini bisa memengaruhi perubahan entalpi reaksi?"
- Menghubungkan dengan konsep pemutusan dan pembentukan ikatan.

INTI (65 menit)

- **Memahami Konsep Energi Ikatan (45 menit):**
 - **Aktivitas 1: Memahami Energi Ikatan dan Prinsip Perhitungannya**
 - Guru menjelaskan konsep **energi ikatan rata-rata** sebagai energi yang diperlukan untuk memutuskan 1 mol ikatan kovalen dalam wujud gas.
 - Menjelaskan bahwa reaksi kimia melibatkan **pemutusan ikatan** (membutuhkan energi, endoterm) dan **pembentukan ikatan** baru (melepaskan energi, eksoterm).
 - Menurunkan dan menjelaskan rumus: $\Delta H_{\text{reaksi}} = \sum \text{Energi Ikatan yang diputuskan} - \sum \text{Energi Ikatan yang terbentuk}$.
 - Memberikan contoh langkah-langkah perhitungan ΔH_{reaksi} menggunakan data energi ikatan rata-rata dan struktur Lewis molekul.
- **Mengaplikasi Perhitungan (20 menit):**
 - **Aktivitas 2: Latihan Perhitungan**
 - Siswa dalam kelompok mengerjakan soal perhitungan ΔH_{reaksi} dari data energi ikatan rata-rata. Contoh reaksi: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HCl}(\text{g})$. Siswa perlu menggambar struktur Lewis untuk mengidentifikasi ikatan yang putus dan terbentuk.
 - Diskusi tentang keterbatasan metode ini (penggunaan energi ikatan rata-rata).

PENUTUP (10 menit)

- **Merefleksi (5 menit):** Diskusi kelas: "Apa perbedaan dan kelebihan/kekurangan metode penentuan ΔH menggunakan energi ikatan dibandingkan dengan Hukum Hess atau ΔH_f° ?"
 - **Penugasan (5 menit):** Umpan balik dan rangkuman. Penugasan: Hitung ΔH_{reaksi} untuk reaksi pembakaran metana ($\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) menggunakan data energi ikatan rata-rata (data akan diberikan).
-

Pertemuan 7: Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi Berdasarkan Eksperimen Kalorimeter (2 JP @ 45 menit)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menggunakan prinsip kalorimetri untuk menentukan perubahan entalpi reaksi secara eksperimen.

AWAL (15 menit)

- Kuis singkat tentang energi ikatan.
- **Apersepsi dan Motivasi:** Tampilkan gambar atau video proses eksperimen kalorimetri sederhana (misal: kalorimeter bom atau kalorimeter cangkir kopi). "Bagaimana kita bisa mengukur energi yang dilepaskan atau diserap oleh suatu reaksi secara langsung di laboratorium? Alat apa yang dibutuhkan?"

INTI (65 menit)

- **Memahami Prinsip Kalorimetri (45 menit):**

- **Aktivitas 1: Konsep Kalorimetri dan Rumus**
 - Guru menjelaskan prinsip **kalorimetri**: pengukuran jumlah kalor yang dilepaskan atau diserap dalam suatu reaksi berdasarkan perubahan suhu lingkungan (air di dalam kalorimeter).
 - Menjelaskan konsep **kapasitas kalor** (C) dan **kalor jenis** (c).
 - Menurunkan dan menjelaskan rumus-rumus perhitungan kalor: $q = mc\Delta T$ (untuk air/larutan) dan $q = C\Delta T$ (untuk kalorimeter).
 - Menjelaskan hubungan antara kalor yang diukur (q) dengan perubahan entalpi (ΔH) reaksi, serta bagaimana mengkonversinya ke dalam kJ/mol.
 - Membahas jenis kalorimeter sederhana (kalorimeter cangkir kopi) dan kalorimeter bom.
- **Mengaplikasi Perhitungan Kalorimetri (20 menit):**
 - **Aktivitas 2: Latihan Soal Kalorimetri**
 - Siswa dalam kelompok mengerjakan soal perhitungan kalor dan perubahan entalpi reaksi berdasarkan data eksperimen kalorimetri yang diberikan. Contoh: suatu reaksi melarutkan padatan dalam air di kalorimeter, menyebabkan perubahan suhu air. Hitung ΔH reaksi per mol padatan.
 - Diskusi tentang faktor-faktor yang memengaruhi akurasi pengukuran kalorimetri.

PENUTUP (10 menit)

- **Merefleksi (5 menit):** Diskusi kelas: "Apa kelebihan dan kekurangan metode kalorimetri dibandingkan metode perhitungan teoretis (Hukum Hess, ΔH_f° , energi ikatan)? Kapan metode ini paling dibutuhkan?"
- **Penugasan (5 menit):** Umpan balik dan rangkuman. Penugasan: Carilah contoh penerapan kalorimetri di bidang lain (misal: nutrisi makanan, uji kualitas bahan bakar).

Pertemuan 8: Latihan Terpadu Perhitungan Termokimia dan Analisis (2 JP @ 45 menit)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menyelesaikan soal-soal perhitungan termokimia yang bervariasi menggunakan berbagai metode dan menganalisis implikasinya.

AWAL (15 menit)

- **Tanya jawab/Kuis cepat** untuk menguatkan pemahaman tentang semua metode perhitungan ΔH yang telah dipelajari (dari ΔH_f° , Hukum Hess, energi ikatan, dan kalorimetri).
- **Motivasi:** "Sekarang kita punya banyak 'alat' untuk menghitung perubahan entalpi. Bagaimana kita memilih alat yang tepat untuk setiap masalah?"

INTI (65 menit)

- **Memahami Strategi Penyelesaian Soal (20 menit):**
 - **Aktivitas 1: Strategi Pemilihan Metode**
 - Guru mengulas kembali setiap metode perhitungan ΔH (dari ΔH_f° , Hukum Hess, energi ikatan, kalorimetri) dan memberikan panduan kapan masing-masing metode paling cocok digunakan.

- Memberikan contoh soal yang bisa diselesaikan dengan lebih dari satu metode, dan mendiskusikan efisiensinya.
- **Mengaplikasi Latihan Soal Terpadu (45 menit):**
 - **Aktivitas 2: Latihan Soal Berjenjang dan Berkelompok**
 - Siswa dalam kelompok mengerjakan serangkaian soal latihan terpadu yang melibatkan berbagai metode perhitungan ΔH . Soal akan bervariasi dalam tingkat kesulitan dan jenis data yang diberikan.
 - Contoh soal:
 - Hitung ΔH pembakaran glukosa dari ΔH_f° glukosa, CO_2 , dan H_2O .
 - Tentukan ΔH reaksi target menggunakan Hukum Hess dari beberapa persamaan termokimia.
 - Perkirakan ΔH reaksi adisi etena menggunakan energi ikatan.
 - Analisis data eksperimen kalorimetri untuk menentukan ΔH pelarutan.
 - Guru berkeliling memberikan bimbingan dan fasilitasi.

PENUTUP (10 menit)

- **Merefleksi (5 menit):** Jurnal refleksi: "Strategi apa yang paling membantu saya dalam menyelesaikan soal termokimia yang kompleks? Konsep apa yang masih perlu saya perdalam?"
- **Penugasan (5 menit):** Guru memberikan umpan balik umum dan penguatan. Penugasan: Soal evaluasi mandiri (5-7 soal) yang mencakup semua aspek perhitungan termokimia sebagai persiapan untuk pertemuan proyek/penilaian.

Pertemuan 9: Proyek Mini – Aplikasi Termokimia dalam Kehidupan (2 JP @ 45 menit)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu mengomunikasikan dan mengaitkan konsep termokimia dengan berbagai fenomena atau aplikasi dalam kehidupan nyata secara kolaboratif.

AWAL (15 menit)

- **Tanya jawab penguatan** materi perhitungan termokimia secara keseluruhan.
- **Motivasi:** Guru menampilkan contoh-contoh aplikasi termokimia yang menarik di berbagai bidang (misal: pembangkit listrik tenaga uap, kantong penghangat, pendingin gel instan, analisis gizi makanan). "Bagaimana konsep termokimia ini bisa kita gunakan untuk menjelaskan dan bahkan menciptakan teknologi di sekitar kita?"

INTI (65 menit)

- **Memahami & Merancang Proyek (15 menit):**
 - Guru menjelaskan **tugas proyek kelompok**: Setiap kelompok (2-3 siswa) akan memilih satu tema aplikasi termokimia yang menarik (misal: energi makanan dan metabolisme, teknologi pendingin/penghangat, efisiensi bahan bakar, reaksi dalam baterai, proses fotosintesis, geoterapi).

- Kelompok harus:
 - Menjelaskan konsep termokimia yang terlibat dalam tema tersebut.
 - Memberikan contoh reaksi yang relevan (jika ada, dengan persamaan termokimia).
 - Menjelaskan prinsip kerja aplikasi tersebut dari sudut pandang termokimia.
 - Menganalisis dampak atau manfaatnya.
- **Mengaplikasi Proyek & Presentasi (50 menit):**
 - **Mini Proyek Kelompok:** Peserta didik bekerja dalam kelompok untuk mengembangkan proyek mereka. Hasil proyek bisa berupa **presentasi singkat (5-7 menit) dengan *slideshow*, infografis digital, poster, atau video singkat**.
 - Setiap kelompok akan mempresentasikan hasil proyeknya di depan kelas.

PENUTUP (10 menit)

- **Merefleksi & Umpan Balik (7 menit):**
 - Setelah setiap presentasi, ada sesi tanya jawab singkat dari teman dan guru.
 - Guru memberikan umpan balik formatif secara umum dan spesifik terhadap presentasi.
 - Diskusi kelas: "Apa hal baru yang kamu pelajari dari presentasi kelompok lain? Bagaimana pemahaman termokimia mengubah cara pandangmu terhadap fenomena sehari-hari?"
- **Refleksi Akhir & Penugasan (3 menit):**
 - Guru menutup dengan rangkuman dan menegaskan kembali pentingnya memahami termokimia untuk berbagai bidang ilmu dan kehidupan.
 - Refleksi akhir (individu): "Apa manfaat terbesar yang saya rasakan setelah mempelajari termokimia bagi kehidupan sehari-hari dan pemahaman saya tentang dunia?"
 - Penugasan lanjutan (opsional): Membuat infografis tentang salah satu aplikasi termokimia favorit mereka untuk dipajang di kelas atau dibagikan secara *online*.



ASESMEN PEMBELAJARAN

ASESMEN PEMBELAJARAN TERMOKIMIA



Asesmen pada Awal Pembelajaran:

• Pre-test Pemahaman Dasar Energi dan Kalor

Contoh soal pre-test:

1. Apa yang dimaksud dengan energi dalam konteks reaksi kimia?
 2. Jelaskan perbedaan antara kalor dan suhu!
 3. Berikan contoh perubahan energi yang kamu alami sehari-hari!
 - **Diskusi Pemantik dengan Media Visual**
- Guru menampilkan video proses pembakaran dan pendinginan es instan, lalu mengajukan pertanyaan terbuka:

- “Apa yang kamu amati dari perubahan suhu pada video tersebut?”
- “Mengapa ada reaksi yang menghasilkan panas dan ada yang menyerap panas?”

Asesmen pada Proses Pembelajaran:

• **Observasi Diskusi Kelompok**

Guru menggunakan rubrik untuk menilai:

- Partisipasi aktif siswa
 - Kemampuan mengemukakan pendapat dan mendengarkan teman
 - Kualitas argumen dan keterkaitan dengan konsep termokimia
 - **Hasil Eksperimen dan Lembar Kerja**
- Penilaian berdasarkan:
- Ketepatan pengamatan suhu
 - Analisis data perubahan entalpi
 - Kerapian dan kelengkapan laporan eksperimen
 - **Kuis Formatif Tiap Pertemuan**

Contoh Soal Kuis Formatif:

Pertemuan 1: Reaksi Eksoterm dan Endoterm

1. Reaksi pembakaran kayu termasuk reaksi ...
 - a. Eksoterm
 - b. Endoterm
 - c. Netral
 - d. Tidak ada perubahan energi
 - e. Reaksi fotokatalis

Jawaban: a
2. Reaksi yang menyerap panas dari lingkungan disebut ...
 - a. Eksoterm
 - b. Endoterm
 - c. Reduksi
 - d. Oksidasi
 - e. Netral

Jawaban: b

Pertemuan 2: Kalor dan Perubahan Entalpi

3. Satuan entalpi yang paling umum digunakan adalah ...
 - a. Joule (J)
 - b. Kalori (cal)
 - c. Watt (W)
 - d. Volt (V)

e. Ampere (A)

Jawaban: a

4. Jika reaksi melepaskan energi 100 kJ, maka ΔH reaksi tersebut adalah ...

- a. +100 kJ
- b. -100 kJ
- c. 0 kJ
- d. Tidak dapat ditentukan
- e. +50 kJ

Jawaban: b

Pertemuan 3: Hukum Hess dan Energi Ikatan

5. Hukum Hess menyatakan bahwa perubahan entalpi total reaksi adalah ...

- a. Jumlah entalpi reaksi yang terjadi bertahap
- b. Selalu positif
- c. Selalu negatif
- d. Tidak bergantung pada kondisi
- e. Sama dengan energi ikatan gas mulia

Jawaban: a

6. Energi yang diperlukan untuk memutuskan ikatan kimia disebut ...

- a. Energi aktivasi
- b. Energi ikatan
- c. Entalpi pembentukan
- d. Kalor jenis
- e. Energi kinetik

Jawaban: b



Asesmen pada Akhir Pembelajaran:

Tes Tertulis:

Soal Pilihan Ganda (10 soal)

1. Reaksi pembentukan air dari hidrogen dan oksigen melepaskan energi, maka reaksi ini bersifat ...

- a. Eksoterm
- b. Endoterm
- c. Reduksi
- d. Oksidasi
- e. Endotermik

Jawaban: a

2. Dalam reaksi endoterm, perubahan entalpi (ΔH) bernilai ...

- a. Negatif
- b. Positif
- c. Nol

- d. Bergantung pada tekanan
- e. Sama dengan energi ikatan

Jawaban: b

3. Apa yang dimaksud dengan kalor reaksi?
- a. Energi panas yang diserap atau dilepaskan dalam reaksi
 - b. Suhu reaksi yang diukur
 - c. Jumlah zat yang bereaksi
 - d. Energi kinetik partikel
 - e. Tekanan gas hasil reaksi

Jawaban: a

4. Hukum Hess sangat berguna untuk menghitung ...
- a. Perubahan entalpi reaksi yang sulit diukur langsung
 - b. Suhu reaksi
 - c. Tekanan gas
 - d. Laju reaksi
 - e. Volume gas

Jawaban: a

5. Jika suatu reaksi memiliki $\Delta H = -250 \text{ kJ}$, maka reaksi tersebut ...
- a. Melepaskan energi
 - b. Menyerap energi
 - c. Tidak terjadi reaksi
 - d. Memerlukan katalis
 - e. Menghasilkan gas

Jawaban: a

6. Pada reaksi endoterm, suhu lingkungan sekitar biasanya akan ...
- a. Turun
 - b. Naik
 - c. Tetap
 - d. Tidak berubah
 - e. Naik drastis

Jawaban: a

7. Satuan standar untuk kalor adalah ...
- a. Joule (J)
 - b. Watt (W)
 - c. Meter (m)
 - d. Kelvin (K)
 - e. Liter (L)

Jawaban: a

8. Energi yang dilepaskan saat terbentuknya ikatan kimia disebut ...
- a. Energi ikatan
 - b. Entalpi pembentukan
 - c. Kalor reaksi
 - d. Energi aktivasi
 - e. Energi potensial

Jawaban: b

9. Berikut ini yang bukan merupakan contoh reaksi eksoterm adalah ...
- a. Pembakaran kertas

- b. Pembekuan air
- c. Peleburan es
- d. Reaksi asam dan basa
- e. Kondensasi uap air

Jawaban: c

10. Dalam hukum Hess, jika reaksi dibagi menjadi dua langkah, maka perubahan entalpi total adalah ...
- a. Jumlah ΔH kedua langkah
 - b. Selisih ΔH kedua langkah
 - c. Nilai maksimum ΔH
 - d. Nilai minimum ΔH
 - e. Tidak berhubungan

Jawaban: a

Tes Uraian (minimal 3 soal)

1. Jelaskan perbedaan antara reaksi eksoterm dan endoterm disertai contoh nyata dari kehidupan sehari-hari!
 2. Sebuah reaksi kimia menyerap 150 kJ energi dari lingkungan. Tuliskan perubahan entalpi reaksinya dan jelaskan apa arti nilai tersebut!
 3. Jelaskan prinsip Hukum Hess dan bagaimana hukum ini membantu menghitung perubahan entalpi reaksi yang tidak dapat diukur langsung!
-

Penilaian Laporan Proyek dan Presentasi:

- Isi laporan lengkap dengan data eksperimen atau analisis aplikasi termokimia
- Penyajian informasi secara sistematis dan logis
- Keterampilan presentasi: kejelasan, penguasaan materi, dan kerja sama kelompok
- Kreativitas dalam penyajian media (poster, video, slide)

Instrumen Penilaian

1. **Rubrik Penilaian**
 - Kriteria: Pemahaman konsep, ketepatan perhitungan, komunikasi ilmiah, kerja sama.
2. **Ceklist Observasi**
 - Fokus: Partisipasi, kedisiplinan, kerjasama, kreativitas.

1. Rubrik Penilaian Kinerja Siswa

Aspek yang Dinilai:

- **Pemahaman Konsep**
- **Ketepatan Perhitungan**
- **Komunikasi Ilmiah**
- **Kerja Sama Kelompok**

Kriteria	Skor 4 (Sangat Baik)	Skor 3 (Baik)	Skor 2 (Cukup)	Skor 1 (Perlu Perbaikan)
Pemahaman Konsep	Menjelaskan konsep dengan sangat jelas dan tepat, mengaitkan dengan contoh nyata	Menjelaskan konsep dengan jelas dan cukup tepat	Memahami konsep secara umum, ada beberapa kesalahan	Kesulitan menjelaskan konsep, banyak kesalahan
Ketepatan Perhitungan	Semua perhitungan benar, langkah-langkah jelas dan logis	Sebagian besar perhitungan benar, sedikit kesalahan kecil	Perhitungan mengandung beberapa kesalahan yang mempengaruhi hasil	Perhitungan banyak salah dan tidak logis
Komunikasi Ilmiah	Menyampaikan ide secara sistematis, bahasa ilmiah tepat, presentasi menarik	Menyampaikan ide cukup jelas, bahasa ilmiah cukup baik	Penyampaian kurang sistematis, penggunaan bahasa ilmiah terbatas	Sulit dipahami, penggunaan bahasa tidak tepat
Kerja Sama Kelompok	Aktif berkontribusi, mendukung teman, membantu memecahkan masalah	Berkontribusi dan bekerja sama dengan baik	Kadang aktif, kadang pasif dalam kelompok	Tidak berkontribusi, mengganggu kerja kelompok

Skor Maksimal: 16 (4 aspek × skor maksimal 4)

Interpretasi Nilai:

- 14–16: Sangat Baik
- 10–13: Baik
- 6–9: Cukup
- ≤5: Perlu Perbaikan

2. Ceklist Observasi Perilaku Siswa

Fokus Observasi:

- Partisipasi Aktif
- Kedisiplinan Waktu
- Kerja Sama Tim

- Kreativitas dalam Tugas

No	Aspek yang Diamati	Ya (✓)	Tidak (X)	Catatan / Contoh Perilaku
1	Siswa aktif bertanya dan menjawab dalam diskusi			
2	Siswa datang tepat waktu dan siap mengikuti pembelajaran			
3	Siswa bekerja sama dengan teman tanpa konflik			
4	Siswa menunjukkan ide kreatif dalam pengerjaan tugas			

Skor Ceklist:

- Untuk setiap aspek diberi nilai:
 - ✓ = 1
 - X = 0
- Total skor maksimal: 4
- Interpretasi:
 - 4 = Sangat Baik
 - 3 = Baik
 - 2 = Cukup
 - 0–1 = Perlu Perbaikan

Mengetahui,
Kepala SMAN 13 Kota Jambi

Jambi , 15 Juli 2025
Guru Mata Pelajaran Kimia

Ika Kartikasari, S.Si, M.Pd.
NIP. 19770513 200903 2 006

Sri Hastutik, S.Pd
NIP. 19740716 200903 2 002

LAMPIRAN PEMBELAJARAN

A. LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

LKPD 1

Nama Siswa :
Kelas/Semester : X /
Kelompok :
Mata Pelajaran :
Hari/Tanggal :

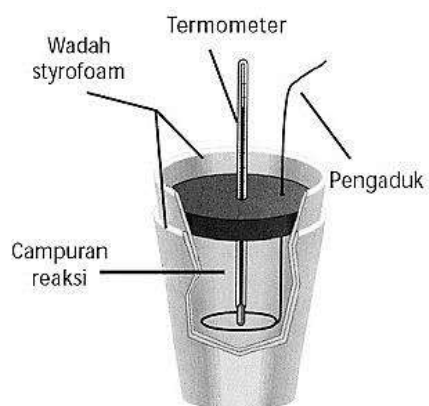
TERMOKIMIA

A. Isilah tabel dibawah ini :

No	Data	Persamaan reaksi termokimia	Disebut ΔH reaksi
1	$\Delta H^\circ_c \text{ C} = -393,5 \text{ kJ mol}^{-1}$		
2	$\Delta H^\circ_f \text{ NaCl} = -410,9 \text{ kJ mol}^{-1}$		
3	$\Delta H^\circ_d \text{ CO}_2 = -395,2 \text{ kJ mol}^{-1}$		
4	$\Delta H^\circ_d \text{ NH}_3 = +46,11 \text{ kJ mol}^{-1}$		
5	$\Delta H^\circ_c \text{ C}_2\text{H}_6 = -1559,8 \text{ kJ mol}^{-1}$		
6	$\Delta H^\circ_f \text{ HI} = +53 \text{ kJ mol}^{-1}$		

Kesimpulan :

Kegiatan : Rancanglah dan lakukan percobaan untuk menentukan harga ΔH berdasarkan data percobaan reaksi penetralan menggunakan kalorimeter sederhana, seperti gambar dibawah ini :



Sumber: Chemistry (Chang), 2004

permasalahan	Berapa nilai perubahan entalpi pada reaksi antara HCl dengan NaOH ?
Alat	..... .....
Bahan	50 mL NaOH 2 M 50 mL HCl 2 M
Prosedur Kerja	..... ..... .....
Data Pengamatan	Suhu awal larutan NaOH 2M :..... Suhu awal larutan HCl 2 M :..... Suhu campuran larutan :..... Kalor jenis larutan dianggap sama dengan kalor jenis air : $4,18 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Analisis data	..... ..... .....
Kesimpulan	..... ..... .....

LKPD 2

Hukum Hess Dan Data Energi Ikatan

Kegiatan 1 (Hukum Hess)

A. Analogi

“ Anak-anak, pernahkan kalian mendaki pegunungan? Bagaimana perjalanan yang kalian rasakan? Baiklah, untuk mendaki gunung tersebut awalnya kalian berada di kaki gunung kemudian mendaki gunung hingga puncak gunung. Tetapi apakah rute perjalanan yang kalian jalani akan sama dengan pendaki gunung lain? Mungkin berbeda rute, ada yang mendaki gunung menggunakan rute sangat berkelok kelok dan ada yang menggunakan rute sedikit landai. Seperti gambar berikut.



Dari gambar tersebut terlihat bahwa terdapat 2 pendaki gunung yang mendaki gunung ke puncak gunung menggunakan rute jalan yang berbeda. Pendaki 1 menggunakan jalan disebelah kiri (yang ditandai dengan jalur berwarna biru) sedangkan pendaki yang ke-2 menggunakan jalan di sebelah kanan (yang ditandai dengan jalur yang berwarna merah). Bagaimana dengan jarak perpindahan yang terjadi? Sama atau bedakah?

Anak-anak tahukah kalian bahwa walaupun berbeda rute perjalanan jarak tempuh atau perpindahan yang terjadi diantara keduanya adalah sama. Perbedaan dari kedua cara di atas hanya terletak pada proses perjalanannya, tetapi awalnya sama-sama berawal dari kaki gunung dan mencapai puncak gunung yang sama pula. Sama halnya dengan pendakian gunung tersebut, reaksi kimia juga dapat berlangsung dalam tahap-tahap yang berbeda, ada yang dapat berlangsung

dengan satu tahap, dua tahap, atau lebih. Namun tetap sama perubahannya. Hal tersebutlah yang dinamakan Hukum Hess. **Hukum Hess berbunyi “Bila reaktan diubah menjadi produk, perubahan entalpinya sama, apakah reaksi berlangsung dalam satu tahap atau dalam beberapa tahap”.** Atau dengan kata lain ΔH hanya bergantung pada keadaan awal dan keadaan akhir.

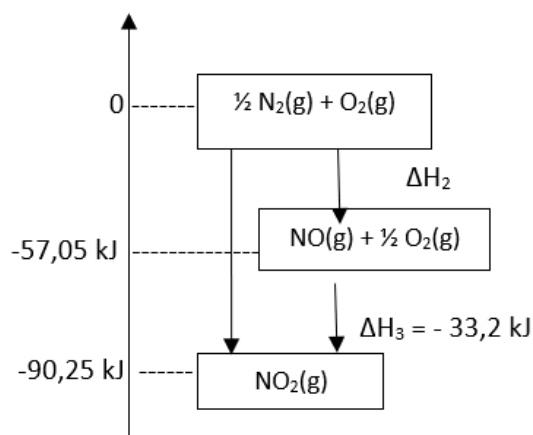
A. Pendahuluan

Hukum Hess menyatakan bahwa “perubahan entalpi tidak tergantung pada berapa banyak tahapan reaksi, tetapi hanya bergantung pada keadaan awal dan akhir.

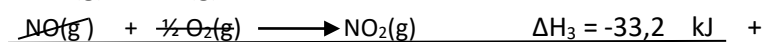
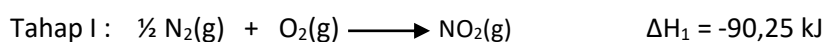
1. Diagram

Seperti bunyi hukum Hess, perhitungan dengan cara diagram adalah dengan memperhatikan keadaan awal, keadaan akhir, dan tanda panah reaksi (atas atau bawah).

Contoh :

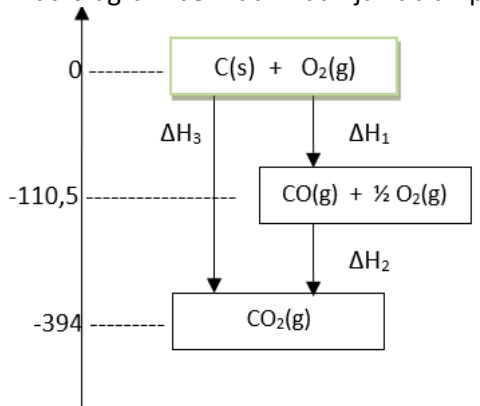


Dari diagram tingkat energi diatas, maka besarnya ΔH untuk reaksi pembentukan 1 mol NO_2 dari N_2 dan O_2 ada 2 tahap yaitu :



Latihan 1

Amati diagram berikut ini dan jawablah pertanyaannya



1. Manakah yang merupakan keadaan awal dan keadaan akhir pada diagram diatas?

Jawab :

.....

.....

.....

2. Ada berapa tahapankah yang dilakukan untuk pembentukan CO_2 ?

Jawab :

.....

.....

3. Tuliskan tahapan-tahapan tersebut (dalam persamaan reaksi) lengkapi dengan ΔH_{reaksi} nya!

Jawab :

.....

.....

.....

4. Tuliskan hubungan antara ΔH_1 , ΔH_2 , dan ΔH_3 !

Jawab :

.....

.....

5. Apa yang dapat kalian simpulkan dari pertanyaan no.1, 2, 3, 4 mengenai penentuan ΔH_{reaksi} berdasarkan hukum Hess?

Jawab :

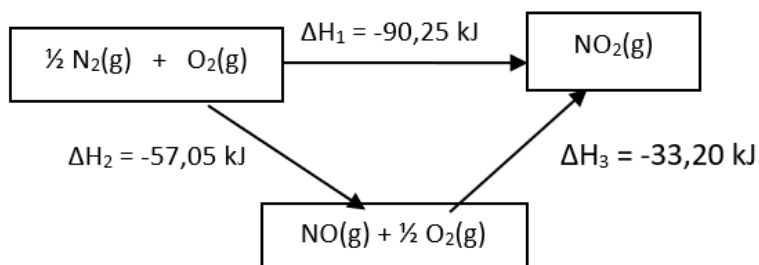
.....

.....

.....

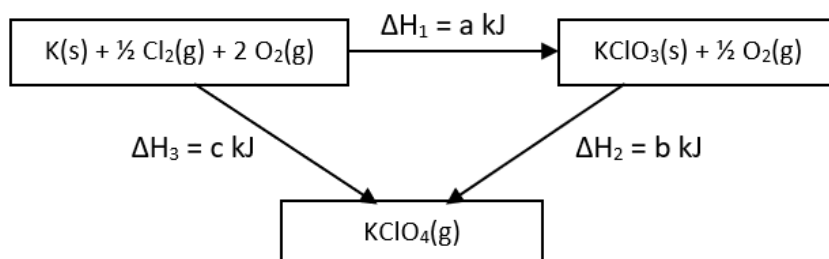
2. Siklus reaksi

Cara siklus mirip sama cara diagram, cuma bentuknya lebih fleksibel. Jika diagram diatas dibuat bentuk siklus, jadinya seperti berikut :



Latihan II

Perhatikan gambar siklus reaksi dibawah ini !



- (1) Tuliskan persamaan reaksi berdasarkan skema tersebut dilengkapi dengan ΔH reaksinya!

Jawab :

.....

.....

.....

- (2) Berdasarkan skema reaksi dari persamaan no.(1), tuliskan hubungan antara ΔH_1 , ΔH_2 , dan ΔH_3 !

Jawab :

.....

.....

.....

.....

- (3) Apabila diketahui harga $\Delta H_1 = -393$ kJ dan $\Delta H_2 = -432$ kJ, hitunglah ΔH_3 !

Jawab :

.....

.....

.....

.....

- (4) Siklus reaksi diatas merupakan siklus reaksi pembentukan standar $\text{KClO}_4(\text{g})$. Gambarkan siklus reaksi untuk penguraian standar $\text{KClO}_4(\text{g})$!

Jawab :

3. Persamaan reaksi

Cara ini bisa kita pakai jika diagram tingkat energi atau siklusnya tidak diketahui. Caranya yaitu dengan melakukan operasi aritmatika pada beberapa persamaan reaksi yang perubahan entalpinya diketahui. Persamaan-persamaan reaksi tersebut diatur

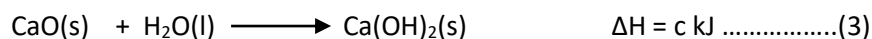
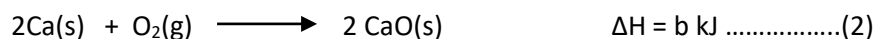
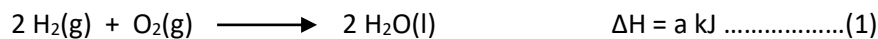
sedemikian rupa sehingga penjumlahan semua persamaan akan menghasilkan reaksi yang kita inginkan. Jika suatu persamaan reaksi dikalikan atau dibagi dengan suatu angka, perubahan entalpinya harus dikali/dibagi pula. Jika persamaan itu dibalik, maka tanda perubahan entalpi harus dibalik pula ((+) menjadi (-) atau sebaliknya). Jadi pada pemakaian cara ini memerlukan ketelitian dalam menentukan apakah suatu reaksi tetap, dibalik, atau dikalikan karena akan mempengaruhi hasilnya.

Tip menentukan ΔH dengan menggunakan persamaan reaksi :

- 1) Tulis persamaan reaksinya
- 2) Tentukan masing-masing nilai ΔH dari setiap komponen dari persamaan reaksi yang diketahui
- 3) Jumlahkan semua persamaan itu hingga menemukan bentuk persamaan baru yang sesuai dengan yang ditanyakan

Latihan III

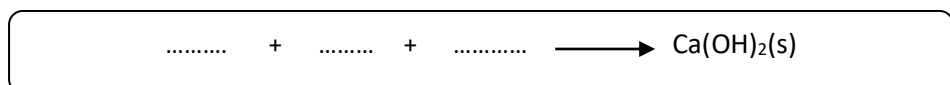
1. Diketahui persamaan termokimia :



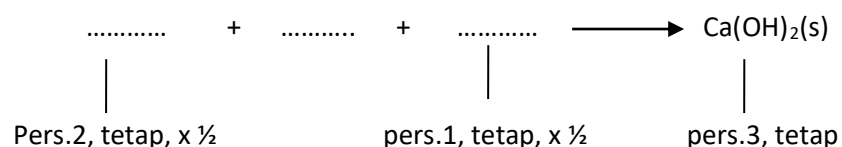
Nilai ΔH untuk reaksi pembentukan $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})$ adalah

Jawab :

Tip 1 : tulis persamaan reaksi pembentukan $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})$ dari unsur-unsur penyusunnya



Tip 2 : tentukan ΔH satu per satu komponen.



Tip 3 : jumlahkan semua persamaan yang ada

Pers.1, tetap, x $\frac{1}{2}$: $\Delta H = a \text{ kJ x}$

$\frac{1}{2}$

Pers.2, tetap, x $\frac{1}{2}$: $\Delta H = b \text{ kJ x}$
 $\frac{1}{2}$

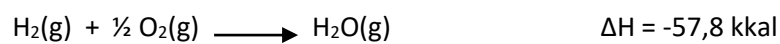
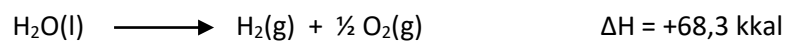
Pers.3, tetap : $\Delta H = c \text{ kJ}$

+

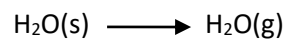


.....

2. Diketahui :



Hitunglah ΔH pada reaksi :



Jawab :

Tip 1 : tuliskan persamaan reaksi yang ditanyakan

Tip 2 : tentukan nilai ΔH dari setiap komponen dari persamaan reaksi yang diketahui

Tip 3 : Jumlahkan semua persamaan itu hingga menemukan bentuk persamaan baru yang sesuai dengan yang ditanyakan

B. BAHAN BACAAN

TERMOKIMIA

Siswaku yang berbahagia, apakah kegiatan di ekstrakurikuler pramuka pada malam hari yang memberikan kesan paling menyenangkan? Ya, betul kegiatan api unggun. Perhatikan gambar berikut!



Gambar 1. Kegiatan Api Unggun pada pramuka (sumber : <https://manyogya1.sch.id>)

Salah satu fungsi api unggun adalah untuk menghangatkan badan para peserta kegiatan. Suasana malam hari yang dingin akan lebih hangat dengan adanya api unggun yang menyala. Hal tersebut menunjukkan panas dari api unggun akan berpindah menuju lingkungan sekitarnya. Panas tersebut dalam IPA dikenal dengan istilah kalor. Kalor merupakan salah satu bentuk energi. Kalor ini dapat dideteksi dengan menggunakan indikator suhu zat tersebut, semakin tinggi suhu, semakin tinggi kalor yang dimiliki benda tersebut. Pada hukum termodinamika, dikenal istilah hukum kekekalan energi yang menyatakan energi tidak dapat diciptakan atau tidak dapat dimusnahkan, energi hanya dapat berubah dari bentuk yang satu ke bentuk energi yang lainnya. Total energi yang dimiliki oleh suatu benda disebut **Energi Dalam (E)**. Besarnya energi dalam tidak dapat ditentukan bila zat tersebut belum mengalami perubahan, yang dapat ditentukan adalah perubahan energinya, atau ΔE , yang mana secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\Delta E = q + w$$

Di mana q merupakan jumlah kalor sistem dan w merupakan kerja, yaitu merupakan kemampuan melakukan usaha. Hal ini terjadi pada reaksi yang menghasilkan gas, sehingga akan mampu memberikan tekanan (P) yang diakibatkan karena perubahan volume (ΔV). Secara matematis dituliskan:

$$w = P\Delta V$$

Karena reaksi kimia biasa terjadi pada tekanan tetap dan tidak terjadi perubahan volume, maka nilai $\Delta V = 0$, maka kerja (w) akan bernilai $= 0$. Sehingga besarnya ΔE akan ditunjukkan oleh besarnya kalor yang dimiliki oleh benda tersebut, secara matematis dituliskan:

$$\Delta E = q$$

Pada termodinamika, total energi dalam (E) dikenal dengan istilah Entalpi (H), yaitu jumlah total energi dari suatu sistem yang diukur pada kondisi tekanan tetap.

Sama dengan Energi dalam, entalpi tidak dapat diukur besarnya, yang dapat ditentukan besarnya adalah perubahan entalpi, ΔH . Dengan demikian besarnya perubahan entalpi merupakan besarnya nilai kalor yang dimiliki oleh suatu sistem.

$$\Delta H = q$$

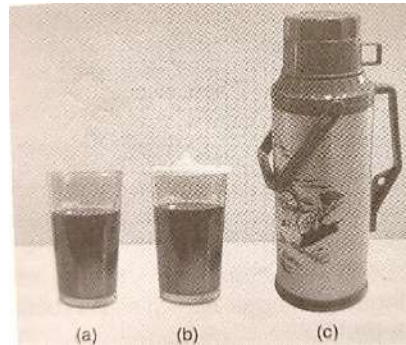
Besarnya perubahan entalpi berarti selisih antara entalpi akhir dan entalpi awal.

Secara matematis dapat dituliskan:

$$\Delta H = H_{\text{akhir}} - H_{\text{awal}}$$

2. Sistem dan lingkungan

Pada saat mempelajari termokimia, kita harus paham mana yang menjadi pusat pengamatan, mana yang bukan. Segala sesuatu yang menjadi pusat pengamatan disebut sistem, sedangkan segala sesuatu di luar sistem dan dapat mempengaruhi sistem disebut lingkungan. Berdasarkan perpindahan kalor dan materi, sistem dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu: - Sistem Terbuka merupakan suatu sistem dimana dapat dimungkinkan terjadinya perpindahan kalor serta materi. - Sistem Tertutup merupakan suatu sistem dimana dapat dimungkinkan terjadinya perpindahan kalor, tetapi tidak terjadi perpindahan materi. - Sistem Terisolasi merupakan suatu sistem dimana tidak dimungkinkan terjadinya perpindahan kalor dan materi. Perhatikan gambar berikut!



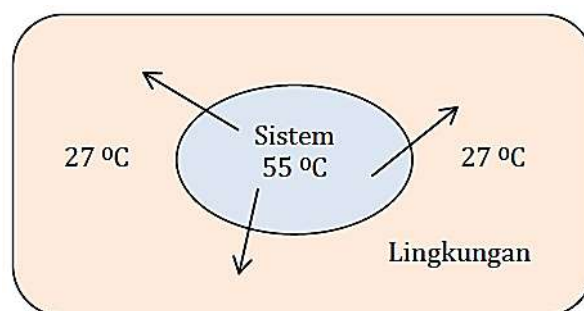
Gambar 2. Contoh Sistem terbuka (a) Sistem tertutup (b) dan sistem terisolasi (c) (Sumber : Kimia XI Untuk SMA dan MA; Penerbit Intan Pariwara)

3. Jenis-jenis Reaksi Berdasarkan Perubahan Energi

Muridku yang kami banggakan, setelah kalian memahami apa itu perubahan entalpi, selanjutnya kita akan mempelajari jenis reaksi berdasarkan perubahan energinya. Sesuai hukum Termodinamika, perpindahan kalor secara spontan terjadi pada benda yang memiliki perbedaan suhu. Dalam termokimia, hanya ada 2 kemungkinan perbedaan suhu, yaitu suhu sistem lebih tinggi dari suhu lingkungan atau suhu sistem yang lebih rendah dari suhu lingkungan. Untuk lebih jelasnya kita pelajari satu persatu.

a. Eksoterm

Apa yang akan terjadi bila suhu sistem lebih tinggi dari suhu lingkungan? Untuk lebih jelasnya silahkan kalian perhatikan ilustrasi berikut!



Gambar 3.
Contoh kondisi pelepasan kalor (Eksoterm) (Sumber : dokumentasi penulis)

Pada keadaan di mana suhu sistem lebih tinggi maka akan terjadi aliran kalor dari sistem menuju lingkungan, seperti yang ditunjukkan pada tanda panah pada gambar di atas, dengan kata lain kalor akan keluar menuju lingkungan. Hal ini dikenal dengan proses eksoterm.

Bagaimana besarnya perubahan entalpi dalam keadaan ini? Pada keadaan seperti ini kalor sistem dikeluarkan menuju lingkungan, maka entalpi akhir reaksi akan menjadi lebih kecil dibanding entalpi awal sebelum reaksi. Dengan demikian besarnya perubahan entalpi (ΔH) adalah:

$$\Delta H = H \text{ akhir} - H \text{ awal}$$

$$\Delta H = \text{kecil} - \text{besar}$$

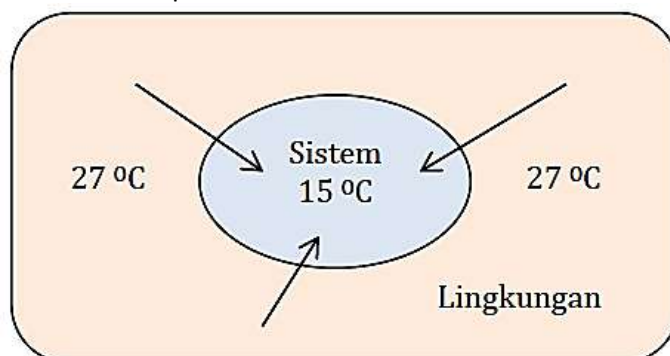
$$\Delta H < 0, \text{ atau bertanda negatif } (-)$$

Dengan demikian pada reaksi eksoterm besarnya nilai perubahan entalpi bertanda negatif. Ciri reaksi eksoterm ini terjadi pada reaksi yang mengalami kenaikan suhu.

b. Endoterm

Apa pula yang akan terjadi bila suhu sistem lebih rendah dari suhu lingkungan?

Untuk lebih jelasnya silahkan kalian perhatikan ilustrasi berikut!



Contoh kondisi penyerapan kalor (Endoterm) (Sumber : dokumentasi penulis)

Pada keadaan di mana suhu sistem lebih rendah dari suhu lingkungan maka akan terjadi aliran kalor dari lingkungan menuju sistem, seperti yang ditunjukkan pada tanda panah pada gambar di atas, dengan kata lain kalor akan masuk menuju sistem. Hal ini dikenal dengan proses endoterm.

Pada keadaan seperti ini kalor sistem bertambah, maka entalpi akhir reaksi akan menjadi lebih besar dibanding entalpi awal sebelum reaksi. Dengan demikian besarnya perubahan entalpi (ΔH) adalah:

$$\Delta H = H \text{ akhir} - H \text{ awal}$$

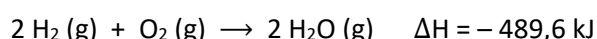
$$\Delta H = \text{besar} - \text{kecil}; \Delta H > 0, \text{ atau bertanda positif } (+)$$

Dengan demikian pada reaksi endoterm besarnya nilai perubahan entalpi bertanda positif. Ciri reaksi endoterm ini terjadi pada reaksi yang mengalami penurunan suhu.

4. Persamaan Termokimia

Suatu persamaan reaksi kimia yang diikuti dengan nilai perubahan entalpi yang menyertai reaksi tersebut dikenal dengan istilah persamaan termokimia.

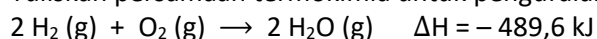
Sebagai contoh :



Dari persamaan termokimia di atas dapat disimpulkan bahwa dalam pembentukan 2 mol uap air (H_2O) akan disertai pelepasan energi sebesar 489,6 kJ. Tanda negatif pada nilai ΔH persamaan termokimia diatas bukan menunjukkan nilai sebenarnya, tetapi menunjukkan bahwa pada reaksi tersebut terjadi pelepasan kalor atau bersifat eksoterm.

Contoh soal :

Tuliskan persamaan termokimia untuk penguraian 1 mol uap air bila diketahui reaksi sebagai berikut:

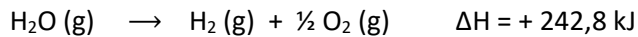


Jawab:

Pada soal diketahui reaksi pembentukan, padahal yang ditanyakan adalah reaksi penguraian, maka reaksinya harus berbalik arah, begitu pula dengan nilai ΔH -nya juga berganti tandanya, yang awalnya negatif berubah menjadi positif. $2 \text{ H}_2\text{O} (\text{g}) \rightarrow 2 \text{ H}_2 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \quad \Delta H = +489,6 \text{ kJ}$ Pada reaksi tersebut masih merupakan penguraian 2 mol H_2O , padahal yang ditanyakan hanya penguraian 1 mol, maka reaksi serta nilai ΔH -nya juga harus disesuaikan dengan dibagi menjadi 2, sehingga

menghasilkan persamaan termokimia sebagai berikut: $\text{H}_2\text{O} (\text{g}) \rightarrow \text{H}_2 (\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2 (\text{g}) \quad \Delta H = + 242,8 \text{ kJ}$

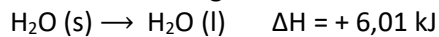
Jadi jawaban dari pertanyaan tersebut adalah:



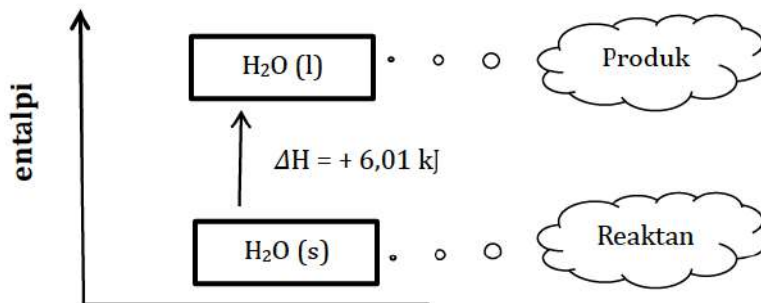
Pada persamaan termokimia, perubahan arah reaksi akan merubah pula tanda nilai perubahan entalpi (ΔH). Misalkan pada persamaan termokimia pembentukan suatu senyawa perubahan entalpinya positif, maka bila reaksi akan diubah menjadi reaksi penguraian, nilai perubahan entalpi juga berubah menjadi negatif, begitu pula sebaliknya. Demikian pula pada besarnya nilai ΔH , besarnya nilai ini akan ikut menyesuaikan dengan koefisien pada persamaan reaksinya.

5. Diagram Tingkat Energi

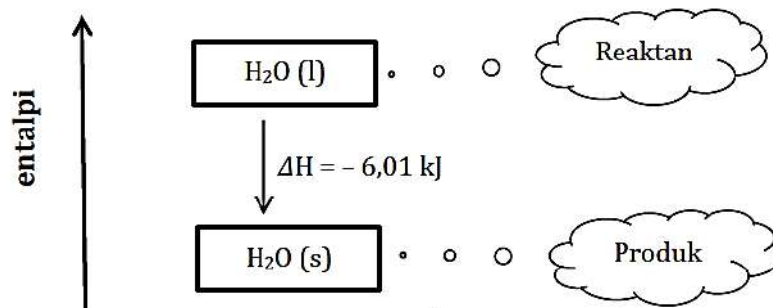
Suatu reaksi dapat pula dituliskan berupa diagram tingkat energi untuk menunjukkan nilai perubahan entalpinya. Misalkan suatu reaksi tentang proses pencairan es batu menjadi air dengan persamaan termokimia sebagai berikut:



Apabila dituliskan dengan diagram tingkat energi maka akan menjadi seperti:



Begitu pula seandainya akan dibuat menjadi diagram tingkat energi pada proses pembekuan air, berdasar persamaan termokimia di atas maka diagram tingkat energi akan menjadi:



Seperti yang telah kalian pelajari pada kegiatan pembelajaran sebelumnya, entalpi reaksi adalah besarnya entalpi yang menyertai suatu reaksi. Besarnya entalpi reaksi juga sangat beragam, ada yang menyerap, ada pula yang melepas kalor. Perhatikan gambar berikut!



Gambar 1

Perobohan Gedung Dengan Peledakan (sumber: <https://news.detik.com/berita/d-3225080>)

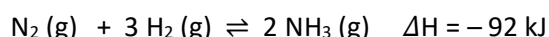
Gambar tersebut menunjukkan besarnya entalpi reaksi dapat dimanfaatkan untuk merobohkan gedung bertingkat hanya hitungan detik. Akan tetapi tidak semua entalpi reaksi yang dihasilkan sama, bergantung kepada reaksinya.

Berdasar jenis reaksinya, entalpi reaksi dibedakan menjadi 8 jenis, yaitu:

1. Entalpi Pembentukan

Entalpi pembentukan merupakan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada pembentukan 1 mol senyawa dari unsur-unsurnya. Apabila pengukuran perubahan entalpi pembentukan dilakukan pada keadaan standar (25 °C dan tekanan 1 atm) maka disebut perubahan entalpi pembentukan standar (ΔH_f°)

Contoh :



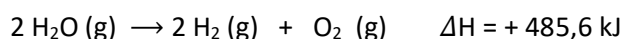
Pada reaksi di atas, untuk membentuk 2 mol gas amonia, NH_3 , terjadi pelepasan kalor sebesar 92 kJ. Dengan demikian untuk membentuk 1 mol gas amonia akan terjadi pelepasan kalor sebesar 92/2 kJ atau sebesar 46 kJ. Karena persamaan termokimia di atas merupakan pembentukan senyawa dari unsur-unsurnya maka dapat disimpulkan perubahan entalpi pembentukannya = - 46 kJ/mol.

2. Entalpi Penguraian

Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada penguraian 1 mol senyawa menjadi unsur-unsur penyusunnya yang diukur pada keadaan standar.

Apabila pengukuran perubahan entalpi penguraian dilakukan pada keadaan standar (25 OC dan tekanan 1 atm) maka disebut perubahan entalpi penguraian standar (ΔH_d°).

Contoh:

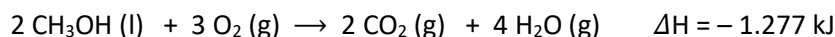


Pada reaksi di atas, untuk menguraikan 2 mol uap air (H_2O), dibutuhkan kalor sebesar 485,6 kJ. Dengan demikian untuk menguraikan 1 mol uap air akan membutuhkan kalor sebesar 485,6/2 atau sebesar 242,8 kJ. Karena persamaan termokimia di atas merupakan penguraian senyawa menjadi unsur-unsurnya maka dapat disimpulkan perubahan entalpi pembentukannya = + 242,8 kJ/mol.

3. Entalpi Pembakaran

Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada pembakaran sempurna 1 mol zat yang diukur pada keadaan standar. Apabila pengukuran perubahan entalpi pembakaran dilakukan pada keadaan standar (25 °C dan tekanan 1 atm) maka disebut perubahan entalpi pembakaran standar (ΔH_c°)

Contoh:



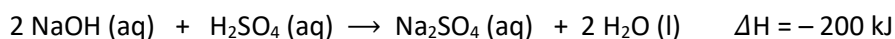
Pada reaksi pembakaran di atas, untuk membakar sempurna 2 mol metanol (CH_3OH), menghasilkan kalor sebesar 1.277 kJ. Dengan demikian pada pembakaran 1 mol metanol akan menghasilkan kalor sebesar 1.277/2 atau sebesar 638,5 kJ.

Karena persamaan termokimia di atas merupakan pembakaran sempurna maka dapat disimpulkan perubahan entalpi pembakarannya = - 638,5 kJ/mol.

4. Entalpi Penetralkan

Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada penetralan 1 mol asam oleh basa atau 1 mol basa oleh asam yang diukur pada keadaan standar. Apabila pengukuran perubahan entalpi penetralan dilakukan pada keadaan standar (25°C dan tekanan 1 atm) maka disebut perubahan entalpi penetralan standar (ΔH_n°)

Contoh:

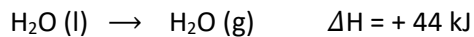


Pada reaksi penetralan di atas, untuk menetralkan 2 mol NaOH membutuhkan 1 mol H₂SO₄ dengan menghasilkan kalor sebesar 200 kJ. Dengan demikian perubahan entalpi penetralan NaOH = – 200 kJ/2 mol = – 100 kJ/mol, sedangkan penetralan H₂SO₄ = – 200 kJ/1 mol = – 200 kJ/mol.

5. Entalpi Penguapan

Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada penguapan 1 mol zat dalam fasa cair menjadi fasa gas yang diukur pada keadaan standar. Apabila pengukuran perubahan entalpi penguapan dilakukan pada keadaan standar (25 °C dan tekanan 1 atm) maka disebut perubahan entalpi penguapan standar (ΔH_{vap}).

Contoh:

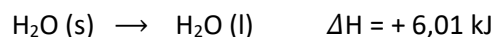


Pada proses penguapan 1 mol H₂O dari fasa cair menjadi fasa gas, dibutuhkan kalor sebesar 44 kJ, dengan demikian perubahan entalpi penguapan = + 44 kJ/mol.

6. Entalpi Peleburan

Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada pencairan 1 mol zat dalam fasa padat menjadi fasa cair yang diukur pada keadaan standar. Apabila pengukuran perubahan entalpi peleburan dilakukan pada keadaan standar (25 °C dan tekanan 1 atm) maka disebut perubahan entalpi peleburan standar (ΔH_{fus}).

Contoh:

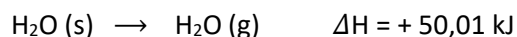


Pada proses peleburan 1 mol H₂O dari fasa padat menjadi fasa cair, dibutuhkan kalor sebesar 6,01 kJ, dengan demikian perubahan entalpi peleburan H₂O = + 6,01 kJ/mol.

7. Entalpi Penyubliman

Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada penyubliman 1 mol zat dalam fasa padat menjadi fasa gas yang diukur pada keadaan standar. Apabila pengukuran perubahan entalpi penyubliman dilakukan pada keadaan standar (25 °C dan tekanan 1 atm) maka disebut perubahan entalpi penyubliman standar (ΔH_{sub}).

Contoh:

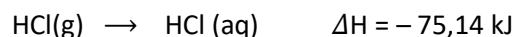


Pada proses penyubliman 1 mol H₂O dari fasa padat menjadi fasa gas, dibutuhkan kalor sebesar 50,01 kJ, dengan demikian perubahan entalpi penyubliman H₂O = +50,01 kJ/mol.

8. Entalpi Pelarutan

Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada pelarutan 1 mol zat terlarut yang diukur pada keadaan standar. Apabila pengukuran perubahan entalpi pelarutan dilakukan pada keadaan standar (25 °C dan tekanan 1 atm) maka disebut perubahan entalpi pelarutan standar (ΔH_{sol}).

Contoh:



Pada proses pelarutan 1 mol HCl dari fasa gas menjadi fasa larutan, menghasilkan kalor sebesar 75,14 kJ, dengan demikian perubahan entalpi pelarutan HCl = – 75,14 kJ/mol.

1. Penentuan Entalpi Reaksi Berdasar Data Percobaan

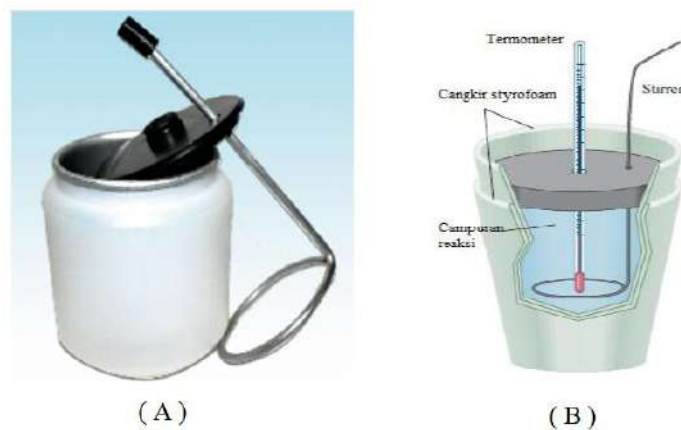
Kalorimetri yaitu Perubahan entalpi adalah perubahan kalor yang diukur pada tekanan konstan, untuk menentukan perubahan entalpi dilakukan dengan cara yang sama dengan penentuan perubahan kalor yang dilakukan pada tekanan konstan. Salah satu cara pengukuran kalor reaksi dapat dengan menggunakan kalorimeter. Cara penentuan kalor reaksi dengan menggunakan kalorimeter disebut kalorimetri. Alat yang digunakan adalah kalorimeter yaitu alat yang digunakan untuk mengukur perubahan energi termal atau perpindahan kalor.

Perubahan kalor pada suatu reaksi dapat diukur melalui pengukuran perubahan suhu yang terjadi pada reaksi tersebut.



Gambar 1.
Kalorimeter Bomb

(Sumber : <https://apayangdimaksud.com/kalorimeter/>)



Gambar 2 Kalorimeter Sederhana di laboratorium kimia (A) dan kalorimeter dari gelas styrofoam
(Sumber : <https://www.tokopedia.com/alpermedia/kalorimeter-tekanan-tetap> dan <http://www.chem.co.id/2019/01/65-kalorimetri.html>)

Kalorimeter adalah suatu sistem terisolasi (tidak ada perpindahan materi maupun energi dengan lingkungan di luar kalorimeter). Secara garis besar Kalorimeter dibedakan menjadi dua, yaitu kalorimeter bom dan kalorimeter sederhana. Prinsip kerja kalorimetri adalah dengan penerapan azas Black, yakni dua buah zat atau lebih dicampur menjadi satu maka zat yang suhunya tinggi akan melepaskan kalor sedangkan zat yang suhunya rendah akan menerima kalor, sampai tercapai kesetimbangan termal.

Menurut azas Black : Kalor yang dilepas = kalor yang diterima Rumus yang digunakan adalah :

$$q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$q_{\text{kalorimeter}} = C \times \Delta T$$

dengan :

q = jumlah kalor (J)

m = massa zat (g)

ΔT = perubahan suhu (°C atau K)

c = kalor jenis (J / g.°C) atau (J / g. K)

C = kapasitas kalor (J / °C) atau (J / K)

Kalorimeter merupakan sistem terisolasi sehingga tidak ada kalor yang terbuang ke lingkungan, maka kalor reaksi = kalor yang diserap/ dibebaskan oleh larutan dan kalorimeter dengan tanda berbeda.

$$q_{\text{reaksi}} = - (q_{\text{larutan}} + q_{\text{kalorimeter}})$$

Pada prakteknya $q_{\text{kalorimeter}}$ sering diabaikan pada perhitungannya.

Contoh soal:

Sebanyak 4 gram natrium hidroksida ($M_r \text{ NaOH} = 40$) dimasukkan ke dalam kalorimeter yang berisi 400 ml air, ternyata larutan hasil reaksi mengalami kenaikan 10°C dari suhu mula-mula. Bila massa jenis air = 1 gram/ml dan kalor jenis larutan = $4,2 \text{ J gr}^{-1}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, tentukan perubahan entalpi pelarutan natrium hidroksida! (asumsikan masa larutan hanya masa air) Jawab: Berdasar data dari soal : masa

$$\text{air} = V \cdot \rho = 400 \text{ mL} \cdot 1 \text{ g/mL} = 400 \text{ g}$$

$$c = 4,2 \text{ J gr}^{-1}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Delta T = 10^\circ\text{C}$$

$$q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$= 400 \text{ g} \cdot 4,2 \text{ J gr}^{-1}\text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot 10^\circ\text{C}$$

$$= 16.800 \text{ J}$$

$$= 16,8 \text{ kJ}$$

2. Penentuan Entalpi Reaksi Berdasar Perubahan Entalpi Pembentukan Standar (ΔH_f°)

Kalor suatu reaksi dapat ditentukan berdasar data entalpi pembentukan zat pereaksi dan zat produknya. Dalam hal ini, zat pereaksi dianggap terlebih dahulu terurai menjadi unsur-unsurnya, kemudian unsur-unsur tersebut bereaksi membentuk zat produk. Entalpi pembentukan zat yang diukur pada keadaan standar merupakan harga ΔH , oleh karena itu perubahan entalpi Adapun rumus perhitungannya adalah:

$$\Delta H = \sum \Delta H (\text{produk}) - \sum \Delta H (\text{reaktan})$$

Contoh soal:

Diketahui perubahan entalpi pembentukan standar:

$$\text{CH}_3\text{OH} (\text{l}) = -238,6 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{CO}_2 (\text{g}) = -393,5 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{H}_2\text{O} (\text{l}) = -286,0 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{Ar H} = 1, \text{ Ar C} = 12, \text{ Ar O} = 16$$

a. Tentukan entalpi pembakaran metanol, CH_3OH !

b. Tentukan jumlah kalor yang dibebaskan pada pembakaran 8 gram metanol!

Jawab:

a. Reaksi pembakaran metanol berarti metanol direaksikan dengan oksigen, sebagai berikut:



$$\Delta H = \sum \Delta H (\text{produk}) - \sum \Delta H (\text{reaktan})$$

$$= (1 \cdot \Delta H_{\text{CO}_2} + 2 \cdot \Delta H_{\text{H}_2\text{O}}) - (\Delta H_{\text{CH}_3\text{OH}} + 3/2 \cdot \Delta H_{\text{O}_2})$$

$$= (-393,5 \text{ kJ} + 2 \text{ mol} \cdot -286,0 \text{ kJ/mol}) - (-238,6 \text{ kJ} + 3/2 \text{ mol} \cdot 0 \text{ kJ/mol})$$

$$= (-393,5 \text{ kJ} + (-572 \text{ kJ})) - (-238,6 \text{ kJ}) = -965,5 \text{ kJ} + 238,6 \text{ kJ}$$

$$= -726,9 \text{ kJ}$$

Jadi perubahan entalpi pembakaran metanol = $-726,9 \text{ kJ/mol}$.

b. Kalor yang dibebaskan pada pembakaran 8 gram metanol:

$$8 \text{ gram metanol} = 8 \text{ gram} / 32 \text{ gram.mol}^{-1} = 0,25 \text{ mol}$$

Maka kalor yang dibebaskan pada pembakaran 8 gram metanol adalah:

$$= 0,25 \text{ mol} \cdot -726,9 \text{ kJ/mol}$$

$$= -181,725 \text{ kJ}$$

Jadi kalor yang dibebaskan pada pembakaran 8 gram metanol = $181,725 \text{ kJ}$

1. Penentuan Entalpi Reaksi Berdasar Hukum Hess

Pengukuran perubahan entalpi suatu reaksi kadangkala tidak dapat ditentukan langsung dengan kalorimeter, misalnya penentuan perubahan entalpi pembentukan standar $\Delta H_f^\circ \text{ CO}$. Reaksi

pembakaran karbon tidak mungkin hanya menghasilkan gas CO saja tanpa disertai terbentuknya gas CO₂. Jadi, bila dilakukan pengukuran perubahan entalpi dari reaksi tersebut; yang terukur tidak hanya reaksi pembentukan gas CO saja tetapi juga perubahan entalpi dari reaksi pembentukan gas CO₂.

Untuk mengatasi hal tersebut, Henry Hess melakukan serangkaian percobaan dan menyimpulkan bahwa perubahan entalpi suatu reaksi merupakan fungsi keadaan.

Artinya : “ perubahan entalpi suatu reaksi hanya tergantung pada keadaan awal (zat-zat pereaksi) dan keadaan akhir (zat-zat hasil reaksi) dari suatu reaksi dan tidak tergantung pada jalannya reaksi.”

Menurut hukum Hess, karena entalpi adalah fungsi keadaan, perubahan entalpi dari suatu reaksi kimia adalah sama, walaupun langkah-langkah yang digunakan untuk memperoleh produk berbeda.

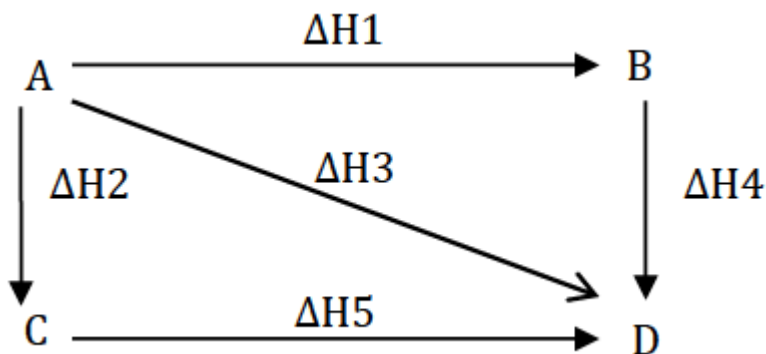
Dengan kata lain, hanya keadaan awal dan akhir yang berpengaruh terhadap perubahan entalpi, bukan langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapainya. Jika suatu reaksi berlangsung dalam dua tahap atau lebih, maka perubahan entalpi reaksi tersebut sama dengan jumlah perubahan entalpi dari semua tahapannya. Secara matematis pernyataan ini dapat dituliskan,

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \dots$$

Hal ini menyebabkan perubahan entalpi suatu reaksi dapat dihitung sekalipun tidak dapat diukur secara langsung. Caranya adalah dengan melakukan operasi aritmatika pada beberapa persamaan reaksi yang perubahan entalpinya diketahui.

Persamaan-persamaan reaksi tersebut diatur sedemikian rupa sehingga penjumlahan semua persamaan akan menghasilkan reaksi yang kita inginkan.

Untuk lebih jelasnya perhatikan ilustrasi berikut!



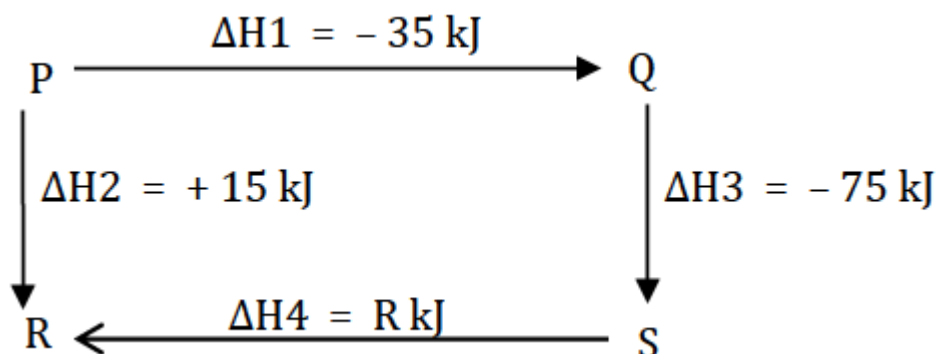
Dari ilustrasi tersebut, keadaan awal adalah A, sedangkan keadaan akhir adalah D.

Untuk mencapai keadaan akhir, dari keadaan awal terdapat 3 jalur:

- A – B – D dengan entalpi reaksi $\Delta H_1 + \Delta H_4$
- A – D dengan entalpi reaksi ΔH_3
- A – C – D dengan entalpi reaksi $\Delta H_2 + \Delta H_5$

Dengan demikian, menurut Hukum Hess dapat dibuat persamaan : $\Delta H_1 + \Delta H_4 = \Delta H_3 = \Delta H_2 + \Delta H_5$

Contoh Soal 1:



Tentukan R !

Jawab: Dari diagram siklus dapat dibuat persamaan :

$$\Delta H_2 = \Delta H_1 + \Delta H_3 + \Delta H_4$$

$$\Delta H_4 = \Delta H_2 - (\Delta H_1 + \Delta H_3)$$

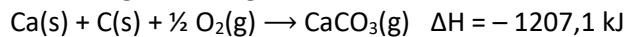
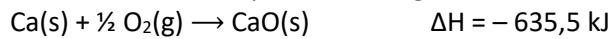
$$\Delta H_4 = +15 \text{ kJ} - (-35 \text{ kJ} + -75 \text{ kJ})$$

$$\Delta H_4 = +15 \text{ kJ} - (-110 \text{ kJ}) \quad \Delta H_4 = +15 \text{ kJ} + 110 \text{ kJ}$$

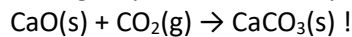
$$\Delta H_4 = +125 \text{ kJ}$$

Contoh Soal 2:

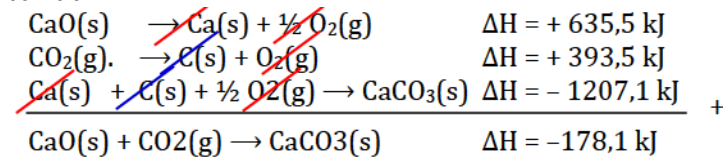
Diketahui data entalpi reaksi sebagai berikut :



Hitunglah perubahan entalpi reaksi :



Jawab :



2. Penentuan Entalpi Reaksi Berdasar Data Energi Ikatan

Reaksi kimia antarmolekul dapat dianggap berlangsung dalam 2 tahap yaitu :

a. Pemutusan ikatan pada pereaksi

b. Pembentukan ikatan pada produk

Sesuai dengan hukum Hess, ΔH reaksi total adalah ΔH tahap-I + ΔH tahap-II.

ΔH tahap-I = $\sum$ Energi ikatan pada pereaksi (yang putus)

ΔH tahap-II = $-\sum$ Energi ikatan pada produk (yang terbentuk).

ΔH reaksi = $\sum$ Energi ikatan pereaksi yang putus – $\sum$ Energi ikatan produk yang terbentuk

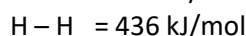
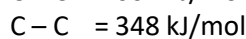
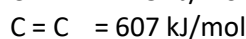
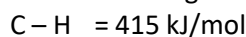
= $\sum$ Epemutusan – $\sum$ Epengikatan

= $\sum$ Eruas kiri – $\sum$ Eruas kanan

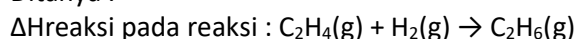
Energi yang dibutuhkan untuk memutuskan 1 mol ikatan kimia dalam suatu molekul gas menjadi atom-atomnya dalam fase gas disebut energi ikatan atau energi disosiasi (D). Untuk molekul kompleks, energi yang dibutuhkan untuk memecah molekul itu sehingga membentuk atom-atom bebas disebut energi atomisasi. Harga energi atomisasi ini merupakan jumlah energi ikatan atom-atom dalam molekul tersebut. Untuk molekul kovalen yang terdiri dari dua atom, seperti H_2 , O_2 , N_2 , atau HI yang mempunyai satu ikatan, maka energi atomisasi sama dengan energi ikatan. Energi yang diperlukan untuk reaksi pemutusan ikatan telah diukur.

Contoh Soal:

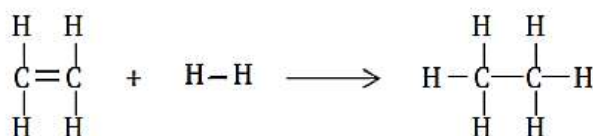
Diketahui energi ikatan:



Ditanya :



Jawab:



$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{reaksi}} &= \sum \text{energi pemutusan ikatan} - \sum \text{energi pembentukan ikatan} \\ &= \{4 (\text{C} - \text{H}) + (\text{C} = \text{C}) + (\text{H} - \text{H})\} - \{6 (\text{C} - \text{H}) + (\text{C} - \text{C})\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \{(C = C) + (H - H)\} - \{2(C - H) + (C - C)\} \\
 &= (607 + 436) - (2 \times 415 + 348) \\
 &= 1.043 - 1.178 \\
 &= -135 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Jadi, $C_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$ $\Delta H = -135 \text{ kJ}$

C. GLOSARIUM

Kalorimeter	: Alat yang digunakan untuk mengukur jumlah panas (kalor) yang dilepaskan atau diserap dalam suatu reaksi kimia atau proses fisik.
Sistem	: Bagian kalorimeter di mana reaksi atau proses berlangsung.
Lingkungan	: Bagian kalorimeter yang mengelilingi sistem dan terisolasi dari pengaruh luar.
Isolasi	: Bahan yang digunakan untuk mencegah perpindahan panas antara sistem dan lingkungan.
Termometer	: Alat yang digunakan untuk mengukur suhu sistem dan lingkungan.
Kapasitas kalor (C)	: Jumlah panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu satu gram suatu zat sebesar satu derajat Celcius.
Kalor (Q)	: Jumlah panas yang dilepaskan atau diserap dalam suatu reaksi atau proses.
Perubahan entalpi (ΔH)	: Perbedaan antara entalpi produk dan reaktan dalam suatu reaksi kimia.
Entalpi (H)	: Ukuran kandungan panas suatu zat pada tekanan konstan.
Keseimbangan termal	: Keadaan di mana dua sistem memiliki suhu yang sama dan tidak ada perpindahan panas antara keduanya.
Kalorimeter bom	: Jenis kalorimeter yang digunakan untuk mengukur panas reaksi yang terjadi dalam wadah tertutup.
Kalorimeter sederhana	: Jenis kalorimeter yang digunakan untuk mengukur panas reaksi yang terjadi dalam wadah terbuka.
Kalorimeter diferensial	: Jenis kalorimeter yang digunakan untuk mengukur perbedaan panas antara dua sistem.
Termodinamika	: Cabang ilmu kimia yang mempelajari hubungan antara panas, kerja, dan energi.
Reaksi eksotermik	: Reaksi kimia yang melepaskan panas ke lingkungan.
Reaksi endotermik	: Reaksi kimia yang menyerap panas dari lingkungan.
Keseimbangan kimia	: Keadaan di mana laju reaksi maju dan reaksi balik sama, sehingga konsentrasi reaktan dan produk tidak berubah.
Hukum Hess	: Hukum termodinamika yang menyatakan bahwa perubahan entalpi total untuk suatu proses kimia tidak bergantung pada jalur yang ditempuh, melainkan hanya pada keadaan awal dan akhir sistem.

D. DAFTAR PUSTAKA

- Brady, James E. 1999. *Kimia Universitas, Asas dan Struktur, Edisi Kelima*. Binarupa Aksara : Jakarta
- Hart, Harold (Suminar Achmadi). 1990 *Kimia Organik Suatu Kuliah Singkat (terjemahan)*. Erlangga : Jakarta
- Petrucchi, Ralph H., 1987. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern, Jilid 3*, Erlangga : Jakarta
- Respati. 1986. *Pengantar Kimia Organik*. Aksara Baru : Jakarta
- Unggul Sudarmo. 2016. *Kimia untuk SMA/MA Kelas X*. Erlangga : Jakarta.
- https://id.wikipedia.org/wiki/Gaya_antarmolekul
- <https://www.studiobelajar.com/ikatan-hidrogen/>

RENCANAAN PEMBELAJARAN MENDALAM

Laju Reaksi

KIMIA

KELAS XI

**Oleh:
Sri Hastutik, S.Pd**

Tahun Pelajaran 2025/2026

SMA NEGERI 13 KOTA JAMBI

PERENCANAAN PEMBELAJARAN

Laju Reaksi

Satuan Pendidikan : SMA Negeri 13 Kota Jambi
Mata Pelajaran : Kimia
Kelas/Fase : XI / F
Waktu : 6 x Pertemuan (15 x 45 menit)

IDENTIFIKASI

Peserta Didik :

Kesiapan belajar kimia materi laju reaksi peserta didik kelas XI Fase F sangat bergantung pada penguasaan konsep dasar tentang reaksi kimia, termasuk pemahaman mengenai jenis-jenis reaksi, persamaan kimia, hukum kekekalan massa, dan stoikiometri. Pengetahuan awal tentang faktor-faktor yang mempengaruhi keberlangsungan reaksi, seperti suhu, konsentrasi, luas permukaan, dan keberadaan katalis, menjadi fondasi penting untuk memahami bagaimana dan mengapa laju suatu reaksi dapat berubah.

Kemampuan matematika dasar, khususnya dalam membaca grafik, memahami gradien, satuan, dan analisis data kuantitatif, sangat membantu dalam memahami grafik laju reaksi serta dalam menghitung laju rata-rata dan laju sesaat. Pemahaman konsep proporsionalitas dan interpretasi data eksperimen akan memperkuat kemampuan analisis peserta didik dalam konteks praktikum atau studi kasus.

Minat peserta didik terhadap fenomena perubahan kimia dalam kehidupan sehari-hari—seperti pembakaran, perkaratan, atau reaksi dalam tubuh manusia—dapat meningkatkan motivasi belajar. Materi laju reaksi yang berkaitan erat dengan aplikasi praktis ini membuka peluang untuk membangkitkan rasa ingin tahu dan keterlibatan aktif peserta didik.

Latar belakang pembelajaran di jenjang sebelumnya, terutama pada materi reaksi kimia dan hukum dasar kimia di kelas X, akan sangat memengaruhi kesiapan kognitif peserta didik. Peserta didik yang telah terbiasa melakukan percobaan sederhana atau mengamati reaksi kimia dalam kehidupan nyata akan lebih mudah memahami pendekatan eksperimen dalam mengukur laju reaksi.

Kebutuhan belajar peserta didik dapat bervariasi tergantung pada gaya belajar mereka. Peserta didik dengan gaya belajar kinestetik akan lebih mudah memahami konsep laju reaksi melalui kegiatan laboratorium atau simulasi reaksi. Sementara itu, pembelajar visual akan terbantu dengan

grafik perubahan konsentrasi terhadap waktu, diagram energi reaksi, dan representasi visual partikel selama reaksi berlangsung.

Keterampilan berpikir kritis dan analitis, seperti membuat hipotesis, mengidentifikasi variabel, serta menganalisis dan menyimpulkan hasil percobaan, merupakan aspek penting dalam pembelajaran materi ini. Kolaborasi dalam kelompok saat diskusi atau eksperimen juga mendukung pemahaman konseptual sekaligus menumbuhkan keterampilan ilmiah.

Dukungan lingkungan belajar yang kondusif, tersedianya alat dan bahan praktikum, serta penggunaan media pembelajaran digital seperti simulasi interaktif dan video eksperimen, akan sangat menunjang keberhasilan peserta didik dalam menguasai materi laju reaksi secara menyeluruh.

Materi Pelajaran :

Materi laju reaksi kimia mencakup pengetahuan **faktual**, seperti pengertian laju reaksi dan satuannya; **konseptual**, meliputi faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi (konsentrasi, suhu, luas permukaan, dan katalis), teori tumbukan, energi aktivasi, dan mekanisme reaksi; **prosedural**, yaitu langkah-langkah melakukan eksperimen laju reaksi, mengukur dan menganalisis data percobaan, serta menggambar grafik hubungan antara variabel terhadap waktu atau laju; dan **metakognitif**, seperti kemampuan peserta didik untuk merefleksi hasil eksperimen, mengevaluasi strategi pembelajaran, serta mengidentifikasi penyebab kesalahan dalam pengukuran atau interpretasi grafik.

Materi ini memiliki relevansi tinggi dengan kehidupan nyata peserta didik, seperti dalam memahami kecepatan pembusukan makanan, efisiensi bahan bakar, atau proses memasak. Dalam bidang industri dan teknologi, konsep laju reaksi digunakan dalam perancangan reaktor kimia, pengembangan katalis, hingga produksi obat dan bahan kimia sehari-hari. Oleh karena itu, pemahaman materi ini memberi dasar ilmiah bagi berbagai inovasi dan efisiensi proses produksi.

Tingkat kesulitan materi tergolong sedang hingga tinggi karena membutuhkan kemampuan menghubungkan konsep mikroskopik (seperti tumbukan antar partikel dan energi aktivasi) dengan data makroskopik (hasil percobaan laju reaksi). Kesulitan juga muncul dalam interpretasi grafik dan analisis variabel-variabel reaksi secara kuantitatif.

Struktur materi diawali dengan pengertian dasar laju reaksi, dilanjutkan dengan faktor-faktor yang memengaruhi laju, teori tumbukan dan energi aktivasi, metode eksperimen untuk mengukur laju reaksi, analisis grafik konsentrasi terhadap waktu, serta aplikasi katalis dan mekanisme reaksi dalam konteks nyata. Materi ini juga dapat diperluas dengan pembahasan tentang teori kompleks dan reaksi orde nol, satu, dan dua.

Dalam pembelajaran ini, dapat diintegrasikan nilai dan karakter, seperti **teliti dan cermat**, terutama saat melakukan pengukuran dan mencatat data; **jujur ilmiah**, dalam melaporkan hasil eksperimen tanpa manipulasi; serta **kerja sama dan tanggung jawab**, dalam melaksanakan tugas kelompok di

laboratorium. Selain itu, **rasa ingin tahu dan kepedulian terhadap efisiensi dan keselamatan reaksi kimia** juga dapat ditumbuhkan melalui diskusi tentang aplikasi laju reaksi dalam kehidupan dan industri.

Melalui pemahaman laju reaksi, peserta didik dapat menyadari pentingnya waktu dan efisiensi dalam proses kimia, baik dalam konteks rumah tangga maupun skala industri. Pembelajaran ini tidak hanya mengembangkan kemampuan kognitif, tetapi juga membentuk **sikap ilmiah**, pola pikir analitis, dan **kesadaran akan pentingnya pengelolaan sumber daya secara efektif dan berkelanjutan**.

Dimensi Profil Lulusan :

- DPL 3: Penalaran Kritis

DESAIN PEMBELAJARAN

Capaian Pembelajaran :

Pada akhir fase F, peserta didik memiliki kemampuan untuk memahami konsep laju reaksi kimia dan faktor-faktor yang memengaruhinya; melakukan pengamatan dan eksperimen untuk menentukan laju dan orde reaksi berdasarkan data hasil percobaan; memahami hubungan antara teori tumbukan, energi aktivasi, dan mekanisme reaksi; serta menerapkan konsep-konsep tersebut dalam kehidupan sehari-hari dan konteks industri. Pemahaman terhadap laju reaksi mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis, analitis, dan inkuiri ilmiah dalam memecahkan masalah serta mengambil keputusan berbasis data dan bukti ilmiah.

Lintas Disiplin Ilmu:

- Matematika (grafik, orde reaksi)
- Fisika (energi, tumbukan molekul)
- Teknologi (penggunaan simulasi digital)

Tujuan Pembelajaran :

Peserta didik mampu:

- 11.4.1. Mendefinisikan dan menghitung laju reaksi.
- 11.4.2. Menganalisis pengaruh suhu, konsentrasi, luas permukaan, dan katalis terhadap laju reaksi.
- 11.4.3. Mampu menjelaskan laju reaksi berdasarkan teori tumbukan dan energi aktivasi.
- 11.4.4. Mampu menganalisis hubungan laju terhadap konsentrasi untuk menentukan hukum laju dan orde reaksi.

Topik Pembelajaran :

- Pengertian dan rumus laju reaksi
- Faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi
- Hukum laju dan orde reaksi
- Teori tumbukan dan energi aktivasi

Praktik Pedagogis :

- Inkuiri terbimbing
- Diskusi kelompok
- Eksperimen dan analisis data

Metode Eksperimen Interaktif dan Analisis Laju Reaksi:

- Peserta didik melakukan eksperimen sederhana untuk menyelidiki pengaruh suhu, konsentrasi, luas permukaan, dan katalis terhadap laju reaksi, dengan panduan lembar kerja dan prosedur yang sistematis.
 - **Berkesadaran:** Menumbuhkan kesadaran bahwa berbagai faktor dapat mempercepat atau memperlambat reaksi kimia, yang berdampak pada efisiensi proses dalam kehidupan nyata dan industri.
 - **Bermakna:** Memberikan pengalaman langsung melalui observasi nyata, pengukuran waktu reaksi, dan pengumpulan data sebagai dasar pengambilan kesimpulan.
 - **Menggembirakan:** Menumbuhkan antusiasme peserta didik melalui kegiatan praktikum yang menarik dan penuh tantangan kolaboratif.
 - Eksperimen ini melatih keterampilan kerja ilmiah, ketelitian dalam mencatat data, dan penalaran logis saat menganalisis hasil percobaan untuk menyimpulkan pengaruh variabel terhadap laju reaksi.
-

Metode Inkuiri Terbimbing Melalui Simulasi Digital:

- Peserta didik menggunakan simulasi interaktif (seperti PhET) untuk mengeksplorasi teori tumbukan dan pengaruh energi aktivasi terhadap laju reaksi, dengan bimbingan pertanyaan eksploratif dari guru.
 - **Berkesadaran:** Menumbuhkan pemahaman bahwa reaksi kimia bergantung pada tumbukan partikel yang efektif, yang dipengaruhi oleh energi dan orientasi.
 - **Bermakna:** Menyediakan visualisasi konsep mikroskopik yang abstrak agar lebih mudah dipahami secara konkret.
 - **Menggembirakan:** Mendorong eksplorasi mandiri melalui antarmuka yang menarik dan dinamis.
 - Simulasi ini mengembangkan keterampilan berpikir kritis, pengambilan keputusan berdasarkan data digital, serta refleksi diri terhadap dinamika partikel dalam reaksi kimia.
-

Strategi Diskusi dan Presentasi Orde Reaksi Berbasis Data:

- Peserta didik menganalisis data eksperimen laju reaksi, berdiskusi dalam kelompok untuk menentukan orde reaksi, dan mempresentasikan hasil serta justifikasi mereka kepada kelas.
- **Berkesadaran:** Menumbuhkan pemahaman bahwa laju reaksi tidak hanya bergantung pada konsentrasi, tetapi juga pada mekanisme molekuler di baliknya.
- **Bermakna:** Menghubungkan hasil eksperimen nyata dengan penerapan hukum laju dan orde reaksi dalam penentuan mekanisme kimia.
- **Menggemblirakan:** Menumbuhkan kebanggaan atas hasil kolaboratif dan rasa percaya diri saat menyampaikan temuan secara ilmiah.
- Diskusi dan presentasi melatih argumentasi berbasis data, kreativitas dalam menyusun grafik dan visualisasi, serta keterampilan komunikasi ilmiah dan kolaboratif.

Kemitraan Pembelajaran :

- Kolaborasi antarpeserta didik
- Bimbingan guru saat eksperimen dan diskusi

Lingkungan Pembelajaran :

- Laboratorium, kelas, dan digital (simulasi PhET)

Ruang Fisik:

- **Laboratorium Kimia:** digunakan untuk melakukan eksperimen laju reaksi secara langsung, seperti pengaruh suhu, konsentrasi, luas permukaan, dan katalis terhadap kecepatan reaksi, dengan alat dan bahan yang sesuai standar keselamatan.
- **Ruang Kelas:** difungsikan sebagai tempat diskusi konsep teori tumbukan, penurunan hukum laju berdasarkan data percobaan, dan presentasi kelompok hasil analisis eksperimen, dilengkapi proyektor atau papan digital untuk mendukung visualisasi konsep.

Ruang Virtual:

- **Platform LMS:** sebagai media pembelajaran daring untuk mengakses modul digital, mengunggah laporan eksperimen, serta berdiskusi tentang mekanisme reaksi dan aplikasi laju reaksi dalam kehidupan sehari-hari.
 - **Simulasi Interaktif:** seperti PhET “Reactants, Products and Leftovers” atau simulasi laju reaksi lain yang memungkinkan peserta didik memahami peran energi aktivasi dan tumbukan efektif secara visual dan manipulatif.
 - **Sumber Online:** artikel ilmiah populer, video eksperimen, animasi tentang teori tumbukan dan diagram energi, serta jurnal atau infografis mengenai aplikasi laju reaksi dalam industri makanan, farmasi, dan lingkungan.
-

Budaya Belajar:

- **Penalaran Kritis:** menganalisis grafik hubungan antara waktu dan konsentrasi zat, serta membuat interpretasi kuantitatif terhadap hasil percobaan untuk menarik kesimpulan ilmiah tentang hukum laju.
- **Kreativitas:** menyusun presentasi visual tentang pengaruh faktor-faktor laju reaksi, membuat model energi aktivasi secara digital, atau merancang infografis interaktif sebagai hasil pembelajaran kelompok.
- **Komunikasi:** menyampaikan ide dan hasil pengamatan melalui presentasi kelompok, diskusi kelas, atau laporan tertulis dengan bahasa ilmiah yang tepat, baik secara lisan maupun tertulis, untuk meningkatkan keterampilan komunikasi ilmiah dan kolaboratif.



Pemanfaatan Digital :

- PhET Simulation, Google Spreadsheet untuk grafik, LMS untuk kuis formatif



PENGALAMAN BELAJAR

LAJU REAKSI KIMIA

Pertemuan 1: Pengenalan Konsep Laju Reaksi dan Relevansinya

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu mendefinisikan laju reaksi, menghitung laju reaksi sederhana, mengidentifikasi faktor yang memengaruhi laju reaksi, dan menjelaskan pentingnya laju reaksi dalam kehidupan sehari-hari.

AWAL (20 menit):

- Salam, doa bersama, dan *ice breaking* bertema kimia (contoh: tebak reaksi tercepat di dapur).
- Visualisasi video pendek tentang reaksi kimia cepat dan lambat.
- Pertanyaan pemantik: "Mengapa reaksi pembakaran bensin sangat cepat, sementara besi berkarat sangat lambat?"

INTI (70 menit):

- **Memahami (35 menit):** Guru menjelaskan makna laju reaksi, cara menghitung laju reaksi berdasarkan perubahan konsentrasi per waktu, dan satuan yang digunakan.
- **Mengaplikasi (25 menit):** Diskusi kelompok: identifikasi dan klasifikasikan reaksi cepat/lambat dalam kehidupan sehari-hari, serta diskusikan bagaimana laju reaksi tersebut dapat dihitung secara konseptual.
- **Merefleksi (10 menit):** Diskusi kelas & refleksi tertulis tentang contoh reaksi di rumah dan pentingnya kecepatannya dalam konteks yang berbeda.

PENUTUP (20 menit):

- Rangkuman singkat materi dan sesi tanya jawab.
 - Tugas: cari 2 contoh reaksi di rumah yang memiliki kecepatan berbeda dan perkiraan faktor yang memengaruhinya.
-

Pertemuan 2: Eksperimen Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Reaksi (Suhu dan Konsentrasi)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menganalisis pengaruh suhu dan konsentrasi terhadap laju reaksi melalui pengamatan langsung dan eksperimen sederhana.

AWAL (20 menit):

- Kuis daring singkat tentang pengertian laju reaksi dan faktor-faktor yang mungkin memengaruhinya.
- Tampilkan video yang menunjukkan perbedaan laju reaksi berdasarkan variabel suhu dan konsentrasi.

INTI (70 menit):

- **Memahami (25 menit):** Guru menjelaskan secara mendalam pengaruh suhu dan konsentrasi terhadap laju reaksi, termasuk konsep energi kinetik partikel.
- **Mengaplikasi (35 menit):** Eksperimen kelompok: uji pengaruh suhu dan konsentrasi menggunakan tablet *effervescent* atau reaksi sederhana lainnya. Peserta didik mencatat pengamatan dan data.
- **Merefleksi (10 menit):** Diskusi hasil eksperimen dalam kelompok, kemudian refleksi tertulis tentang hal-hal mengejutkan atau tidak sesuai prediksi yang mereka temukan.

PENUTUP (20 menit):

- Rangkuman temuan eksperimen dari setiap kelompok.
 - Latihan soal singkat mengenai hubungan antara suhu/konsentrasi dan laju reaksi, termasuk interpretasi grafik sederhana.
-

Pertemuan 3: Eksperimen Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Reaksi (Luas Permukaan dan Katalis)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menjelaskan pengaruh luas permukaan dan katalis terhadap laju reaksi melalui kegiatan praktikum dan diskusi hasil.

AWAL (20 menit):

- Review hasil eksperimen suhu dan konsentrasi dari pertemuan sebelumnya.
- Pertanyaan pemantik: "Mengapa kayu dibakar lebih cepat jika dalam bentuk serbuk dibandingkan dalam bentuk balok utuh?"

INTI (70 menit):

- **Memahami (25 menit):** Guru menjelaskan secara mendalam pengaruh luas permukaan sentuh dan peran katalis dalam mempercepat laju reaksi tanpa ikut bereaksi.
- **Mengaplikasi (35 menit):** Eksperimen lanjutan: uji perbedaan laju reaksi menggunakan *effervescent* yang dihancurkan vs. utuh, serta reaksi dengan/tanpa penambahan katalis (misalnya, reaksi penguraian H_2O_2 dengan MnO_2).
- **Merefleksi (10 menit):** Diskusi kelas: menganalisis faktor manakah yang paling dominan dalam mempercepat reaksi berdasarkan hasil eksperimen, dan mengapa.

PENUTUP (20 menit):

- Tugas: menyusun laporan eksperimen lengkap dari kedua pertemuan tentang faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi. Laporan harus mencakup tujuan, prosedur, data, analisis, dan kesimpulan.
-

Pertemuan 4: Hukum Laju Reaksi dan Orde Reaksi (Bagian 1)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menentukan hukum laju dan orde reaksi dari data eksperimen sederhana, serta memahami konsep konstanta laju reaksi.

AWAL (20 menit):

- Meninjau kembali data eksperimen yang telah dikumpulkan di pertemuan sebelumnya.
- Pertanyaan pemantik: "Bagaimana kita bisa menyusun suatu persamaan matematis yang menggambarkan hubungan antara konsentrasi reaktan dan laju reaksi?"

INTI (70 menit):

- **Memahami (35 menit):** Guru menjelaskan konsep hukum laju reaksi, orde reaksi (terhadap masing-masing reaktan dan orde total), serta hubungan grafiknya. Penjelasan mengenai konstanta laju reaksi (k) dan unitnya.
- **Mengaplikasi (25 menit):** Latihan analisis data eksperimen. Peserta didik secara individu atau kelompok kecil akan diberikan set data laju reaksi dari berbagai konsentrasi reaktan, kemudian diminta untuk menyusun hukum laju dan menentukan orde reaksi.
- **Merefleksi (10 menit):** Refleksi individu: peserta didik menuliskan pengalaman dan tantangan dalam menganalisis data dan menyusun hukum laju pada sesi ini.

PENUTUP (20 menit):

- Tugas: lengkapi latihan soal tambahan mengenai penentuan hukum laju dan orde reaksi dari berbagai data eksperimen, termasuk membuat perkiraan grafik sederhana dari data yang diberikan.
-

Pertemuan 5: Hukum Laju Reaksi dan Orde Reaksi (Bagian 2)

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menyusun grafik hubungan laju dan konsentrasi, serta menentukan nilai orde reaksi dari interpretasi grafik tersebut.

AWAL (20 menit):

- Review grafik hasil tugas sebelumnya dan diskusikan kesulitan yang dihadapi.
- Pertanyaan pemantik: "Apa arti kemiringan garis (slope) dalam grafik laju reaksi terhadap konsentrasi reaktan?"

INTI (70 menit):

- **Memahami (30 menit):** Guru membahas interpretasi grafik secara kuantitatif untuk menentukan orde reaksi (orde nol, satu, dua) dari plot laju terhadap konsentrasi. Pembahasan tentang linearitas grafik dan korelasinya dengan orde reaksi.
- **Mengaplikasi (40 menit):** Latihan membuat grafik baru dari data yang lebih kompleks dan menafsirkan nilainya secara berkelompok. Peserta didik akan mempraktikkan plotting data dan penarikan kesimpulan orde reaksi dari grafik yang dibuat.
- **Merefleksi (10 menit):** Siswa menuliskan tantangan dan strategi yang mereka gunakan untuk menentukan orde reaksi dari grafik.

****PENUTUP (20 menit):**

- Tugas: buat infografis menarik yang menjelaskan "Langkah-Langkah Menentukan Hukum Laju dan Orde Reaksi" dari data eksperimen dan grafik.

Pertemuan 6: Teori Tumbukan dan Energi Aktivasi

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menjelaskan mekanisme laju reaksi berdasarkan teori tumbukan, mengidentifikasi syarat terjadinya tumbukan efektif, dan memahami peran energi aktivasi dalam suatu reaksi kimia.

AWAL (20 menit):

- Tampilkan animasi tumbukan partikel dan visualisasi energi aktivasi yang menarik.
- Pertanyaan pemantik: "Mengapa tidak semua tumbukan antara partikel-partikel pereaksi menghasilkan reaksi?"

INTI (70 menit):

- **Memahami (30 menit):** Guru menjelaskan secara rinci teori tumbukan (frekuensi, orientasi, dan energi aktivasi) sebagai dasar mekanisme laju reaksi. Penekanan pada konsep energi aktivasi (E_a) dan kompleks teraktivasi.
- **Mengaplikasi (40 menit):** Simulasi interaktif (misalnya menggunakan PhET) yang menunjukkan pengaruh suhu terhadap energi kinetik partikel dan frekuensi tumbukan efektif, serta bagaimana katalis menurunkan energi aktivasi.
- **Merefleksi (10 menit):** Refleksi tertulis: bagaimana teori tumbukan dapat menjelaskan hasil-hasil eksperimen tentang faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi yang telah dilakukan sebelumnya?

PENUTUP (20 menit):

- Diskusi terbuka mengenai keterkaitan teori tumbukan dengan fenomena sehari-hari.
 - Penugasan mini: buat poster kreatif yang menggambarkan "Energi Aktivasi dalam Dunia Nyata" (contoh: menyalakan korek api, memasak).
-

Pertemuan 7: Aplikasi Laju Reaksi dalam Kehidupan

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu mengaitkan konsep laju reaksi dengan berbagai situasi nyata di industri, lingkungan, dan kehidupan sehari-hari, serta mengevaluasi manfaat pemahaman laju reaksi.

AWAL (20 menit):

- Tampilkan contoh kasus industri yang sangat bergantung pada pengendalian laju reaksi (misalnya, penggunaan katalis dalam pembuatan amonia, produksi asam sulfat).
- Pertanyaan pemantik: "Mengapa industri perlu memahami dan mengendalikan laju reaksi, bahkan seringkali perlu mempercepat reaksi tertentu?"

INTI (70 menit):

- **Memahami (30 menit):** Guru membahas berbagai aplikasi laju reaksi, termasuk peran katalis dalam proses industri, efisiensi energi dalam produksi, keamanan dalam penyimpanan bahan kimia, dan proses biologis.
- **Mengaplikasi (40 menit):** Mini proyek kelompok: setiap kelompok memilih satu bidang aplikasi laju reaksi (misalnya, pengawetan makanan, reaksi dalam tubuh, pencemaran lingkungan, industri farmasi, teknologi baterai) dan membuat presentasi singkat (5-7 menit) yang menjelaskan bagaimana konsep laju reaksi diterapkan di bidang tersebut.
- **Merefleksi (10 menit):** Diskusi kelas: "Apa manfaat memahami laju reaksi bagi masyarakat luas, ilmu pengetahuan, dan juga bagi diri kalian pribadi?"

PENUTUP (20 menit):

- Rangkuman keseluruhan materi laju reaksi yang telah dipelajari selama 7 pertemuan.
 - Evaluasi formatif akhir (bisa berupa kuis singkat, presentasi portofolio mini, atau *exit ticket*).
 - Penugasan refleksi akhir materi: peserta didik menuliskan pelajaran terpenting yang mereka dapatkan dari unit laju reaksi.
-

ASESMEN PEMBELAJARAN

Asesmen pada Awal Pembelajaran:

- Pretest 5 soal (definisi dan contoh laju reaksi)

Asesmen Proses Pembelajaran:

- Lembar observasi eksperimen
- Diskusi dan kuis interaktif

Asesmen Akhir Pembelajaran:

- Tes uraian & hitungan hukum laju
- Presentasi proyek mini



ASESMEN PEMBELAJARAN



ASESMEN PEMBELAJARAN: LAJU REAKSI KIMIA



Asesmen pada Awal Pembelajaran:

◊ ASESMEN AWAL (Pre-Asesmen – Diagnostik Kontekstual)

Tujuan: Mengetahui pemahaman awal peserta didik tentang laju reaksi dan pengaruhnya dalam kehidupan sehari-hari.



Metode: Kuis Kontekstual (5 Soal Pilihan Ganda) + Satu Pertanyaan Reflektif

Media: Kuis interaktif (Quizizz / Google Form)

Contoh Soal Kuis Awal (Pilihan Ganda – 5 soal):

1. Manakah yang termasuk contoh reaksi cepat dalam kehidupan sehari-hari?
 - a. Fermentasi tape
 - b. Pembakaran kertas ☒
 - c. Karat besi
 - d. Pelapukan batu
 - e. Pembusukan makanan
2. Laju reaksi menunjukkan...
 - a. Waktu yang dibutuhkan reaksi selesai
 - b. Banyaknya zat yang digunakan
 - c. Kecepatan perubahan suhu
 - d. Kecepatan perubahan konsentrasi zat terhadap waktu ☒
 - e. Banyaknya produk yang dihasilkan
3. Reaksi pembusukan makanan cenderung...
 - a. Sangat cepat
 - b. Sangat lambat ☒
 - c. Tidak berlangsung

- d. Berlangsung seketika
- e. Dipercepat cahaya
- 4. Faktor yang tidak mempengaruhi laju reaksi adalah...
 - a. Suhu
 - b. Katalis
 - c. Volume larutan ☒
 - d. Konsentrasi
 - e. Luas permukaan
- 5. Apa yang dimaksud dengan katalis?
 - a. Zat yang mempercepat reaksi dan ikut bereaksi
 - b. Zat yang mempercepat reaksi tanpa habis dalam reaksi ☒
 - c. Zat yang menghambat reaksi
 - d. Zat utama dalam reaksi
 - e. Zat yang berubah menjadi produk

Reflektif Singkat:

💬 “Sebutkan satu contoh reaksi kimia yang kamu lihat sehari-hari dan apakah reaksi itu tergolong cepat atau lambat? Jelaskan alasannya singkat.”

Asesmen pada Proses Pembelajaran:

◇ ASESMEN PROSES (Selama Pembelajaran)

1. Observasi Praktik Eksperimen

- Guru menggunakan **rubrik observasi** untuk menilai partisipasi aktif, kebenaran prosedur eksperimen, dan keterampilan menganalisis data.
- Aspek yang diamati:
 - Kesiapan alat dan bahan
 - Ketelitian pengamatan waktu reaksi
 - Diskusi analisis faktor laju reaksi
 - Keselamatan kerja di laboratorium

2. Kuis Interaktif – Penguatan Konsep (Pertemuan ke-2 atau ke-3)

- 5–7 soal menggunakan **Quizizz/Kahoot**
- Berisi analisis grafik, contoh reaksi nyata, dan konsep hukum laju

3. Diskusi Kelompok + Lembar Kerja Siswa (LKS)

- Analisis tabel data hasil eksperimen (orde reaksi, grafik)
 - Diskusi penyebab reaksi berjalan cepat/lambat berdasarkan teori tumbukan
-

Asesmen pada Akhir Pembelajaran:

◇ ASESMEN AKHIR (Penilaian Sumatif Otentik dan Tes Tertulis)

✳️ A. Proyek Mini (Penilaian Otentik)

📌 **Judul:** “Analisis Laju Reaksi dalam Dunia Nyata”

Deskripsi:

- Tiap kelompok memilih satu konteks reaksi nyata (industri, lingkungan, rumah tangga)
- Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan reaksi dan aplikasinya
- Disajikan dalam bentuk: presentasi, infografis, atau video pendek

📌 **Rubrik Penilaian:**

- Pemahaman konsep (30%)
 - Analisis ilmiah (30%)
 - Kreativitas dan penyajian (20%)
 - Kolaborasi dan refleksi kelompok (20%)
-

✳️ B. Tes Tertulis: Pilihan Ganda & Uraian

I. Pilihan Ganda (5 Soal – 5 Opsi, 1 Jawaban Benar):

1. Semakin tinggi suhu dalam suatu reaksi, maka:
 - a. Energi aktivasi meningkat
 - b. Reaksi berjalan lebih lambat
 - c. Partikel bereaksi lebih lambat
 - d. Jumlah tumbukan efektif meningkat ☒
 - e. Katalis menjadi tidak aktif
2. Jika luas permukaan zat padat ditingkatkan, maka...
 - a. Reaksi berlangsung lebih lambat
 - b. Laju reaksi tidak berubah
 - c. Tumbukan antara partikel berkurang
 - d. Reaksi berhenti
 - e. Tumbukan antar partikel lebih sering terjadi ☒
3. Grafik konsentrasi vs waktu yang menunjukkan reaksi orde satu adalah:
 - a. Garis lurus menurun ☒
 - b. Kurva naik
 - c. Parabola
 - d. Kurva datar
 - e. Tidak berubah
4. Fungsi utama katalis dalam reaksi kimia adalah:
 - a. Meningkatkan suhu reaksi
 - b. Menambah jumlah produk
 - c. Mengurangi energi aktivasi ☒

- d. Bereaksi sebagai zat pereaksi
- e. Mengubah struktur zat
- 5. Pernyataan berikut yang benar tentang reaksi orde dua:
 - a. Laju reaksi tidak dipengaruhi konsentrasi
 - b. Konsentrasi tidak berubah terhadap waktu
 - c. Laju sebanding dengan kuadrat konsentrasi pereaksi ☒
 - d. Laju reaksi menurun drastis tanpa katalis
 - e. Hukum laju tidak berlaku

II. Soal Uraian (5 Soal)

1. Jelaskan pengertian laju reaksi secara ilmiah dan berikan dua contoh reaksi dalam kehidupan yang berbeda kecepatannya.
☒ *Laju reaksi adalah perubahan konsentrasi zat per satuan waktu. Contoh reaksi cepat: pembakaran kertas. Reaksi lambat: karat besi.*
2. Sebutkan dan jelaskan **empat faktor** yang memengaruhi laju reaksi kimia.
☒ *Suhu, konsentrasi, luas permukaan, katalis.*
3. Berdasarkan data berikut, tentukan orde reaksi terhadap A dan B:

[A] mol/L	[B] mol/L	Laju (mol/L.s)
0.1	0.2	0.04
0.2	0.2	0.08
0.2	0.4	0.16

- ☒ *Orde terhadap A = 1 (karena laju x2 saat [A] x2); terhadap B = 1.*
4. Jelaskan konsep tumbukan efektif dan energi aktivasi, serta bagaimana suhu dapat memengaruhi keduanya.
☒ *Tumbukan efektif terjadi jika partikel bertumbukan dengan orientasi dan energi cukup. Suhu tinggi → energi partikel naik → lebih banyak tumbukan efektif.*
 5. Sebuah reaksi memiliki energi aktivasi tinggi. Apa strategi yang dapat digunakan agar reaksi berlangsung lebih cepat dalam industri?
☒ *Menambah suhu, menambah konsentrasi, menggunakan katalis.*

Instrumen Penilaian:

1. **Rubrik:**
 - Analisis eksperimen: ketepatan grafik, pemahaman konsep

- Presentasi: komunikasi ilmiah, ketepatan isi, kerja sama
2. **Checklist:**
- Partisipasi diskusi
 - Ketelitian dalam eksperimen
 - Penggunaan alat dengan aman

Instrumen Penilaian Pembelajaran

Materi: Laju Reaksi Kimia

Aspek: Analisis Eksperimen dan Presentasi Proyek Kelompok

1. Rubrik Penilaian

Aspek yang Dinilai	Kriteria	Skor	Deskripsi Skor
A. Analisis Eksperimen	1. Ketepatan grafik (konsentrasi vs waktu) dan interpretasi	1 – 4	1 = grafik salah dan tidak sesuai data; 2 = grafik kurang tepat, interpretasi terbatas; 3 = grafik tepat dan interpretasi cukup baik; 4 = grafik tepat dan interpretasi mendalam & akurat
	2. Pemahaman konsep laju reaksi dan faktor-faktor yang mempengaruhi	1 – 4	1 = pemahaman minim; 2 = pemahaman cukup; 3 = pemahaman baik; 4 = pemahaman sangat baik dan mampu menjelaskan keterkaitan dengan kehidupan nyata
B. Presentasi Proyek Kelompok	3. Komunikasi ilmiah (jelas, runtut, penggunaan istilah yang tepat)	1 – 4	1 = kurang jelas dan tidak runtut; 2 = cukup jelas tapi ada kesalahan istilah; 3 = jelas dan runtut; 4 = sangat jelas, runtut, dan bahasa ilmiah tepat
	4. Ketepatan isi materi (mengacu pada konsep kimia dan data eksperimen)	1 – 4	1 = banyak kesalahan konsep; 2 = beberapa kesalahan; 3 = tepat dan lengkap; 4 = sangat tepat, lengkap, dan kritis
	5. Kerja sama tim (kolaborasi, pembagian tugas, keaktifan anggota)	1 – 4	1 = sedikit kerja sama dan kontribusi; 2 = kerja sama sedang; 3 = kerja sama baik; 4 = kerja sama sangat baik, semua aktif dan sinergis

2. Checklist Penilaian Kegiatan Laboratorium dan Diskusi

No.	Aspek yang Dinilai	Ya Tidak	Keterangan
-----	--------------------	----------	------------

No.	Aspek yang Dinilai	Ya	Tidak	Keterangan
1	Partisipasi aktif dalam diskusi	☐	☐	Peserta didik aktif bertanya, menjawab, dan berdiskusi
2	Ketelitian saat melakukan eksperimen	☐	☐	Peserta didik mengikuti prosedur dengan cermat dan tepat
3	Penggunaan alat dengan aman	☐	☐	Peserta didik mengikuti aturan keselamatan laboratorium
4	Kerjasama dengan teman saat eksperimen	☐	☐	Peserta didik saling membantu dan koordinasi baik
5	Kebersihan dan kerapihan area kerja	☐	☐	Area kerja tertata rapi setelah eksperimen

Contoh Penilaian Akhir (Skor Maksimal 20 untuk Rubrik, Checklist sebagai penguatan)

Aspek	Skor Maksimal	Skor Dicapai	Keterangan Singkat
Analisis grafik	4		
Pemahaman konsep	4		
Komunikasi ilmiah	4		
Ketepatan isi materi	4		
Kerja sama tim	4		
Total Skor Rubrik	20		

Checklist: (Nilai Tambahan untuk Perilaku dan Sikap, tidak dijumlahkan)

Ya / Tidak pada tiap poin untuk penguatan hasil observasi proses.

Penjelasan Penggunaan

Rubrik digunakan untuk menilai hasil akhir berupa laporan eksperimen dan presentasi proyek. Skor diberikan berdasarkan tingkat penguasaan dan kualitas produk. Checklist digunakan untuk memantau aspek sikap, proses, dan keterampilan saat kegiatan berlangsung secara langsung, sebagai feedback formatif.

Rubrik Penilaian Eksperimen

Aspek	Skor 4	Skor 3	Skor 2	Skor 1
Ketelitian Pengamatan	Sangat teliti	Cukup teliti	Kurang teliti	Tidak teliti
Grafik & Analisis	Lengkap & benar	Cukup lengkap	Ada kesalahan	Tidak sesuai
Kerja Sama	Aktif & membantu	Cukup aktif	Pasif	Mengganggu
K3	Mematuhi semua	Sebagian besar	Kurang	Tidak patuh

Bahan Ajar Ringkas: Laju Reaksi

1. **Definisi:** Laju reaksi = perubahan konsentrasi / waktu
2. **Faktor yang memengaruhi:**
 - Konsentrasi, Suhu, Luas permukaan, Katalis
3. **Teori Tumbukan:**
 - Reaksi terjadi jika tumbukan efektif
 - Memerlukan energi aktivasi
4. **Rumus Laju:** $v = k[A]^m[B]^n$
5. **Grafik Umum:**
 - Orde 0: garis lurus
 - Orde 1: logaritmik
 - Orde 2: hiperbolik

Mengetahui,
Kepala SMAN 13 Kota Jambi

Ika Kartikasari, S.Si, M.Pd.
NIP. 19770513 200903 2 006

Jambi , 15 Juli 2025
Guru Mata Pelajaran Kimia

Sri Hastutik, S.Pd
NIP. 19740716 200903 2 002

LAMPIRAN PEMBELAJARAN

A. LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

LKPD 1

LAJU REAKSI

LKPD adalah panduan dalam melakukan aktivitas pembelajaran, yaitu:

Nama Siswa :
Kelas/Semester : X /
Kelompok :
Mata Pelajaran :
Hari/Tanggal :

Laju reaksi kimia adalah suatu ukuran perubahan zat pereaksi menjadi hasil reaksi persatuan waktu. Laju reaksi bergantung kepada banyaknya tumbukan yang terjadi antara molekul-molekul zat yang bereaksi. Banyaknya tumbukan antara molekul-molekul yang bereaksi tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor.



Seperti terlihat pada gambar di atas, salah satu faktor yang mempengaruhi laju reaksi adalah konsentrasi. Laju reaksi umumnya naik dengan bertambahnya konsentrasi pereaksi dan turun dengan berkurangnya konsentrasi pereaksi. Contohnya, rokok terbakar lebih cepat jika kadar oksigen dinaikkan dari ~ 21% (dalam udara terbuka) menjadi 100% (dalam wadah tertutup).

Perencanaan percobaan :

Alat

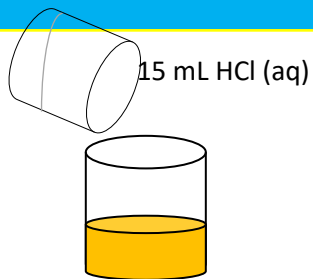
- ♠ Gelas ukur 5 mL dan 25 mL
- ♠ Gelas kimia 50 mL dan 100 mL
- ♠ Stopwatch
- ♠ Pengaduk kaca
- ♠ Spidol
- ♠ Kertas HVS
- ♠ Botol semprot

Perha

Bahan

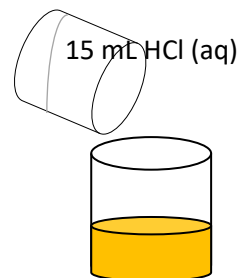
- ♠ Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1M
- ♠ Larutan HCl 0,5 M

I.



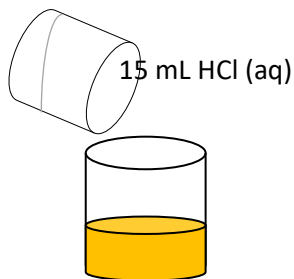
10 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1M

II.



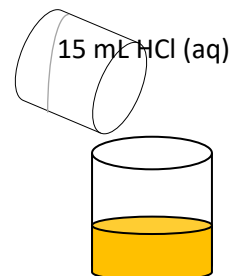
7,5 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1M + 2,5 mL air

III.



5 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1M + 5 mL air

IV.



2,5 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1M + 7,5 mL air

Analisis

Tuliskan langkah kerja untuk percobaan di atas

[illegible]

Amati apa yang terjadi pada perlakuan di atas!

Gelas kimia	Penambahan Larutan HCl 0,5 M	Penambahan Larutan Na ₂ S ₂ O ₃ 0,1M dan air	Waktu yang Dibutuhkan (menit)	Ket
I	15 mL	10 mL	.....	
II	15 mL	7,5 mL + air 2,5 mL	.....	
III	15 mL	5 mL + air 5 mL	.....	
IV	15 mL	2,5 mL + air 7,5 mL	.....	

Diskusikan dalam kelompok kalian, bagaimana pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi dari hasil pengamatan yang telah kalian lakukan!

[illegible]

Buatlah grafik hubungan antara konsentrasi dengan waktu

Garfik hubungan konsentrasi dengan waktu

Konsentrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

TAHUKAH ANDA



Kembang Api



Pengkaratan Besi

Waktu (dt)

Tentukanlah variabel manipulasi, variabel kontrol dan variabel responnya

.....

..

.....

..

.....

..

.....

Kesimpulan apa yang dapat dibuat?

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

PERSAMAAN LAJU DAN ORDE REAKSI

Hari ini kita akan mempelajari tentang persamaan laju dan orde reaksi, untuk itu setelah mempelajari ini kalian harus mampu:

- Menentukan orde reaksi berdasarkan analisis data yang diperoleh melalui percobaan
- Menentukan persamaan laju reaksi berdasarkan analisis data yang diperoleh melalui percobaan
- Menentukan harga dan satuan tetapan laju reaksi berdasarkan analisis data yang diperoleh melalui percobaan
- Melakukan percobaan tentang hubungan orde reaksi dan persamaan laju reaksi

Nama Anggota Kelompok :



Fenomena

Reaksi kimia yang kita amati berlangsung dengan laju yang berbeda-beda. Ada yang berlangsung sangat cepat, misalnya pembakaran kertas, bom, atau kembang api/petasan. Namun, ada pula yang berlangsung sangat lambat, misalnya proses perkaratan besi.



Melihat fenomena tersebut, tentu kalian bertanya mengapa hal tersebut terjadi ? Tentu kalian mengingat tentang faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi reaksi.

Konsentrasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi laju reaksi. Dimana semakin besar konsentrasi pereaksi maka makin cepat reaksi berlangsung. Hal ini disebabkan semakin besar konsentrasi berarti jarak antarmolekul akan semakin rapat/padat, sehingga semakin banyak/mudah terjadi tumbukan yang menghasilkan reaksi, sehingga laju reaksi juga semakin cepat.

Dengan mengetahui pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi maka kita ingin mengetahui sejauh mana pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi melalui perhitungan secara matematis. Salah satu cara mengkaji secara matematis pengaruh konsentrasi reaktan terhadap laju reaksi ialah dengan menentukan orde reaksinya.

Rumusan Masalah

Berdasarkan fenomena di atas, diskusikan dengan teman kelompok anda dan permasalahan apa yang kalian temukan ? Rumusan masalah yang anda temukan (dalam bentuk pertanyaan):





Hipotesis

Perkirakan jawaban sementara dari masalah yang telah kalian rumuskan !

Mengumpulkan Data



Cari beberapa sumber (modul, buku dan literatur dari internet) dan lakukan percobaan berikut untuk menjawab rumusan masalah di atas!



Menguji Hipotesis

Alat dan Bahan

1. Alat
 - a. Gelas kimia 50 mL
 - b. Gelas ukur 25 mL
 - c. Pipet tetes
 - d. Stopwatch
2. Bahan
 - a. Larutan HCl 1 M & 2 M
 - b. Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 M dan 0,2 M
 - c. Kertas yang diberi tanda X

Cara Kerja

1. Siapkan kertas putih yang diberi tanda X
2. Masukkan 20 mL larutan HCl 1 M dalam gelas kimia dan letakkan gelas kimia di atas tanda X
3. Masukkan 20 mL larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 M ke dalam larutan HCl 1 M dan catat waktu dari penambahan sampai tanda silang (X) tidak terlihat lagi dari atas larutan
4. Ulangi prosedur yang sama seperti nomor 1-3 dengan menggunakan larutan HCl 1 M dan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,2 M
5. Ulangi prosedur yang sama seperti nomor 1-3 dengan menggunakan larutan HCl 2 M dan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,2 M

Tabel Pengamatan

Eksperimen	Konsentrasi Awal		Waktu, t (s)	Laju Reaksi, $1/t$ (s^{-1})
	Larutan HCl	Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		
1				
2				
3				

Menganalisis Data

1. Coba perhatikan data hasil percobaan yang kalian telah lakukan, konversikan waktu yang kalian catat menjadi harga laju reaksi ?

2. Apa yang terjadi bila konsentrasi larutan HCl diperbesar sedangkan konsentrasi larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ tetap ?

3. Apa yang terjadi bila konsentrasi larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ diperbesar sedangkan konsentrasi larutan HCl tetap ?

Menurut kalian mengapa hal tersebut terjadi ? Untuk lebih jelasnya, dengan bantuan modul yang dibagikan dan bacaan dari berbagai sumber dari data hasil percobaan yang diperoleh, carilah nilai ordenya dan tuliskan persamaan reaksinya.

Membuat Kesimpulan

Berikan kesimpulan berdasarkan percobaan yang telah anda lakukan tentang persamaan laju dan orde reaksi !



Kerjakan soal berikut:

Salah satu reaksi yang mengurangi polutan NO_2 yaitu reaksi dengan ozon (O_3) dengan persamaan reaksi: $\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_3(\text{g}) \rightarrow \text{NO}_3(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$

Data yang tersedia dari reaksi tersebut pada suhu 25 C adalah.

Percobaan	$[\text{NO}_2]$ mol/L	$[\text{O}_3]$ mol/L	Laju pembentukan O_2 mol $\text{L}^{-1} \text{s}^{-1}$
A	$5,0 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-5}$	0,022
B	$5,0 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-5}$	0,044
C	$2,5 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-5}$	0,022

- Tentukan orde reaksi terhadap NO_2 !
- Tentukan orde reaksi terhadap O_3 !
- Tentukan rumus laju reaksi!
- Tentukan orde reaksi total!

B. BAHAN BACAAN

LAJU REAKSI

Observasi Lingkunganmu!

Perhatikan perubahan kimia yang terjadi disekitar kehidupan kalian. Adakah perubahan yang berlangsung cepat atau berlangsung lambat? Amatilah laju reaksi yang terjadi pada proses pembusukan buah-buahan atau makanan, perkaratan logam besi, proses terbentuknya batu bara dan tersulutnya senyawa amonium nitrat.

Tabel 1. Perkiraan laju reaksi proses di sekitar kehidupan siswa

Proses di amati	Perkiraan laju reaksi	Keterangan
Pembusukan buah 7/2/  (jatim.tribunnews.com/)	Berlangsung sedang, ukuran hari	Makanan dan buah buahan setelah dibiarkan beberapa hari diudara terbuka akan mengalami proses pembusukan dan tidak layak dikonsumsi
Korosi besi	Berlangsung lama, ukuran minggu	Korosi adalah rusaknya benda benda logam karena pengaruh lingkungan antara lain kelembaban udara, air dan zat elektrolit.

 (https://id.quora.com/)		
Terbentuknya batu bara  (kabar-energi.com)	Berlangsung lama, berjuta juta tahun	Batu bara merupakan bahan bakar fosil yang menjadi sumber energi pembangkit listrik dan berfungsi sebagai bahan bakar pokok untuk produksi baja dan semen
Meledaknya amonium nitrat  (riaunews.com)	Berlangsung cepat, hitungan menit	Amonium nitrat (NH_4NO_3) dari rumus kimianya, mengandung unsur nitrogen yang bermanfaat untuk pertanian. Jika amonium nitrat ini tersulut api akan timbul gas nitro oksida dan uap air yang mudah meledak.

1. Konsep laju reaksi

Laju reaksi kimia adalah perubahan konsentrasi pereaksi atau produk dalam suatu satuan waktu.

Laju reaksi dapat dinyatakan sebagai laju berkurangnya konsentrasi suatu pereaksi atau laju bertambahnya konsentrasi suatu produk persatuan waktu

Laju reaksi $\text{R} \rightarrow \text{P}$

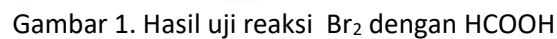
$$\text{Laju reaksi, } V_R = - \frac{\Delta[\text{R}]}{\Delta t} \text{ atau } V_P = + \frac{\Delta[\text{P}]}{\Delta t}$$

Keterangan:

$- \frac{\Delta[\text{R}]}{\Delta t}$ = laju pengurangan konsentrasi pereaksi R tiap satuan waktu

$+ \frac{\Delta[\text{P}]}{\Delta t}$ = laju penambahan konsentrasi produk P tiap satuan waktu

Untuk lebih memahami konsep ini, coba amati gambar hasil reaksi antara bromin (Br_2) dengan asam formiat (HCOOH) berikut :



Ungkapan laju reaksi dalam eksperimen ini adalah

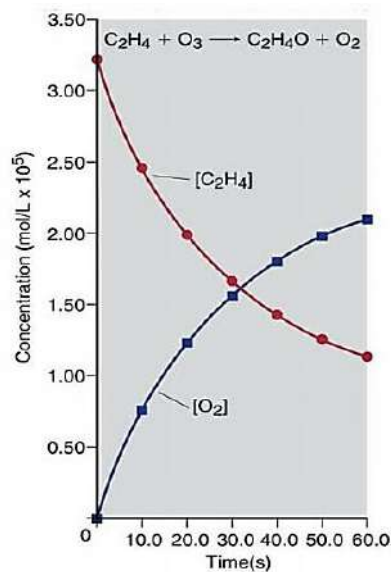
- Laju berkurangnya konsentrasi pereaksi (larutan Br_2) dalam satu satuan waktuditunjukkan oleh laju memudarnya warna larutan
- Laju bertambahnya konsentrasi produk (ion Br^-) dalam satu satuan waktuditunjukkan oleh laju terbentuknya larutan tidak berwarna

Tentukan laju reaksi pereaksi dan produk jika dalam suatu percobaan gas ozon (O₃) bereaksi dengan gas etena (C₂H₄) menurut reaksi: $\text{C}_2\text{H}_4 (\text{g}) + \text{O}_3 (\text{g}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{O} (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g})$

Laju reaksi pereaksi,

Laju reaksi produk,

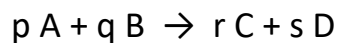
Pendalaman konsep Grafik hasil percobaan reaksi gas ozon (O_3) dengan gas etena (C_2H_4) pada suhu 303 K membuktikan bahwa seiring dengan berjalannya reaksi, konsentrasi pereaksi semakin berkurang dan konsentrasi produk semakin bertambah



2. Persamaan laju reaksi

Laju reaksi dipengaruhi oleh konsentrasi pereaksi. Persamaan laju reaksi menyatakan hubungan antara laju reaksi dengan konsentrasi dari pereaksi dipangkatkan bilangan tertentu.

Untuk reaksi :



Persamaan laju reaksi,

$$V = k [A]^x [B]^y$$

Keterangan,

k : tetapan laju reaksi,

x : orde reaksi terhadap A,

y : orde reaksi terhadap B

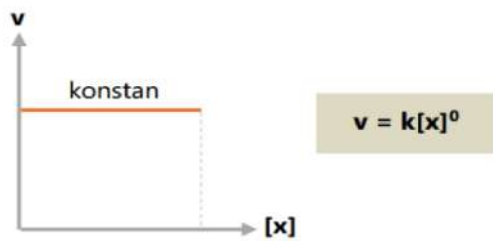
Orde persamaan laju reaksi hanya dapat ditentukan secara eksperimen dan tidak dapat diturunkan dari koefisien persamaan reaksi.

Contoh persamaan laju reaksi berdasarkan hasil eksperimen

- Reaksi kimia $H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2HI(g)$
 Hasil eksperimen orde reaksi H_2 : 1, orde reaksi I_2 : 1
 Persamaan laju reaksi $V = k [H_2] [I_2]$
- Reaksi kimia $NO_2(g) + CO(g) \rightarrow CO_2(g) + NO(g)$
 Hasil eksperimen orde reaksi NO_2 : 2, orde reaksi CO : 0
 Persamaan laju reaksi $V = k [NO_2]^2$

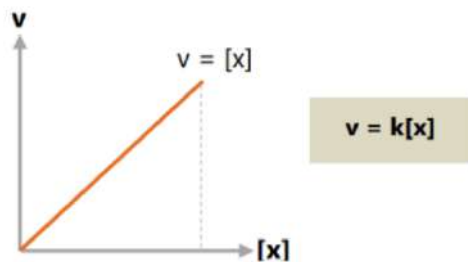
Orde reaksi dapat juga ditentukan dari data percobaan yang digambarkan dengan grafik

a. Reaksi orde nol



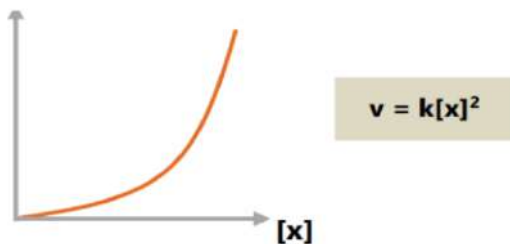
Laju reaksi tidak dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi pereaksi.
 Persamaan laju reaksinya ditulis, $V = k.[A]^0$.

b. Reaksi orde satu



Laju reaksi dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi pereaksi.
 Persamaan laju reaksinya ditulis, $V = k.[A]^1$

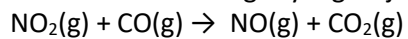
c. Reaksi orde dua



Pada suatu reaksi orde dua, laju reaksi berubah secara kuadrat terhadap perubahan konsentrasinya.
 Persamaan laju reaksinya ditulis, $V = k.[A]^2$

Contoh soal

1. Salah satu reaksi gas yang terjadi dalam kendaraan adalah:



Emisi asap buangan dari colt



Emisi asap buangan dari bus kota

Jika diketahui data eksperimen laju reaksi seperti pada tabel, tentukan orde reaksi $[\text{NO}_2]$ dan $[\text{CO}]$ kemudian tuliskan persamaan laju reaksinya !

Eksperimen	Laju awal (mol/L.s)	[NO ₂] awal (mol/L)	[CO] awal (mol/L)
1	0,0050	0,10	0,10
2	0,0800	0,40	0,10
3	0,0050	0,10	0,20

Jawab

Dimisalkan persamaan laju reaksi :

$$V = k [\text{NO}_2]^m [\text{CO}]^n$$

a. Menentukan orde NO₂ (nilai m) digunakan data no 1, 2 (data dimana [CO] tetap)

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{k [\text{NO}_2]^m_2 [\text{CO}]^n_2}{k [\text{NO}_2]^m_1 [\text{CO}]^n_1}$$

$$\frac{0,0800}{0,0050} = \frac{k (0,40)^m (0,1)^n}{k (0,10)^m (0,1)^n}$$

$$\frac{0,0800}{0,0050} = \frac{(0,40)^m (0,1)^n}{(0,10)^m (0,1)^n}$$

$$16 = 4^m$$

$$m = 2$$

b. Menentukan orde CO (nilai n) digunakan data no 1, 3 (data dimana [NO₂] tetap)

$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{k [\text{NO}_2]^m_3 [\text{CO}]^n_3}{k [\text{NO}_2]^m_1 [\text{CO}]^n_1}$$

$$\frac{0,0050}{0,0050} = \frac{k (0,1)^m (0,2)^n}{k (0,1)^m (0,1)^n}$$

$$\frac{0,0050}{0,0050} = \frac{(0,1)^m (0,2)^n}{(0,1)^m (0,1)^n}$$

$$1 = 2^n$$

$$n = 0$$

orde total reaksi : 2 + 0 = 2

c. Persamaan laju reaksi $V = k [\text{NO}_2]^2 [\text{CO}]^0$ ditulis $V = k [\text{NO}_2]^2$

1. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Reaksi

Siswaku yang luar biasa, perhatikan gambar berikut!



Gambar 1. Pembakaran kertas (sumber : <https://www.youtube.com/watch?v=uCBw7wTDOrw> dan www.wallpaperbetter.com)

Apa yang terfikir di benak kalian? Gambar di atas sama-sama menunjukkan pembakaran kertas, manakah yang lebih cepat terbakar? Beda kan? Pada pembakaran di atas kecepatan pembentukan abu dari kertas yang terbakar berupa kertas lembaran dibandingkan dengan kertas yang berupa buku akan memberikan data yang berbeda.

Pada reaksi kimia, pereaksi akan bereaksi untuk membentuk hasil reaksi atau produk, dengan demikian maka pereaksi akan berkurang, sedangkan hasil reaksi atau produk akan bertambah.

Apabila perubahan konsentrasi pereaksi atau hasil reaksi dibandingkan dengan banyaknya waktu yang dibutuhkan untuk bereaksi, maka itulah yang dimaksud dengan laju reaksi. Jadi laju reaksi merupakan pernyataan perubahan konsentrasi pereaksi atau hasil reaksi dalam suatu satuan waktu.

Dalam kehidupan sehari-hari kita sering menjumpai reaksi kimia yang berlangsung dengan cepat maupun lambat. Apakah kalian suka melihat nyala kembang api? Kalian juga dapat melakukan sendiri reaksi yang berjalan dengan cepat misalnya dengan membakar selembar kertas. Selain reaksi yang berjalan dengan cepat, pernahkah melihat besi yang berkarat? Perkaratan yang terjadi pada logam tidak secepat laju reaksi pada nyala kembang api tentunya.

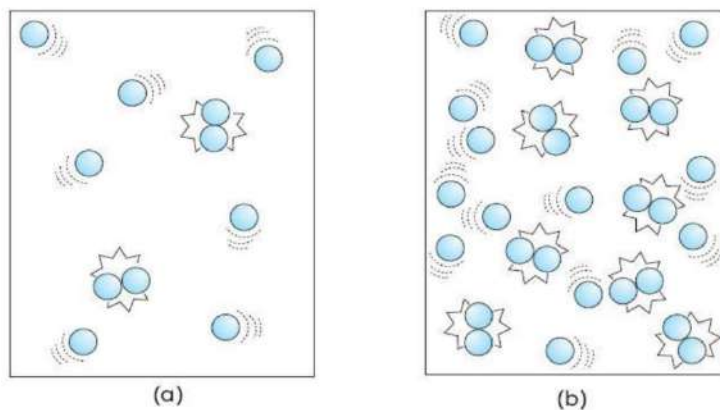


Gambar 2. Nyala kembang api dan perkaratan besi
(Sumber : <https://akcdn.detik.net.id> dan [hot Liputan6.com](http://hotliputan6.com))

Dengan demikian laju reaksi akan berbeda-beda, ada yang berjalan sangat cepat, ada pula yang lambat. Faktor apa saja yang dapat mempengaruhi laju reaksi? Laju reaksi dapat dipengaruhi beberapa faktor yang antara lain:

a. Konsentrasi

Konsentrasi merupakan banyaknya partikel yang terdapat pada per satuan volum. Dengan demikian semakin tinggi konsentrasinya maka akan semakin banyak partikelnya. Dengan demikian semakin tinggi konsentrasi, semakin besar pula kemungkinan terjadinya tumbukan antar partikel, sehingga semakin tinggi pula laju reaksinya. Agar lebih jelas kalian perhatikan gambar berikut!



Gambar 3. Reaktan dengan konsentrasi yang berbeda (sumber : nafiun.com)

Gambar (a) menunjukkan konsentrasi yang lebih rendah dibanding (b). Pada gambar (b) menghasilkan tumbukan lebih banyak dibandingkan dengan gambar (a). Dengan demikian laju reaksi pada (b) akan lebih tinggi dibanding reaksi yang terjadi pada (a).

Suatu larutan dengan konsentrasi tinggi tentu mengandung partikel-partikel yang lebih rapat dibandingkan dengan konsentrasi larutan rendah. Larutan dengan konsentrasi tinggi merupakan larutan pekat dan larutan dengan konsentrasi rendah merupakan larutan encer. Semakin tinggi

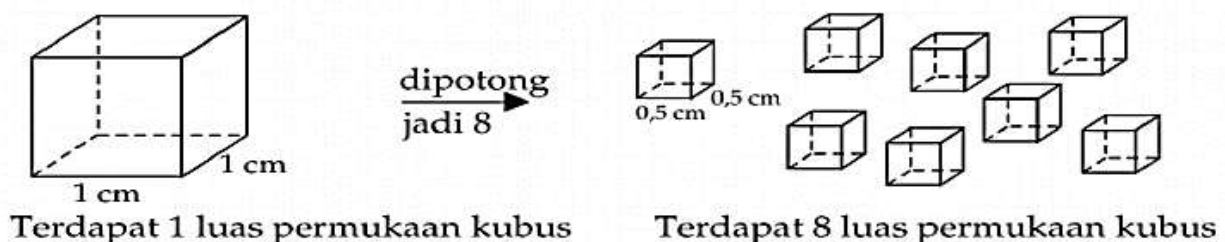
konsentrasi berarti semakin banyak partikel-partikel dalam setiap satuan volume ruangan, dengan demikian tumbukan antar partikel semakin sering terjadi, semakin banyak tumbukan yang terjadi berarti kemungkinan untuk menghasilkan tumbukan efektif semakin besar, sehingga reaksi berlangsung lebih cepat.

b. Luas Permukaan

Pada reaksi yang reaktannya terdapat dalam fasa padat, laju reaksi dipengaruhi oleh luas permukaan. Pernahkah kalian memperhatikan saat ibu kalian memasak? Mengapa bumbu-bumbu dihaluskan atau bahan yang akan dimasak dipotong menjadi potongan yang lebih kecil? Mengapa tidak berupa bumbu-bumbu tersebut tidak dalam keadaan utuh? Tujuannya agar rasa serta aroma yang berasal dari bumbu-bumbu tersebut agar lebih meresap serta lebih cepat matang bukan? Begitu pula saat kita membakar sebuah buku, buku tersebut akan lebih cepat terbakar bila buku tersebut kita buat menjadi lembaran dibandingkan bila kita membakar buku tersebut dalam keadaan masih dalam keadaan utuh. Dengan dibuat menjadi lembaran-lembaran kertas, maka buku tersebut akan memiliki luas permukaan yang lebih besar.

Maka pada benda padat dengan masa yang sama, semakin kecil ukuran suatu materi, maka mengandung arti memperluas permukaan sentuh materi tersebut. Bayangkan jika kalian mempunyai benda berbentuk kubus dengan ukuran rusuk panjang, lebar, dan tinggi sama, yaitu 1 cm. Berapa luas permukaan kubus tersebut? Secara matematika dapat dihitung bahwa luas permukaan kubus sebesar 6 kali luas sisinya. Karena kubus mempunyai 6 sisi yang sama, maka jumlah luas permukaannya adalah $6 \times 1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} = 6 \text{ cm}^2$.

Sekarang jika kubus tersebut dipotong sehingga menjadi 8 buah kubus yang sama besar, maka keempat kubus akan mempunyai panjang, lebar, dan tinggi masing-masing 0,5 cm. Luas permukaan untuk sebuah kubus menjadi $6 \times 0,5 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 1,5 \text{ cm}^2$. Jumlah luas permukaan kubus menjadi $8 \times 1,5 \text{ cm}^2 = 12 \text{ cm}^2$. Jadi, dengan memperkecil ukuran kubus, maka total luas permukaan menjadi semakin banyak.



Gambar 4. Perbandingan luas permukaan kubus yang diperkecil
(Sumber : 2Fhdzawinnuha.wixsite.com)

Jika ukuran partikel suatu benda semakin kecil, maka akan semakin banyak jumlah total permukaan benda tersebut. Dengan menggunakan teori tumbukan dapat dijelaskan bahwa semakin luas permukaan bidang sentuh zat padat semakin banyak tempat terjadinya tumbukan antar partikel zat yang bereaksi sehingga laju reaksinya makin cepat.

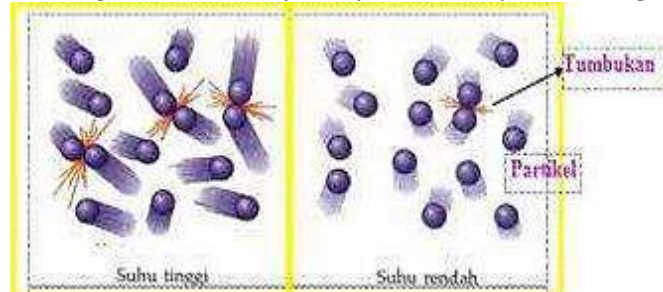
c. Suhu

Pernahkah kalian perhatikan saat memasak, lebih cepat matang mana antara memasak dengan nyala api yang kecil dengan nyala api yang besar? Tentu lebih cepat matang apabila kita memasak dengan nyala api yang besar bukan? Bagaimana suhu pada api yang besar, lebih besar bukan? Dalam hal ini berarti suhu merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi laju reaksi.

Setiap partikel selalu bergerak, dengan menaikkan temperatur, energi gerak atau energi kinetik partikel bertambah, sehingga tumbukan lebih sering terjadi. Pada frekuensi tumbukan yang

semakin besar, maka kemungkinan terjadinya tumbukan efektif yang mampu menghasilkan reaksi juga semakin besar. Begitu pula sebaliknya, apabila suhu diturunkan maka gerakan partikel akan lebih lambat sehingga energi kinetik dari partikel tersebut lebih kecil, sehingga semakin kecil pula kemungkinan tumbukan yang akan menghasilkan tumbukan efektif. Dengan menurunnya kemungkinan tumbukan efektif tentu saja akan berakibat menurun pula laju reaksinya.

Siswaku semua yang berbahagia, untuk lebih jelasnya, silahkan perhatikan gambar berikut!



Gambar 5. Perbandingan gerak partikel pada suhu tinggi dan rendah (Sumber : Fsimdos.unud.ac.id)

Suhu atau temperatur ternyata juga memperbesar energi potensial suatu zat. Zat-zat yang energi potensialnya kecil, jika bertumbukan akan sukar menghasilkan tumbukan efektif. Hal ini terjadi karena zat-zat tersebut tidak mampu melampaui energi aktivasi. Dengan menaikkan suhu, maka hal ini akan memperbesar energi potensial, sehingga ketika bertumbukan akan menghasilkan reaksi.

Setiap partikel dalam keadaan selalu bergerak. Dengan menaikkan temperatur, maka kecepatan gerak partikel menjadi lebih tinggi, dengan demikian energi gerak atau energi kinetik partikel bertambah, sehingga tumbukan lebih sering terjadi. Dengan frekuensi tumbukan yang semakin besar, maka kemungkinan terjadinya tumbukan efektif yang mampu menghasilkan reaksi juga semakin besar.

d. Katalis

Faktor yang mempengaruhi laju reaksi berikutnya adalah katalis. Apa itu katalis? Katalis adalah zat yang dapat mempengaruhi laju reaksi. Katalis adalah suatu zat yang dapat mempengaruhi laju reaksi, tanpa dirinya mengalami perubahan yang kekal. Suatu katalis mungkin dapat terlibat dalam proses reaksi atau mengalami perubahan selama reaksi berlangsung, tetapi setelah reaksi itu selesai maka katalis akan diperoleh kembali dalam jumlah yang sama.

Apabila katalis tersebut dapat mempercepat laju reaksi maka dikenal dengan istilah katalisator, namun apabila katalis tersebut memperlambat laju suatu reaksi maka disebut inhibitor atau katalis negatif. Hanya saja secara umum istilah katalis digunakan untuk zat yang dapat mempercepat reaksi.

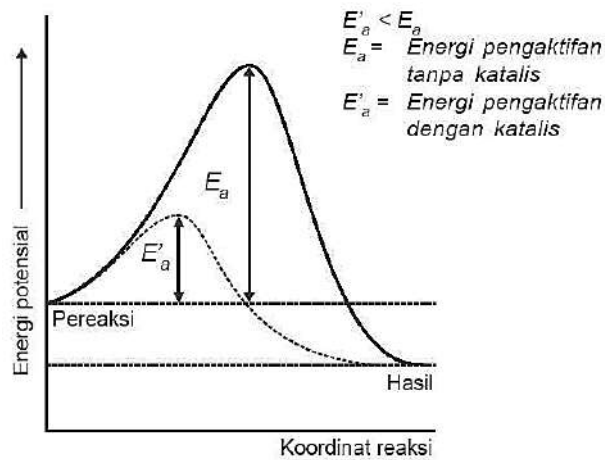
Untuk muridku semua, apakah reaksi harus dalam keadaan cepat semuanya? Bukankah lebih cepat lebih baik, sehingga reaksi dapat segera selesai? Tidak semua reaksi diharapkan berjalan dengan lebih cepat. Untuk reaksi-reaksi yang sifatnya merugikan maka reaksi diharapkan berjalan selambat mungkin, misalnya reaksi pembusukan dan reaksi perkaratan pada logam.

Berdasar wujud atau fasanya, katalis dibedakan menjadi katalis homogen dan katalis heterogen. Disebut katalis homogen apabila wujud atau fasa katalis tersebut sama dengan fasa zat pereaksinya, begitu pula sebaliknya, apabila fasa katalis berbeda dengan fasa zat pereaksinya maka disebut katalis heterogen.

Contohnya pada reaksi pembentukan gas SO_3 , pada reaksi tersebut dapat digunakan gas NO dan gas NO_2 , maka gas NO dan gas NO_2 tersebut disebut katalis homogen, karena fasa atau wujudnya sama, yaitu sama-sama gas.

Bagaimana prinsip kerja katalis dalam mempercepat suatu reaksi? Katalis dapat mempercepat laju reaksi karena katalis menyediakan alternatif jalur reaksi dengan energi aktivasi

yang lebih rendah dibanding jalur reaksi tanpa katalis sehingga reaksinya menjadi semakin cepat. Perhatikan grafik berikut!

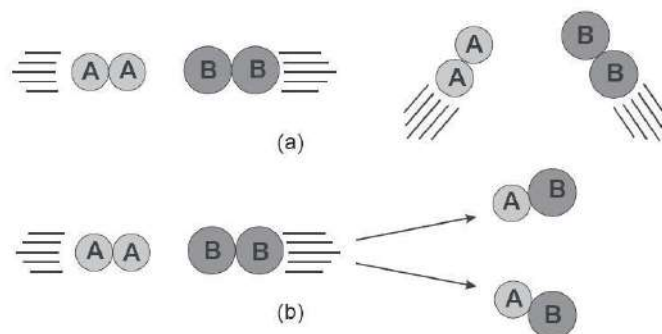


Grafik 1. Perbandingan besarnya Energi potensial reaksi tanpa dan dengan katalis (Sumber: www.nafiun.com)

Dengan rendahnya energi aktivasi pada reaksi yang menggunakan katalis di banding reaksi yang tanpa katalis, maka reaksi tersebut akan memiliki laju reaksi lebih cepat.

2. Teori Tumbukan

Bagaimana pendapat kalian belajar menggunakan modul ini? Mudah bukan? Setelah mempelajari konsep laju reaksi selanjutnya kalian akan mempelajari tentang teori tumbukan. Pada pembelajaran laju reaksi dikenal suatu pendekatan untuk menjelaskan tentang laju reaksi yaitu teori tumbukan. Pendekatan ini digunakan untuk mempermudah logika berfikir kritis dan logis serta untuk menjelaskan secara ilmiah tentang laju reaksi. Teori ini menyatakan bahwa partikel-partikel reaktan atau pereaksi harus saling bertumbukan terlebih dahulu sebelum terjadinya reaksi. Tumbukan antar partikel reaktan yang berhasil menghasilkan reaksi disebut tumbukan efektif, sedangkan tumbukan yang tidak menghasilkan reaksi disebut tumbukan tidak efektif. Tidak semua tumbukan dapat menghasilkan tumbukan efektif. Energi minimum yang harus dimiliki oleh partikel reaktan untuk bertumbukan efektif disebut energi aktivasi (E_a). Untuk lebih jelasnya perhatikan ilustrasi di bawah ini!



Gambar 6.

Tumbukan tidak efektif dan tumbukan efektif (sumber : nafiun.com)

Pada ilustrasi (a), AA dan BB bertumbukan, akan tetapi dari tumbukan tersebut tidak menghasilkan zat baru, hal tersebut berarti tumbukan tersebut tidak menghasilkan reaksi kimia. Berbeda dengan ilustrasi (a), pada ilustrasi (b) tumbukan antara AA dan BB dapat menghasilkan zat

baru berupa 2 buah AB. Hal tersebut berarti tumbukan pada ilustrasi (b) menyebabkan terjadinya reaksi.

Tumbukan pada ilustrasi (b) inilah yang dikenal dengan istilah tumbukan efektif.

Semoga penjelasan pada modul ini dapat kalian pahami dengan baik.

C. GLOSARIUM

Laju reaksi	: Perubahan konsentrasi dari reaktan ataupun produk per satu satuan waktu.
Teori Tumbukan	: Teori yang menyatakan bahwa partikel-partikel pereaksi atau reaktan harus bertumbukan untuk terjadinya suatu reaksi
Tumbukan efektif	: Tumbukan yang dapat menyebabkan reaksi kimia dapat berlangsung
Energi aktivasi (E_a)	: Energi minimal yang harus dimiliki oleh partikel pereaksi sehingga menghasilkan tumbukan efektif
Konsentrasi	: Banyaknya partikel per satuan volum
Luas permukaan	: Luas total keseluruhan permukaan suatu benda, yang dihitung dengan menjumlahkan seluruh permukaan pada benda tersebut.
Suhu	: Derajat panas benda atau zat
Katalis	: Zat yang dapat mempengaruhi laju reaksi
Persamaan laju reaksi	: Hubungan antara laju reaksi dengan konsentrasi dari pereaksi dipangkatkan bilangan tertentu
Reaksi orde nol	: Laju reaksi tidak dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi pereaksi
Reaksi orde satu	: Laju reaksi dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi pereaksi
Reaksi orde dua	: Pada suatu reaksi orde dua, laju reaksi berubah secara kuadrat terhadap perubahan konsentrasinya
Tahap penentu laju reaksi	: Tahap reaksi kimia yang paling lambat dalam mekanisme reaksi

D. DAFTAR PUSTAKA

- Johari, J.M.C. dan Rachmawati, M, 2006. *Kimia SMA dan MA untuk Kelas XI*, Esis, Jakarta
- Sudarmo, Unggul & Mitayani, Nanik, 2014, *Kimia untuk SMA /MA kelas XI*, Jakarta, Airlangga
- Sudiono, Sri & Juari Santosa, Sri dan Pranowo, Deni, 2007, *Kimia Kelas XI untuk SMA dan MA*, Jakarta, Intan Pariwara
- <https://www.youtube.com/watch?v=uCBw7wTDOw> [diakses pada 10 September 2020]
- <https://www.wallpaperbetter.com> [diakses pada 10 September 2020]
- www.nafiun.com [diakses pada 10 September 2020]
- <https://jatim.tribunnews.com> [diakses pada 10 September 2020]

RENCANAAN PEMBELAJARAN MENDALAM

Keseimbangan Kimia

KIMIA

KELAS XI

Oleh:

Sri Hastutik, S.Pd

Tahun Pelajaran 2025/2026

SMA NEGERI 13 KOTA JAMBI

PERENCANAAN PEMBELAJARAN

Keseimbangan Kimia

Satuan Pendidikan : SMA Negeri 13 Kota Jambi
Mata Pelajaran : Kimia
Kelas/Fase : XI / F
Waktu : 17 x 45 menit (7 pertemuan)

IDENTIFIKASI

Peserta Didik :

Kesiapan Peserta Didik untuk Materi Keseimbangan Kimia Kelas 11 Fase F

Kesiapan belajar kimia materi keseimbangan kimia bagi peserta didik kelas 11 Fase F sangat bergantung pada penguasaan konsep dasar reaksi kimia, terutama pemahaman tentang reaksi reversibel, laju reaksi, dan perubahan energi dalam suatu sistem kimia. Pengetahuan awal tentang dinamika reaksi dan hubungan antara reaktan dan produk menjadi fondasi penting untuk memahami kondisi keseimbangan dan bagaimana sistem mencapai keadaan stabil secara dinamis.

Kemampuan berpikir analitis dan pemahaman konsep stoikiometri sangat diperlukan dalam menghitung perubahan konsentrasi serta konstanta keseimbangan (K_c dan K_p). Selain itu, penguasaan matematika dasar, khususnya aljabar dan persamaan kuadrat, sangat mendukung dalam menyelesaikan soal-soal terkait perhitungan keseimbangan kimia.

Minat peserta didik terhadap fenomena kimia dalam kehidupan sehari-hari, seperti proses industri (misalnya sintesis amonia dengan metode Haber), reaksi dalam tubuh manusia, dan lingkungan, juga sangat mempengaruhi motivasi belajar. Rasa ingin tahu tentang bagaimana reaksi kimia dapat dikendalikan agar menghasilkan produk yang diinginkan merupakan aspek yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan keterlibatan peserta didik.

Latar belakang pengalaman belajar kimia di kelas sebelumnya yang mencakup konsep reaksi kimia dasar, hukum kekekalan massa, dan prinsip perubahan energi memberikan fondasi penting untuk memahami materi ini. Selain itu, pengalaman dengan pembelajaran praktikum sederhana dan simulasi kimia membantu peserta didik mengenali konsep secara visual dan aplikatif.

Dukungan lingkungan belajar yang memadai, seperti penggunaan media digital berupa simulasi keseimbangan kimia, video interaktif, serta laboratorium kimia yang

memungkinkan eksperimen terkait kesetimbangan, dapat memperkuat pemahaman peserta didik dengan berbagai gaya belajar, khususnya gaya visual dan kinestetik.

Keterampilan berpikir kritis dan sistematis sangat diperlukan untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi posisi kesetimbangan berdasarkan prinsip Le Chatelier dan mengaplikasikan konsep tersebut pada berbagai kasus. Kemampuan kerja sama dalam diskusi kelompok, ketekunan dalam latihan soal, serta kemampuan komunikasi ilmiah dalam menyampaikan hasil diskusi menjadi faktor pendukung keberhasilan pembelajaran materi kesetimbangan kimia ini.

Materi Pelajaran :

Kesetimbangan Kimia (Konsep, Faktor yang mempengaruhi, dan Aplikasi)

Materi Kesetimbangan Kimia mencakup pengetahuan faktual, seperti konsep reaksi reversibel dan dinamika kesetimbangan; konseptual, termasuk prinsip Le Chatelier, faktor-faktor yang mempengaruhi kesetimbangan (konsentrasi, suhu, tekanan), serta konstanta kesetimbangan (K_c dan K_p); prosedural, yaitu langkah-langkah dalam menentukan posisi kesetimbangan dan perhitungan konstanta kesetimbangan; serta metakognitif, seperti kemampuan mengevaluasi pemahaman diri dalam menganalisis perubahan sistem kesetimbangan dan mengidentifikasi kesalahan dalam perhitungan.

Materi ini relevan dengan kehidupan nyata peserta didik dalam memahami proses kimia yang terjadi di lingkungan sekitar dan industri, misalnya bagaimana reaksi dalam produksi amonia (metode Haber) atau proses penetralan asam dan basa dalam tubuh manusia. Dalam konteks teknologi dan lingkungan, pemahaman kesetimbangan kimia mendasari inovasi dalam pengendalian reaksi kimia agar lebih efisien dan ramah lingkungan.

Tingkat kesulitan materi ini tergolong sedang hingga tinggi karena memerlukan pemahaman konsep abstrak tentang reaksi dinamis dan keseimbangan yang tidak dapat diamati secara langsung. Penguasaan terhadap konsep laju reaksi, prinsip Le Chatelier, serta kemampuan matematika dalam menyelesaikan persamaan kesetimbangan menjadi tantangan tersendiri bagi peserta didik.

Struktur materi dimulai dari pengantar konsep reaksi reversibel dan kesetimbangan dinamis, dilanjutkan dengan faktor-faktor yang mempengaruhi posisi kesetimbangan, prinsip Le Chatelier, perhitungan konstanta kesetimbangan (K_c dan K_p), hingga aplikasi konsep tersebut dalam berbagai situasi dan kasus nyata.

Dalam pembelajaran ini, dapat diintegrasikan nilai dan karakter, seperti ketelitian dalam perhitungan dan observasi, kejujuran ilmiah dalam melaporkan hasil percobaan atau diskusi, serta tanggung jawab dalam menyelesaikan tugas individu dan kelompok. Selain itu, rasa ingin tahu terhadap pengendalian proses kimia dan apresiasi terhadap keteraturan alam juga akan berkembang saat siswa memahami prinsip kesetimbangan kimia.

Melalui pemahaman kesetimbangan kimia, peserta didik dapat membangun kesadaran akan pentingnya ilmu dasar kimia dalam mendukung kemajuan teknologi, industri, dan pelestarian lingkungan. Dengan demikian, pembelajaran tidak hanya berorientasi pada aspek kognitif, tetapi juga membentuk sikap ilmiah dan karakter positif.

Dimensi Profil Lulusan :

- DPL 3 Penalaran Kritis
- DPL 4 Kreativitas
- DPL 5 Kolaborasi

DESAIN PEMBELAJARAN

Capaian Pembelajaran :

Peserta didik mampu menjelaskan konsep kesetimbangan kimia secara kritis dan sistematis, menganalisis pengaruh berbagai faktor terhadap posisi kesetimbangan menggunakan prinsip Le Chatelier, serta mengaplikasikan pengetahuan tersebut untuk memecahkan masalah nyata secara mandiri dan kolaboratif. Selain itu, peserta didik menunjukkan sikap bertanggung jawab, rasa ingin tahu, dan kesadaran akan pentingnya kesetimbangan kimia dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi.

Lintas Disiplin Ilmu:

- Fisika (terkait dinamika reaksi dan perubahan energi)
- Matematika (perhitungan konstanta kesetimbangan)

Tujuan Pembelajaran :

Peserta didik mampu:

- 11.5.1. Menjelaskan konsep dasar kesetimbangan kimia.
- 11.5.2. Menganalisis pengaruh perubahan konsentrasi, suhu, dan tekanan terhadap posisi kesetimbangan.
- 11.5.3. Menghitung konstanta kesetimbangan berdasarkan konsentrasi (K_c) dari data yang diberikan.
- 11.5.4. Menghitung konstanta kesetimbangan berdasarkan tekanan (K_p) dari data yang diberikan.
- 11.5.5. Melakukan diskusi dan eksperimen simulasi sederhana tentang kesetimbangan.
- 11.5.6. Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan dan penerapannya prinsip Le Chatelier pada dalam industri

Topik Pembelajaran :

- Konsep Kesetimbangan Kimia
- Faktor yang mempengaruhi Kesetimbangan
- Prinsip Le Chatelier
- Perhitungan Konstanta Kesetimbangan (K_c dan K_p)
- Aplikasi Kesetimbangan Kimia dalam kehidupan sehari-hari

Praktik Pedagogis :

- Diskusi kelompok
- Eksperimen simulasi
- Presentasi hasil diskusi
- Tanya jawab dan refleksi

Metode Simulasi dan Eksplorasi Keseimbangan Kimia:

- Peserta didik menggunakan simulasi interaktif (misalnya PhET atau aplikasi serupa) untuk memodelkan reaksi reversibel dan mengamati bagaimana perubahan konsentrasi, suhu, dan tekanan memengaruhi posisi keseimbangan.
 - **Berkesadaran:** Menumbuhkan kesadaran akan dinamika reaksi kimia dan pentingnya keseimbangan dalam proses kimia sehari-hari dan industri.
 - **Bermakna:** Memberikan pengalaman konkret terhadap konsep abstrak keseimbangan yang sulit diamati secara langsung.
 - **Menggembirakan:** Memberikan kesempatan eksplorasi mandiri maupun berpasangan dengan antarmuka yang interaktif dan visual menarik.
 - Simulasi melatih penalaran logis dalam memahami prinsip Le Chatelier, kreativitas dalam menginterpretasi hasil simulasi, serta refleksi atas perubahan yang terjadi dalam sistem.
-

Metode Diskusi dan Presentasi Kolaboratif:

- Peserta didik berdiskusi dalam kelompok untuk menganalisis pengaruh faktor-faktor (konsentrasi, suhu, tekanan) terhadap keseimbangan kimia dan mempresentasikan hasilnya di depan kelas.
 - **Berkesadaran:** Membangun pemahaman bahwa keseimbangan kimia dapat dikendalikan dan dimanfaatkan dalam berbagai proses kimia dan kehidupan sehari-hari.
 - **Bermakna:** Memberikan ruang bagi peserta didik untuk mengaitkan teori dengan fenomena nyata seperti produksi bahan kimia dan reaksi biologis.
 - **Menggembirakan:** Menumbuhkan semangat kerja tim dan kebanggaan dalam berbagi hasil pemikiran secara komunikatif.
 - Diskusi dan presentasi melatih kemampuan berpikir kritis dalam mengaitkan konsep dan data, kreativitas dalam menyusun media presentasi, serta keterampilan komunikasi ilmiah.
-

Strategi Pembelajaran Berbasis Pemecahan Masalah (Problem-Based Learning):

- Peserta didik diberikan masalah kontekstual, misalnya: “Bagaimana perubahan suhu mempengaruhi hasil reaksi pembuatan amonia dalam metode Haber?”, kemudian mencari solusi dan menjelaskan secara ilmiah berdasarkan prinsip kesetimbangan kimia.
- **Berkesadaran:** Menumbuhkan kesadaran bahwa ilmu kimia sangat relevan dalam menyelesaikan masalah dunia nyata dan industri.
- **Bermakna:** Memfasilitasi pembelajaran yang berpusat pada pencarian informasi dan penerapan konsep secara mandiri.
- **Menggembirakan:** Membangkitkan rasa ingin tahu dan tantangan intelektual yang memacu keterlibatan aktif.
- Strategi ini melatih kemampuan berpikir analitis, kemandirian belajar, dan kolaborasi dalam menyelesaikan masalah secara ilmiah.

Kemitraan Pembelajaran :

- Guru Kimia
- Sumber belajar digital (video, simulasi interaktif)
- Laboratorium Kimia SMA (jika memungkinkan)

Lingkungan Pembelajaran :

- Ruang kelas
- Laboratorium (untuk simulasi dan praktikum)
- Media digital

Ruang Fisik:

- **Laboratorium Kimia:** digunakan untuk melakukan eksperimen dan simulasi kesetimbangan kimia, memvisualisasikan reaksi reversibel serta mengamati perubahan posisi kesetimbangan menggunakan alat dan bahan kimia yang relevan.
- **Ruang Kelas:** dilengkapi dengan proyektor atau layar interaktif untuk menampilkan simulasi kesetimbangan, video pembelajaran, serta tempat diskusi dan presentasi kelompok yang mendukung interaksi aktif peserta didik.

Ruang Virtual:

- **Platform LMS:** digunakan untuk mengakses modul pembelajaran, forum diskusi daring, serta mengerjakan dan mengumpulkan tugas terkait konsep dan aplikasi kesetimbangan kimia.
 - **Simulasi Interaktif:** seperti PhET atau simulasi kimia digital lain yang memungkinkan peserta didik mengeksplorasi pengaruh konsentrasi, suhu, dan tekanan terhadap posisi kesetimbangan secara visual dan interaktif.
 - **Sumber Online:** artikel, video pembelajaran, dan e-book terpercaya yang memperkaya pemahaman peserta didik mengenai prinsip Le Chatelier, konstanta kesetimbangan, dan aplikasi kesetimbangan kimia dalam kehidupan nyata.
-

Budaya Belajar:

- **Penalaran Kritis:** menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi kesetimbangan kimia dan menghubungkan teori dengan praktik nyata.
- **Kreativitas:** merancang model simulasi sederhana, media pembelajaran interaktif, atau presentasi digital yang menggambarkan dinamika kesetimbangan kimia.
- **Komunikasi:** menyampaikan hasil diskusi, eksperimen, dan temuan secara lisan maupun tertulis dengan bahasa ilmiah yang jelas dan sistematis melalui presentasi kelompok, laporan, atau video penjelasan.

Pemanfaatan Digital :

- Video pembelajaran interaktif
- Simulasi kesetimbangan kimia (PhET atau software sejenis)
- Google Classroom untuk diskusi dan pengumpulan tugas

PENGALAMAN BELAJAR

KESETIMBANGAN KIMIA

Pertemuan 1: Pengantar Kesetimbangan Kimia dan Reaksi Reversibel

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menjelaskan konsep dasar kesetimbangan kimia, membedakan antara reaksi reversibel dan irreversibel, serta mengidentifikasi contoh penerapan reaksi reversibel dalam kehidupan sehari-hari.

AWAL (20 menit):

- **Salam, absensi, doa bersama.**
- **Ice breaking:** "Apa yang terjadi jika reaksi kimia tidak pernah selesai?"
- **Visualisasi:** Tampilkan animasi/video reaksi reversibel dan konsep kesetimbangan dinamis.
- **Koneksi:** Hubungkan dengan proses industri yang melibatkan reaksi reversibel, seperti produksi amonia atau pengawetan makanan.

INTI (70 menit):

- **Memahami (40 menit):** Guru menjelaskan ciri-ciri **reaksi reversibel**, konsep **kesetimbangan dinamis**, dan bagaimana **model partikel** menggambarkan kondisi ini.
- **Mengaplikasi (20 menit):** Diskusi kelompok untuk mengidentifikasi **contoh reaksi** dalam kehidupan sehari-hari dan mengklasifikasikan sifatnya (reversibel/irreversibel).
- **Merefleksi (10 menit):** Refleksi tertulis individu: "Mengapa penting bagi reaksi kimia untuk tidak selalu berjalan satu arah saja?"

PENUTUP (20 menit):

- Rangkuman singkat materi dan sesi tanya jawab.
 - **Tugas:** Cari 2 contoh reaksi reversibel di lingkungan sekitar Anda dan jelaskan mengapa reaksi tersebut bersifat reversibel.
-

Pertemuan 2: Karakteristik Reaksi Keseimbangan

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu mengidentifikasi dan menjelaskan karakteristik reaksi keseimbangan, termasuk kondisi yang diperlukan untuk mencapainya.

AWAL (20 menit):

- **Review:** Diskusi cepat tentang reaksi reversibel dan pengamatan dari tugas rumah.
- **Pertanyaan pemantik:** "Apa yang menentukan kapan suatu reaksi mencapai keseimbangan?"

INTI (70 menit):

- **Memahami (40 menit):** Guru menjelaskan **karakteristik keseimbangan**: laju reaksi maju dan balik yang setara, konsentrasi reaktan dan produk yang konstan, serta pentingnya **sistem tertutup**. Konsep ini akan divisualisasikan melalui simulasi animasi.
- **Mengaplikasi (20 menit):** Diskusi kelompok: menganalisis skenario reaksi yang berbeda dan memprediksi apakah reaksi tersebut akan mencapai keseimbangan atau tidak, beserta alasannya.
- **Merefleksi (10 menit):** Siswa menuliskan pemahaman mereka tentang konsep "**keseimbangan dinamis**" dalam konteks reaksi kimia.

PENUTUP (20 menit):

- Guru menekankan kembali pentingnya sistem tertutup dalam mencapai keseimbangan dan mengaitkannya dengan proses biologis dan industri.
 - Pemberian studi kasus singkat untuk dipikirkan di rumah mengenai contoh keseimbangan dalam skala yang lebih besar.
-

Pertemuan 3: Prinsip Le Chatelier – Pengaruh Konsentrasi

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menganalisis pengaruh perubahan konsentrasi terhadap posisi keseimbangan berdasarkan prinsip Le Chatelier.

AWAL (20 menit):

- **Kuis cepat** interaktif tentang karakteristik keseimbangan.
- **Pertanyaan pemantik:** "Apa yang terjadi jika jumlah reaktan dalam suatu sistem keseimbangan ditambah? Ke arah mana reaksi akan bergeser?"

INTI (70 menit):

- **Memahami (40 menit):** Guru menjelaskan **Prinsip Le Chatelier**, dengan fokus pada pengaruh perubahan **konsentrasi** reaktan atau produk terhadap pergeseran posisi keseimbangan. Demonstrasi sederhana atau visualisasi menggunakan simulasi PhET akan membantu pemahaman.

- **Mengaplikasi (20 menit):** Simulasi kelompok: peserta didik memprediksi **arah pergeseran kesetimbangan** (ke kanan atau ke kiri) untuk beberapa reaksi kesetimbangan yang diberikan, berdasarkan perubahan konsentrasi yang bervariasi.
- **Merefleksi (10 menit):** Diskusi kelas: bagaimana perubahan konsentrasi memengaruhi arah reaksi dan seberapa besar dampaknya terhadap kesetimbangan.

PENUTUP (20 menit):

- Rangkuman tentang pengaruh konsentrasi terhadap kesetimbangan.
 - **Tugas:** Latihan soal mengenai perubahan konsentrasi dan pergeseran kesetimbangan.
-

Pertemuan 4: Prinsip Le Chatelier – Pengaruh Suhu dan Tekanan

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menjelaskan dan memprediksi pengaruh perubahan suhu dan tekanan terhadap posisi kesetimbangan berdasarkan prinsip Le Chatelier.

AWAL (20 menit):

- **Review cepat** pengaruh konsentrasi.
- **Pertanyaan pemantik:** "Mengapa reaksi pada industri sering dipanaskan atau diberi tekanan tinggi untuk memaksimalkan hasil produk tertentu?"

INTI (70 menit):

- **Memahami (40 menit):** Penjelasan dampak perubahan **suhu** (untuk reaksi eksoterm/endoterm) dan **tekanan** (berdasarkan jumlah mol gas) terhadap pergeseran kesetimbangan. Simulasi digital/analog akan digunakan untuk membantu pemahaman.
- **Mengaplikasi (20 menit):** Diskusi dan latihan soal interaktif secara berkelompok: memprediksi **arah pergeseran kesetimbangan** untuk berbagai reaksi gas ketika suhu atau tekanan diubah.
- **Merefleksi (10 menit):** Siswa membuat tabel ringkasan pribadi yang merangkum dampak suhu, tekanan, dan konsentrasi pada pergeseran kesetimbangan.

PENUTUP (20 menit):

- **Tugas rumah:** Cari artikel atau berita tentang pengaturan suhu/tekanan dalam suatu pabrik industri kimia dan jelaskan mengapa kondisi tersebut penting.
-

Pertemuan 5: Konstanta Kesetimbangan K_c – Konsep dan Perhitungan

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menghitung konstanta kesetimbangan berdasarkan konsentrasi (K_c) dari data yang diberikan dan menjelaskan makna nilai K_c terhadap posisi kesetimbangan.

AWAL (20 menit):

- **Kuis cepat** mengenai prinsip Le Chatelier.
- **Pertanyaan pemantik:** "Bagaimana kita tahu seberapa jauh reaksi telah berlangsung menuju pembentukan produk pada kondisi kesetimbangan?"

INTI (70 menit):

- **Memahami (40 menit):** Guru menjelaskan konsep **konstanta kesetimbangan K_c**, **rumus umum K_c**, dan cara menentukan nilai K_c dari konsentrasi kesetimbangan. Interpretasi **nilai K_c** (besar atau kecil) dan kaitannya dengan posisi kesetimbangan akan dibahas.
- **Mengaplikasi (20 menit):** Latihan **perhitungan K_c** dari data konsentrasi awal dan akhir (menggunakan ICE table jika diperlukan). Peserta didik akan mengerjakan beberapa soal secara mandiri atau berpasangan.
- **Merefleksi (10 menit):** Diskusi kelas: "Apa arti nilai K_c yang sangat besar atau sangat kecil bagi suatu reaksi?"

PENUTUP (20 menit):

- Latihan soal tambahan untuk pematapan perhitungan K_c dengan berbagai tingkat kesulitan.
-

Pertemuan 6: Konstanta Kesetimbangan K_p – Konsep dan Perhitungan

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menghitung konstanta kesetimbangan berdasarkan tekanan parsial (K_p) dari data yang diberikan, serta menghubungkan K_p dengan K_c dalam reaksi gas.

AWAL (20 menit):

- **Tinjau ulang** perhitungan K_c.
- **Pertanyaan pemantik:** "Bagaimana jika reaksi kesetimbangan hanya melibatkan gas, apakah kita masih menggunakan konsentrasi untuk menghitung konstanta kesetimbangan?"

INTI (70 menit):

- **Memahami (40 menit):** Guru menjelaskan konsep **konstanta kesetimbangan K_p**, **rumus umum K_p**, dan **hubungan antara K_p dan K_c** ($K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$) untuk reaksi gas.
- **Mengaplikasi (20 menit):** Latihan **menghitung K_p** dari data tekanan parsial gas pada kesetimbangan, serta beberapa soal konversi dari K_c ke K_p atau sebaliknya.
- **Merefleksi (10 menit):** Refleksi tertulis: "Jelaskan kesulitan utama dalam menghitung K_p dan strategi apa yang Anda gunakan untuk mengatasinya."

PENUTUP (20 menit):

- **Penugasan:** Soal kombinasi K_c dan K_p yang melibatkan analisis data dan perhitungan untuk latihan mandiri.

Pertemuan 7: Aplikasi Keseimbangan dalam Industri dan Kehidupan Sehari-hari

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menganalisis penerapan prinsip keseimbangan kimia, khususnya prinsip Le Chatelier, dalam proses industri dan sistem lingkungan hidup.

AWAL (20 menit):

- **Diskusi awal:** Siswa berbagi contoh penggunaan keseimbangan yang mereka ketahui di industri atau kehidupan sehari-hari.
- **Pertanyaan pemantik:** "Mengapa pengaturan kondisi reaksi (suhu, tekanan, konsentrasi) sangat penting dalam mencapai efisiensi produksi di industri kimia?"

INTI (70 menit):

- **Memahami & Mengaplikasi (60 menit):**
 - **Presentasi Kelompok (45 menit):** Setiap kelompok mempresentasikan **studi kasus** aplikasi keseimbangan (contoh: proses Haber-Bosch untuk amonia, pengolahan limbah, sistem *buffer* dalam darah, pembentukan stalaktit/stalagmit).
 - **Diskusi Kelas (15 menit):** Diskusi mendalam mengenai **relevansi prinsip keseimbangan** dalam kehidupan nyata, terutama bagaimana Prinsip Le Chatelier digunakan untuk memaksimalkan hasil produk atau mengendalikan reaksi.
- **Merefleksi (10 menit):** Refleksi tertulis: "Apa dampak belajar konsep keseimbangan kimia terhadap pemahaman Anda tentang dunia nyata dan lingkungan di sekitar Anda?"

PENUTUP (20 menit):

- **Tugas:** Buat **infografis** menarik yang menggambarkan salah satu penerapan prinsip keseimbangan dalam industri atau kehidupan sehari-hari. Infografis harus mudah dipahami dan informatif.
-

Pertemuan 8: Review, Evaluasi, dan Refleksi Akhir

Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu merefleksikan keseluruhan pemahaman konsep keseimbangan, menyelesaikan soal terintegrasi, dan mempresentasikan hasil pemahaman dalam bentuk kreatif.

AWAL (20 menit):

- **Ice breaking:** Kuis ringan interaktif yang mencakup seluruh materi keseimbangan.
- **Tinjauan:** Poin-poin penting dari seluruh pertemuan sebelumnya untuk menyegarkan ingatan.

INTI (70 menit):

- **Memahami & Mengaplikasi (60 menit):**

- **Evaluasi (45 menit):** Peserta didik mengerjakan **soal terintegrasi** yang mencakup prinsip Le Chatelier, perhitungan K_c , perhitungan K_p , dan aplikasi kesetimbangan dalam konteks nyata.
- **Pameran Mini (15 menit):** Setiap kelompok mempresentasikan hasil infografis/poster yang telah dibuat sebagai tugas pertemuan 7, dilanjutkan dengan sesi tanya jawab singkat.
- **Merefleksi (10 menit):** Siswa menuliskan **refleksi akhir** tentang unit kesetimbangan kimia, mencakup pemahaman yang didapat, tantangan yang dihadapi, dan bagaimana mereka melihat penerapan konsep ini dalam kehidupan nyata.

PENUTUP (20 menit):

- Guru memberikan **umpan balik** umum mengenai performa kelas selama unit ini.
- **Motivasi** untuk terus belajar kimia dan melihat relevansinya dalam berbagai aspek kehidupan.
- Doa penutup.
-



ASESMEN PEMBELAJARAN



Asesmen pada Awal Pembelajaran:

- **Pertanyaan lisan dan tertulis singkat** untuk mengukur pemahaman awal peserta didik tentang reaksi kimia dan kesetimbangan, misalnya:
 - Apa yang dimaksud dengan reaksi reversible?
 - Berikan contoh reaksi kimia yang dapat mencapai kesetimbangan!



Asesmen pada Proses Pembelajaran:

- **Observasi partisipasi** siswa saat diskusi kelompok dan simulasi interaktif, mencakup:
 - Keterlibatan dalam tanya jawab.
 - Kerjasama dalam menyelesaikan masalah.
- **Penilaian hasil kerja kelompok**, seperti:
 - Laporan hasil simulasi pengaruh perubahan konsentrasi, suhu, dan tekanan.
 - Pengerjaan soal latihan perhitungan konstanta kesetimbangan.



Asesmen pada Akhir Pembelajaran:

Tes Tertulis: Soal Pilihan Ganda (10 Soal)

1. Reaksi berikut yang termasuk reaksi reversible adalah...
 - a. Pembakaran kayu
 - b. Fotosintesis
 - c. Pembentukan es dari air
 - d. Pembentukan NH_3 dari N_2 dan H_2
 - e. Pembakaran minyak tanah

Jawaban: d

2. Dalam reaksi kesetimbangan, yang dimaksud dengan “dinamis” adalah...
 - a. Reaksi berlangsung terus tanpa perubahan
 - b. Kecepatan reaksi maju dan balik sama
 - c. Reaksi hanya berjalan satu arah
 - d. Semua zat bereaksi habis
 - e. Reaksi berhenti setelah waktu tertentu

Jawaban: b

3. Jika suhu pada reaksi endoterm dinaikkan, maka menurut prinsip Le Chatelier...
 - a. Kesetimbangan bergeser ke kiri
 - b. Kesetimbangan bergeser ke kanan
 - c. Tidak terjadi perubahan posisi kesetimbangan
 - d. Reaksi berhenti
 - e. Tekanan berubah

Jawaban: b

4. Perubahan tekanan hanya mempengaruhi kesetimbangan jika...
 - a. Jumlah mol gas sama di kedua sisi reaksi
 - b. Jumlah mol gas berbeda di kedua sisi reaksi
 - c. Reaksi berlangsung pada larutan
 - d. Suhu sangat tinggi
 - e. Reaksi berlangsung pada zat padat

Jawaban: b

5. Konstanta kesetimbangan (K_c) dihitung dari...
 - a. Rasio konsentrasi pereaksi terhadap hasil reaksi
 - b. Rasio konsentrasi hasil reaksi terhadap pereaksi, masing-masing dipangkatkan koefisien reaksi
 - c. Jumlah konsentrasi semua zat dalam reaksi
 - d. Perbandingan tekanan gas sebelum dan sesudah reaksi
 - e. Konsentrasi zat pereaksi saja

Jawaban: b

6. Suatu reaksi memiliki nilai $K_c = 1 \times 10^5$. Hal ini menunjukkan...
 - a. Kesetimbangan berpihak pada pereaksi

- b. Keseimbangan berpihak pada hasil reaksi
- c. Reaksi tidak mencapai keseimbangan
- d. Reaksi tidak berjalan
- e. Reaksi eksoterm

Jawaban: b

7. Jika konsentrasi salah satu hasil reaksi ditambah, maka menurut prinsip Le Chatelier...
- a. Reaksi maju semakin cepat
 - b. Keseimbangan bergeser ke arah pereaksi
 - c. Tidak terjadi perubahan
 - d. Suhu reaksi naik
 - e. Tekanan berkurang

Jawaban: b

8. Apa peran katalis dalam reaksi keseimbangan?
- a. Mengubah posisi keseimbangan
 - b. Meningkatkan kecepatan reaksi maju saja
 - c. Mempercepat tercapainya keseimbangan tanpa mengubah posisi keseimbangan
 - d. Mengurangi energi aktivasi reaksi balik saja
 - e. Mengubah suhu reaksi

Jawaban: c

9. Dalam reaksi keseimbangan berikut: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$, perubahan tekanan dinaikkan, maka posisi keseimbangan akan...
- a. Bergeser ke arah N_2 dan H_2
 - b. Bergeser ke arah NH_3
 - c. Tidak berubah
 - d. Bergantung pada suhu
 - e. Reaksi berhenti

Jawaban: b

10. Berikut ini yang bukan termasuk faktor yang mempengaruhi keseimbangan adalah...
- a. Konsentrasi
 - b. Tekanan
 - c. Suhu
 - d. Warna zat
 - e. Katalis

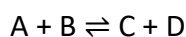
Jawaban: d

Soal Uraian (3 Soal)

1. Jelaskan dengan singkat apa yang dimaksud reaksi reversible dan berikan contohnya dalam kehidupan sehari-hari!

Jawaban contoh: Reaksi reversible adalah reaksi kimia yang dapat berlangsung bolak-balik, yaitu produk bisa bereaksi balik menjadi reaktan. Contohnya adalah reaksi pembentukan amonia dalam proses Haber ($N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$).

2. Sebuah reaksi kesetimbangan memiliki persamaan:



Jika konsentrasi A ditambah, jelaskan bagaimana prinsip Le Chatelier memprediksi perubahan posisi kesetimbangan!

Jawaban contoh: Menurut prinsip Le Chatelier, sistem akan merespon dengan menggeser kesetimbangan ke arah produk (kanan) untuk mengurangi perubahan konsentrasi A yang bertambah.

3. Suatu reaksi kesetimbangan memiliki $K_c = 4,0 \times 10^{-3}$. Jelaskan apakah reaksi tersebut lebih mengarah ke reaktan atau produk dan mengapa!

Jawaban contoh: Nilai K_c yang kecil ($\ll 1$) menunjukkan bahwa reaksi lebih mengarah ke reaktan, artinya konsentrasi reaktan lebih besar daripada produk pada kesetimbangan.

Instrumen Penilaian

1. Rubrik penilaian presentasi dan diskusi kelompok.
2. Ceklist keaktifan dan partisipasi siswa selama pembelajaran.
3. Kuis dan tugas tertulis.

1. Rubrik Penilaian Presentasi dan Diskusi Kelompok

Aspek Penilaian	Kriteria	Skor 4 (Sangat Baik)	Skor 3 (Baik)	Skor 2 (Cukup)	Skor 1 (Kurang)
Konten Materi	Ketepatan dan kedalaman materi yang disampaikan sesuai topik	Materi lengkap, akurat, dan sangat mendalam	Materi lengkap dan akurat	Materi kurang lengkap atau kurang akurat	Materi banyak kesalahan dan kurang lengkap
Penyampaian	Kejelasan, kelancaran, dan cara menyampaikan materi	Sangat jelas, lancar, dan menarik	Jelas dan lancar	Kadang kurang jelas dan kurang lancar	Sulit dipahami dan kurang terstruktur
Kerjasama Kelompok	Partisipasi dan kolaborasi antar anggota	Semua anggota aktif dan berkontribusi	Hampir semua anggota aktif	Hanya sebagian anggota aktif	Sebagian besar anggota pasif

Aspek Penilaian	Kriteria	Skor 4 (Sangat Baik)	Skor 3 (Baik)	Skor 2 (Cukup)	Skor 1 (Kurang)
Penggunaan Media	Pemanfaatan alat bantu (presentasi, poster, simulasi)	Media sangat mendukung dan menarik	Media mendukung dan jelas	Media kurang mendukung	Media tidak digunakan atau kurang efektif
Jawaban Tanya Jawab	Kemampuan menjawab pertanyaan dari guru/teman dengan tepat dan percaya diri	Semua pertanyaan dijawab dengan benar dan percaya diri	Sebagian besar pertanyaan dijawab dengan benar	Beberapa pertanyaan dijawab kurang tepat	Jawaban banyak salah atau tidak bisa menjawab

Penilaian Skor Total: Jumlah skor / 20 x 100%

2. Ceklist Keaktifan dan Partisipasi Siswa Selama Pembelajaran

No.	Nama Siswa	Menyampaikan Pendapat	Bertanya	Mengajukan Ide	Membantu Teman	Mengikuti Simulasi	Aktif Diskusi Kelompok	Skor (0–6)
1		Ya / Tidak	Ya / Tidak	Ya / Tidak	Ya / Tidak	Ya / Tidak	Ya / Tidak	
2								

Keterangan Skor:

- Setiap aktivitas (Ya) = 1 poin
- Total skor maksimal = 6
- Kategori keaktifan:
 - 5–6 = Sangat Aktif
 - 3–4 = Aktif
 - 1–2 = Kurang Aktif
 - 0 = Tidak Aktif

3. Kuis dan Tugas Tertulis

Rubrik Penilaian Kuis/Tugas Tertulis (Pilihan Ganda dan Uraian)

Aspek Penilaian	Kriteria	Skor 3 (Baik)	Skor 2 (Cukup)	Skor 1 (Kurang)
-----------------	----------	---------------	----------------	-----------------

Aspek Penilaian	Kriteria	Skor 3 (Baik)	Skor 2 (Cukup)	Skor 1 (Kurang)
Ketepatan Jawaban	Jawaban benar dan sesuai instruksi	> 85% jawaban benar	60%–85% jawaban benar	< 60% jawaban benar
Kelengkapan Jawaban (Uraian)	Jawaban lengkap dan jelas	Jawaban lengkap dan terperinci	Jawaban cukup jelas dan memadai	Jawaban kurang jelas dan tidak lengkap
Pemahaman Konsep	Memperlihatkan penguasaan konsep	Menunjukkan penguasaan konsep sangat baik	Menunjukkan penguasaan konsep cukup	Kurang memahami konsep
Kerapian dan Ketelitian	Tulisan rapi, jawaban terstruktur	Tulisan rapi dan terstruktur dengan baik	Tulisan cukup rapi dan terstruktur	Tulisan kurang rapi dan tidak terstruktur

Penilaian:

- Kuis pilihan ganda:
 - 1 poin untuk setiap jawaban benar, jumlah soal 10 → skor maksimal 10
- Soal uraian (3 soal):
 - Nilai tiap soal maksimum 3, dinilai berdasarkan rubrik di atas → skor maksimal 9
- Total skor maksimal kuis dan tugas = 19

Mengetahui,
Kepala SMAN 13 Kota Jambi

Jambi , 15 Juli 2025
Guru Mata Pelajaran Kimia

Ika Kartikasari, S.Si, M.Pd.

NIP. 19770513 200903 2 006

Sri Hastutik, S.Pd

NIP. 19740716 200903 2 002



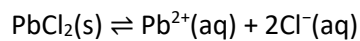
A. LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

LKPD 1

KESETIMBANGAN KIMIA

Soal Tetap Kesetimbangan Kimia dan Kesetimbangan Homogen & Heterogen

1. Bagaimana tetapan kesetimbangan kimia Kc berdasarkan reaksi kesetimbangan kimia dibawah ini?



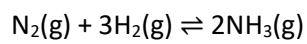
.....

.....

.....

.....

2. Bagaimana tetapan kesetimbangan kimia K_c berdasarkan reaksi kesetimbangan kimia dibawah ini?



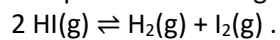
.....

.....

.....

.....

3. Tetapan kesetimbangan (K_c) untuk peruraian HI adalah 4. menurut persamaan reaksi:



Bila mula-mula terdapat 4 mol HI dalam ruang satu liter, tentukan:

- derajat disosiasi HI
- mol H dan I_2 yang terbentuk

[illegible]

4. N_2O_4 (l) adalah komponen penting dari bahan bakar roket, Pada suhu 25°C N_2O_4 adalah gas tak berwarna yang sebagian terdisosiasi menjadi NO_2 . Warna campuran kesetimbangan dari 2 gas ini bergantung pada proporsi relatifnya, yang bergantung pada suhu. Kesetimbangan terbentuk dalam reaksi:

$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ pada 25°C .

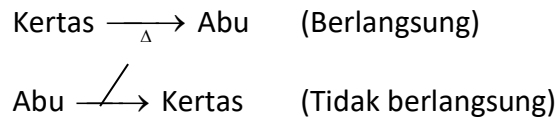
Volume sebesar 3,00L dengan 7,64 g N_2O_4 dan 1,56g NO_2 . Berapa tetapan kesetimbangan Kc untuk reaksi ini?

5. Bagaimana cara kita mengidentifikasi bahwa suatu reaksi merupakan reaksi kesetimbangan homogen dan heterogen? Berikan alasanmu...

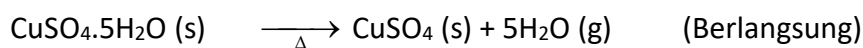
Simak dan analisislah reaksi kimia dalam cerita berikut ini!

Ali, Kertas, dan Kristal Biru

Suatu hari, Ali ditugaskan untuk melakukan eksperimen di laboratorium berkaitan dengan beberapa reaksi kimia. Eksperimen yang pertama, Ali diminta untuk membakar kertas. Ketika Ali membakar kertas, seketika kertas terbakar itu menjadi abu. Kemudian Ali ditantang untuk mengubah abu kertas tadi menjadi kertas, namun dia mengalami kesulitan. Karena abu tersebut, tetap menjadi abu. Tidak bisa berubah menjadi kertas. Sehingga Ali menuliskan persamaan berikut di buku catatannya:



Tugas kedua Ali adalah menguji kristal biru yaitu kristal tembaga (II) sulfat pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Kristal tersebut dapat menjadi kristal anhidrat berwarna putih dengan pemanasan pada suhu tertentu. Kemudian Ali mencoba untuk menteskan kembali air ke kristal anhidrat yang berwarna putih tadi. Ternyata kristal anhidrat berubah menjadi berwarna biru kembali, yang mengindikasikan kristal hidrat terbentuk kembali. Ali menuliskan persamaan reaksinya sebagai berikut:



Berdasarkan dua reaksi tersebut Ali kemudian melakukan analisis bahwa kedua reaksi tersebut memiliki sifat yang berbeda. Mari kita bantu Ali menganalisis reaksi tersebut!

Rumusan Masalah



Berdasarkan fenomena di atas, masalah apakah yang kalian temukan? Tulislah dalam bentuk pertanyaan yang memuat masalah tersebut!

.....
.....

Hipotesis



Buatlah jawaban sementara atau hipotesis dari rumusan masalah yang telah dibuat!

.....
.....

Mengumpulkan Data

Untuk membuktikan hipotesismu, kajilah beberapa buku sumber dan jawablah pertanyaan berikut ini!



Menguji Hipotesis

1. Sebagaimana yang telah kalian amati, apakah abu hasil pembakaran kertas dapat diubah menjadi kertas seperti semula?

.....
.....

2. Peristiwa seperti itulah yang disebut sebagai reaksi *irreversibel*. Jadi, berdasarkan peristiwa tersebut apakah yang disebut reaksi *irreversibel*?

.....
.....

3. Tuliskan kembali persamaan reaksi untuk:

(a) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dipanaskan menghasilkan CuSO_4 dan air

.....

(b) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dipanaskan kemudian ditetesi air

.....

4. Bagaimanakah hubungan kedua reaksi tersebut ? Jelaskan!

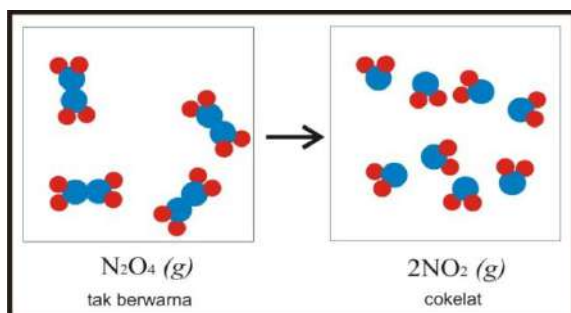
.....
.....

5. Eksperimen kedua Ali itulah yang disebut sebagai reaksi *reversibel*. Jadi, berdasarkan peristiwa tersebut apakah yang disebut reaksi *reversibel*?

.....
.....

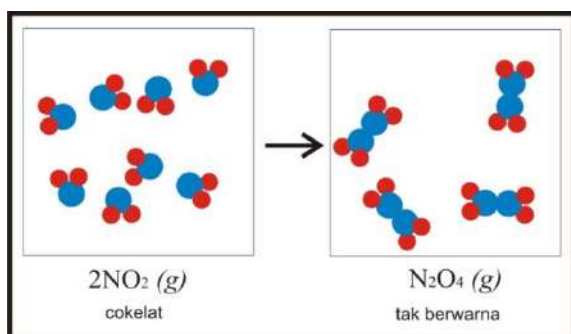
Umumnya, proses-proses alami berlangsung searah, tidak dapat balik (*irreversibel*). Namun, di laboratorium maupun dalam proses industri, banyak sekali reaksi yang dapat balik (*reversibel*). Berikut reaksi lainnya yang dapat balik:

Perhatikan visualisasi gambar berikut dengan teliti!



..... (1)

Dalam laboratorium, gas N_2O_4 yang tak berwarna dalam ruangan tertutup dapat terdisosiasi menjadi gas NO_2 yang berwarna coklat bila suhu dinaikkan. Sebaliknya, jika gas NO_2 yang berwarna coklat didinginkan, maka akan terbentuk gas N_2O_4 sehingga wadah yang semula penuh dengan gas berwarna coklat akan menjadi tidak berwarna.



..... (2)

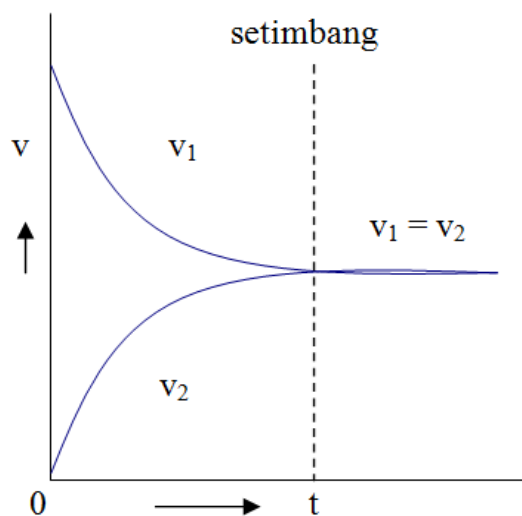
6. Apabila diperhatikan, ternyata reaksi (1) pada disosiasi N_2O_4 juga merupakan dari reaksi (2) pada sintesis N_2O_4 . Hal yang demikian disebut dengan *reaksi reversibel (dapat balik)*. Namun reaksi $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ini merupakan reaksi reversibel tidak berkesetimbangan sedangkan reaksi disosiasi N_2O_4 merupakan reaksi reversibel yang berkesetimbangan.

Persamaan reaksi disosiasi N_2O_4 dapat digabung sebagai berikut:

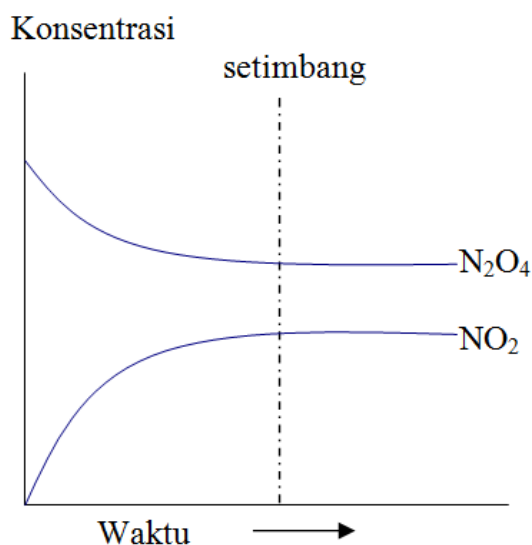


Tanda $\rightleftharpoons$ dimaksudkan untuk menyatakan reaksi dapat balik yang berkesetimbangan. Reaksi ke kanan disebut **reaksi maju**; reaksi ke kiri disebut **reaksi balik**.

Untuk memahami reaksi dapat balik yang berkesetimbangan perhatikan kurva berikut dengan teliti!



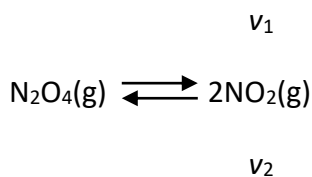
Gambar 1. Grafik perubahan laju reaksi



Gambar 2. Perubahan konsentrasi pereaksi

terhadap waktu

dan hasil reaksi menuju keadaan setimbang.



Misalkan laju reaksi maju v_1 (laju disosiasi N_2O_4) dan laju reaksi balik v_2 (laju sintesis N_2O_4), **v_1 bergantung pada konsentrasi N_2O_4** , sedangkan **nilai v_2 bergantung pada konsentrasi NO_2** .

Berdasarkan kurva di atas, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan bertanggung jawab:

1. Apakah yang dapat kalian temukan berdasarkan kurva 1?

.....
.....

2. Apakah yang dapat kalian temukan berdasarkan kurva 2?

.....
.....

3. Berdasarkan kurva 1, pada saat t (setimbang, ditandai dengan garis vertikal putus-putus), bagaimanakah nilai v_1 dan v_2 ?

.....
.....

4. Berdasarkan kurva 1, bagaimana nilai v_1 dan v_2 setelah melewati waktu t tersebut?

.....
.....

5. Berdasarkan jawaban Anda pada nomor 3 dan 4, apakah arti dari pernyataan tersebut?

.....
.....

6. Berdasarkan kurva 2, pada saat t (setimbang, ditandai dengan garis vertikal putus-putus, bagaimanakah nilai konsentrasi N_2O_4 dan NO_2 ?

.....
.....

7. Bagaimana nilai konsentrasi N_2O_4 dan NO_2 setelah melewati waktu t tersebut?

.....
.....

8. Berdasarkan jawaban Anda pada nomor 6 dan 7, apakah arti dari pernyataan tersebut?

.....
.....

Ketika $v_1 = v_2$, jumlah masing-masing komponen tidak berubah terhadap waktu. Secara makroskopis tidak ada perubahan yang dapat diamati atau diukur, reaksi seolah-olah telah berhenti

9. Berdasarkan sajian animasi, apakah secara sub mikroskopis, ketika $v_1 = v_2$ dan jumlah masing-masing komponen tidak berubah terhadap waktu, tidak terjadi lagi reaksi disosiasi maupun sintesis N_2O_4 ? Jelaskan jawaban kalian!

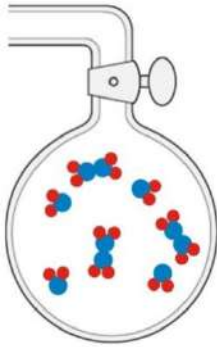
.....
.....
.....
.....

Keadaan yang kita amati pada kurva dan animasi tersebut merupakan keadaan setimbang.

Jadi, keadaan setimbang adalah.....

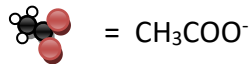
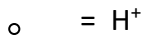
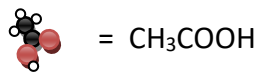
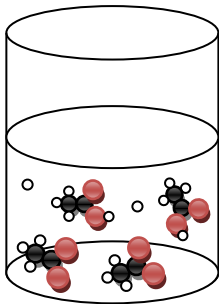
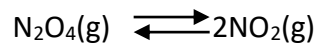
KESETIMBANGAN HOMOGEN DAN KESETIMBANGAN HETEROGEN

FENOMENA



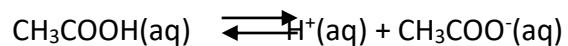
Telah kita ketahui bahwa reaksi disosiasi gas N₂O₄ menjadi gas NO₂ dan sintesis gas N₂O₄ dari gas NO₂ yang berlangsung secara bersamaan merupakan contoh reaksi kesetimbangan.

Reaksi:

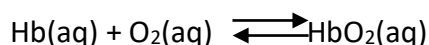


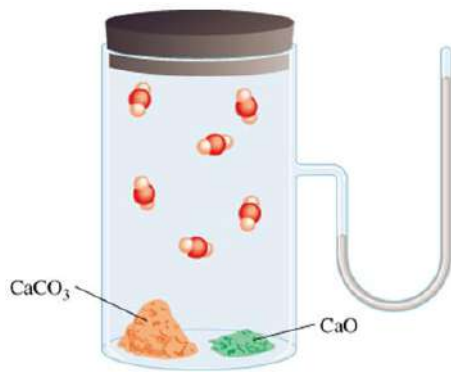
Cuka (asam asetat), CH₃COOH merupakan asam lemah yang dalam larutan berair akan terurai dan membentuk kesetimbangan.

Reaksi:

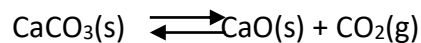


Contoh lain dari reaksi kesetimbangan adalah reaksi kesetimbangan antara *hemoglobin* dan oksigen dengan kompleks *oksihemoglobin* pada proses respirasi (pernapasan). *Hemoglobin* (Hb) merupakan senyawa kompleks yang terdapat pada sel darah merah yang bertugas mengikat lalu mengangkut oksigen ke seluruh bagian tubuh dan melepaskannya. Berikut reaksi kesetimbangan *hemoglobin* dan oksigen dengan kompleks *oksihemoglobin*.





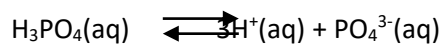
Pualam (batu kapur), CaCO_3 merupakan bagian terbesar penyusun cangkang siput. Kapur tak larut dalam air sehingga tak pernah kita jumpai siput dalam keadaan telanjang (tanpa rumah). Apabila kita panaskan batu kapur pada suhu tertentu maka akan terurai menjadi kapur tohor (CaO) dan karbondioksida (CO_2) dalam reaksi kesetimbangan.



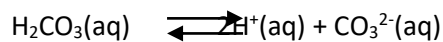
Selain fenomena-fenomena di atas, masih banyak lagi reaksi kesetimbangan yang ada di alam (terutama di dalam tubuh kita) antara lain kesetimbangan penyangga darah, kesetimbangan penyangga cairan sel (sitoplasma), kesetimbangan air, dan lain-lain.

Berikut reaksi-reaksi terkait:

1. Kesetimbangan penyangga darah



2. Kesetimbangan penyangga cairan sel (sitoplasma)



3. Kesetimbangan air



Rumusan Masalah

1. Apa yang dapat kalian temukan berdasarkan fenomena-fenomena di atas?

.....

.....

.....

.....

.....

(MENCOBA)

Kelompokkanlah berbagai reaksi kesetimbangan diatas berdasarkan fase (wujud) dari reaktan dan produknya!

No.	Kelompok reaksi pertama (fase zat sama)	Kelompok reaksi kedua (fase zat berbeda)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

(MENALAR)

1. Berdasarkan hasil pengelompokkan berbagai reaksi kesetimbangan kimia pada tahap mencoba, apakah perbedaan antara kelompok reaksi pertama dengan kelompok reaksi kedua?

Jawab:.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Ditinjau dari fase (wujud) dari reaktan dan produknya, reaksi kesetimbangan kelompok reaksi pertama merupakan bentuk dari *reaksi kesetimbangan homogen*. Jadi,

kesetimbangan homogen

adalah.....

.....
.....
.....
.....
.....

dan reaksi kesetimbangan pada *kelompok reaksi kedua* merupakan bentuk dari *reaksi kesetimbangan heterogen*. Jadi kesetimbangan heterogen adalah.....

.....
.....
.....
.....

PENGARUH KONSENTRASI TERHADAP ARAH PERGESERAN KESETIMBANGAN

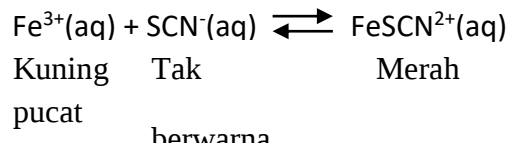
Kesetimbangan kimia merepresentasikan suatu kesetaraan antara reaksi maju dan reaksi balik. Dalam banyak kasus, kesetaraan ini sangat rentan. Perubahan kondisi percobaan dapat mengganggu kesetaraan dan menggeser posisi kesetimbangan sehingga produk yang diinginkan bisa terbentuk lebih banyak atau sebaliknya.

Konsentrasi merupakan salah satu faktor yang dapat mengganggu kesetaraan dan menggeser kesetimbangan. Pengurangan ataupun penambahan konsentrasi terhadap sebuah sistem kesetimbangan akan berpengaruh terhadap pergeseran arah kesetimbangan dan juga komposisi kesetimbangan. Hal ini masuk akal, apabila kita memberikan sebuah aksi terhadap sebuah sistem maka sistem tersebut akan memberikan reaksi untuk meminimalkan aksi yang kita berikan.



Mengamati

Larutan di samping ini merupakan larutan besi (III) tiosianat $[\text{Fe}(\text{SCN})_3]$, larutan ini mudah larut dalam air dan menghasilkan larutan berwarna merah seperti pada gambar disamping. Warna pada larutan ini disebabkan oleh adanya ion terhidrasi FeSCN^{2+} . Kestimbangan antara ion-ion FeSCN^{2+} yang tidak terurai dan Fe^{3+} dan SCN^- dituliskan sebagai berikut:



(MENANYA)

1. Tuliskan hal-hal yang tidak kalian pahami berdasarkan pengamatan yang telah kalian lakukan (dalam bentuk pertanyaan)!

.....

.....

.....

Menganalisis Data

1. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut berdasarkan video yang ditayangkan secara bertanggung jawab!
 - 1) Tuliskan persamaan reaksi kesetimbangan yang terjadi pada pencampuran FeCl_3 dan KSCN (Tulis persamaan ionnya saja, yaitu reaksi antara ion Fe^{3+} dengan ion SCN^- menghasilkan ion FeSCN^{2+})

.....

.....

..
 - 2) Apa yang terjadi pada sistem saat penambahan:
 - a) Konsentrasi FeCl_3

.....
.....
..

b) Konsentrasi KSCN

.....
.....
..

c) Konsentrasi NaOH (tuliskan reaksi yang terjadi!)

.....
.....
..

6. Kesimpulan

Apa yang dapat kalian simpulkan dari percobaan ini?

.....

.....

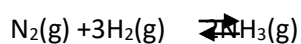
.....

.....

PENGARUH PERUBAHAN TEKANAN DAN VOLUME TERHADAP ARAH PERGESERAN KESETIMBANGAN

Industri Amonia

Salah satu contoh reaksi kesetimbangan yang diproduksi dalam skala industri adalah sintesis amonia yang dikenalkan oleh Fritz Haber. Berikut persamaan reaksinya:



Ketika tekanan sistem diubah, ternyata jumlah amonia yang dihasilkan pun berubah. Seperti terlihat pada tabel di bawah ini.

Suhu (°C)	Hasil NH ₃ (%)						
	10,0 atm	30,0 atm	50,0 atm	100 atm	300 atm	600 atm	1000 atm
300	14,7	30,3	39,4	52,0	71,0	84,2	92,6

Rumusan Masalah

Berdasarkan fenomena di atas, masalah apakah yang kalian temukan? Tulislah dalam bentuk pertanyaan yang memuat masalah tersebut!

.....
.....



Hipotesis

Buatlah jawaban sementara atau hipotesis dari rumusan masalah yang telah dibuat!

.....
.....



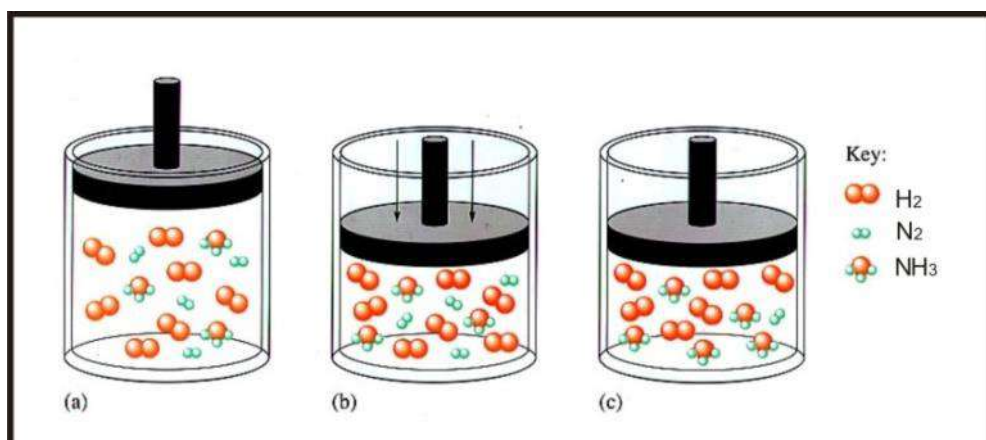
Mengumpulkan Data

Untuk membuktikan hipotesismu, kajiilah beberapa buku sumber dan jawablah pertanyaan berikut ini!



Menguji Hipotesis

Perhatikan gambar berikut dengan teliti!



Gambar 1

Gambar di atas menunjukkan representasi model dari reaksi $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$

Keterangan:

Gambar (a) menunjukkan sistem pada keadaan kesetimbangan awal

Gambar (b) menunjukkan sistem saat diberikan penambahan tekanan sebelum keadaan kesetimbangan yang baru, terbentuk

Gambar (c) menunjukkan sistem pada keadaan kesetimbangan baru

Menalar

Dari gambar representasi tadi, jawablah pertanyaan berikut!

1. Berdasarkan representasi pemodelan pada gambar 1 di atas, apakah yang dapat kalian temukan?

.....

.....

.....

2. Ketika tekanan diperbesar bagaimanakah volume tabung? (Gunakan pendekatan persamaan gas ideal)

$$PV = nRT \quad (\text{Turunkan rumus untuk } P)$$

$$P = \text{—————}$$

Bagaimanakah hubungan antara P (tekanan) dan V (volume)?

Apakah berbanding lurus atau terbalik?

Jadi, bila P (tekanan) diperbesar, maka V (volume)

Begitupun sebaliknya, jika P (tekanan) diperkecil, maka V (volume)

3. Dari gambar di atas terlihat bahwa sistem kesetimbangan diganggu dengan perubahan tekanan. Sekarang perhatikan tabung A! Berapakah jumlah molekul untuk $\text{H}_2(\text{g})$, $\text{N}_2(\text{g})$, dan $\text{NH}_3(\text{g})$? Serta berapakah total molekul dalam sistem?

.....

.....

4. Kemudian perhatikan tabung C! Berapakah jumlah molekul untuk $\text{H}_2(\text{g})$, $\text{N}_2(\text{g})$, dan $\text{NH}_3(\text{g})$ sekarang? Serta berapakah total molekul dalam sistem?

.....

.....

5. Manakah yang mengalami kenaikan jumlah molekul saat tekanan tabung diperbesar?

.....

.....

6. Jadi berdasarkan gambar tadi, apa yang bisa kalian simpulkan? (*Kaitkan kesimpulan kalian dengan Ke arah mana pergeseran kesetimbangan terjadi saat tekanan tabung diperbesar*)

.....

.....

7. Untuk mencocokkan kesimpulan yang telah kalian buat, coba perhatikan kembali data hasil percobaan pengaruh tekanan terhadap persentase hasil NH_3 pada suhu 300°C ini:

No	Tekanan	Hasil NH_3 (%)
1	10 atm	14,7
2	30 atm	30,3
3	50 atm	39,4
4	100 atm	52,0
5	300 atm	71,0
6	600 atm	84,2
7	1000 atm	92,6

Dari data di atas, apa yang dapat anda simpulkan tentang pengaruh tekanan terhadap NH_3 yang dihasilkan?

.....

.....
.....

8. Apabila **koefisien** yang terlibat pada reaksi menyatakan **jumlah mol** zat yang terlibat dalam reaksi, maka bila **tekanan diperbesar (memperkecil volum)** ke arah manakah kesetimbangan akan bergeser? (*Kaitkan dengan koefisien/ jumlah mol*)

.....
.....

9. Begitu pula sebaliknya, jika **tekanan diperkecil (memperbesar volum)** ke arah manakah kesetimbangan akan bergeser? (*Kaitkan dengan koefisien/ jumlah mol*)

.....
.....

Menyimpulkan

10. Berdasarkan pertanyaan nomor 8 dan 9, buatlah kesimpulan secara umum untuk pengaruh perubahan tekanan dan volume sistem pada pergeseran arah kesetimbangan dari suatu reaksi!

.....
.....

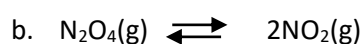
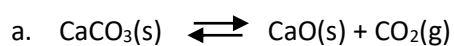
Mengomunikasikan

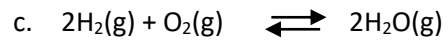
Ayo, perwakilan kelompok persentasikan jawaban dari setiap soal yang telah didiskusikan!

Mari Uji Pemahamanmu!

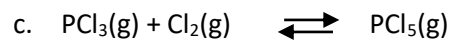
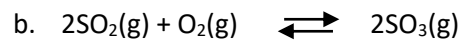
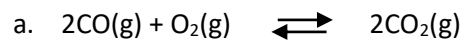


1. Ramalkan ke arah manakah reaksi kesetimbangan mengalami pergeseran jika tekanan diperbesar!





2. Ramalkan ke arah manakah reaksi kesetimbangan mengalami pergeseran jika volume diperbesar!



PENGARUH SUHU TERHADAP PERGESERAN ARAH KESETIMBANGAN

Salah satu faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan adalah faktor suhu. Suatu reaksi dapat memiliki harga ΔH yang positif atau negative. Jika suatu reaksi memiliki harga ΔH yang positif, reaksi bersifat endoterm dan cenderung membutuhkan kalor, sedangkan suatu reaksi yang memiliki harga ΔH yang negative cenderung melepaskan kalor.

(MENGAMATI)

Perhatikan tabel pengaruh suhu dan tekanan terhadap jumlah produksi amoniak di bawah ini!

Suhu °C	Hasil NH ₃ , %						
	10,0 atm	30,0 atm	50,0 atm	100 atm	300 atm	600 atm	1000 atm
200	50,7	67,6	74,4	81,5	90,0	95,4	98,3
300	14,7	30,3	39,4	52,0	71,0	84,2	92,6
400	3,9	10,2	15,3	25,1	47,0	65,2	79,8
500	1,2	3,5	5,6	10,6	26,4	42,2	57,5
600	0,5	1,4	2,3	4,5	13,8	23,1	31,4
700	0,2	0,7	1,1	2,2	7,3	12,6	12,9

1. Berdasarkan tabel di atas, bagaimanakah pengaruh suhu terhadap jumlah produksi amoniak?

.....
.....
.....
.....
.....

(MENANYA)

1. Tuliskan hal-hal yang tidak kalian pahami berdasarkan tabel di atas (dalam bentuk pertanyaan)!

Jawab:.....
.....
.....
.....
.....

Kita telah mengetahui bahwa reaksi nitrogen dengan hidrogen membentuk amoniak merupakan contoh reaksi kesetimbangan. Berdasarkan tabel di atas, apakah suhu juga mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan dalam produksi amoniak?

(MENALAR)

Perhatikan video yang disajikan!



Setelah kalian melihat video tersebut, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut!

1. Berdasarkan video yang kalian amati, apakah yang dapat kalian identifikasi?
 - a. Jika suhu dinaikkan

.....
.....
.....
.....

b. Jika suhu diturunkan

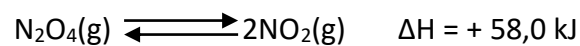
.....

.....

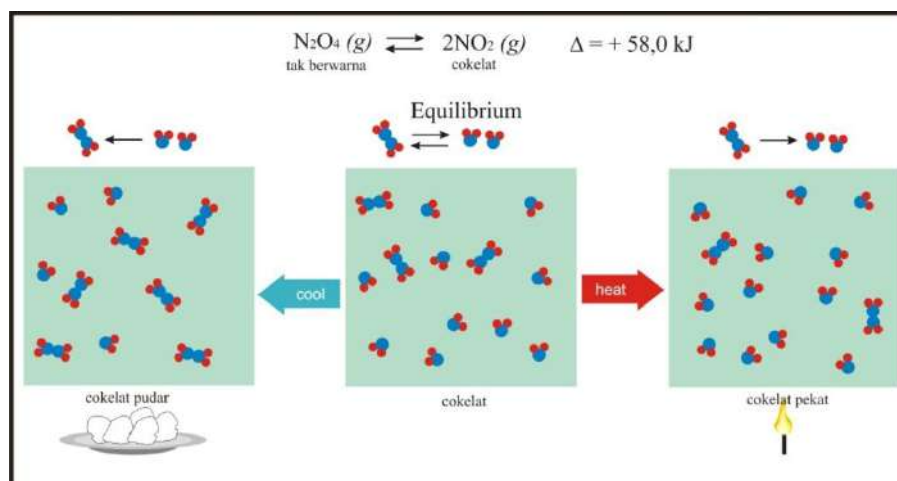
.....

.....

Mengapa hal tersebut dapat terjadi? Perhatikan reaksi di bawah ini!



Perhatikan visualisasi gambar mikroskopis sistem kesetimbangan tersebut!



Berdasarkan harga ΔH -nya, reaksi maju merupakan reaksi, berarti reaksi mundur merupakan reaksi Berdasarkan gambar tersebut, ketika **suhu** sistem kesetimbangan **dinaikkan**, jumlah gas NO_2 yang dihasilkan semakin yang berarti kesetimbangan bergeser ke dengan kata lain bergeser ke reaksi yang sifatnya

Begitu pula sebaliknya, ketika **suhu** sistem kesetimbangan **diturunkan**, jumlah gas NO_2 yang dihasilkan semakin yang berarti kesetimbangan bergeser ke dengan kata lain bergeser ke reaksi yang sifatnya

Jadi, pengaruh faktor suhu terhadap pergeseran kesetimbangan adalah

.....

.....

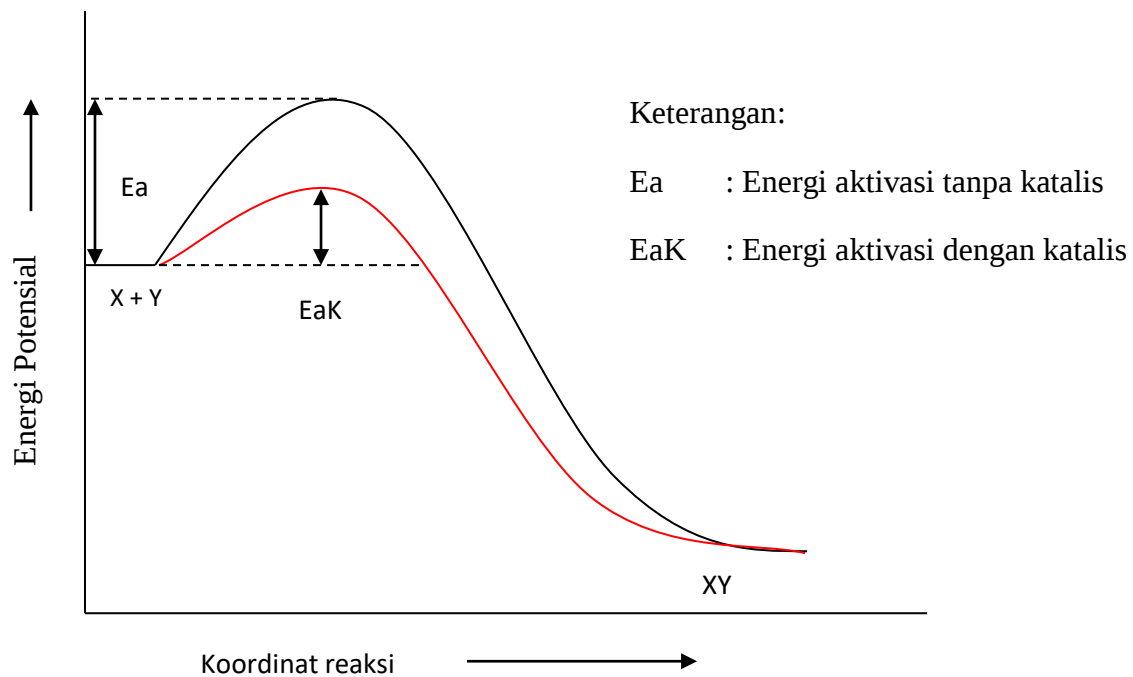
.....

PENGARUH KATALIS TERHADAP PERGESERAN ARAH KESETIMBANGAN

Katalis bukan merupakan faktor yang memengaruhi kesetimbangan, katalis hanya mempercepat tercapainya kesetimbangan dan *tidak* merubah letak kesetimbangan (harga tetapan kesetimbangan, K tetap), hal ini disebabkan katalisator mempercepat reaksi ke kanan dan ke kiri sama besar.

(MENGAMATI)

Perhatikan grafik produksi amoniak berikut ini dengan teliti!



Gambar Kurva Laju Keseimbangan

1. Berdasarkan gambar di atas, apa yang dapat kalian temukan?

Jawab:.....

Kita telah mengetahui bahwa reaksi nitrogen dengan hidrogen membentuk amoniak merupakan contoh reaksi kesetimbangan. Lalu, apakah katalis juga mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan dalam produksi amoniak?

(MENALAR)



Gambar A



Gambar B

1. Coba kalian perhatikan dengan teliti gambar A, Jika kalian ingin melewati pagar tembok tersebut apa yang akan kalian alami? Lalu, coba kalian bandingkan dengan gambar B. Apa yang akan kalian alami jika kalian melewati pagar tembok seperti pada gambar B tersebut?

Jawab:.....

2. Berdasarkan kedua gambar di atas, jika kalian ingin dengan mudah melewati tembok, manakah gambar yang kalian pilih? Berikan alasan dari jawaban yang kalian pilih?

Jawab:.....

Berdasarkan analogi di atas, tangga dapat mempermudah kita untuk melewati pagar tembok tersebut. Sama halnya dengan katalis. Pada sistem kesetimbangan, katalis bukan merupakan faktor yang memengaruhi pergeseran kesetimbangan, katalis hanya mempercepat tercapainya kesetimbangan dan *tidak* merubah letak kesetimbangan (harga

tetapan kesetimbangan, K tetap), hal ini disebabkan katalisator mempercepat reaksi ke kanan dan ke kiri sama besar.

Berdasarkan analogi gambar dan kurva di atas, coba kalian lengkapi titik-titik di bawah ini!

Katalis memperbesar laju reaksi dengan cara energi pengaktifan. Penurunan energi pengaktifan tersebut berlaku untuk kedua arah, sehingga katalis akan laju reaksi maju sekaligus laju reaksi balik. Hal ini berlaku juga pada sistem kesetimbangan. Oleh karena itu penggunaan katalis akan keadaan setimbang.

Jadi, pengaruh faktor katalis terhadap pergeseran kesetimbangan adalah

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

B. BAHAN BACAAN

KESETIMBANGAN KIMIA

Apakah yang ada didalam pikiran kalian ketika mendengar kata “Kesetimbangan”? Mungkin dibenak kalian tergambar sesuatu yang berhubungan dengan timbangan. Memang benar bahwa kata “Kesetimbangan” disini berhubungan dengan timbangan. Coba kalian perhatikan gambar dibawah ini! Pastilah kalian mengenal dan sering menjumpainya dalam kehidupan sehari-hari.



Gambar 1. Timbangan

Ketika sebuah timbangan dalam kondisi setimbang, maka jarum penunjuk timbangan dalam posisi lurus dan diam, artinya bagian kiri dan bagian kanan menunjukkan massa yang sama. Hal ini bisa menganalogikan kondisi setimbang dalam ilmu kimia.

Istilah kesetimbangan kimia menunjukkan bahwa laju reaksi ke arah kanan dan kiri bernilai sama besar. Hanya saja kesetimbangan kimia bersifat dinamis bukan statis atau diam layaknya timbangan massa. Nah pada materi kali ini kita akan mengenal reaksi kesetimbangan dalam reaksi kimia.

Silahkan pelajari secara bertahap ya di buku ini!

1. Reaksi Kimia Reaksi kimia berdasarkan sifat berlangsungnya dibedakan menjadi 2 yakni reaksi satu arah dan reaksi dua arah. Berikut ini penjelasan dari reaksi-reaksi yang dimaksud

a. Reaksi Searah / Tidak Dapat Balik / *Irreversible*

Tentunya kalian pernah melihat atau melakukan pembakaran kertas bukan? nah, apa yang terjadi? ya benar sekali, kertas akan menghitam lalu menjadi abu. Apakah abu bisa kembali lagi menjadi kertas? Tidak bisa ya. Reaksi pada pembakaran kertas merupakan reaksi yang berlangsung searah atau reaksi yang tidak dapat balik (reaksi *irreversible*).

Reaksi searah yaitu reaksi yang berlangsung dari arah reaktan ke produk atau ke kanan pada reaksi ini. Produk tidak dapat bereaksi kembali menjadi zat-zat asalnya.

Ciri-ciri reaksi searah adalah:

- 1) persamaan reaksi ditulis dengan satu anak panah produk/kanan ($\rightarrow$);
- 2) reaksi akan berhenti setelah salah satu atau semua reaktan habis;
- 3) produk tidak dapat terurai menjadi zat-zat reaktan; dan
- 4) reaksi berlangsung tuntas/berkesudahan.

Contoh reaksi searah: $\text{NaOH}_{(aq)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{NaCl}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$

b. Reaksi Dua Arah/Dapat Balik/*Reversible*

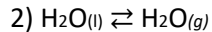
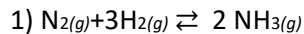
Lalu, pernahkah kalian memperhatikan air yang mendidih di dalam panci? Air yang direbus melewati titik didihnya akan berubah menjadi uap. Kalau kita meletakkan penutup di atas panci, uap tersebut akan terperangkap dan terkondensasi kembali menjadi air. Nah ini adalah contoh reaksi dua arah atau yang dapat balik (reaksi *reversible*).

Reaksi dua arah yaitu reaksi yang dapat berlangsung dari reaktan ke produk atau ke kanan dan juga sebaliknya dari produk ke reaktan atau ke kiri.

Ciri-ciri reaksi dua arah adalah:

- 1) persamaan reaksi ditulis dengan dua anak panah dengan arah berlawanan ($\rightleftharpoons$)

2) reaksi ke arah produk disebut reaksi maju, reaksi ke arah reaktan disebut reaksi balik. Contoh reaksi dua arah:



Apabila reaksi dua arah berlangsung dalam ruang tertutup dan laju reaksi ke kanan sama besar dengan laju reaksi ke kiri, reaksi dikatakan dalam keadaan setimbang. Reaksinya disebut reaksi kesetimbangan. Dalam keadaan setimbang, jumlah reaktan dan produk tidak harus sama, asalkan laju reaksi ke kiri dan ke kanan sama besar.

2. Kesetimbangan Kimia Secara umum kesetimbangan dalam reaksi kimia dapat dibagi menjadi dua, yaitu kesetimbangan statis dan kesetimbangan dinamis. Kesetimbangan statis terjadi ketika semua gaya yang bekerja pada objek bersifat seimbang, yaitu tidak ada gaya yang dihasilkan. Sementara itu, kesetimbangan dinamis diperoleh ketika semua gaya yang bekerja pada objek bersifat seimbang, tapi objeknya sendiri bergerak.

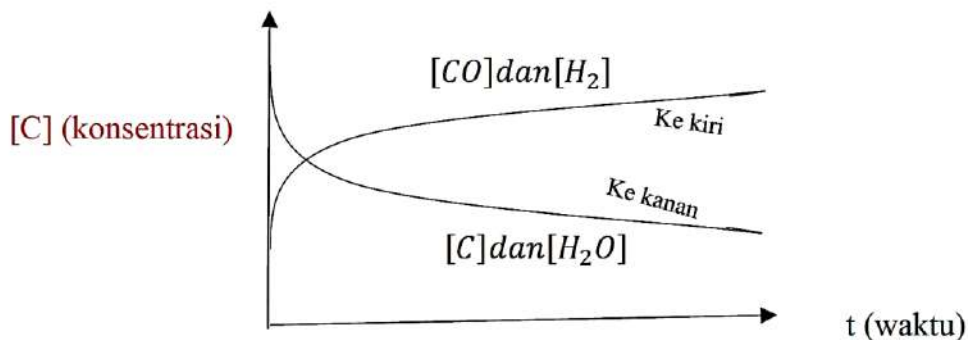
Pada persamaan reaksi kesetimbangan kimia setiap terjadi reaksi ke kanan, maka zat-zat produk akan bertambah, sementara zat-zat reaktan berkurang. Sebaliknya, reaksi juga dapat bergeser ke arah reaktan sehingga jumlah produk berkurang.

Akibatnya terjadi lagi reaksi ke arah kanan. Demikian ini terjadi terus-menerus, sehingga secara mikroskopis terjadi reaksi bolak-balik (dua arah) pada reaksi kesetimbangan. Keadaan seperti ini dikatakan bahwa kesetimbangan bersifat dinamis.

Keadaan dinamis hanya terjadi dalam sistem tertutup.

Contoh kesetimbangan dinamis dalam kehidupan sehari-hari yaitu proses pemanasan air dalam wadah tertutup. Saat suhu mencapai 100°C air akan berubah menjadi uap dan tertahan oleh tutup. Apabila pemanasan dihentikan, uap air yang terbentuk akan berubah menjadi air kembali sehingga jumlah air di dalam wadah tidak akan habis. Reaksi yang terjadi adalah $\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_{(g)}$. Reaksi ke kanan adalah reaksi penguapan sementara reaksi ke kiri adalah reaksi pengembunan. Lalu bagaimana hubungannya dengan laju reaksi yang terjadi pada reaksi kesetimbangan? Hal ini akan dijelaskan melalui penjelasan berikut ini. Silahkan kalian cermati!

Hubungan antara konsentrasi reaktan dengan produk, misalnya pada reaksi kesetimbangan $\text{C(s)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$ dapat digambarkan dengan grafik berikut :

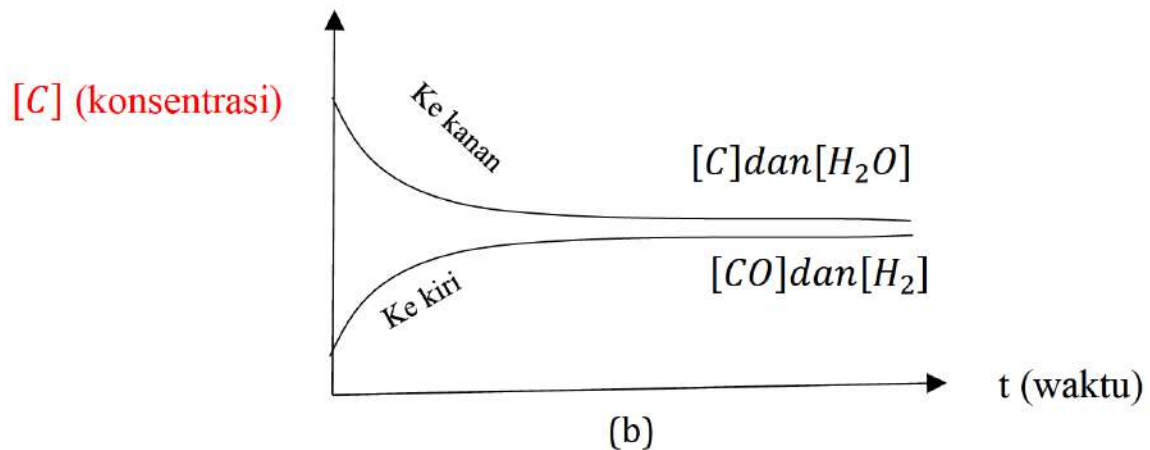


(a)

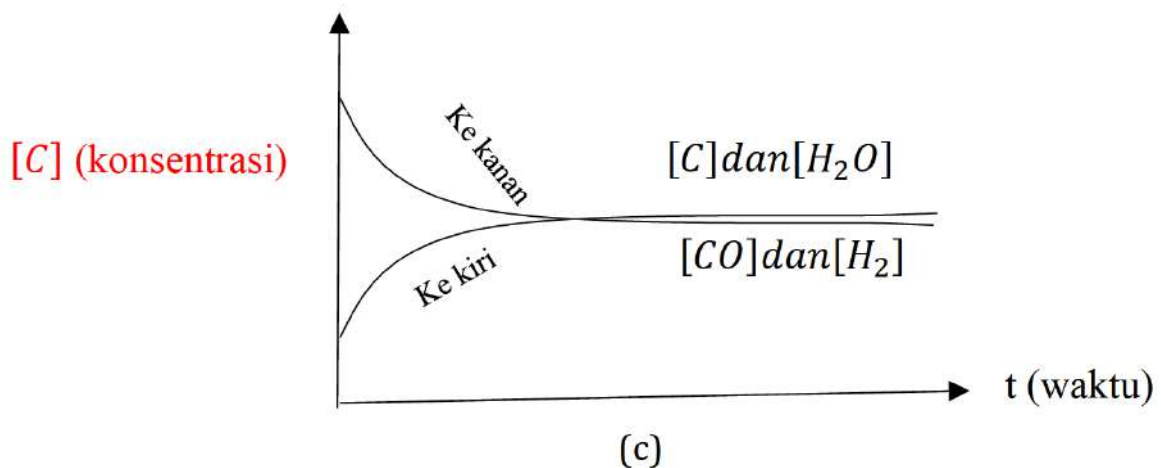
a. Kemungkinan (a) terjadi pada saat kesetimbangan produk > konsentrasi reaktan.

Di awal reaksi, konsentrasi reaktan maksimal, semakin lama semakin berkurang.

Saat kesetimbangan tercapai konsentrasi reaktan tidak berubah, sementara konsentrasi produk yang semula nol semakin lama semakin bertambah hingga konstan pada saat kesetimbangan.



b. Kemungkinan (b) terjadi jika pada saat kesetimbangan konsentrasi produk < konsentrasi reaktan. Namun tidak tertutup kemungkinan pada saat kesetimbangan konsentrasi reaktan = konsentrasi produk.



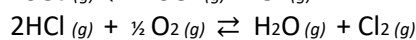
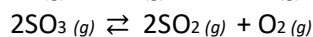
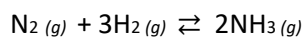
c. Kemungkinan (c) tercapai jika pada saat kesetimbangan $V_1 = V_2$.

Berdasarkan penjelasan yang telah disampaikan sebelumnya, maka kesetimbangan kimia mempunyai ciri-ciri sebagai berikut: 1) Reaksi berlangsung dua arah dan dalam ruang tertutup. 2) Laju reaksi ke kiri dan ke kanan sama besar. 3) Tidak terjadi perubahan makroskopis tetapi perubahan terjadi secara mikroskopis.

3. Jenis Reaksi Kesetimbangan Berdasarkan wujud zat-zat dalam keadaan setimbang, reaksi kesetimbangan kimia dibedakan menjadi dua, yaitu kesetimbangan homogen dan heterogen. Silahkan kalian cermati penjelasan berikut ini :

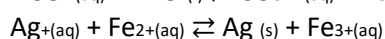
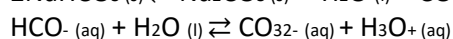
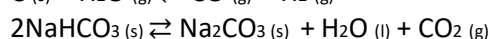
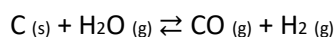
a. Kesetimbangan Homogen Kesetimbangan homogen yaitu kesetimbangan kimia yang di dalamnya terdapat satu wujud zat, misalnya gas atau larutan.

Contoh :



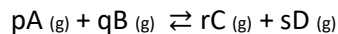
b. Kesetimbangan Heterogen Kesetimbangan heterogen yaitu kesetimbangan kimia yang di dalamnya terdapat berbagai macam wujud zat, misalnya gas, padat, cair dan larutan.

Contoh :



1. Persamaan Tetapan Keseimbangan Pada suhu tetap, dalam suatu reaksi kesetimbangan terdapat hubungan antara konsentrasi pereaksi dengan konsentrasi hasil reaksi terhadap tetapan kesetimbangan (K). Pada suatu kesetimbangan kimia berlaku hukum kesetimbangan, seperti yang dikemukakan oleh Guldberg dan Waage. "Dalam keadaan setimbang pada suhu tertentu, hasil kali konsentrasi hasil reaksi dibagi hasil kali konsentrasi pereaksi yang ada dalam sistem kesetimbangan yang masing-masing dipangkatkan dengan koefisiennya mempunyai harga tetap." Hasil bagi tersebut dinamakan tetapan kesetimbangan (K).

Tetapan kesetimbangan (K) merupakan angka yang menunjukkan perbandingan secara kuantitatif antara produk dengan reaktan. Secara umum reaksi kesetimbangan dapat dituliskan sebagai berikut.



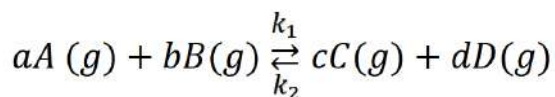
Saat di dalam reaksi kesetimbangan dilakukan aksi, maka kesetimbangan akan bergeser dan sekaligus mengubah komposisi zat-zat yang ada untuk kembali mencapai kesetimbangan. Secara umum dapat dikatakan tetapan kesetimbangan merupakan perbandingan hasil kali molaritas reaktan dengan hasil kali molaritas produk yang masing-masing dipangkatkan dengan koefisiennya.

$$K = \frac{[C]^r \times [D]^s}{[A]^p \times [B]^q}$$

Keterangan :

- K = tetapan kesetimbangan
- [A] = molaritas zat A (M)
- [B] = molaritas zat B (M)
- [C] = molaritas zat C(M)
- [D] = molaritas zat D (M)

a. Tetapan Kesetimbangan berdasarkan Konsentrasi (K_c) Penentuan nilai tetapan kesetimbangan berdasarkan konsentrasi zat (K_c) yang terlibat dalam reaksi dihitung berdasarkan molaritas zatnya (M). Untuk menghitung tetapan nilai kesetimbangan tersebut, kalian harus memperhatikan fase atau wujud zat yang terdapat dalam reaksi yang akan ditentukan nilai K_c -nya. Hal ini dikarenakan nilai kesetimbangan konsentrasi (K_c) hanya untuk fase gas (g) atau larutan (aq). Jika di dalam reaksi terdapat fase lain selain kedua fase tersebut maka fase itu diabaikan. Untuk lebih jelasnya kalian dapat mencermati penjelasan berikut ini : 1) Semua fase senyawa dalam wujud gas (Reaksi Homogen) Perhatikan reaksi berikut.



Dari reaksi di atas lambang A dan B merupakan pereaksi, sedangkan lambang C dan D merupakan hasil reaksi. Lalu pada a, b, c dan d masing-masing merupakan koefisien reaksi pada A, B, C, dan D. Harga K_c dapat dirumuskan seperti hukum kesetimbangan dengan ketentuan sebagai berikut.

a) Pada kesetimbangan, laju reaksi ke kanan (r_1) sama dengan laju reaksi ke kiri

(r_2) atau $r_1 = r_2$.

b) Pada keadaan setimbang, reaksi dianggap stabil. Artinya orde reaksi sesuai koefisien reaksinya, yaitu: $r_1 = k_1[A]^a[B]^b$ dan : $r_2 = k_2[C]^c[D]^d$

c) Harga $K_c = \frac{k_1}{k_2}$

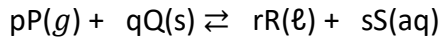
Dari ketentuan tersebut, diperoleh persamaan:

$$r_1 = r_2$$

$$k_1[A]^a[B]^b = k_2[C]^c[D]^d$$

$$K_c = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$$

2) Fase senyawa dalam reaksi bervariasi (Reaksi Heterogen)



Reaksi di atas merupakan reaksi dengan fase bervariasi, dimana dalam reaksi terdapat fase gas, cairan, larutan, dan padatan. Untuk kasus tersebut, tetapan kesetimbangannya ditentukan hanya berdasarkan konsentrasi zat yang berfase gas dan larutan saja karena zat yang berfase padat dan cair konsentrasinya dianggap tetap.

Penulisan notasi tetapan kesetimbangan (K) untuk reaksi tersebut sebagai berikut :

Maka

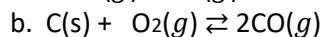
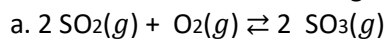
$$K^l = \frac{[R]^r[S]^s}{[P]^p[Q]^q}$$

Oleh karena [Q] dan [R] dianggap tetap, sehingga :

$$K^l \frac{[Q]^q}{[R]^r} = K = \frac{[S]^s}{[P]^p}$$

Perhatikan Contoh Soal dan penyelesaian berikut.

Contoh Soal 1. Tuliskan harga K_c untuk :



Jawab :

a. $K_c = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]}$

b. $K_c = \frac{[CO]^2}{[CO_2]}$

2. Di dalam ruang tertutup yang volumenya 8 L pada suhu tertentu terdapat kesetimbangan antara 0,7 mol gas hidrogen; 0,6 mol gas klor; dan 0,5 mol gas HCl.

Berapakah harga tetapan kesetimbangan pada keadaan tersebut?

Jawab : Reaksi yang terjadi: $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g)$ Volume total = 8 L

$$[H_2] = \frac{0,7}{8} M$$

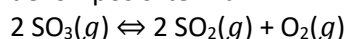
$$[Cl_2] = \frac{0,6}{8} M$$

$$[HCl] = \frac{0,5}{8} M$$

$$K_c = \frac{[HCl]^2}{[H_2][Cl_2]} = \frac{\left[\frac{0,5}{8}\right]^2}{\left[\frac{0,7}{8}\right]\left[\frac{0,6}{8}\right]}$$

$$= \frac{0,25}{0,42} = \frac{25}{42}$$

3. Gas SO_3 (Ar S=32; Ar O = 16) sebanyak 160 gram dipanaskan dalam wadah 1 liter sehingga terjadi dekomposisi termal:

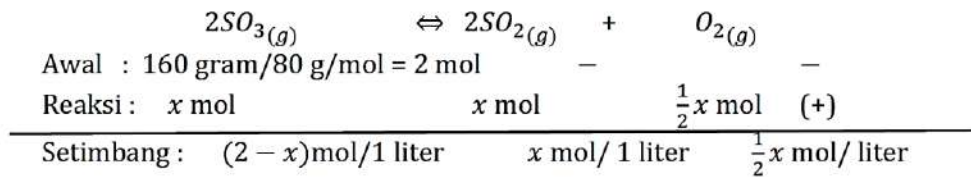


Pada saat perbandingan mol $SO_3 : SO_2 = 2 : 3$

hitunglah:

(a) α (derajat disosiasi)

(b) K_c



Perhatikan saat setimbang:

$$\frac{SO_3}{O_2} = \frac{2}{3} = \frac{(2-x)/1M}{\frac{1}{2}(x/1) M}$$

$$x = 1,5 \text{ mol.}$$

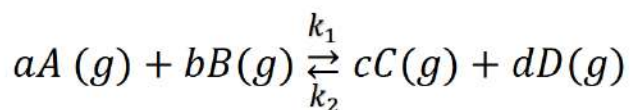
Jadi derajat disosiasi = $(1,5) / 2 = 0,75$ atau $0,75 \times 100\% = 75\%$

$$K_c = \frac{[SO_2]^2 [O_2]}{[SO_3]^2}$$

$$= \frac{(1,5/1)^2 (0,75/1)}{(0,5)^2}$$

$$= 67,5 \text{ M}$$

b. Tetapan Kesetimbangan berdasarkan Tekanan Parsial (Kp) Penentuan nilai tetapan kesetimbangan berdasarkan tekanan parsial (Kp) yang terlibat dalam reaksi dihitung dari tekanan parsial zatnya (P). Untuk menghitung tetapan nilai kesetimbangan tersebut, kalian harus memperhatikan fase atau wujud zat yang terdapat dalam reaksi yang akan ditentukan nilai Kp-nya. Pada perhitungan nilai kesetimbangan tekanan, fase yang dibutuhkan hanya fase gas (g). Jika di dalam reaksi terdapat fase lain selain fase gas maka fase itu diabaikan. Untuk lebih jelasnya kalian dapat mencermati penjelasan berikut ini :



Dari reaksi di atas, dapat diperhatikan jika semua fase dalam reaksi tersebut merupakan fase gas sehingga semua zat digunakan dalam perhitungan menentukan nilai Kp. Lambang A dan B merupakan pereaksi, sedangkan lambang C dan D merupakan hasil reaksi. Lalu pada a, b, c dan d masing-masing merupakan koefisien reaksi pada A, B, C, dan D. Dari ketentuan tersebut, diperoleh persamaan:

$$K_p = \frac{(P_C)^c (P_D)^d}{(P_A)^a (P_B)^b}$$

Keterangan :

P_A = Tekanan Parsial Zat A

P_B = Tekanan Parsial Zat B

P_C = Tekanan Parsial Zat C

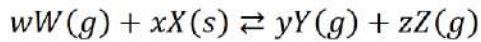
P_D = Tekanan Parsial Zat D

Nilai tekanan (P) tiap zat dapat dihitung menurut perhitungan berikut ini :

Misalnya, menghitung tekanan untuk zat A

$$P_A = \frac{\text{mol A}}{\text{mol total}} \times P_{\text{total}}$$

Demikian pula untuk reaksi yang melibatkan fase gas dan padatan, tetapan kesetimbangan tekanan ditentukan hanya berdasarkan tekanan zat yang berfase gas juga. Oleh karena itu, notasi tetapan kesetimbangannya ditulis sebagai berikut.

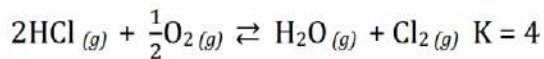


Oleh karena (X) dianggap tetap, sehingga:

$$K^l[X]^x = Kp = \frac{(P_Y)^y (P_Z)^z}{(P_W)^w}$$

c. Hubungan Persamaan Reaksi dengan Tetapan Kesetimbangan (K) Harga tetapan kesetimbangan (K) beberapa reaksi kimia dapat dibandingkan satu sama lain. Bentuk hubungan tersebut, jika ada suatu reaksi yang tetapan kesetimbangannya sama dengan K, berlaku ketentuan sebagai berikut :

Misalkan reaksi berikut :



- 1) Reaksi yang berkebalikan, tetapan kesetimbangannya $1/K$
- 2) Reaksi yang merupakan x kali dari reaksi tersebut, tetapan kesetimbangannya K^x .
- 3) Jika suatu reaksi merupakan pembagian sebesar x dari reaksi maka tetapan kesetimbangannya $\sqrt[x]{K}$

PERGESERAN KESETIMBANGAN

Dunia industri banyak sekali menerapkan sistem kesetimbangan. Prinsip utama dalam industri adalah bagaimana cara untuk menghasilkan produk seoptimal mungkin. Hal tersebut dapat dicapai dengan memodifikasi sistem kesetimbangan yang terjadi.

Konsep tentang Kesetimbangan sudah dibahas pada Modul Sebelumnya. Menurut kalian apakah kesetimbangan dapat mengalami pergeseran? Betul sekali bahwa kesetimbangan kimia dapat mengalami pergeseran akibat adanya pengaruh yang diberikan kepadanya. Pergeseran kesetimbangan kimia dapat dijelaskan oleh beberapa hal yaitu:

1. Azas Lee Chatelier

Azas Le Chatelier adalah azas yang digunakan untuk memprediksi pengaruh perubahan kondisi pada kesetimbangan kimia. Azas Le Chatelier berbunyi: "Jika suatu sistem kesetimbangan menerima suatu aksi, maka sistem tersebut akan mengadakan suatu reaksi sehingga pengaruh aksi menjadi sekecil- kecilnya"

Cara sistem melakukan reaksi adalah dengan melakukan pergeseran ke kiri atau ke kanan.

Pergeseran ke kiri artinya laju reaksi ke arah kiri menjadi lebih besar dan pergeseran ke kanan artinya laju reaksi ke kanan menjadi lebih besar.

Dalam ilmu kimia, Azas Le Chatelier digunakan untuk memanipulasi hasil dari reaksi bolak-balik (reversibel) bahkan bisa juga untuk memperbanyak produk reaksi. Asas Le Chatelier hanya berlaku untuk kesetimbangan dinamis.

Perubahan dari keadaan kesetimbangan semula ke keadaan kesetimbangan yang baru akibat adanya aksi atau pengaruh dari luar itu dikenal dengan pergeseran kesetimbangan (Martin S. Silberberg, 2000).

2. Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Pergeseran Kesetimbangan Suatu sistem dalam keadaan setimbang cenderung untuk mempertahankan kesetimbangannya sehingga jika ada pengaruh dari luar, maka sistem tersebut akan berubah sedemikian rupa agar segera diperoleh keadaan kesetimbangan lagi seperti yang diungkapkan oleh Azas Le Chatelier. Hal- hal apa sajakah yang dapat mempengaruhi kesetimbangan? Beberapa aksi yang dapat menyebabkan pergeseran pada sistem kesetimbangan akan diuraikan berikut ini

a. Pengaruh Perubahan Konsentrasi

Jika pada suatu sistem kesetimbangan, konsentrasi salah satu komponen dalam sistem ditambah maka kesetimbangan akan bergeser dari arah penambahan itu, dan bila salah satu komponen

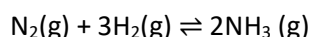
dikurangi maka kesetimbangan akan bergeser ke arah pengurangan itu. Sesuai dengan azas Le Chatelier (Reaksi = - aksi), jika konsentrasi salah satu komponen tersebut diperbesar, maka reaksi sistem akan mengurangi komponen tersebut. Sebaliknya, jika konsentrasi salah satu komponen diperkecil, maka reaksi sistem adalah menambah komponen itu.

Oleh karena itu, pengaruh konsentrasi terhadap kesetimbangan berlangsung sebagaimana yang digambarkan pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Pengaruh Konsentrasi terhadap Kesetimbangan

No	Aksi	Reaksi	Cara Sistem Bereaksi
1	Menambah konsentrasi pereaksi	konsentrasi pereaksi berkurang	Bergeser ke kanan
2	Mengurangi konsentrasi pereaksi	konsentrasi pereaksi bertambah	Bergeser ke kiri
3	Memperbesar konsentrasi produk	konsentrasi produk berkurang	Bergeser ke kiri
4	Mengurangi konsentrasi produk	konsentrasi produk bertambah	Bergeser ke kanan
5	Mengurangi konsentrasi total	konsentrasi total berkurang.	Bergeser ke arah yang jumlah molekulnya besar

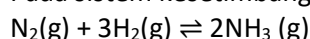
Contoh: Sistem kesetimbangan pembentukan ammonia



Jika konsentrasi gas nitrogen (N_2) ditambah, kesetimbangan akan bergeser ke kanan yang berakibat konsentrasi gas hidrogen berkurang dan konsentrasi ammonia bertambah.

Mengapa bisa terjadi demikian? Hal ini dapat dijelaskan berdasarkan pengertian bahwa nilai tetapan kesetimbangan (K) selalu tetap pada suhu tetap.

Pada sistem kesetimbangan:



Mempunyai nilai tetapan kesetimbangan (dinyatakan dengan K_1)

$$K_1 = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$$

Rumusan tetapan kesetimbangan K_1 dapat dipandang sebagai angka pecahan dengan pembilang $[\text{NH}_3]^2$ dan penyebut $[\text{N}_2][\text{H}_2]^3$. Jika K_1 nilainya tetap maka penambahan konsentrasi N_2 tentu akan diimbangi dengan penurunan konsentrasi H_2 dan kenaikan konsentrasi NH_3 . Kejadian ini menjelaskan bahwa reaksi bergeser ke arah kanan.

b. Pengaruh Tekanan dan Volume

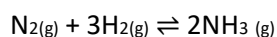
Konsentrasi gas dalam sebuah ruang, berbanding terbalik dengan volume, sehingga penambahan tekanan dengan cara memperkecil volume akan memperbesar konsentrasi semua komponen. Sesuai dengan azas Le Chatelier, maka sistem akan bereaksi dengan mengurangi tekanan. Sebagaimana kalian ketahui, tekanan gas bergantung pada jumlah molekul dan tidak bergantung pada jenis gas. Oleh karena itu, untuk mengurangi tekanan maka reaksi mengurangi komponen tersebut. Sebaliknya, jika konsentrasi salah satu komponen diperkecil, maka reaksi sistem adalah menambah komponen itu.

Oleh karena itu, pengaruh konsentrasi terhadap kesetimbangan berlangsung sebagaimana yang digambarkan pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Pengaruh Konsentrasi terhadap Kesetimbangan

No	Aksi	Reaksi	Cara Sistem Bereaksi
1	Menambah konsentrasi pereaksi	konsentrasi pereaksi berkurang	Bergeser ke kanan
2	Mengurangi konsentrasi pereaksi	konsentrasi pereaksi bertambah	Bergeser ke kiri
3	Memperbesar konsentrasi produk	konsentrasi produk berkurang	Bergeser ke kiri
4	Mengurangi konsentrasi produk	konsentrasi produk bertambah	Bergeser ke kanan
5	Mengurangi konsentrasi total	konsentrasi total berkurang.	Bergeser ke arah yang jumlah molekulnya besar

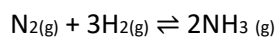
Contoh: Sistem kesetimbangan pembentukan ammonia



Jika konsentrasi gas nitrogen (N_2) ditambah, kesetimbangan akan bergeser ke kanan yang berakibat konsentrasi gas hidrogen berkurang dan konsentrasi ammonia bertambah.

Mengapa bisa terjadi demikian? Hal ini dapat dijelaskan berdasarkan pengertian bahwa nilai tetapan kesetimbangan (K) selalu tetap pada suhu tetap.

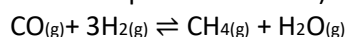
Pada sistem kesetimbangan:



Mempunyai nilai tetapan kesetimbangan (dinyatakan dengan K_1)

$$K_1 = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$$

Rumusan tetapan kesetimbangan K_1 dapat dipandang sebagai angka pecahan dengan pembilang $[\text{NH}_3]^2$ dan penyebut $[\text{N}_2][\text{H}_2]^3$. Jika K_1 nilainya tetap maka penambahan konsentrasi N_2 tentu akan diimbangi dengan penurunan konsentrasi H_2 dan kenaikan konsentrasi NH_3 . Kejadian ini menjelaskan bahwa reaksi bergeser ke arah kanan. b. Pengaruh Tekanan dan Volume Konsentrasi gas dalam sebuah ruang, berbanding terbalik dengan volume, sehingga penambahan tekanan dengan cara memperkecil volume akan memperbesar konsentrasi semua komponen. Sesuai dengan azas Le Chatelier, maka sistem akan bereaksi dengan mengurangi tekanan. Sebagaimana kalian ketahui, tekanan gas bergantung pada jumlah molekul dan tidak bergantung pada jenis gas. Oleh karena itu, untuk mengurangi tekanan maka reaksi kesetimbangan akan bergeser ke arah yang jumlah koefisiennya molekul gas lebih kecil. Sebaliknya, jika tekanan dikurangi dengan cara memperbesar volume, maka sistem akan bereaksi dengan menambah tekanan dengan cara menambah jumlah molekul. Reaksi akan bergeser ke arah yang jumlah koefisiennya molekul gas lebih besar. Penjelasan pengaruh penambahan tekanan (dengan cara memperkecil volume) dapat dipelajari dari reaksi kesetimbangan berikut:



Penambahan tekanan menggeser kesetimbangan ke kanan, ke arah reaksi yang jumlah koefisiennya terkecil, dan tekanan akan berkurang. Ketika volume diperkecil maka konsentrasi (rapatan) molekul

gas bertambah dan menyebabkan pertambahan tekanan. Akibatnya, reaksi bergeser ke kanan untuk mengurangi tekanan. Satu molekul CH_4 dan 1 molekul H_2O (4 molekul pereaksi hanya menghasilkan 2 molekul produk). Dengan berkurangnya jumlah molekul, maka tekanan akan berkurang. Berdasarkan uraian tersebut diatas, menunjukkan bahwa kenaikan tekanan menyebabkan reaksi bergeser ke arah total mol gas yang kecil dan sebaliknya penurunan tekanan akan menyebabkan reaksi bergeser ke arah total mol gas yang besar. Untuk reaksi yang tidak mempunyai selisih jumlah mol gas perubahan tekanan atau volume tidak akan menyebabkan perubahan dalam kesetimbangan.

c. Pengaruh Perubahan Suhu

Perubahan suhu pada suatu reaksi setimbang akan menyebabkan terjadinya perubahan harga tetapan kesetimbangan (K). Untuk mengetahui bagaimana pengaruh perubahan suhu terhadap pergeseran kesetimbangan berikut disajikan data harga K untuk berbagai suhu dari dua reaksi kesetimbangan yang berbeda,

Tabel 2 a. Harga Kp pada Berbagai Suhu untuk Reaksi Kesetimbangan: $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(g)}$ $\Delta H = -92 \text{ KJ}$

Suhu (°K)	298	500	700	900
Kp (x 10 ¹⁰)	6,76 x 10 ⁵	3,55 x 10 ⁻²	7,76 x 10 ⁻⁵	1,00 x 10 ⁻⁶

Tabel 2 b. Harga Kp pada Berbagai Suhu untuk Reaksi Kesetimbangan: $\text{H}_2(g) + \text{CO}_2(g) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(g) + \text{CO}(g)$ $\Delta H = +41 \text{ kJ}$

Suhu (°K)	298	500	700	900
Kp (x 10 ¹⁰)	1,00 x 10 ⁻⁵	7,76 x 10 ⁻³	1,23 x 10 ⁻¹	6,01 x 10 ⁻¹

Dari kedua tabel tersebut terdapat perbedaan, pada reaksi pertama jika suhunya diperbesar harga Kp makin kecil, ini berarti zat hasil makin sedikit yang diakibatkan oleh terjadinya pergeseran reaksi ke kiri.

Pada reaksi kedua justru terjadi sebaliknya, yaitu bila suhunya diperbesar harga Kp menjadi makin besar, berarti jumlah zat hasil makin banyak yang diakibatkan terjadinya pergeseran kesetimbangan ke kanan. Perbedaan dari kedua reaksi tersebut adalah harga perubahan entalpinya. Untuk reaksi pembentukan gas NH_3 perubahan entalpinya negatif (Reaksi eksoterm) yang menunjukkan bahwa reaksi ke kanan melepaskan kalor. Sedangkan pada reaksi antara gas H_2 dengan gas CO_2 harga perubahan entalpinya bernilai positif (Reaksi endoterm) yang menunjukkan bahwa reaksi ke kanan adalah reaksi yang menyerap kalor. Dengan demikian pergeseran reaksi kesetimbangan akibat perubahan suhu ditentukan oleh jenis reaksinya endoterm atau eksoterm. Menurut Azas Le Chatelier, jika sistem kesetimbangan dinaikkan suhunya, maka akan terjadi pergeseran kesetimbangan ke arah reaksi yang menyerap kalor (reaksi endoterm).

3. Penerapan Kesetimbangan dalam Industri Dalam industri yang melibatkan reaksi kesetimbangan kimia, produk reaksi yang dihasilkan tidak akan bertambah ketika sistem telah mencapai kesetimbangan.

Produk reaksi akan kembali dihasilkan, jika dilakukan perubahan konsentrasi, perubahan suhu, atau perubahan tekanan dan volume. Pada bagian ini akan dibahas bagaimana proses produksi amonia (NH_3) dan asam sulfat (H_2SO_4) dalam industri.

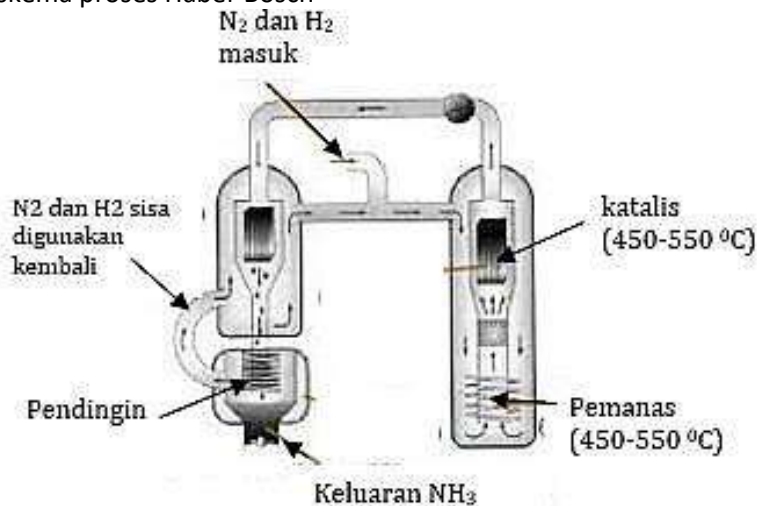
Kedua bahan kimia tersebut dalam proses pembuatannya melibatkan reaksi kesetimbangan, yang merupakan tahap paling menentukan untuk kecepatan produksi.

a. Pembuatan Amonia (NH_3) dengan Proses Haber Bosh

Nitrogen terdapat melimpah di udara, yaitu sekitar 78% volume. Walaupun demikian, senyawa nitrogen tidak terdapat banyak di alam. Satu-satunya sumber alam yang penting ialah NaNO_3 yang disebut Sendawa Chili. Sementara itu, kebutuhan senyawa nitrogen semakin banyak, misalnya untuk industri pupuk, dan bahan peledak. Oleh karena itu, proses sintesis senyawa nitrogen, fiksasi nitrogen buatan, merupakan proses industri yang sangat penting.

Metode yang utama adalah mereaksikan nitrogen dengan hidrogen membentuk amonia.

Selanjutnya amonia dapat diubah menjadi senyawa nitrogen lain seperti asam nitrat dan garam nitrat. Dasar teori pembuatan amonia dari nitrogen dan hidrogen ditemukan oleh Fritz Haber (1908), seorang ahli kimia dari Jerman. Sedangkan proses industri pembuatan amonia untuk produksi secara besar-besaran ditemukan oleh Carl Bosch, seorang insinyur kimia juga dari Jerman. Perhatikan skema proses Haber Bosch



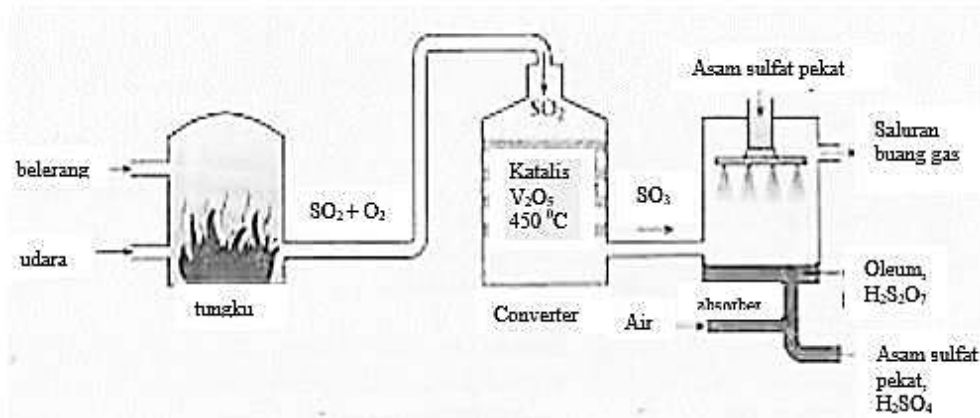
Sumber: Chemistry The Central Science 2000

Gambar 1.2 Skema Proses Haber Bosch

Berdasarkan prinsip kesetimbangan kondisi yang menguntungkan untuk ketuntasan reaksi ke kanan (pembentukan NH_3) adalah suhu rendah dan tekanan tinggi. Akan tetapi, reaksi tersebut berlangsung sangat lambat pada suhu rendah, bahkan pada suhu 500°C sekalipun. Dipihak lain, karena reaksi ke kanan eksoterm, penambahan suhu akan mengurangi rendemen. Peranan katalisator dalam industri amonia juga sangat diperlukan untuk mempercepat terjadinya kesetimbangan. Tentunya kalian masih ingat dengan katalisator bukan? Katalisator adalah zat yang dapat mempercepat reaksi tetapi zat tersebut tidak ikut bereaksi. Untuk mengurangi reaksi balik, amonia yang terbentuk harus segera dipisahkan. Mula-mula campuran gas nitrogen dan hidrogen dikompresi (dimampatkan) hingga mencapai tekanan yang diinginkan. Kemudian campuran gas dipanaskan dalam suatu ruangan yang bersama katalisator sehingga terbentuk amonia. Keadaan reaksi untuk menghasilkan NH_3 sebanyak-banyaknya disebut kondisi optimum. Kondisi optimum pada industri amoniak dilakukan pada suhu 600°C dan tekanan ruangan 1000 atm. (www.kkppbumn.depkeu.go.id)

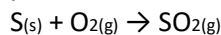
b. Pembuatan Asam Sulfat (H_2SO_4)

Asam sulfat merupakan bahan industri kimia yang penting, yaitu digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan pupuk. Proses pembuatan asam sulfat (H_2SO_4) sebenarnya ada dua cara, yaitu dengan proses kamar timbal dan proses kontak. Proses kamar timbal sudah lama ditinggalkan karena kurang menguntungkan. Proses kontak menghasilkan asam sulfat mencapai kadar 99% dan biayanya lebih murah.



Gambar 1. 3 Skema Pembuatan Asam Sulfat

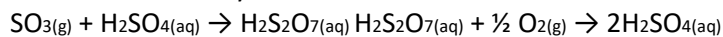
Pembuatan asam sulfat meliputi 3 tahap, yaitu sebagai berikut: 1). Pembentukan belerang dioksida, persamaan reaksinya adalah



2). Pembentukan belerang trioksida, persamaan reaksinya adalah $SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons SO_{3(g)}$ $\Delta H = -196 \text{ kJ}$

3). Pembentukan asam sulfat, melalui zat antara, yaitu asam piro-sulfat.

Persamaan reaksinya adalah



Tahap penting dalam proses ini adalah reaksi (2). Reaksi ini merupakan reaksi kesetimbangan dan eksoterm. Sama seperti pada sintesis amonia, reaksi ini hanya berlangsung baik pada suhu tinggi.

Akan tetapi pada suhu tinggi justru

kesetimbangan bergeser ke kiri. Untuk memperbanyak hasil harus memperhatikan azas Le Chatelier.

" Reaksi tersebut menyangkut tiga partikel pereaksi (2 partikel SO_2 dan 1 partikel gas O_2) untuk menghasilkan 2 partikel SO_3 . Jadi, perlu dilakukan pada tekanan tinggi. " Reaksi ke kanan adalah reaksi eksoterm ($\Delta H = -196 \text{ kJ}$), berarti harus dilakukan pada suhu rendah. Masalahnya, pada suhu rendah reaksinya menjadi lambat. Seperti pada pembuatan amonia, permasalahan ini dapat diatasi dengan penambahan katalis V_2O_5 . Dari penelitian didapat kondisi optimum untuk proses industri asam sulfat adalah pada suhu antar $400^\circ\text{C} - 450^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm.

C. GLOSARIUM

Kesetimbangan Kimia : Keadaan ketika laju reaksi maju (pembentukan produk) sama dengan laju reaksi balik (pembentukan reaktan), sehingga konsentrasi reaktan dan produk tidak berubah.

Reaksi Bolak-Balik : Reaksi kimia di mana reaktan dan produk dapat saling berubah. Contoh: $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

Reaktan : Zat awal yang terlibat dalam reaksi kimia. Contoh: N_2 dan H_2 dalam reaksi $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

Produk : Zat yang dihasilkan dari reaksi kimia. Contoh: NH_3 dalam reaksi $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

Tetapan Kesetimbangan (Kc dan Kp): Nilai yang menunjukkan rasio konsentrasi produk (diangkat pangkat koefisien reaksinya) terhadap konsentrasi reaktan (diangkat pangkat koefisien reaksinya) pada kesetimbangan, di bawah kondisi standar.

Kc : untuk reaksi dalam fase cair atau padat

Kp : untuk reaksi dalam fase gas

Kondisi Standar : Kondisi di mana tekanan parsial gas adalah 1 atm dan konsentrasi larutan adalah 1 M.

D. DAFTAR PUSTAKA

- Brady, James E. 1999. *Kimia Universitas, Asas dan Struktur, Edisi Kelima*. Binarupa Aksara : Jakarta
- Hart, Harold (Suminar Achmadi). 1990 *Kimia Organik Suatu Kuliah Singkat (terjemahan)*. Erlangga : Jakarta
- Petrucchi, Ralph H., 1987. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern, Jilid 3*, Erlangga : Jakarta
- Respati. 1986. *Pengantar Kimia Organik*. Aksara Baru : Jakarta
- Unggul Sudarmo. 2016. *Kimia untuk SMA/MA Kelas X*. Erlangga : Jakarta.
- Johari, J.M.C. dan Rachmawati, M, 2006, *Kimia SMA dan MA untuk Kelas XI*, Esis, Jakarta
- Sudarmo, Unggul & Mitayani, Nanik, 2014, *Kimia untuk SMA /MA kelas XI*, Jakarta, Airlangga
- Sudiono, Sri & Juari Santosa, Sri dan Pranowo, Deni, 2007, *Kimia Kelas XI untuk SMA dan MA*, Jakarta, Intan Pariwara
- <https://www.zenius.net/prologmateri/kimia/a/908/Asas-Le-Chatelier> <https://materiipa.com/reaksi-kesetimbangan-kimia> <https://beatpaperplane.blogspot.com/2012/10/kesetimbangan-kimia-dalam-industri.html>