

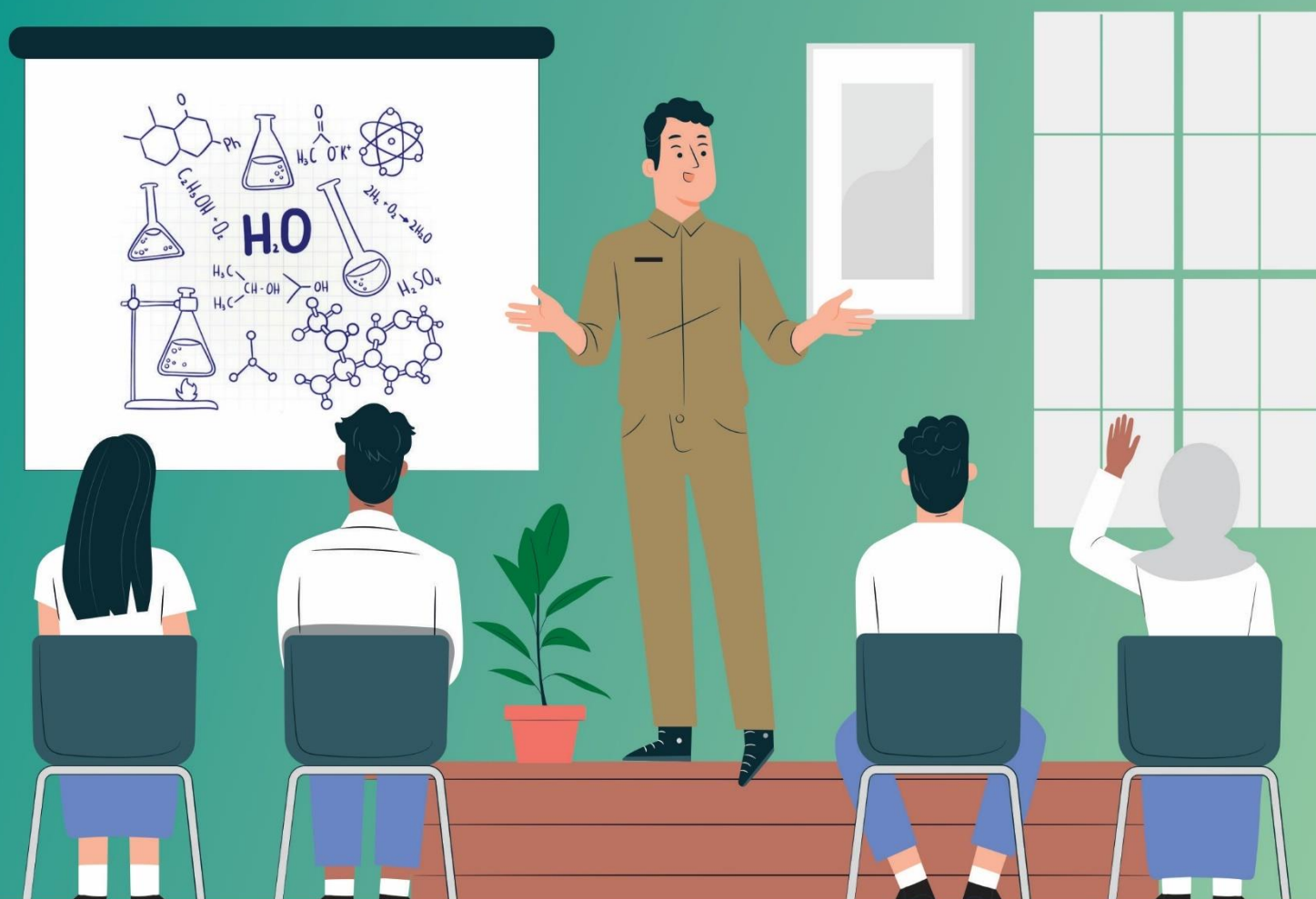
Bahan Ajar

Bimbingan Teknis Penggerak Komunitas Belajar Berbasis Mapel

Kimia

untuk Guru SMA/SMK

Disusun oleh:
Penulis (Kurniasih)
Pengkaji (Erfan Priyambodo)



BALAI BESAR GURU PENGGERAK PROVINSI D.I. YOGYAKARTA
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
TAHUN 2024

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga bahan ajar untuk program Gerakan Bersama Penggerak Komunitas Belajar (Gebrak Kombel) ini dapat terselesaikan.

Bahan ajar ini disusun sebagai bahan belajar pada kegiatan Bimbingan Teknis (Bimtek) Gebrak Kombel yang dilaksanakan sebagai upaya BBGP Provinsi D.I Yogyakarta dalam rangka melaksanakan tugas dan fungsinya sebagai Unit Pelaksana Teknis Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan (UPT Dirjen GTK) Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Riset dan Teknologi (Kemendikbudristek) untuk meningkatkan kompetensi guru di Provinsi D.I Yogyakarta. Pada kegiatan Gebrak Kombel, para penggerak komunitas belajar yang berasal dari guru penggerak dan guru inti dibekali dengan muatan konten dan pedagogi agar memiliki kapasitas untuk berbagi dan bersinergi dengan guru-guru lain di dalam komunitas belajarnya. Melalui kegiatan ini diharapkan dapat terbangun ekosistem belajar guru berbasis komunitas belajar dengan memberdayakan penggerak komunitas dari guru penggerak dan guru inti sehingga guru dapat berkolaborasi meningkatkan kompetensi diri.

Bahan ajar ini diharapkan menjadi bahan kajian bagi para peserta Bimtek Gebrak Kombel, baik selama mengikuti kegiatan Bimtek maupun pada saat diseminasi di kombel masing-masing. Bahan ajar ini memuat berbagai kajian konten mapel yang menjadi kebutuhan guru sebagai bekal dalam menjalankan peran profesionalnya sesuai dengan model kompetensi yang baru berdasarkan Perdirjen GTK 2626/B/HK.04.01/2023 tentang Model Kompetensi Guru. Melalui bahan ajar ini diharapkan guru memperoleh referensi sekaligus inspirasi untuk penguatan pemahaman konten yang sangat esensial bagi keberhasilan perannya dalam mendampingi belajar peserta didik.

Bahan ajar ini tersusun melalui kolaborasi BBGP Provinsi D.I. Yogyakarta dengan BBGP Jawa Barat, BBGP Jawa Timur, dan BGP Banten. Penyusun bahan ajar ini adalah para Widyaiswara, Widyaprada, dan Pengembang Teknologi Pembelajaran dari BBGP/BGP tersebut. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan atas dedikasi dan kesediaannya untuk mencurahkan gagasan dan inspirasi sehingga bahan ajar Gebrak Kombel ini dapat terselesaikan. Semoga Allah SWT memberikan balasan yang setimpal atas semua pengorbanan dan kontribusinya dalam menyelesaikan tugas penyusunan bahan ajar ini. Amiin.

Yogyakarta, 21 Juni 2024

Kepala BBGP DI Yogyakarta

Dr. Adi Wijaya, M.A.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	2
C. Sasaran.....	3
D. Manfaat.....	3
BAB II REAKSI REDOKS.....	5
A. Pengantar	5
B. Tujuan	5
C. Uraian Materi.....	8
D. Latihan.....	22
E. Aktivitas (opsional)	23
BAB III SEL ELEKTROLISIS.....	32
A. Pengantar	32
B. Tujuan	32
C. Uraian Materi.....	35
D. Latihan.....	41
E. Aktivitas (opsional)	42
DAFTAR PUSTAKA	57

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sesuai dengan amanat Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan Riset dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2022, Balai Besar Guru Penggerak (BBGP) mempunyai tugas melaksanakan pengembangan dan pemberdayaan guru, pendidik lainnya, tenaga kependidikan, calon kepala sekolah, kepala sekolah, calon pengawas sekolah, dan pengawas sekolah. Dua di antara sembilan fungsi BBGP DIY yang menjadi latar belakang dilaksanakannya penguatan pelibatan komunitas pendidikan adalah: a) pelaksanaan fasilitasi peningkatan kompetensi guru, pendidik lainnya, tenaga kependidikan, calon kepala sekolah, kepala sekolah, calon pengawas sekolah, dan pengawas sekolah; b) pelaksanaan pemantauan dan evaluasi pengembangan dan pemberdayaan guru, pendidik lainnya, tenaga kependidikan, calon kepala sekolah, kepala sekolah, calon pengawas sekolah, dan pengawas sekolah; dan c) pelaksanaan kemitraan di bidang pengembangan dan pemberdayaan guru, pendidik lainnya, tenaga kependidikan, calon kepala sekolah, kepala sekolah, calon pengawas sekolah, dan pengawas sekolah.

Program Gerakan Bersama Penggerak Komunitas Belajar (Gebrak Kombel) dilaksanakan untuk mendorong penguatan penguasaan konten keilmuan dan pedagogi guru. Kedua hal tersebut merupakan dua sisi mata uang keilmuan yang sangat penting harus dikuasai guru. Penguasaan materi merupakan komponen kunci guru menguasai kompetensi yang menjadi tanggungjawabnya. Demikian juga penguasaan pedagogi, sangat krusial agar guru mampu memfasilitasi siswa belajar berhasil belajarnya. Hal ini selaras dengan pernyataan Harel dan Kien (2004; Hospesová & Tichá, 2000: 2) bahwa penguasaan materi merupakan dasar penguasaan kompetensi yang harus dimiliki guru sehingga mampu menjalankan peran pengajarannya. Sedangkan menurut Baumert dan Kunter (2006: 26-42), penguasaan materi merupakan bagian kunci penguasaan kompetensi profesional guru sehingga mampu menjalankan tugas profesi dengan sebaik-baiknya.

Hill dan Ball (2004: 332) menggarisbawahi pada aspek pentingnya guru memiliki *specialized knowledge of content* maupun *common knowledge of content*. *Specialized knowledge of content* merujuk pada pengetahuan materi yang lebih detail dibandingkan siswa. Pada saat guru mengajarkan suatu pembagian, misalnya, guru tidak cukup memahami tentang prosedur melakukan pembagian seperti yang diajarkan kepada siswa, tetapi guru juga perlu menguasai tentang mengapa dan apa makna dari suatu proses pembagian. *Common knowledge of content* tidak merujuk semata-mata hanya materi di kelas, tetapi pengetahuan yang secara umum digunakan dalam kehidupan.

Pendalaman konten merupakan salah satu titik krusial untuk terwujudnya profil pelajar Indonesia seperti telah ditetapkan di Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional. Pada undang-undang tersebut dinyatakan bahwa *pendidikan nasional bertujuan untuk berkembangnya potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab*. Mencermati rumusan tujuan pendidikan nasional tersebut jelas bahwa belajar konten keilmuan adalah esensial dalam proses pendidikan. Penguasaan ilmu pengetahuan tentu menjadi pra syarat penting menjadikan generasi baru Indonesia yang cakap dan berilmu. Bagaimana bisa menjadi cakap dan berilmu tanpa penguasaan ilmu pengetahuan yang kuat. Lebih dari sekedar cakap dan berilmu, kajian berbagai materi dalam pembelajaran merupakan wahana hebat

mengembangkan siswa menjadi kreatif, mandiri, demokratis, bertanggung jawab, sehat, serta menjadi manusia berakhlak mulia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa. Dalam konteks inilah penting bagi setiap siswa mendapatkan fasilitasi terbaik dalam mengkaji materi keilmuan dalam pembelajaran. Dan, ini membutuhkan peran guru-guru yang cakap dan berilmu dengan penguasaan keilmuan bidang keahlian yang kuat.

Selain penguasaan konten, sangat esensial bagi guru memiliki penguasaan pedagogi dan mampu mengimplementasikannya dalam pembelajaran di kelas. Turnuklu & Yesildere (2007: 1) menyatakan bahwa pengetahuan guru tentang materi penting tetapi tidak cukup karena guru juga harus mampu menghubungkan antara pengetahuan yang dimiliki dengan pengajarannya di kelas. Menurut Gadanidis dan Namukasa (2007: 16), perlu ada hubungan dialektik penguasaan guru atas materi dan cara mengajarkannya. Menguasai materi saja tidak cukup tanpa didukung keilmuan untuk mengajarkannya kepada siswa. Begitu juga, menguasai dengan baik ilmu pedagogi juga tidak cukup tanpa didukung penguasaan keilmuan matematika yang memadai oleh guru. Kepincangan salah satu aspek keilmuan tersebut dapat menjadi faktor penghambat peran guru dalam mendorong sukses belajar siswa.

Sultan dan Artzt (2011: xviii) menyatakan bahwa guru dituntut menguasai *pedagogical content knowledge/PCK*). PCK memuat dua aspek, yaitu pengetahuan pedagogi dan pengetahuan konten (Setyaningrum, Mahmudi, & Murdanu, 2018: 1). Pengetahuan pedagogi merujuk pengetahuan bagaimana siswa belajar, bagaimana mengajarkan materi atau konsep, dan bagaimana menilai pemahaman siswa. Pengetahuan konten merujuk pada penguasaan guru tentang materi-materi matematika. Pengetahuan pedagogi dan konten merupakan dua aspek mendasar yang harus dikuasai guru untuk keberhasilan tugas mengajarnya. Keduanya seperti belahan ganda sekeping mata uang, menyatu, tidak terpisahkan satu dengan yang lain.

Memerhatikan hal tersebut di atas, BBGP Provinsi DIY pada tahun 2023 melaksanakan program Gebrak Kombel, akronim dari Gerakan Bersama Penggerak Komunitas Belajar. Program Gebrak Kombel merupakan program pemberdayaan dan pendampingan komunitas belajar sebagai ekosistem belajar guru melalui optimalisasi peran penggerak komunitas belajar dari guru penggerak (GP) dan guru inti (GI) sebagai penggerak kolaborasi dan sinergi belajar guru untuk meningkatkan kompetensi berbasis komunitas belajar. Guru penggerak dan guru inti yang merupakan para penggerak komunitas belajar dibekali dengan penguatan penguasaan konten dan pedagogi melalui Bimtek Gebrak Kombel Berbasis Mata Pelajaran, yang selanjutnya mereka dapat mengimbaskannya pada rekan-rekan guru di komunitas belajarnya.

B. Tujuan

Program Gebrak Kombel bertujuan membangun *learning community* guru berbasis komunitas belajar melalui pemberdayaan penggerak komunitas dari guru penggerak dan guru inti sehingga guru dapat berkolaborasi dan bersinergi meningkatkan kompetensi diri. Bahan ajar ini disusun dengan tujuan sebagai bahan kajian bagi para peserta Bimtek Gebrak Kombel, baik selama mengikuti kegiatan Bimtek maupun pada saat diseminasi di kombel masing-masing. Sesuai dengan Perdirjen GTK 2626/B/HK.04.01/2023 tentang Model Kompetensi Guru, penguasaan materi pelajaran secara luas dan mendalam merupakan bagian dari kompetensi profesional guru. Kemampuan penguasaan materi pelajaran esensial untuk menetapkan tujuan pembelajaran dan pengorganisasian konten pengetahuan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik. Bahan ajar ini diharapkan menjadi wahana kajian bagi guru sehingga kompeten secara profesional dalam menjalankan tugas profesinya.

C. Sasaran

Sasaran Program Gebrak Kombel sekaligus pengguna utama bahan ajar ini adalah guru jenjang TK, SD, SMP, SMA di wilayah D.I. Yogyakarta

D. Manfaat

1. Guru mendapatkan referensi untuk memperluas dan memperdalam penguasaannya pada materi pelajaran sehingga mampu menetapkan tujuan pembelajaran dan pengorganisasian konten pengetahuan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik
2. Guru Penggerak dan Guru Inti diberdayakan sebagai penggerak kolaborasi dan sinergi guru
3. Guru tergerak dan terfasilitasi untuk berkolaborasi dan bersinergi meningkatkan kompetensi diri
4. *Learning community* guru dapat terbentuk berbasis komunitas belajar sebagai ekosistem belajar untuk melakukan pengembangan profesi guru secara berkelanjutan

Referensi

- Baumert, J & Kunter, M. 2006. *The COACTIV model of teachers' professional competence*. Jerman: Center for Educational Research, Max Planck Institute for Human Development
- Gadanidis, G. & Namukasa, I.K. (2007). Mathematics-for-Teachers (and Students). *Journal of Teaching and Learning*, 5(1), 13–22. <https://doi.org/10.22329/jtl.v5i1.277>
- Hill, H.C. & Ball, D.L. (2004). Learning Mathematics for Teaching: Results from California's Mathematics Professional Development Institutes. *Journal for Research in Mathematics Education*, 35(5), 330-351. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/30034819>
- Hospesová & Tichá, M. (2000). *Developing mathematics teacher's competence*. Research Report supported by the Socrates Comenius project 87636–CP–1–2000–1–CZ–Comenius–C31 and GACR 406/02/0829 and 406/05/2444
- Setyaningrum, W., Mahmudi, A. & Murdanu. (2018). Pedagogical Content Knowledge of Mathematics Pre-service Teachers: Do they know their students?. *Journal of Physics: Conference Series*, p. 1–8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1097/1/012098>
- Sultan, A. & Artzt, A.F. (2011). *The Mathematics That Every Secondary School Math Teacher Needs to Know*. New York: Routledge Taylor & Francis Group
- Turnuklu, E.B. & Yesildere, S. (2007). The Pedagogical Content Knowledge in Mathematics: Preservice Primary Mathematics Teachers' Perspectives in Turkey. *IUMPST: The Journal, Vol 1*. Retrieved from www.k-12prep.math.ttu.edu
- Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional

BAB II

REAKSI REDOKS

A. Pengantar

Unit ini disusun sebagai salah satu alternatif sumber bahan ajar bagi guru untuk memahami topik reaksi redoks. Melalui pembahasan materi yang terdapat pada unit ini, guru dapat memiliki dasar pengetahuan untuk mengajarkan materi yang sama ke peserta didiknya yang disesuaikan dengan indikator yang telah disusun, terutama dalam memfasilitasi kemampuan bernalar kritis peserta didik. Selain itu, materi ini juga aplikatif untuk guru sendiri sehingga mereka dapat menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari.

Merujuk pada model kompetensi berdasarkan Perdirjen GTK Nomor 2626/B/HK.04.01/2023 tentang Model Kompetensi Guru, modul ini membantu guru mencapai Kompetensi Profesional Level 2 untuk Guru Ahli Pertama yaitu, “Menggunakan pengetahuan konten pembelajaran dan cara mengajarkannya, pengetahuan karakteristik peserta didik yang mempengaruhi cara belajarnya, serta pengetahuan komponen kurikulum dan cara menggunakannya untuk merancang desain pembelajaran. Selain itu, dalam rangka memudahkan guru mempelajari konten dan cara mengajarkannya, di dalam unit ini dimuat capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, serta kriteria ketercapaian tujuan pembelajaran. Capaian pembelajaran mengacu pada Keputusan Kepala BSKAP BSKAP 032/H/KR/2024 tentang Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah.

Komponen-komponen modul ini terdiri atas uraian materi mengenai aplikasi topik reaksi redoks dalam kehidupan sehari-hari, deskripsi alternatif aktivitas pembelajaran, Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) yang dapat digunakan guru untuk memfasilitasi pembelajaran, serta soal-soal latihan. Komponen-komponen di dalam modul ini dikembangkan dengan tujuan agar guru dapat dengan mudah memfasilitasi peserta didik untuk menyetarakan reaksi redoks, menentukan urutan kekuatan pengoksidasi dan pereduksi berdasarkan data percobaan, sekaligus mendorong peserta didik mencapai kemampuan bernalar kritis dan bergotong royong.

Topik reaksi redoks yang dikembangkan pada bahan bacaan terdiri atas subtopik konsep reaksi oksidasi dihubungkan dengan perpindahan elektron, konsep reaksi redoks dihubungkan dengan bilangan oksidasi, penggunaan bilangan oksidasi pada reaksi redoks, serta penyetaraan reaksi redoks dengan menggunakan metode perubahan bilangan oksidasi dan metode setengah reaksi. Selain itu, unit ini dilengkapi dengan 3 buah LKPD, yaitu : LKPD-1 Reaksi Pembakaran Logam Magnesium, LKPD- 2 Penyetaraan Reaksi Redoks, dan LKPD-3 Reaksi Redoks Spontan.

B. Tujuan

Tujuan modul ini adalah untuk membantu guru mengembangkan lebih jauh terhadap kompetensi Profesional Level 2 untuk Guru Ahli Pertama merujuk pada model kompetensi berdasarkan Perdirjen GTK Nomor 2626/B/HK.04.01/2023 tentang Model Kompetensi Guru, yaitu “Menggunakan pengetahuan konten pembelajaran dan cara mengajarkannya, pengetahuan karakteristik peserta didik yang mempengaruhi cara belajarnya, serta pengetahuan komponen kurikulum dan cara menggunakannya untuk merancang desain pembelajaran.

Setelah mempelajari bahan ajar ini, guru diharapkan dapat:

1. Memahami konsep reaksi redoks;
2. Memahami penyetaraan persamaan reaksi redoks;

3. Menentukan urutan kekuatan pengoksidasi berdasarkan data hasil percobaan;
4. Merancang desain pembelajaran reaksi redoks;
5. Menerapkan desain pembelajaran reaksi redoks.

Berikut adalah Capaian Pembelajaran Mata Pelajaran Kimia Fase F, Tujuan Pembelajaran, dan Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran dari Topik Reaksi Redoks ini.

Tabel 1. Capaian Pembelajaran, Tujuan Pembelajaran, dan Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran

No	Capaian Pembelajaran Fase F	Tujuan Pembelajaran	Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran
1.	Elemen Pemahaman Kimia Peserta didik mampu mengamati, menyelidiki dan menjelaskan fenomena sehari-hari sesuai kaidah kerja ilmiah dalam menjelaskan konsep kimia dalam keseharian; menerapkan operasi matematika dalam perhitungan kimia; mempelajari sifat, struktur dan interaksi partikel dalam membentuk berbagai senyawa termasuk pengolahan dan penerapannya dalam keseharian; memahami dan menjelaskan aspek energi, laju dan kesetimbangan reaksi kimia; menggunakan konsep asam-basa dalam keseharian; menggunakan transformasi energi kimia dalam keseharian termasuk termokimia dan elektrokimia; memahami kimia organik termasuk penerapannya dalam keseharian	1. Peserta didik dapat menyetarakan persamaan reaksi redoks 2. Peserta didik dapat menentukan urutan kekuatan pengoksidasi berdasarkan data hasil percobaan	1. Menjelaskan perkembangan reaksi redoks 2. Menentukan bilangan oksidasi unsur 3. Menentukan oksidator, reduktor, hasil oksidasi dan reduksi 4. Membedakan proses oksidasi-reduksi 5. Menyetarakan reaksi redoks dengan menggunakan metode setengah reaksi 6. Menyetarakan reaksi redoks dengan menggunakan metode Perubahan Bilangan Oksidasi (PBO) 7. Menyetarakan reaksi autoreduksi 8. Mengumpulkan informasi reaksi redoks dalam kehidupan sehari-hari 9. Menunjukkan urutan kekuatan pengoksidasi atau pereduksi berdasarkan data hasil percobaan
2.	Elemen Keterampilan Proses 1. Mengamati Mampu memilih alat bantu yang tepat untuk melakukan pengukuran dan pengamatan. Memperhatikan detail yang relevan dari obyek yang diamati.		

No	Capaian Pembelajaran Fase F	Tujuan Pembelajaran	Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran
	2. Mempertanyakan dan memprediksi Merumuskan pertanyaan ilmiah dan hipotesis yang dapat diselidiki secara ilmiah. 3. Peserta didik merencanakan dan memilih metode yang sesuai Berdasarkan referensi untuk mengumpulkan data yang dapat dipercaya, mempertimbangkan resiko serta isu-isu etik dalam penggunaan metode tersebut. Peserta didik memilih dan menggunakan alat dan bahan, termasuk penggunaan teknologi digital yang sesuai untuk mengumpulkan serta mencatat data secara sistematis dan akurat. 4. Memproses, menganalisis data dan informasi Menafsirkan informasi yang didapatkan 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 pengetahuan ilmiah untuk menarik kesimpulan yang konsisten dengan hasil penyelidikan. 5. Mengevaluasi dan refleksi Mengevaluasi kesimpulan melalui perbandingan dengan teori yang ada. Menunjukkan kelebihan dan kekurangan proses penyelidikan dan efeknya pada data. Menunjukkan permasalahan pada		

No	Capaian Pembelajaran Fase F	Tujuan Pembelajaran	Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran
	metodologi dan mengusulkan saran perbaikan untuk proses penyelidikan selanjutnya. 6. Mengomunikasikan hasil Mengomunikasikan hasil penyelidikan secara utuh termasuk di dalamnya pertimbangan keamanan, lingkungan, dan etika yang ditunjang dengan argumen, bahasa serta konvensi sains yang sesuai konteks penyelidikan. Menunjukkan pola berpikir sistematis sesuai format yang ditentukan.		

C. Uraian Materi

1. Reaksi Reduksi – Oksidasi (Redoks)

Pada mulanya, kira-kira pada abad XIX para ahli kimia meninjau konsep reaksi redoks dengan mengaitkan reaksi suatu zat dengan oksigen. Konsep redoks kemudian berkembang menjadi reaksi yang melibatkan elektron (mengikat atau melepaskan elektron). Seiring berjalannya waktu dan perkembangan ilmu pengetahuan, konsep redoks berkembang menjadi suatu reaksi yang disertai dengan perubahan bilangan oksidasi.

Reaksi redoks merupakan dua reaksi yang tidak dapat dipisahkan. Hal itu disebabkan reaksi reduksi dan oksidasi merupakan reaksi yang berlangsung secara simultan dalam suatu reaksi kimia. Jika pada suatu reaksi kimia terjadi reaksi reduksi maka secara bersamaan terjadi reaksi oksidasi sehingga reaksinya disebut reaksi reduksi oksidasi, atau disingkat reaksi redoks.

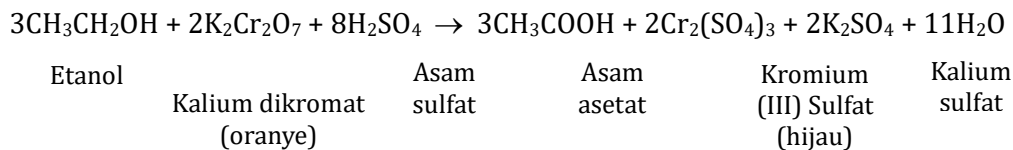
2. Aplikasi Reaksi Redoks di Dunia Nyata

Alat Penganalisis Pernapasan (*Breathalyzer*)

Kecelakaan lalu lintas menjadi salah satu penyumbang angka kematian yang cukup besar di Indonesia. Setidaknya, ada empat faktor penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas tersebut, yakni faktor manusia, faktor alam, faktor jalan, dan faktor kendaraan. Faktor manusia menjadi penyebab paling banyak terjadinya kecelakaan lalu lintas, salah satunya disebabkan akibat pengemudi mabuk. Data menunjukkan bahwa pada 2019, terdapat 856 kasus kecelakaan akibat pengemudi mabuk ini (Sumber: <https://kumparan.com/kumparannews/waspada-setiap-hari-ada-3-pengemudi-mabuk-terlibat-kecelakaan-1xYtXMVSyRX/full>).

Ada upaya dari lembaga penegak hukum untuk mendidik masyarakat tentang bahaya mengemudi sambil mabuk serta hukuman bagi pelanggaran mengemudi dalam keadaan mabuk. Polisi kerap menggunakan alat bernama *breathalyzer* untuk menguji pengemudi

yang diduga mabuk. Dasar sains dari perangkat ini adalah reaksi redoks. Sampel napas pengemudi dimasukkan ke dalam *breathalyzer*, lalu diolah dengan larutan asam kalium dikromat. Alkohol (etanol) dalam napas diubah menjadi asam asetat seperti pada persamaan berikut:



Dalam reaksi ini, etanol mereduksi kromium (VI) (dalam bentuk ion dikromat) yang berwarna oranye menjadi ion kromium (III) yang berwarna hijau. Kadar alkohol dalam darah pengemudi ditentukan dengan mengukur derajat perubahan warna ini (dibaca dari meteran terkalibrasi pada instrumen). Di Indonesia belum ada aturan khusus mengenai batas alkohol dalam darah saat berkendara (Mildya, 2015). Namun, terdapat undang-undang yang mengharuskan pengemudi kendaraan bermotor untuk berkendara dengan konsentrasi penuh. Pengemudi yang melakukan hal yang dapat mengganggu konsentrasi, termasuk meminum alkohol, dapat dikenakan hukuman pidana atau denda. Hukuman lebih berat diberikan pada pengemudi yang menyebabkan kecelakaan hingga menimbulkan kerusakan atau korban.



Gambar 1. Seorang pengemudi sedang diuji kadar alkohol dalam darahnya menggunakan alat *breathalyzer*

(Sumber: <https://oto.detik.com/berita/d-2437635/nih-batas-kadar-alkohol-pengendara>)

Potongan Buah Apel Yang Berubah Warna

Pernahkah anda melihat potongan buah apel yang berubah warna menjadi coklat ketika dibiarkan diruang terbuka seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Daging buah apel yang berubah warna

(Sumber: <https://www.kompas.com/homey/read/2024/02/20/114506576/4-cara-mencegah-apel-berubah-warna-menjadi-coklat?page=all>)

Potongan buah apel yang dibiarkan di udara terbuka, dalam beberapa saat akan menjadi coklat. Mengapa hal itu dapat terjadi? Daging buah apel yang berubah warna menjadi coklat setelah terkena udara merupakan bentuk pelindungan apel untuk melawan bakteri dan jamur. Warnanya berubah karena adanya sel-sel yang mengalami kerusakan. Selain itu dalam buah apel terdapat enzim polifenol oksidase (tirosinase), yang terdiri dari enzim monophenol oksidase dan katekol oksidase. Saat kita memotong apel lalu daging buahnya terkena oksigen dan bereaksi, maka enzim tadi akan menghasilkan senyawa fenolik dalam jaringan apel berubah menjadi orto-kuinon (o-kuinon). O-kuinon ini membentuk antiseptik alami yang fungsinya memberikan perlindungan dari bakteri dan jamur. Proses reaksi oksigen dengan enzim polifenol oksidase (tirosinase) disebut reaksi oksidasi. Proses reaksi oksidasi pada buah apel ini berlangsung relatif cepat, sehingga membuat permukaan daging buah apel berwarna coklat.

Besi Berkarat

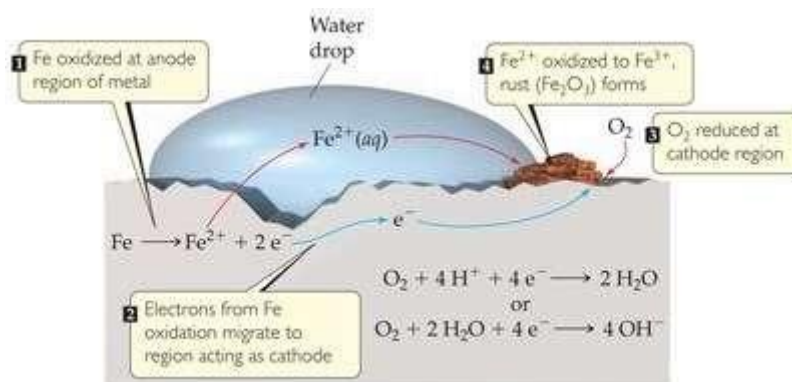
Contoh lain dari reaksi oksidasi adalah proses perkaratan pada besi seperti tampak pada Gambar 3. Mengapa besi tersebut menjadi berkarat? Bagaimana proses perkaratan terjadi?



Gambar 3. Besi berkarat

(Sumber: <https://id.quora.com/Apakah-zat-besi-yang-ada-dalam-tubuh-manusia-dapat-berkarat-Mengapa>)

Pada proses perkaratan atau korosi terjadi karena reaksi antara besi dengan oksigen. Karat besi, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, merupakan senyawa berbentuk padatan yang berwarna coklat kemerahan, terbentuk dari reaksi redoks besi dengan oksigen. Dampak dari korosi besi membuat besi menjadi rapuh dan menurunkan estetika. Karena itu pengetahuan dan pemahaman tentang reaksi redoks dimanfaatkan untuk pencegahan korosi. Proses terbentuknya karat besi digambarkan pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Reaksi korosi pada besi

(Sumber: Brown, Theodore L. et al. 2015)

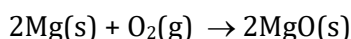
Selain fenomena di atas, dapatkah Anda menyebutkan fenomena lain dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan reaksi redoks?

3. Konsep Reaksi Redoks Berdasarkan Penggabungan dan Pelepasan Oksigen

Besi berkarat akibat reaksi antara logam besi dengan oksigen. Karat besi memiliki rumus kimia $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. Pada reaksi tersebut, besi mengalami oksidasi, reaksi yang terjadi disebut reaksi oksidasi.

Contoh lain zat yang mengalami oksidasi:

Magnesium terbakar dalam oksigen sesuai dengan persamaan reaksi:

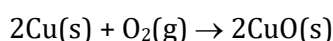


Dalam reaksi ini, magnesium mengikat oksigen, berarti magnesium mengalami reaksi oksidasi.

Jika zat melepaskan oksigen, zat itu mengalami reduksi, reaksinya disebut reaksi reduksi. Pengertian oksidasi dan reduksi dapat dijelaskan dengan contoh-contoh reaksi berikut.

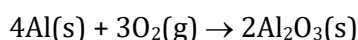
Contoh reaksi oksidasi:

- 1) Reaksi antara logam tembaga dan oksigen



Tembaga mengikat oksigen, berarti tembaga mengalami oksidasi.

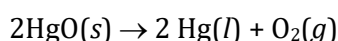
- 2) Reaksi antara logam aluminium dengan oksigen



Aluminium mengikat oksigen sehingga aluminium mengalami oksidasi.

Contoh reaksi reduksi:

- 1) Reaksi pemanasan senyawa raksa (II) oksida



Senyawa HgO melepaskan oksigen sehingga senyawa raksa (II) oksida mengalami reduksi.

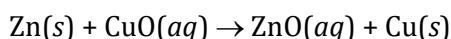
- 2) Reaksi pemanasan senyawa kalium klorat



Senyawa KClO_3 melepaskan oksigen sehingga senyawa kalium klorat mengalami reduksi.

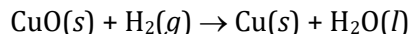
Contoh reaksi oksidasi reduksi:

- 1) Reaksi antara logam seng dan tembaga (II) oksida adalah:



Dalam reaksi ini, tembaga (II) oksida melepaskan oksigen dan seng mengikat oksigen, berarti tembaga (II) oksida mengalami reduksi, sedangkan seng mengalami oksidasi. Pada reaksi (6), seng mengalami oksidasi, berarti mereduksi CuO , maka seng disebut **reduktor**, sedangkan tembaga (II) oksida mengalami reduksi, berarti mengoksidasi Zn, maka CuO disebut **oksidator**.

2) Reaksi antara tembaga (II) oksida dan gas hidrogen



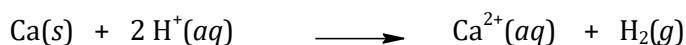
Pada reaksi ini, tembaga (II) oksida melepaskan oksigen, maka CuO mengalami reduksi. Hidrogen mengikat oksigen dari tembaga (II) oksida, hidrogen mengalami oksidasi. Pada reaksi (7), CuO mengalami reduksi berarti mengoksidasi H_2 , maka CuO disebut *oksidator*. H_2 mengalami oksidasi berarti mereduksi CuO, maka H_2 disebut *reduktor*.

Dengan demikian, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a) Oksidasi adalah reaksi pengikatan oksigen.
- b) Reduksi adalah reaksi pelepasan oksigen.
- c) Oksidator adalah zat yang mengalami reduksi atau zat yang mengoksidasi zat lain.
- d) Reduktor adalah zat yang mengalami oksidasi atau zat yang mereduksi zat lain.

4. Konsep Reaksi Redoks Dihubungkan dengan Perpindahan Elektron

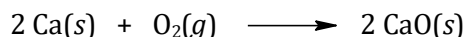
Seiring dengan berkembangnya teori atom, diketahui bahwa hal utama yang terjadi dalam reaksi redoks adalah perpindahan elektron dari satu pereaksi ke pereaksi lain. Konsep ini telah mengganti konsep sebelumnya yang hanya terbatas pengikatan atau pelepasan oksigen. Perpindahan elektron ini berasal dari pereaksi (atau atom dalam pereaksi) yang mempunyai kemampuan menarik elektron lebih lemah ke pereaksi yang mempunyai kemampuan menarik elektron lebih kuat. Sebagai contoh, kalsium bereaksi dengan H^+ menghasilkan ion kalsium:



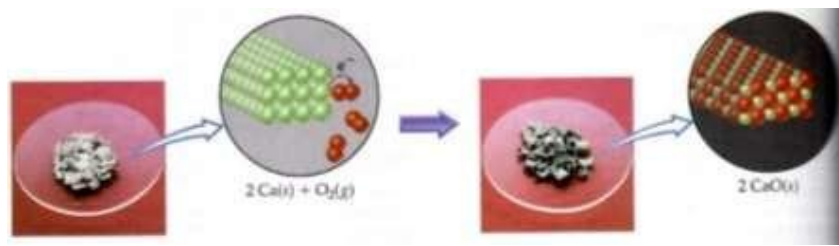
Sebuah atom, ion, atau molekul menjadi bermuatan lebih positif (yaitu, ketika telah melepaskan elektron), dikatakan telah teroksidasi. Suatu zat yang melepaskan elektron dalam suatu reaksi dikatakan mengalami oksidasi. Dengan demikian, Ca, yang tidak memiliki muatan, teroksidasi dalam persamaan di atas, membentuk Ca^{2+} .

Istilah oksidasi digunakan karena pada konsep pertama adanya reaksi dengan oksigen. Banyak logam bereaksi secara langsung dengan O_2 di udara untuk membentuk oksida logam. Dalam reaksi ini logam memberikan elektron ke oksigen, membentuk senyawa ionik dari ion logam dan ion oksida.

Misalnya, bila logam kalsium bersentuhan dengan udara, permukaan logam yang mengkilat menjadi pudar karena terbentuknya CaO :

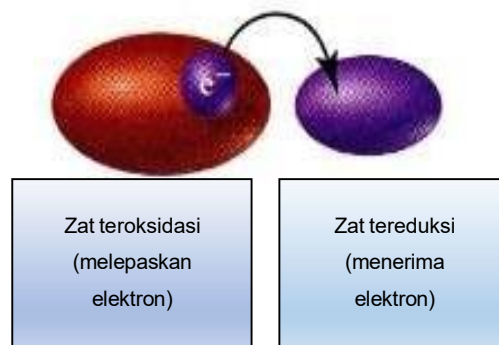


Pada reaksi tersebut, atom Ca yang awalnya tidak bermuatan teroksidasi menjadi Ca^{2+} dan atom O pada molekul O_2 yang tidak bermuatan tereduksi menjadi bermuatan -2. Perubahan ini diilustrasikan pada Gambar 5. Atom, ion, atau molekul yang muatannya menjadi lebih negatif dengan menerima elektron dikatakan mengalami reduksi.



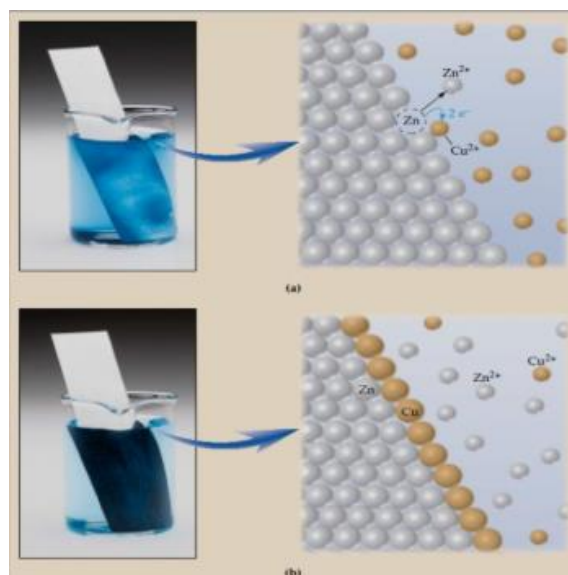
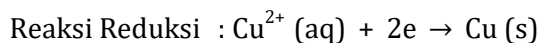
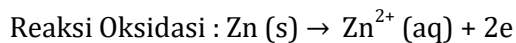
Gambar 5. Oksidasi logam kalsium dengan molekul oksigen
(Sumber: Brown, Theodore L. et al. 2015)

Oksidasi melibatkan transfer elektron dari logam untuk O_2 , akhirnya mengarah pada pembentukan CaO .



Gambar 6. Proses perpindahan elektron pada reaksi redoks

Contoh lain dari reaksi redoks misalnya logam seng yang dicelupkan ke dalam larutan tembaga(II) sulfat. Logam seng akan teroksidasi dan ion tembaga akan tereduksi. Masing-masing reaksinya adalah sebagai berikut :



Gambar 7. Reaksi oksidasi logam Zn dan reduksi ion Cu^{2+}
(Sumber : McMurry et al, 2012)

Dengan demikian, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Oksidasi adalah peristiwa pelepasan elektron.
 - 2) Reduksi adalah peristiwa pengikatan elektron.
 - 3) Proses oksidasi dan reduksi berlangsung dalam satu reaksi.
 - 4) Oksidator adalah zat yang mengalami reduksi.
 - 5) Reduktor adalah zat yang mengalami oksidasi.
5. Konsep Reaksi Redoks Dihubungkan dengan Bilangan Oksidasi (Biloks)

Bilangan oksidasi adalah bilangan yang menunjukkan muatan yang muncul pada suatu atom jika pasangan suatu elektron ikatan diambil oleh atom yang lebih elektronegatif. Bilangan oksidasi atau tingkat oksidasi diterangkan berdasarkan komposisi senyawa, keelektronegatifan relatif unsur, dan menurut beberapa aturan.

Aturan untuk menentukan bilangan oksidasi unsur adalah sebagai berikut.

- a) Bilangan oksidasi atom unsur bebas adalah nol. Aturan ini berlaku untuk setiap unsur dalam satuan rumus, misalnya H pada H_2 , N pada N_2 , P pada P_4 , Mg, Na, dan lainnya.
- b) Bilangan oksidasi hidrogen dalam senyawanya = +1, misalnya dalam HCl, NH_3 , dan H_2SO_4 , kecuali dalam senyawa hidrida logam, di mana bilangan oksidasi hidrogen = -1. Contoh senyawa hidrida logam di antaranya NaH dan CaH_2 .
- c) Bilangan oksidasi oksigen dalam senyawanya sama dengan -2, kecuali dalam senyawa peroksida, bilangan oksidasi oksigen = -1 (misalnya, H_2O_2 , Na_2O_2 , BaO_2), bilangan oksidasi oksigen pada senyawa superoksida = $-\frac{1}{2}$ (misalnya pada senyawa KO_2) dan oksigen memiliki bilangan oksidasi +2 pada senyawa OF_2 .
- d) Bilangan oksidasi suatu ion monoatomik sama dengan muatannya, contohnya bilangan oksidasi
 $Na^+ = +1$, $Mg^{2+} = +2$, $Al^{3+} = +3$, $Cl^- = -1$, dan $S^{2-} = -2$.
- e) Dalam senyawa, bilangan oksidasi unsur golongan alkali sama dengan +1, dan unsur golongan alkali tanah sama dengan +2.

Contoh:

Bilangan oksidasi K dalam KCl, $KMnO_4$, $KHSO_4$, $KClO_4$ sama dengan +1. Bilangan oksidasi Ca dalam $CaSO_4$, $CaHCO_3$, $CaCl_2$ sama dengan +2.

- f) Jumlah bilangan oksidasi unsur-unsur dalam senyawa sama dengan nol.

Contoh:

Pada SO_2

Jumlah bilangan oksidasi O = $2 \times (-2) = -4$

Bilangan oksidasi S = +4

Jumlah bilangan oksidasi pada $SO_2 = (+4) + (-4) = 0$

- g) Jumlah bilangan oksidasi unsur-unsur dalam suatu ion yang terdiri atas beberapa unsur sama dengan muatannya.

Contoh:

Jumlah bilangan oksidasi pada $\text{SO}_4^{2-} = -2$

-2 berasal dari $(1 \times \text{bilangan oksidasi S}) + (4 \times \text{bilangan oksidasi O yaitu } -2) = (1 \times (+6)) + (4 \times (-2))$

- h) Bilangan oksidasi unsur yang lebih elektronegatif selalu negatif dan yang kurang elektronegatif selalu positif.

Contoh :

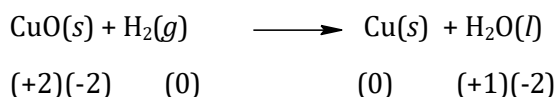
OF_2 = atom F lebih elektronegatif daripada atom O, maka bilangan oksidasi F negatif (-) dan O positif (+).

Ada unsur yang di dalam senyawanya mempunyai beberapa bilangan oksidasi seperti Cl (-1, +1, +3, +5, +7) dan S (-2, 0, +4, +6). Logam transisi juga mempunyai beberapa bilangan oksidasi seperti: Mn (+2, +3, +4, +6, +7).

Fenomena ini terkait dengan banyaknya elektron valensi unsur tersebut yang dapat digunakan dalam ikatan kimia. Misalnya, atom Cl mempunyai 7 elektron valensi (golongan VIIA). Jika semua elektron valensinya terikat dengan unsur yang lebih elektronegatif seperti dalam senyawa HClO_4 , maka bilangan oksidasi Cl = +7. Sebaliknya dalam senyawa HCl, atom Cl lebih elektronegatif daripada H maka bilangan oksidasi Cl = -1.

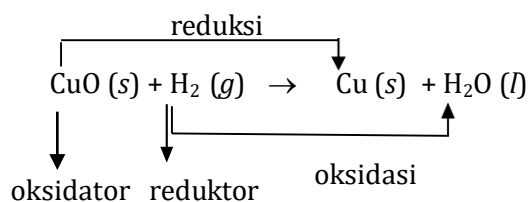
6. Penggunaan Bilangan Oksidasi pada Reaksi Redoks

Pada suatu reaksi, perubahan bilangan oksidasi unsur-unsurnya menunjukkan terjadinya reaksi oksidasi dan reduksi. Untuk memahaminya perhatikan reaksi berikut.



Bilangan oksidasi Cu pada CuO = +2 dan pada Cu = 0. Bilangan oksidasi Cu mengalami penurunan dari +2 menjadi 0. Bilangan oksidasi H pada H_2 = 0 dan pada H_2O = +1. Bilangan oksidasi H mengalami kenaikan menjadi +1.

Pada reaksi tersebut CuO mengalami reduksi dan H_2 mengalami oksidasi



Zat yang mengalami reduksi disebut oksidator, zat yang mengalami oksidasi disebut reduktor.

Dengan demikian dapat disimpulkan sebagai berikut.

- Oksidasi adalah peristiwa kenaikan bilangan oksidasi suatu unsur.
- Reduksi adalah peristiwa penurunan bilangan oksidasi suatu unsur.
- Oksidator mengalami penurunan bilangan oksidasi.
- Reduktor mengalami kenaikan bilangan oksidasi.

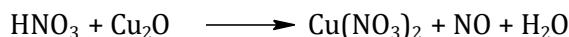
7. Penyetaraan Reaksi Redoks

Persamaan reaksi redoks dapat disetarakan dengan dua metode, yaitu metode perubahan bilangan oksidasi (PBO) dan metode setengah reaksi.

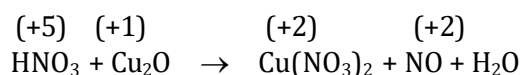
7.1. Metode Perubahan Bilangan Oksidasi (PBO)

Metode ini didasarkan pada *kekekalan muatan*, yakni kenaikan bilangan oksidasi (biloks) atom teroksidasi harus sama dengan penurunan biloks atom tereduksi.

Perhatikanlah persamaan reaksi berikut.

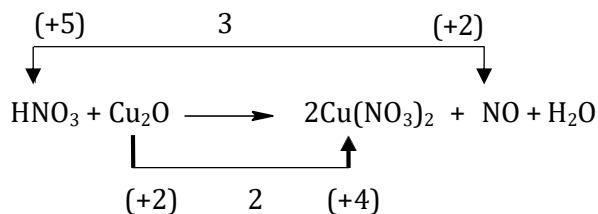


Atom yang mengalami perubahan biloks dapat ditentukan melalui pemeriksaan setiap atom. Dari hasil ini diketahui bahwa atom N dan Cu mengalami perubahan biloks.

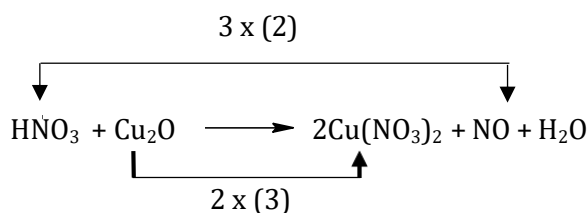


Berdasarkan prinsip kekekalan muatan, setiap atom yang mengalami perubahan biloks harus disetarakan dengan cara mengubah koefisien reaksinya. Atom yang tidak mengalami perubahan biloks tidak perlu disetarakan pada tahap penyetaraan biloks, tetapi disetarakan pada tahap akhir untuk memenuhi *Hukum Kekekalan Massa*.

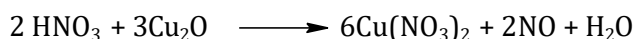
Pada persamaan reaksi tersebut, biloks atom N berubah dari +5 menjadi +2 (terjadi penurunan biloks sebesar 3 satuan). Pada atom Cu, terjadi perubahan biloks dari +1 menjadi +2 (terjadi kenaikan biloks). Oleh karena ada dua atom Cu, kenaikan total biloks Cu adalah 2 satuan. Perubahan biloks atom-atom pada reaksi tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk diagram berikut.



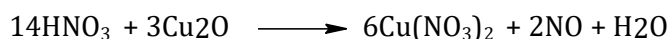
Oleh karena kenaikan biloks Cu harus sama dengan penurunan biloks N maka atom Cu harus dikalikan dengan faktor 3. Atom N dikalikan dengan faktor 2 sehingga diperoleh:



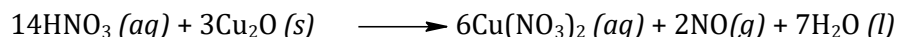
Persamaan reaksi menjadi:



Walaupun atom N yang mengalami perubahan biloks telah disetarakan, tetapi ada atom N lain yang muncul sebagai ion NO_3^- dalam senyawa $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$. Untuk memenuhi kekekalan massa, kekurangan 12 ion NO_3^- disetarakan dengan menambahkan 12 molekul HNO_3 pada ruas kiri sehingga persamaan menjadi:



Atom N dan Cu sudah setara, tetapi molekul H₂O belum setara. Untuk menyetarakannya, samakan atom H atau O pada kedua ruas dengan mengubah koefisien H₂O. Persamaan reaksi menjadi:



Dengan demikian, reaksi-reaksi kimia yang melibatkan reaksi redoks dapat disetarakan.

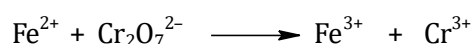
Tahap-tahap untuk menyetarakan persamaan reaksi dengan cara PBO adalah sebagai berikut:

- 1) Tentukan biloks semua atom untuk mengetahui atom-atom mana yang mengalami perubahan biloks.
- 2) Pasangkan oksidator dan produknya, reduktor dan produknya menggunakan diagram seperti pada contoh.
- 3) Tambahkan koefisien pada pasangan tersebut jika terjadi perbedaan jumlah atom (seperti pada atom Cu).
- 4) Tentukan perubahan biloks, baik reduktor maupun oksidator. Nilai perubahan ini merupakan faktor penyetara, yang dikalikan dengan koefesien reaksinya.
- 5) Setarakan atom-atom lain yang tidak mengalami reduksi dan oksidasi untuk memenuhi Hukum Kekekalan Massa.
- 6) Periksa apakah persamaan sudah setara, baik massa maupun muatannya.

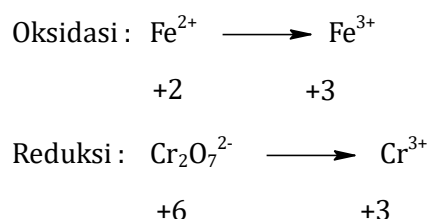
7.2. Metode Setengah Reaksi

Penyetaraan persamaan redoks dengan metode setengah reaksi didasarkan pada transfer elektron. Untuk mengetahui jumlah elektron yang ditransfer dilakukan pemisahan persamaan ke dalam dua setengah reaksi. Masing- masing setengah reaksi disetarakan, kemudian digabungkan kembali untuk memperoleh persamaan reaksi redoks yang setara, baik muatan maupun jumlah atomnya. Perhatikan tahapan metoda setengah reaksi berikut.

Tahap 1. Tuliskan persamaan tak setara untuk reaksi ini dalam bentuk ionik.

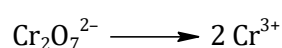


Tahap 2. Pisahkan persamaan tersebut menjadi dua setengah-reaksi.



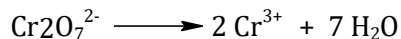
Tahap 3. Setarakan atom yang bukan O dan H di setiap setengah reaksi secara terpisah.

Setengah-reaksi oksidasi sudah setara untuk atom Fe. Untuk setengah-reaksi reduksi kita kalikan Cr³⁺ dengan 2 untuk menyetarakan atom Cr.

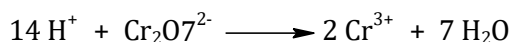


Tahap 4. Untuk reaksi dalam medium asam, tambahkan H_2O untuk menyetarakan atom O dan tambahkan H^+ untuk menyetarakan atom H.

Karena reaksi berlangsung dalam lingkungan asam, kita tambahkan tujuh molekul H_2O di sebelah kanan setengah-reaksi reduksi untuk menyetarakan atom O:

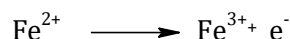


Untuk menyetarakan atom H, kita tambahkan 14 ion H^+ di sebelah kiri:



Tahap 5. Tambahkan elektron pada salah satu sisi dari setiap setengah-reaksi untuk menyetarakan muatan. Jika perlu, samakan jumlah elektron di kedua setengah-reaksi dengan cara mengalikan satu atau kedua setengah-reaksi dengan koefisien yang sesuai.

Untuk setengah-reaksi oksidasi kita tuliskan

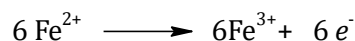


Kita tambahkan satu elektron di sisi kanan sehingga terdapat satu muatan 2+ pada setiap sisi dari setengah-reaksi.

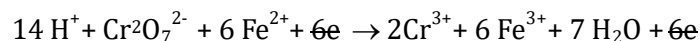
Dalam setengah-reaksi reduksi terdapat total 12 muatan positif pada sisi kiri dan hanya enam muatan positif di sisi kanan. Jadi, kita tambahkan enam elektron di sebelah kiri.



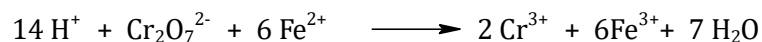
Untuk menyamakan banyaknya elektron pada kedua setengah-reaksi, kita kalikan setengah-reaksi oksidasi dengan 6 :



Tahap 6. Jumlahkan kedua setengah-reaksi dan setarakan persamaan akhir dengan pengamatan. Elektron-elektron di kedua sisi harus saling meniadakan. Kedua setengah-reaksi dijumlahkan sehingga diperoleh.



Elektron pada kedua sisi saling meniadakan, dan kita mendapatkan persamaan ionik bersih yang sudah setara:



Tahap 7. Periksa kembali apakah persamaan ini mengandung jenis dan jumlah atom yang sama serta periksa juga apakah muatan pada sisi persamaan sudah sama.

Pengecekan terakhir menunjukkan bahwa persamaan yang dihasilkan sudah setara "secara atom" dan "secara muatan".

Untuk reaksi dalam suasana basa, kita biasanya akan menyetarakan atom seperti yang telah kita lakukan pada tahap 4 untuk medium asam. Lalu, untuk setiap ion H^+ tambahkan ion OH^- yang sama banyaknya di *kedua* sisi persamaan. Jika H^+ dan OH^- muncul pada sisi yang sama dari persamaan, akan menggabungkan ion-ion tersebut menjadi H_2O .

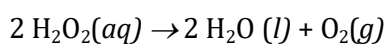
8. Reaksi Disproporsionasi



Gambar 8. Hidrogen peroksida (H_2O_2) menghasilkan "gelembung" ketika dituangkan di atas luka karena dihasilkan gas oksigen.

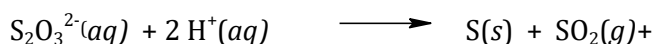
(Sumber: Petrucci, 2007)

Beberapa reaksi oksidasi-reduksi, disebut reaksi disproporsionasi, di mana zat yang sama mengalami oksidasi dan reduksi. Penguraian hidrogen peroksida, H_2O_2 , menghasilkan $O_2(g)$ dan $H_2O(l)$. Gas oksigen (O_2) yang tampak pada Gambar 8 memiliki sifat oksidator ketika larutannya encer (biasanya 3%) digunakan sebagai antiseptik.

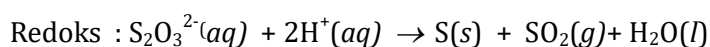
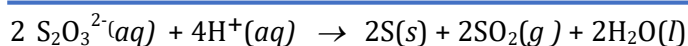
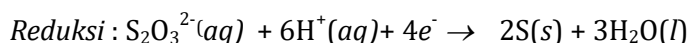
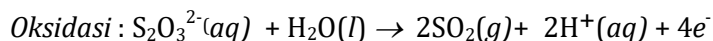


Pada reaksi di atas, bilangan oksidasi oksigen berubah dari -1 pada H_2O_2 menjadi -2 pada H_2O (reduksi) dan 0 pada $O_2(g)$ (oksidasi). H_2O_2 mengalami oksidasi dan reduksi.

Larutan natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$) sering digunakan di laboratorium dalam reaksi redoks. Disproporsionasi dari $S_2O_3^{2-}$ menghasilkan sulfur sebagai salah satu produk, yang merupakan alasan bahwa stok lama $Na_2S_2O_3$ kadang-kadang mengandung warna kuning pucat.

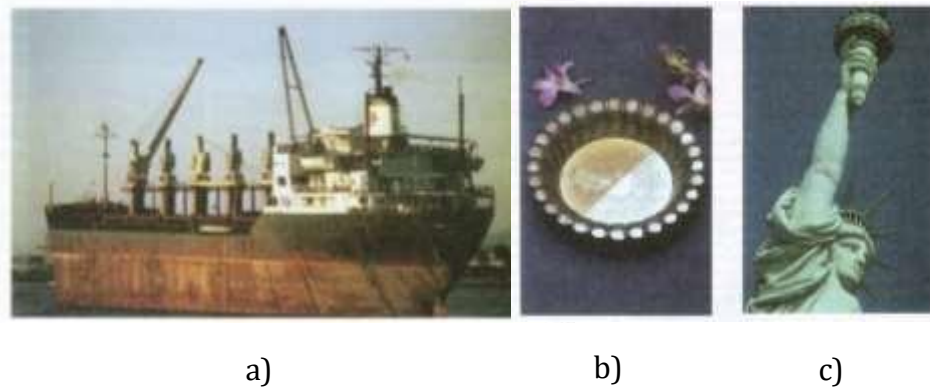


Bilangan oksidasi S adalah +2 pada $S_2O_3^{2-}$, 0 pada $S(s)$, dan +4 pada $SO_2(g)$. Zat yang sama muncul di sisi kiri pada setiap persamaan setengah reaksi untuk reaksi disproporsionasi. Persamaan setengah reaksi dan persamaan keseluruhan untuk reaksi tersebut adalah:



9. Korosi

Korosi merupakan istilah yang biasanya digunakan untuk kerusakan logam akibat proses elektrokimia. Karat pada besi, noda pada perak, dan “*patina*” hijau yang terbentuk pada tembaga dan kuningan, merupakan beberapa contoh di antaranya, yang terlihat pada Gambar 9.

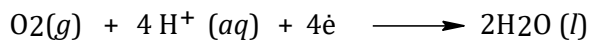


Gambar 9. Beberapa contoh korosi: a) kapal yang berkarat, b) Perlengkapan makan perak yang setengah ternoda, dan c) Patung Liberty terselubungi oleh patina sebelum direstorasi pada tahun 1986. (Sumber : Chang, R., 2010)

Sejauh ini, contoh yang paling lazim dari korosi adalah pembentukan karat pada besi. Reaksi pada perkaratan adalah sebagai berikut :



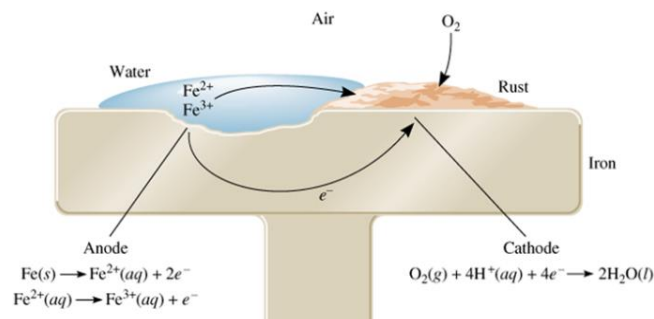
Elektron yang dilepaskan oleh besi mereduksi oksigen di atmosfer menjadi air pada katoda, yang merupakan wilayah lain dari permukaan logam yang sama:



Reaksi redoks keseluruhannya adalah



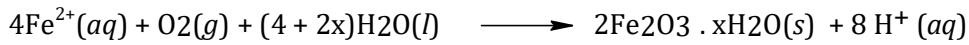
Gambar 10 menunjukkan mekanisme pembentukan karat. Rangkaian listriknya terbentuk dengan bermigrasinya elektron dan ion; inilah sebabnya mengapa karat terbentuk begitu cepat dalam perairan asin.



Gambar 10. Proses Elektrokimia yang terlibat dalam pembentukan karat. (Sumber : Chang, R., 2010)

Ion H^+ dipasok oleh H_2CO_3 , yang terbentuk bila CO_2 terlarut dalam air. Perhatikan bahwa reaksi ini terjadi dalam suasana asam; ion H^+ dipasok sebagian oleh reaksi karbon dioksida di atmosfer dengan air membentuk H_2CO_3 .

Ion Fe^{2+} yang terbentuk pada anoda dioksidasi lagi oleh oksigen:



Bentuk hidrasi dari besi(III)oksida ini dikenal sebagai karat (*rust*). Banyaknya air yang akan terikat dengan besi oksida beragam, sehingga kita menyatakan rumusnya sebagai $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$.

10. Cara Mencegah Korosi pada Besi

a. Menggunakan lapisan pelindung untuk mencegah kontak langsung dengan H_2O dan O_2

Contoh lapisan pelindung yang dapat digunakan, antara lain lapisan cat, lapisan oli dan gemuk, lapisan plastik, dan pelapisan logam lain, seperti Sn, Zn, dan Cr. Pada pelapisan cat dan pelapisan plastik, bila cat tergores/terkelupas atau plastik terkelupas, korosi akan mulai terjadi bagian yang terpapar dengan udara tersebut. Pada pelapisan dengan oli dan gemuk, perlu dilakukan pengolesan secara berkala.

Pada pelapisan timah (*tin plating*), timah lebih tahan korosi (kurang reaktif) dibanding besi, di mana potensial reduksi besi lebih negatif ($E^\circ Fe = -0,44 V$; $E^\circ Sn = -0,14 V$). Namun, sebagaimana efek *galvanic coupling*, apabila lapisan timah tergores, maka timah justru akan mempercepat korosi pada besi. Pelapisan timah umumnya dilakukan pada kaleng-kaleng kemasan. Pelapisan timah umumnya digunakan pada kaleng-kaleng kemasan dengan tujuan agar kaleng-kaleng bekas cepat rusak dan hancur.

Pada pelapisan zink (galvanisasi), zink lebih reaktif dibanding besi ($E^\circ Fe = -0,44 V$; $E^\circ Zn = -0,76 V$). Berbeda dengan timah, bila lapisannya tidak utuh, zink masih dapat melindungi besi dari korosi. Hal ini terjadi sebagaimana terbentuknya sel elektrokimia dengan zink sebagai anode yang teroksidasi dan besi sebagai katode. Mekanisme perlindungan ini disebut perlindungan katode. Pelapisan zink umumnya digunakan pada besi penopang konstruksi dan pipa besi.

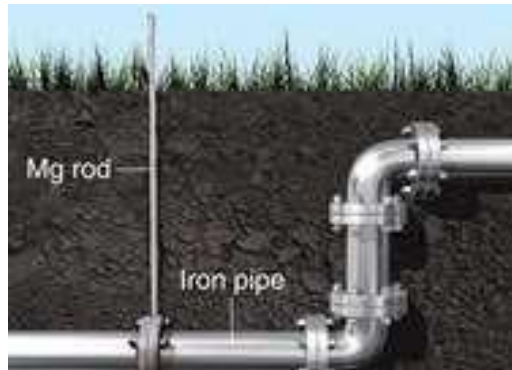
Pada pelapisan kromium (*chrome plating*), kromium lebih reaktif dibanding besi ($E^\circ Fe = -0,44 V$; $E^\circ Cr = -0,74 V$). Sama seperti zink, mekanisme perlindungan katode juga terjadi pada pelapisan kromium meskipun ada lapisan kromium yang rusak. Pelapisan kromium umumnya digunakan pada ketel, setang, dan bumper mobil.

b. Menggunakan perlindungan katode

1) Menggunakan logam lain yang lebih reaktif sebagai anode korban

Logam lain yang lebih reaktif dari besi, seperti Zn, Cr, Al, dan Mg, akan berfungsi sebagai anode korban yang menyuplai elektron yang digunakan untuk mereduksi oksigen pada katode besi. Metode perlindungan katode ini dapat dilakukan dengan pelapisan seperti pada galvanisasi dan *chrome plating* ataupun dengan hanya menghubungkan logam anode korban dengan besi. Sebagai contoh, pipa besi yang ditanam di bawah tanah dan badan kapal laut umumnya dihubungkan dengan batang magnesium. Magnesium akan berfungsi sebagai anode korban dan besi

menjadi katode yang terlindungi dari korosi ($E^\circ \text{Fe} = -0,44 \text{ V}$; $E^\circ \text{Cr} = -2,37 \text{ V}$). Batang magnesium tersebut harus diganti secara berkala.



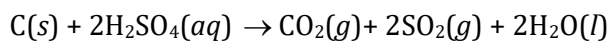
Gambar 11. Perlindungan pipa besi dengan anode korban Mg
(Sumber: Silberberg et al, 2015)

2) Menyuplai listrik dari luar

Untuk melindungi tangki besi bawah tanah juga dapat digunakan anode inert seperti grafit yang dihubungkan dengan sumber listrik. Elektron dari sumber listrik akan mengalir ke anode, lalu oksidasi yang terjadi di anode akan melepas elektron yang akan mengalir menuju katode tangki besi melalui elektrolit tanah.

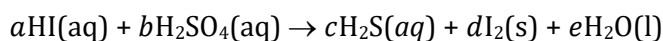
D. Latihan

1. Asam sulfat pekat mengoksidasi nonlogam, misalnya mengoksidasi karbon menjadi karbon dioksida menurut persamaan berikut:



Zat yang berperan sebagai reduktor adalah...

- A. H_2SO_4
 - B. CO_2
 - C. C
 - D. SO_2
 - E. H_2O
2. Perhatikan persamaan reaksi redoks berikut:



Jika disetarakan, maka koefisien a , b , c , d , dan e adalah...

- A. 4, 1, 2, 1, dan 4
- B. 4, 2, 2, 4, dan 4
- C. 8, 1, 2, 4, dan 4
- D. 8, 1, 1, 4, dan 4
- E. 4, 2, 4, 4, dan 8

3. Berikut ini beberapa upaya pencegahan korosi:

1. proteksi katodik
2. pelapisan timah
3. galvanisir
4. paduan logam
5. pengecatan

Pencegahan korosi pada kaleng kemasan makanan dapat dilakukan melalui proses...

- A. 1
 - B. 2
 - C. 3
 - D. 4
 - E. 5
4. Pada reaksi: $2\text{Fe}(s) + \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) \rightarrow 2\text{Fe}^{2+}(aq) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$, bilangan oksidasi O berubah dari...
- A. 0 ke +1
 - B. 0 ke +2
 - C. 0 ke -2
 - D. -1 ke 0
 - E. -2 ke 0
5. Yang tidak termasuk reaksi redoks adalah...
- A. $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + \text{Cr}_2\text{O}_3$
 - B. $\text{H}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{Cl}_2 \rightarrow \text{SO}_2 + 6\text{HCl}$
 - C. $\text{Mg} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{MgSO}_4 + \text{Cu}$
 - D. $\text{CuCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
 - E. $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g)$

E. Aktivitas (opsional)

Aktivitas pembelajaran berisi rincian alternatif kegiatan pembelajaran yang dilakukan guru dan peserta untuk mencapai kompetensi pada topik penyetaraan reaksi redoks. Sebagai bahan acuan seluruh kegiatan aktivitas pembelajaran pada topik ini dapat dilihat pada Tabel 2 yang menggambarkan desain aktivitas pembelajaran topik penyetaraan reaksi redoks.

Tabel 2. Desain aktivitas pembelajaran

Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran	Materi / submateri	Aktivitas pembelajaran	Bentuk dan jenis penilaian	Media	Alokasi waktu
1. Menjelaskan perkembangan reaksi redoks	1. Konsep reaksi redoks dihubungkan dengan perpindahan elektron	1. Melakukan pengamatan fenomena reaksi redoks di kehidupan sehari-hari	1. Tes Pengetahuan Tes tulis a. PG b. Uraian	1. Lembar Kerja Peserta Didik	6 x 45 menit
2. Menentukan bilangan oksidasi unsur	2. Konsep reaksi redoks dihubungkan dengan bilangan oksidasi	2. Melakukan percobaan reaksi redoks pembakaran logam Mg Mendiskusikan data hasil pengamatan dengan menggunakan LKPD1	2. Observasi Kegiatan percobaan	2. Gambar atau video peristiwa perkaratan besi	
3. Menentukan oksidator, reduktor, hasil oksidasi dan reduksi	3. Penggunaan bilangan oksidasi pada reaksi redoks		3. Observasi keterampilan presentasi 4. Penilaian Laporan	3. Alat dan bahan praktikum	
4. Membedakan proses oksidasi-reduksi					

Indikator pencapaian kompetensi	Materi / submateri	Aktivitas pembelajaran	Bentuk dan jenis penilaian	Media	Alokasi waktu
5. Mengumpulkan informasi reaksi redoks dalam kehidupan sehari-hari	4. Penyetaraan reaksi redoks dengan menggunakan metode perubahan bilangan oksidasi (PBO)	3. Melakukan penyetaraan reaksi redoks dengan menggunakan Metode PBO dan setengah reaksi			
6. Menyetarakan reaksi redoks dengan menggunakan metode setengah reaksi	5. Penyetaraan reaksi redoks dengan menggunakan metode setengah reaksi	4. Mengamati reaksi pendesakan reduktor Zn terhadap ion Cu^{2+} (CuSO_4)			
7. Menyetarakan reaksi redoks dengan menggunakan metode Perubahan Bilangan Oksidasi (PBO)	6. Reaksi redoks spontan	5. Melakukan percobaan urutan daya pereduksi logam dengan menggunakan LKPD 3			
8. Menyetarakan reaksi autoreduksi					
9. Menunjukkan urutan kekuatan pengoksidasi atau pereduksi berdasarkan data hasil percobaan					

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) 1

REAKSI PEMBAKARAN LOGAM MAGNESIUM

Tujuan

Pada eksperimen ini anda akan mempelajari konsep reaksi oksidasi-reduksi

Alat dan Bahan

Alat-alat	Bahan
- Penjepit pembakar (besi) - Pembakar spiritus - Ampelas - Gelas Kimia	- Pita Mg 2 cm - Air 150 mL - Indikator phenolftalein 2 tetes

Langkah kerja

1. Amati logam Mg yang telah di amplas terlebih dahulu, bagaimana warnanya.
2. Jepit logam magnesium menggunakan tang penjepit, kemudian bakar salah satu ujung logam magnesium pada pembakar spiritus.
3. Bakar logam Mg sampai pijar, tampung abunya. **(Lakukan dengan hati-hati suhu magnesium yang terbakar 650 °C).**
4. Masukkan abu pada gelas kimia berisi air yang mengandung indikator fenolftalein.

Pengamatan

Mg sebelum dibakar	:	
Mg pada saat pijar	:	
Warna abu hasil pembakaran	:	
Warna air + fenolftalein	:	

Perubahan pada abu hasil pembakaran + air + 2 tetes fenolftalein	:	
--	---	--

Pertanyaan

1. Tulis reaksi yang terjadi pada pembakaran logam Mg!
2. Tentukanlah bilangan oksidasi masing-masing unsur, reaksi reduksi dan reaksi oksidasinya, serta zat yang bertindak sebagai oksidator dan reduktor reaksi pembakaran logam Mg!

3. Kenapa terjadi perubahan warna saat abu hasil pembakaran + air ditetaskan indikator phenolphthalein?
4. Tuliskan reaksi abu hasil pembakaran Mg + air ! Apakah reaksi tersebut termasuk reaksi redoks ? Jelaskan !
5. Tentukan bilangan oksidasi masing-masing unsur, reaksi reduksi dan oksidasinya, serta oksidator dan reduktor dari reaksi berikut !
 - a. $\text{Mg(s)} + \text{HCl(aq)} \rightarrow \text{MgCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$
 - b. $\text{Fe(s)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3\text{(s)}$
 - c. $\text{Fe(s)} + \text{Cu}^{2+}\text{(aq)} \rightarrow \text{Fe}^{3+}\text{(aq)} + \text{Cu(s)}$
 - d. $\text{Al(s)} + \text{Fe}_2\text{O}_3\text{(s)} \rightarrow \text{Fe(s)} + \text{Al}_2\text{O}_3\text{(S)}$

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) 2

PENYETARAAN REAKSI REDOKS

Tujuan

Menyetarakan reaksi redoks

Alat dan Bahan

Beberapa persamaan reaksi

Langkah Kerja

1. Pelajarilah contoh-contoh reaksi redoks berikut dan setarakan reaksinya.
 - a. $\text{Mg}(s) + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{MgO}(s)$
 - b. $\text{Mg}(s) + \text{HCl}(aq) \rightarrow \text{MgCl}_2(aq) + \text{H}_2(g)$
 - c. $\text{Fe}(s) + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3(s)$
 - d. $\text{Fe}(s) + \text{Cu}^{2+}(aq) \rightarrow \text{Fe}^{3+}(aq) + \text{Cu}(s)$
 - e. $\text{Al}(s) + \text{Fe}_2\text{O}_3(s) \rightarrow \text{Fe}(s) + \text{Al}_2\text{O}_3(s)$
 - f. $\text{ZnS}(s) + \text{HNO}_3(aq) \rightarrow \text{ZnSO}_4(aq) + \text{NO}(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$
 - g. $\text{KMnO}_4(aq) + \text{Na}_2\text{SO}_3(aq) + \text{H}_2\text{SO}_4(aq) \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4(aq) + \text{MnSO}_4(aq) + \text{Na}_2\text{SO}_4(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$
 - h. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(aq) + \text{Fe}^{2+}(aq) + \text{H}^+(aq) \rightarrow \text{Cr}^{3+}(aq) + \text{Fe}^{3+}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

1. Apakah sama jumlah atom di ruas kiri dan di ruas kanan untuk semua reaksi?
2. Apakah sama jumlah muatan di ruas kiri dan ruas kanan untuk reaksi yang kelima?
3. Dari 8 reaksi yang ada, menurut Saudara reaksi mana saja yang sulit untuk disetarakan ?

Diskusikan hasil yang Saudara peroleh dengan teman kelompok Saudara. Bandingkanlah hasil penyelidikan Saudara dengan penjelasan berikut.

Suatu reaksi dinyatakan setara, apabila: jumlah atom di ruas kiri sama dengan jumlah atom di ruas kanan serta jumlah muatan di ruas kiri sama dengan jumlah muatan di ruas kanan.

Reaksi redoks sederhana dapat disetarakan dengan mudah, namun reaksi yang rumit harus ditangani secara khusus. Ada dua cara untuk menyetarakan reaksi dengan cara redoks, yaitu:

- 1) cara perubahan bilangan oksidasi;
- 2) cara setengah reaksi/ion elektron.

Untuk menyetarakan reaksi redoks pada soal f, g dan h anda dapat mengikuti langkah-langkah berikut :

1) cara perubahan bilangan oksidasi :

1. Tuliskan reaksi tidak setaranya
$\text{KMnO}_4(aq) + \text{Na}_2\text{SO}_3(aq) + \text{H}_2\text{SO}_4(aq) \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4(aq) + \text{MnSO}_4(aq) + \text{Na}_2\text{SO}_4(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$
2. Tentukan bilangan oksidasi setiap unsur dalam persamaan itu
$ \begin{array}{ccccccc} +1 & +7 & -2 & & +1 & +4 & -2 \\ \text{KMnO}_4(aq) & + & \text{Na}_2\text{SO}_3(aq) & + & \text{H}_2\text{SO}_4(aq) & \rightarrow & \text{K}_2\text{SO}_4(aq) + \text{MnSO}_4(aq) + \text{Na}_2\text{SO}_4(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \\ & & & & +1 & +6 & -2 & & +1 & +6 & -2 & & +1 & -2 \end{array} $
3. Pilihlah unsur-unsur yang mengalami perubahan dalam bilangan oksidasi, artinya yang mengalami oksidasi atau reduksi.
Mengikat 5 e $ \begin{array}{ccccccc} +7 & & +4 & & +2 & & +6 \\ \text{MnO}_4^- & + & \text{SO}_3^{2-} & \rightarrow & \text{Mn}^{2+} & + & \text{SO}_4^{2-} \end{array} $ Melepas 2 e
4. Samakan jumlah elektron yang dilepas dan diikat agar jumlah elektron yang dilepaskan sama dengan yang diikat. Jumlah elektron yang dilepaskan harus dikalikan 5, jadi $2 \times 5 = 10$ elektron. Adapun jumlah elektron yang diikat dikalikan 2 sehingga menjadi $5 \times 2 = 10$ elektron. Sehingga persamaan reaksinya menjadi
$2\text{KMnO}_4(aq) + 5\text{Na}_2\text{SO}_3(aq) + \text{H}_2\text{SO}_4(aq) \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4(aq) + 2\text{MnSO}_4(aq) + 5\text{Na}_2\text{SO}_4(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$
5. Dengan memeriksa ruas kiri dan ruas kanan, tentukan banyaknya mol yang belum disetarakan, dalam hal ini H_2SO_4 dan H_2O yang diperlukan untuk menyetarakan persamaan. Seperti yang ditunjukkan oleh persamaan dalam langkah 4, 8 mol belerang ditunjukkan di sebelah kanan (K_2SO_4 , 2 MnSO_4 , dan 5 Na_2SO_4). Agar di kiri juga menunjukkan 8 mol, harus ditetapkan 3 mol untuk H_2SO_4 .
$2\text{KMnO}_4(aq) + 5\text{Na}_2\text{SO}_3(aq) + 3\text{H}_2\text{SO}_4(aq) \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4(aq) + 2\text{MnSO}_4(aq) + 5\text{Na}_2\text{SO}_4(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$
6. Banyaknya atom hidrogen yang ditunjukkan di kiri adalah 6 mol (3 H_2SO_4). Jadi, harus ditetapkan 3 mol air. Jadi, persamaan yang setara adalah
$2\text{KMnO}_4(aq) + 5\text{Na}_2\text{SO}_3(aq) + 3\text{H}_2\text{SO}_4(aq) \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4(aq) + 2\text{MnSO}_4(aq) + 5\text{Na}_2\text{SO}_4(aq) + 3\text{H}_2\text{O}(l)$

2) cara setengah reaksi :

1. Tuliskan reaksi tidak setaranya
$ \begin{array}{c} \text{KMnO}_4(aq) + \text{Na}_2\text{SO}_3(aq) + \text{H}_2\text{SO}_4(aq) \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4(aq) + \text{MnSO}_4(aq) + \text{Na}_2\text{SO}_4(aq) \\ + \\ \text{H}_2\text{O}(l) \end{array} $

2. Tuliskan persamaan tak setara untuk reaksi ini dalam bentuk ionik.
$\text{MnO}_4^- + \text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$
3. Pisahkan persamaan tersebut menjadi dua setengah-reaksi
Reduksi : $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$ Oksidasi : $\text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$
4. Setarakan atom yang bukan O dan H di setiap setengah reaksi secara terpisah
Reduksi : $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$ Oksidasi : $\text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$ *Mn dan S sudah setara
5. Untuk reaksi dalam medium asam, tambahkan H_2O untuk menyetarakan atom O dan tambahkan H^+ untuk menyetarakan atom H. Jika reaksi dalam medium basa tambahkan OH^- untuk menyetarakan atom H
Reduksi : $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ Oksidasi : $\text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$
6. Tambahkan elektron pada salah satu sisi dari setiap setengah-reaksi untuk menyetarakan muatan. Jika perlu, samakan jumlah elektron di kedua setengah-reaksi dengan cara mengalikan satu atau kedua setengah-reaksi dengan koefisien yang sesuai.
Reduksi : $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ x2 Oksidasi : $\text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ x5
7. Jumlahkan kedua setengah-reaksi dan setarakan persamaan akhir dengan pengamatan. Elektron-elektron di kedua sisi harus saling meniadakan. Kedua setengah-reaksi dijumlahkan sehingga diperoleh
$2\text{MnO}_4^- + 16\text{H}^+ + 5\text{SO}_3^{2-} + 5\text{H}_2\text{O} + 10\text{e}^- \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 8\text{H}_2\text{O} + 5\text{SO}_4^{2-} + 10\text{H}^+ + 10\text{e}^-$
$2\text{MnO}_4^- + 6\text{H}^+ + 5\text{SO}_3^{2-} \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O} + 5\text{SO}_4^{2-}$
8. Untuk menuliskan persamaan keseluruhan yang setara, dikembalikan ke persamaan reaksi molekul dengan menyetarakan spesi yang belum setara. Sehingga reaksi setaranya adalah :
$2\text{KMnO}_4(\text{aq}) + 5\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 2\text{MnSO}_4(\text{aq}) + 5\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) 3

REAKSI REDOKS SPONTAN

Tujuan

Mengamati reaksi redoks yang berlangsung spontan atau tidak spontan berdasarkan hasil pengamatan

Alat dan bahan

Alat

1. Gelas kimia 100 ml
2. Gelas ukur 100 ml

Bahan

1. Larutan CuSO_4 0,1 M
2. Larutan ZnSO_4 0,1 M
3. Logam Zn (plat)
4. Logam Cu (plat)

Langkah Kerja

1. Masukkan ± 100 mL larutan CuSO_4 0,1 M ke dalam gelas kimia
2. Masukkan logam Zn yang telah di amplas
3. Amati dan catat di lembar pengamatan
4. Masukkan ± 100 mL larutan ZnSO_4 0,1 M ke dalam gelas kimia
5. Masukkan logam Cu yang telah di amplas
6. Amati dan catat di lembar pengamatan

Prosedur	Pengamatan
$\text{Zn(s)} + \text{CuSO}_4 \text{ (aq)}$	
$\text{Cu(s)} + \text{ZnSO}_4 \text{ (aq)}$	

Pertanyaan

1. Tuliskan persamaan reaksi yang terjadi !
2. Endapan apa yang dihasilkan pada reaksi $\text{Zn(s)} + \text{CuSO}_4 \text{ (aq)}$?
3. Mengapa $\text{Cu(s)} + \text{ZnSO}_4 \text{ (aq)}$ tidak terjadi reaksi?
4. Dari dua reaksi tersebut logam mana yang memiliki sifat pereduksi (reduktor) lebih kuat?
5. Coba prediksi beberapa reaksi di bawah ini, anda dapat mempraktekannya jika terdapat bahan yang mendukung atau anda dapat mencarinya berdasarkan bahan bacaan yang anda peroleh, tuliskan reaksi yang terjadi:

Logam	Larutan				
	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Pb ²⁺
Zn					
Pengamatan					
Mg					
Pengamatan					
Fe					
Pengamatan					

- Berdasarkan hasil pengamatan langkah percobaan diatas, coba anda urutkan kekuatan pereduksi logam yang direaksikan dari besar ke kecil!
- Bandingkan data pengamatan yang anda dapat dengan urutan daya pereduksi logam yang anda peroleh dari bahan bacaan!

BAB III

SEL ELEKTROLISIS

A. Pengantar

Unit ini disusun sebagai salah satu alternatif sumber bahan ajar bagi guru untuk memahami topik Sel Elektrolisis. Melalui pembahasan materi yang terdapat pada unit ini, guru dapat memiliki dasar pengetahuan untuk mengajarkan materi yang sama ke peserta didiknya yang disesuaikan dengan indikator yang telah disusun, terutama dalam memfasilitasi kemampuan bernalar kritis peserta didik. Selain itu, materi ini juga aplikatif untuk guru sendiri sehingga mereka dapat menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari.

Merujuk pada model kompetensi berdasarkan Perdirjen GTK Nomor 2626/B/HK.04.01/2023 tentang Model Kompetensi Guru, modul ini membantu guru mencapai Kompetensi Profesional Level 2 untuk Guru Ahli Pertama yaitu, “Menggunakan pengetahuan konten pembelajaran dan cara mengajarkannya, pengetahuan karakteristik peserta didik yang mempengaruhi cara belajarnya, serta pengetahuan komponen kurikulum dan cara menggunakannya untuk merancang desain pembelajaran. Selain itu, dalam rangka memudahkan guru mempelajari konten dan cara mengajarkannya, di dalam unit ini dimuat capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, serta kriteria ketercapaian tujuan pembelajaran di dalam unit ini dimuat capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, serta kriteria ketercapaian tujuan pembelajaran. Capaian pembelajaran mengacu pada Keputusan Kepala BSKAP BSKAP 032/H/KR/2024 tentang Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah.

Komponen-komponen modul ini terdiri atas uraian materi mengenai aplikasi topik reaksi redoks dalam kehidupan sehari-hari, deskripsi alternatif aktivitas pembelajaran, Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) yang dapat digunakan guru untuk memfasilitasi pembelajaran, serta soal-soal latihan. Komponen-komponen di dalam modul ini dikembangkan dengan tujuan agar guru dapat dengan mudah memfasilitasi peserta didik untuk menyetarakan reaksi redoks, menentukan urutan kekuatan pengoksidasi dan pereduksi berdasarkan data percobaan, sekaligus mendorong peserta didik mencapai kemampuan bernalar kritis dan bergotong royong.

Topik elektrolisis yang dikembangkan pada bahan bacaan terdiri atas subtopik konsep elektrolisis, penerapan sel elektrolisis, hukum Faraday 1, hukum Faraday 2, penerapan sel elektrolisis dan hukum Faraday dalam penyepuhan logam. Selain itu, unit ini dilengkapi dengan 3 buah LKPD, yaitu : LKPD Elektrolisis larutan CuSO_4 dan NaCl , LKPD Hukum Faraday 1, dan LKPD Elektroplating.

B. Tujuan

Tujuan modul ini adalah untuk membantu guru mengembangkan lebih jauh terhadap kompetensi Profesional Level 2 untuk Guru Ahli Pertama merujuk pada model kompetensi berdasarkan Perdirjen GTK Nomor 2626/B/HK.04.01/2023 tentang Model Kompetensi Guru, yaitu “Menggunakan pengetahuan konten pembelajaran dan cara mengajarkannya, pengetahuan karakteristik peserta didik yang mempengaruhi cara belajarnya, serta pengetahuan komponen kurikulum dan cara menggunakannya untuk merancang desain pembelajaran.

Setelah mempelajari bahan ajar ini, guru diharapkan dapat:

1. Memahami konsep reaksi elektrolisis;
2. Menerapkan stoikiometri reaksi redoks dan hukum Faraday untuk menghitung besaran-besaran yang terkait sel elektrolisis;
3. Merancang desain pembelajaran sel elektrolisis;
4. Menerapkan desain pembelajaran sel elektrolisis.

Berikut adalah Capaian Pembelajaran, Tujuan Pembelajaran, dan Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran dari Topik Sel Elektrolisis ini.

Tabel 3. Capaian Pembelajaran, Tujuan Pembelajaran, dan Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran

No	Capaian Pembelajaran Fase F	Tujuan Pembelajaran	Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran
1.	Elemen Pemahaman Kimia Peserta didik mampu mengamati, menyelidiki dan menjelaskan fenomena sehari-hari sesuai kaidah kerja ilmiah dalam menjelaskan konsep kimia dalam keseharian; menerapkan operasi matematika dalam perhitungan kimia; mempelajari sifat, struktur dan interaksi partikel dalam membentuk berbagai senyawa termasuk pengolahan dan penerapannya dalam keseharian; memahami dan menjelaskan aspek energi, laju dan kesetimbangan reaksi kimia; menggunakan konsep asam-basa dalam keseharian; menggunakan transformasi energi kimia dalam keseharian termasuk termokimia dan elektrokimia; memahami kimia organik termasuk penerapannya dalam keseharian	Menerapkan stoikiometri reaksi redoks dan hukum Faraday untuk menghitung besaran-besaran yang terkait sel elektrolisis	1. Menjelaskan konsep reaksi elektrolisis 2. Menjelaskan Hukum I Faraday dan Hukum II Faraday 3. Menuliskan reaksi redoks pada proses elektrolisis dari beberapa larutan 4. Menghitung massa zat, waktu, arus listrik pada suatu elektrolisis menggunakan hukum Faraday 5. Menerapkan stoikiometri reaksi redoks pada elektrolisis menggunakan hukum Faraday 6. Menerapkan hukum Faraday pada rancangan penyepuhan benda dari logam 7. Mengumpulkan informasi tentang proses penyepuhan benda dari logam 8. Merancang prosedur penyepuhan benda dari logam 9. Menyajikan rancangan prosedur penyepuhan benda dari logam dengan ketebalan lapisan dan luas tertentu

No	Capaian Pembelajaran Fase F	Tujuan Pembelajaran	Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran
	Elemen Keterampilan Proses Mengamati Mampu memilih alat bantu yang tepat untuk melakukan pengukuran dan pengamatan. Memperhatikan detail yang relevan dari obyek yang diamati. Mempertanyakan dan memprediksi Merumuskan pertanyaan ilmiah dan hipotesis yang dapat diselidiki secara ilmiah. Peserta didik merencanakan dan memilih metode yang sesuai Berdasarkan referensi untuk mengumpulkan data yang dapat dipercaya, mempertimbangkan resiko serta isu-isu etik dalam penggunaan metode tersebut. Peserta didik 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 didapatkan dengan jujur dan bertanggung jawab. Menggunakan berbagai metode untuk menganalisa pola dan kecenderungan pada data. Mendeskripsikan		

No	Capaian Pembelajaran Fase F	Tujuan Pembelajaran	Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran
	hubungan antar variabel serta mengidentifikasi inkonsistensi yang terjadi. Menggunakan pengetahuan ilmiah untuk menarik kesimpulan yang konsisten dengan hasil penyelidikan. 5. Mengevaluasi dan refleksi Mengevaluasi kesimpulan melalui perbandingan dengan teori yang ada. Menunjukkan kelebihan dan kekurangan proses penyelidikan dan efeknya pada data. Menunjukkan permasalahan pada metodologi dan mengusulkan saran perbaikan untuk proses penyelidikan selanjutnya. 6. Mengomunikasikan hasil Mengomunikasikan hasil penyelidikan secara utuh termasuk di dalamnya pertimbangan keamanan, lingkungan, dan etika yang ditunjang dengan argumen, bahasa serta konvensi sains yang sesuai konteks penyelidikan. Menunjukkan pola berpikir sistematis sesuai format yang ditentukan.		

C. Uraian Materi

1. Elektrolisis

Proses penyepuhan atau pelapisan logam atau lebih dikenal dengan elektroplating merupakan penerapan dari proses elektrolisis. Supaya bisa terjadi proses elektrolisis memerlukan energi listrik dari sumbernya. Pada proses elektrolisis terjadi perubahan energi, yaitu dari energi listrik menjadi energi kimia. Contoh proses elektrolisis adalah proses penyepuhan perhiasan dari tembaga oleh emas atau perak. Proses penyepuhan ini

dikenal pula dengan *electroplating*. Proses ini dikenal dengan nama *electroplating*/penyepuhan yang bertujuan untuk memperindah penampilan dan mencegah korosi. Benda yang akan disepuh dijadikan katode sedangkan logam penyepuh sebagai anode. Proses ini juga memerlukan larutan elektrolit berupa larutan elektrolit dari logam penyepuh. Sel elektrolisis merupakan kebalikan dari sel volta, yakni menerapkan arus listrik searah untuk mendorong agar terjadi reaksi elektrokimia di dalam sel elektrolisis tersebut.

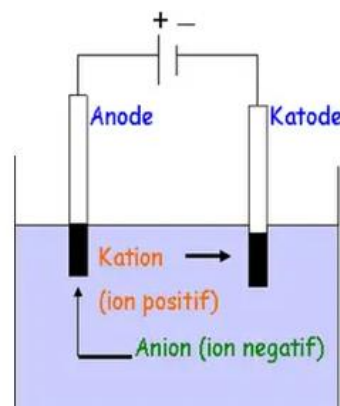


Gambar 12. Penyepuhan emas disalah satu toko emas
(sumber : <https://www.antarafoto.com/bisnis/v1301557801/jasa-penyepuhan-emas>)

Elektrolisis artinya penguraian suatu zat akibat arus listrik. Zat yang terurai dapat berupa padatan, cairan, atau larutan. Arus listrik yang digunakan adalah arus searah (*direct current*/DC). Dalam peristiwa ini, terjadi perubahan energi listrik menjadi energi kimia. Pada sel elektrolisis, terdapat bagian-bagian yang disebut *elektrode* dan *elektrolit*.

Seperti pada sel Volta, anoda merupakan elektroda tempat berlangsungnya reaksi oksidasi, sedangkan katoda merupakan tempat terjadinya reaksi reduksi. Perbedaan sel elektrolisis dan sel volta terletak pada kutub elektroda. Pada sel volta, anode bertindak sebagai kutub negatif (-) dan katode bertindak sebagai kutub positif(+), sedangkan pada sel elektrolisis sebaliknya, anode bertindak sebagai kutub positif (+) dan katode bertindak sebagai kutub negatif (-).

Jika elektroda-elektroda tersebut dihubungkan dengan arus listrik searah, maka ion-ion positif (kation) yang terdapat dalam elektrolit akan tertarik ke elektroda yang bermuatan negatif (katode). Adapun ion-ion negatif (anion) akan tertarik ke elektroda positif (anode) seperti ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Aliran ion-ion pada sel elektrolisis
(Sumber: <https://duniapendidikan.co.id/sel-elektrolis/>)

2. Aplikasi Elektrolisis di Dunia Nyata

Baut Anti Karat

Pernahkah anda melihat baut yang berkarat? Karat atau korosi merupakan reaksi kimia yang lazim dijumpai pada logam besi, di mana terjadi reaksi kimia antara logam besi dengan oksigen. Pada reaksi tersebut, logam besi mengalami oksidasi sedangkan oksigen mengalami reduksi. Korosi pada logam menyebabkan permasalahan tersendiri, yaitu berubahnya struktur logam dan berdampak pada kekuatan logam itu sendiri. Untuk mengatasinya banyak benda yang terbuat dari besi kemudian dilapisi oleh logam lain yang tidak mudah mengalami korosi. Seperti yang terlihat pada Gambar 14, terdapat tiga jenis baut yang berbeda warnanya dikarenakan baut yang berwarna perak dan emas telah dilapisi logam lain yang sulit mengalami korosi.



Gambar 14. Mur dan baut anti karat

(Sumber: <https://www.monotaro.id/k/store/baut%20anti%20karat>)

Penyepuhan Emas

Kegunaan lain dari elektrolisis yang sudah dikenal luas oleh masyarakat adalah penyepuhan perhiasan emas. Perhiasan emas yang telah dipakai dalam jangka waktu yang lama biasanya akan kusam. Untuk mengembalikan warna emas yang berkilau biasanya emas disepuh kembali. Proses penyepuhan perhiasan emas ini dilakukan dengan menggunakan prinsip elektrolisis.

Dalam melakukan proses penyepuhan digunakan 2 elektroda di mana logam yang akan dilapisi ditempatkan sebagai katode, sedangkan logam yang melapisi ditempatkan sebagai anode. Kedua elektroda dihubungkan dengan sumber arus listrik searah. Bagaimana proses elektrolisis pada penyepuhan emas dapat diamati melalui pengamatan langsung dengan mendatangi tukang sepuh emas yang terdekat.



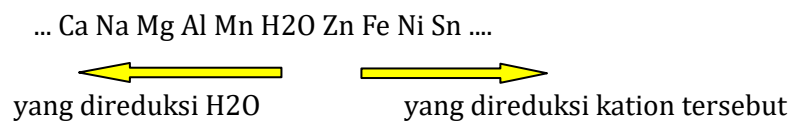
Gambar 15. Perhiasan emas

(Sumber : <https://news.republika.co.id/berita/o9rq29383/permintaan-penyepuhanemas-meningkat-100-persen>)

3. Reaksi di Katode

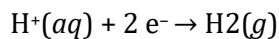
Pada katode, terjadi reaksi ion-ion positif (kation) mengikat elektron–elektron yang berasal dari sumber arus. Zat yang terbentuk dari hasil reaksi ini akan melekat pada batang katode, kecuali jika zat yang dihasilkan berbentuk gas. Apabila zat hasil reaksi berfase gas maka akan keluar sebagai gelembung- gelembung gas di sekitar batang katode yang selanjutnya akan bergerak ke permukaan sel elektrolisis. Dalam larutan, ion positif menuju ke katode dan ion negatif ke anode.

Di katode terjadi persaingan antara kation dan air untuk mengalami reaksi reduksi. Untuk kation yang mempunyai potensial reduksi lebih besar dibandingkan air, berarti kation tersebut lebih mudah untuk tereduksi. Adapun jika potensial reduksi kation lebih kecil dibandingkan air, maka H_2O yang akan tereduksi. Untuk itu, kita harus mengetahui nilai potensial reduksi standar dari H_2O yang biasanya dilihat dari posisi H_2O pada deret Volta. Posisi H_2O pada deret Volta terdapat di antara Mn dan Zn.



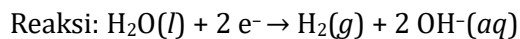
1) Ion hidrogen (H^+)

Ion hidrogen direduksi menjadi molekul gas hidrogen. Reaksi: 2

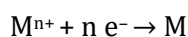


2) Ion-ion logam

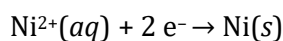
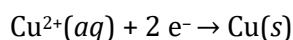
- a. Ion-ion logam alkali/alkali tanah, seperti Li^+ , K^+ , Na^+ , Ba^{2+} , Sr^{2+} , dan Ca^{2+} tidak mengalami reduksi karena nilai E° logam $< E^\circ$ air maka air yang akan mengalami reduksi.



- b. Ion-ion logam (M^{n+}) selain alkali/alkali tanah, seperti Ni^{2+} , Cu^{2+} , dan Zn^{2+} akan mengalami reduksi menjadi logam.



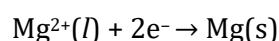
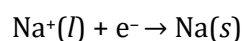
Contoh:



4. Reaksi Leburan Garam di Katode

Apabila leburan garam yang dielektrolisis, maka ion logam penyusun garam tersebut akan direduksi menjadi logam. Pada elektrolisis leburan ini tidak bergantung pada potensial elektrodanya sehingga semua garam yang wujudnya leburan, kationnya akan direduksi di katode. Contohnya pada leburan $NaCl(l)$ dan $MgCl_2(l)$.

Reaksi :

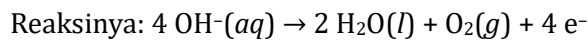


5. Reaksi di Anode

Di anode terjadi reaksi oksidasi, untuk ini terjadi persaingan antara anion dan air. Idealnya untuk anion dengan potensial reduksi kecil atau dengan potensial oksidasi besar, maka anion tersebut dioksidasi. Sedangkan untuk anion dengan potensial reduksi besar atau potensial oksidasi kecil, maka H_2O yang dioksidasi. Hanya saja kebanyakan urutan potensial reduksi yang mudah untuk diingat adalah kation bukan anion. Untuk memudahkan mengingat, kita lihat ada 2 golongan anion, yaitu anion yang mengandung O, seperti SO_4^{2-} , NO_3^- , ClO_4^- maka yang dioksidasi adalah H_2O . Ini disebabkan karena anion tersebut sukar dioksidasi (Ingat, reaksi oksidasi dengan oksigen). Berarti anion ini sudah maksimum mengikat atom O sehingga tidak bisa lagi dioksidasi. Biloks S pada SO_4 , biloks N pada NO_3 , atau biloks Cl pada ClO_4 sudah merupakan bilangan oksidasi terbesar, sehingga biloksnya tidak bertambah (tidak dapat melakukan oksidasi). Sedangkan anion yang tidak mengandung O, seperti Cl^- , Br^- , I^- , dan OH^- maka yang dioksidasi adalah anion tersebut.

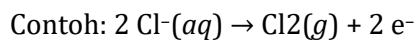
Proses oksidasi di anoda sebagai berikut:

- 1) Ion hidroksida (OH^-) akan teroksidasi menjadi H_2O dan O_2 .



- 2) Ion sisa asam

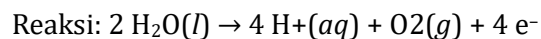
- a. Ion sisa asam yang tidak beroksigen, seperti Cl^- , Br^- , I^- akan teroksidasi menjadi gasnya Cl_2 , Br_2 , I_2 .



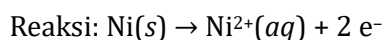
Atau secara umum dituliskan $2 X^- \rightarrow X_2 + 2 e^-$

Di mana X merupakan ion halida

- b. Ion sisa asam yang beroksigen, seperti SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-} tidak teroksidasi. Sebagai gantinya air yang teroksidasi.



Jika anodanya terbuat dari logam lain (bukan Pt, C, atau Au), maka anode akan mengalami oksidasi menjadi ionnya. Contohnya, jika anode terbuat dari logam nikel (Ni), maka logam Ni akan teroksidasi menjadi ion Ni^{2+} .



6. Hukum Faraday I

Faraday menyatakan bahwa besarnya massa zat yang dihasilkan pada suatu elektrode selama proses elektrolisis berbanding lurus dengan muatan listrik yang digunakan.

$$w \approx Q$$

Muatan listrik sama dengan arus listrik dikalikan waktu

$$w = i \times t$$

Muatan listrik (Q) yang digunakan dalam elektrolisis berbanding lurus dengan jumlah mol elektron yang terlibat dalam reaksi redoks (ne). Secara eksperimen diperoleh bahwa 1 mol elektron memiliki muatan listrik sebesar 96.500 coulomb. Nilai muatan listrik elektron ini

ditetapkan sebagai konstanta Faraday (F). Jadi, hubungan ini dapat dirumuskan dalam persamaan matematika sebagai berikut.

$$Q = n \times F$$

7. Hukum Faraday II

Jika sejumlah arus listrik yang sama dialirkan ke dalam beberapa sel elektrolisis maka massa zat yang dihasilkan pada suatu elektroda selama elektrolisis berbanding lurus dengan massa ekivalen zat tersebut.

$$W \approx e$$

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{e_1}{e_2}$$

Massa ekivalen zat adalah massa zat dengan jumlah mol setara secara stoikiometri dengan 1 mol elektron. Massa atom relatif dari suatu unsur tersebut dibagi dengan perubahan bilangan oksidasi yang dialami dalam reaksi elektrolisis.

$$e = \frac{Ar}{n}$$

Jika persamaan pada hukum Faraday I dihubungkan dengan persamaan pada hukum Faraday II maka didapatkan persamaan:

$$w = \frac{e \times i \times t}{96.500}$$

W : massa zat yang mengendap di katode (gram)

e : massa ekivalen

i : arus listrik (ampere)

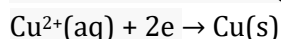
t : waktu elektrolisis (detik)

Contoh soal :

Seorang siswa melakukan proses elektrolisis untuk mengendapkan logam tembaga (Cu). Proses elektrolisis dilakukan terhadap larutan CuSO₄ menggunakan arus listrik sebesar 5 Ampere selama 2 jam. Jika massa atom relatif (Ar) Cu sebesar 63,5 dan tetapan Faraday sebesar 96.500 Coulomb, maka tentukan banyaknya logam Cu yang mengendap di katode!

Jawab :

Reaksi reduksi tembaga di katode :



Massa ekivalen (e) = $63,5/2 = 31,75$ gr/mol

$$w = \frac{31,75 \times 5 \times 2 \times 3600}{96500}$$

$$96500$$

$$w = 5,92 \text{ gram}$$

D. Latihan

1. Suatu percobaan elektrolisis, 0,01 mol krom telah diendapkan pada katode ketika 0,06 mol elektron dilewatkan suatu larutan elektrolit yang mengandung krom. Apakah elektrolit yang digunakan dalam percobaan tersebut?
 - A. CrCl_3
 - B. CrF_4
 - C. CrF_5
 - D. $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
 - E. Cr_2O_3
2. Dalam elektrolisis leburan Al_2O_3 menggunakan elektrode inert, berapakah volume gas yang dibebaskan (diukur pada keadaan s.t.p) ketika arus sebesar 8 ampere dialirkan melalui elektrolit tersebut selama 100 menit?
 - A. 2,8 L
 - B. 8,4 L
 - C. 11,2 L
 - D. 22,4 L
 - E. 33,6 L
3. Larutan asam sulfat encer dielektrolisis, berapakah volume oksigen yang dibentuk ketika 2 mol elektron dialirkan dari satu elektrode ke elektrode yang lain? Volume oksigen diukur pada keadaan r.t.p di mana setiap 1 mol gas setara dengan 24 L.
 - A. 3 L
 - B. 6 L
 - C. 12 L
 - D. 24 L
 - E. 36 L
4. Berapakah massa logam krom yang dapat diproduksi dari elektrolisis $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ selama 2 jam dengan arus sebesar 15,0 A? Diketahui Ar Cr = 52.
 - A. 1,8 gram
 - B. 5,2 gram
 - C. 9,7 gram
 - D. 11,1 gram
 - E. 11,9 gram
5. Pada elektrolisis leburan Al_2O_3 (Ar O = 16, Al = 27), diperoleh 0,225 gram Al. Jumlah muatan listrik yang diperlukan adalah... (1 F = 96500)
 - A. 221,9 coulomb
 - B. 804,0 coulomb
 - C. 1025,9 coulomb
 - D. 2412,5 coulomb
 - E. 8685,0 coulomb

E. Aktivitas (opsional)

Aktivitas pembelajaran berisi rincian alternatif kegiatan pembelajaran yang dilakukan guru dan peserta untuk mencapai kompetensi pada topik penyetaraan reaksi redoks. Sebagai bahan acuan seluruh kegiatan aktivitas pembelajaran pada topik ini dapat dilihat pada tabel 4 yang menggambarkan desain aktifitas pembelajaran topik elektrolisis.

Tabel 4. Desain aktivitas pembelajaran

Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran	Materi / submateri	Aktivitas pembelajaran	Bentuk dan jenis penilaian	Media	Alokasi waktu
1. Menjelaskan konsep reaksi elektrolisis	1. Sel elektrolisis 2. Reaksi redoks pada elektrolisis	1. Melakukan pengamatan reaksi elektrolisis dalam kehidupan sehari-hari	1. Tes Pengetahuan Tes tulis a. PG b. Uraian	1. Lembar Kerja Peserta Didik 2. Gambar atau video peristiwa perkaratan besi 3. Alat dan bahan praktikum 4. Buku Kimia Kelas XII 5. Gawai (smartphone /laptop) Proyektor digital	8 x 45 menit
2. Menjelaskan Hukum I Faraday dan Hukum II Faraday		2. Melakukan percobaan elektrolisis beberapa larutan	2. Observasi Kegiatan percobaan		
3. Menuliskan reaksi redoks pada proses elektrolisis dari beberapa larutan		3. Melakukan diskusi tentang reaksi redoks pada elektrolisis beberapa larutan	3. Observasi keterampilan presentasi		
4. Menghitung massa zat, waktu, arus listrik pada suatu elektrolisis menggunakan Hukum Faraday		4. Melakukan percobaan elektrolisis dan menghubungkan nya dengan Hukum Faraday	4. Penilaian laporan		
5. Menerapkan stoikiometri reaksi redoks pada elektrolisis menggunakan hukum Faraday I dan II		5. Merancang percobaan elektroplating dan mengujinya			
6. Menerapkan Hukum faraday pada rancangan penyepuhan benda dari logam					
7. Mengumpulkan informasi tentang proses penyepuhan benda dari logam					

Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran	Materi / submateri	Aktivitas pembelajaran	Bentuk dan jenis penilaian	Media	Alokasi waktu
8. Merancang prosedur penyepuhan benda dari logam					
9. Menyajikan rancangan prosedur penyepuhan benda dari logam dengan ketebalan lapisan dan luas tertentu					

Aktivitas 1

Dalam kehidupan sehari-hari, penerapan elektrolisis sudah menjadi hal umum, terutama dalam elektroplating (pelapisan logam). Ada dua hal utama yang melandasi elektroplating : 1) alasan perlindungan dan 2) alasan estetika. Alasan perlindungan dipakai karena proses oksidasi oksigen yang dialami hampir oleh semua logam yang menyebabkan korosi. Sedangkan alasan estetika terkait dengan nilai tambah yang akan didapat oleh suatu benda jika dilapisi oleh logam tertentu yang memiliki keindahan warna dan estetika. Untuk memahami konsep dasar elektrolisis ini, maka saudara dapat memfasilitasi peserta didik untuk melakukan aktivitas sesuai dengan LKPD 1, yaitu melakukan elektrolisis larutan CuSO_4 dan NaCl . Aktivitas pembelajaran ini akan membawa saudara mengantarkan peserta didik mencapai indikator 1, 2, dan 3. Agar kompetensi yang diinginkan tercapai dengan baik, pendekatan pembelajaran yang digunakan adalah *discovery learning*. Tahapan yang dilakukan pada aktivitas dengan pendekatan *discovery learning* sebagai berikut: 1) Pemberian rangsangan (*Stimulation*), 2) Pernyataan/identifikasi masalah (*Problem Statement*), 3) Pengumpulan Data, (data collection), 4) Pengolahan data (Data Processing), 5) Pembuktian (Verification), dan 6) Menarik simpulan/generalisasi (Generalization).

Melakukan percobaan elektrolisis larutan CuSO_4 dan NaCl

Tujuan aktivitas pembelajaran

Setelah melakukan aktivitas pembelajaran ini diharapkan peserta didik dapat :

1. Menjelaskan konsep reaksi elektrolisis
2. Menuliskan reaksi redoks pada proses elektrolisis dari beberapa larutan

Estimasi Waktu Aktivitas Pembelajaran : 2x 45 menit

Media, alat, dan bahan yang digunakan

1. Buku Kimia Kelas XII
2. Gawai (smartphone/laptop)
3. Proyektor digital
4. Koneksi internet
5. Alat dan bahan praktek sesuai LKPD 1
6. LKPD 1 : Elektrolisis larutan CuSO_4 dan NaCl

Apa yang saudara lakukan :

Pemberian Rangsangan (*Stimulation*)

1. Memberikan apersepsi kepada peserta didik dengan bertanya tentang: konsep reaksi redoks, sel Volta dan kegunaannya.
2. Mengajak peserta didik untuk mengamati tayangan video atau gambar mengenai reaksi elektrolisis dalam kehidupan sehari-hari: penyepuhan emas, pelapisan krom pada blok mesin motor.
3. Membuka kelas, mempersilahkan peserta didik berdoa, menginformasikan tujuan pembelajaran, membagi kelompok dengan jumlah 4–5 orang per kelompok.

Identifikasi Masalah (*Problem Statement*)

4. Memfasilitasi peserta didik untuk mengidentifikasi masalah yang terjadi terkait dengan tayangan pada poin 3.
5. Memfasilitasi peserta didik untuk bertanya : “ apa tujuan penyepuhan emas dan pelapisan logam ?”, “apa perbedaan mendasar sel elektrolisis dan sel volta?”, “apakah sel elektrolisis menghasilkan listrik seperti sel volta?”

Pengumpulan Data (*Data Collection*)

6. Mengkondisikan peserta didik untuk bersiap-siap menyelidikinya dengan melakukan percobaan LKPD 1 Elektrolisis larutan CuSO_4 dan larutan NaCl .
7. Membagikan LKPD 1 Elektrolisis larutan CuSO_4 dan larutan NaCl .
8. Meminta peserta didik untuk membaca dan memahami LKPD 1.
9. Memfasilitasi peserta didik untuk mengajukan pertanyaan jika ada prosedur atau hal yang tidak dipahami pada LKPD1.
10. Meminta peserta didik untuk memulai percobaan elektrolisis larutan CuSO_4 dan NaCl dengan memperhatikan prosedur LKPD1.
11. Meminta peserta didik untuk mencatat data pengamatan pada lembar data pengamatan.

Pengolahan Data (*Data Processing*)

12. Memfasilitasi dan menstimulasi peserta didik untuk mendiskusikan hasil data pengamatan yang telah diperoleh dengan :

- Mendeskripsikan pengamatan yang dilakukan
- Memperkirakan reaksi kimia apa yang terjadi pada elektrolisis larutan CuSO_4 dan NaCl yang telah dilakukan
- Memfasilitasi peserta didik untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan yang terdapat pada LKPD1

Pembuktian (*Verification*)

13. Meminta peserta didik untuk mengkonfirmasi jawaban mereka pada LKPD 1 dengan menggunakan referensi bahan bacaan dari hasil pencarian (buku, internet, dan sebagainya) melalui diskusi kelompok.
14. Meminta peserta didik mempresentasikan hasil diskusi kelompoknya.
15. Memberikan penguatan konsep elektrolisis kepada peserta didik.

Menarik Kesimpulan (*Generalization*)

16. Memfasilitasi peserta didik secara bersama-sama untuk menyimpulkan hasil aktivitas pembelajaran yang telah dilakukan (*menarik kesimpulan*).

Aktivitas 2

Menurut Faraday : jumlah spesi yang mengalami oksidasi atau reduksi dalam suatu proses elektrolisis berbanding lurus dengan jumlah listrik yang dialirkan kedalam sel elektrolisis. Hukum Faraday ini dapat digunakan untuk menentukan massa zat yang terlibat atau dihasilkan pada reaksi redoks yang terjadi di dalam sel elektrolisis. Untuk membuktikan hal tersebut, saudara diminta untuk memfasilitasi peserta didik melakukan aktivitas pembelajaran pada bagian ini. Aktivitas pembelajaran yang dilakukan yaitu melakukan percobaan Hukum Faraday I dan II. Setelah melakukan aktivitas pembelajaran ini diharapkan akan membawa saudara mengantarkan peserta didik mencapai KKTP 4 dan 5. Agar kompetensi yang diinginkan tercapai dengan baik, pendekatan pembelajaran yang digunakan adalah *discovery learning*. Tahapan yang dilakukan pada aktivitas dengan pendekatan *discovery learning* sebagai berikut : 1) Pemberian rangsangan (*Stimulation*), 2) Pernyataan/identifikasi masalah (*Problem Statement*), 3) Pengumpulan Data (*Data Collection*), 4) Pengolahan data (*Data Processing*), 5) Pembuktian (*Verification*), dan 6) Menarik simpulan/generalisasi (*Generalization*).

Melakukan Percobaan Hukum Faraday I dan II

Tujuan aktivitas pembelajaran

Setelah melakukan aktivitas pembelajaran ini diharapkan peserta didik dapat :

1. Menjelaskan Hukum Faraday I
2. Menghitung massa endapan logam hasil reduksi katode

Estimasi Waktu Aktivitas Pembelajaran :2x 45 Menit

Media, alat, dan bahan yang digunakan:

1. Buku Kimia Fase F kelas XII
2. Gawai (smartphone/laptop)
3. Proyektor digital
4. Koneksi internet
5. Alat dan bahan praktek sesuai LKPD 2
6. LKPD 2 : Percobaan Hukum Faraday I

Apa yang saudara lakukan :

Pemberian Rangsangan (*Stimulation*)

1. Membuka kelas, mempersilahkan peserta didik berdoa
2. Memfasilitasi dan menstimulasi peserta didik untuk melakukan refleksi terhadap pembelajaran sebelumnya “apa perbedaan mendasar sel elektrolisis dan sel volta?”, “apa yang membedakan hasil elektrolisis?”
3. Menyampaikan tujuan pembelajaran.

Identifikasi Masalah (*Problem Statement*)

4. Merefleksikan pembelajaran pertemuan sebelumnya: “Pada elektrolisis CuSO_4 ada bagian elektroda yang terdapat endapan berwarna coklat, endapan apa? Dan dapatkah dihitung jumlah massa yang mengendap? Bagaimana caranya?”, “Faktor apa yang mempengaruhi banyaknya endapan?” Apakah besarnya arus listrik yang dialirkan pada larutan berpengaruh?”, “Apakah semua larutan yang dielektrolisis menghasilkan endapan?”

Pengumpulan Data (*Data Collection*)

5. Membagikan LKPD 2 : Percobaan Hukum Faraday I dan II
6. Mempersilahkan peserta didik untuk membaca dan memahami LKPD 2
7. Memfasilitasi peserta didik untuk mengajukan pertanyaan terhadap hal-hal yang belum dipahami dari LKPD2.
8. Mempersilahkan peserta didik untuk memulai percobaan sesuai dengan langkah-langkah pada LKPD 2.
9. Meminta peserta didik untuk mencatat data pengamatan pada lembar data pengamatan.

Pengolahan Data (*Data Processing*)

17. Memfasilitasi dan menstimulasi peserta didik untuk mendiskusikan hasil data pengamatan yang telah diperoleh.
18. Membimbing dan memfasilitasi peserta didik untuk mengemukakan pendapatnya terkait data pengamatan yang telah diperoleh.

Pembuktian (*Verification*)

19. Meminta peserta didik menjawab pertanyaan pada LKPD 2 berdasarkan data pengamatan yang diperoleh dan referensi bahan bacaan dari hasil pencarian (buku, internet, dan sebagainya).
20. Membimbing peserta didik untuk menjawab pertanyaan No.7 pada LKPD2 (merancang dua sel elektrolisis dengan menggunakan sumber arus listrik yang sama/hukum Faraday II). Diskusikan dan perkuat pemahaman peserta didik dengan memberikan referensi yang diperlukan.
21. Meminta peserta didik mempresentasikan hasil diskusi kelompoknya.

Menarik Kesimpulan (*Generalization*)

22. Memfasilitasi peserta didik secara bersama-sama untuk menyimpulkan hasil aktivitas pembelajaran yang telah dilakukan.

Aktivitas 3

Beberapa alasan dilakukannya elektroplating adalah : agar lebih menarik (estetika), tahan karat (nilai tambah), dan lebih kuat (nilai tambah). Pada aktivitas pembelajaran ke 3 ini saudara memfasilitasi peserta didik untuk menerapkan menerapkan konsep elektrolisis hukum faraday pada rancangan pelapisan logam, merancang set alat pelapisan logam, merangkai alat pelapisan logam sesuai rancangan, melakukan pelapisan logam menggunakan alat dan langkah kerja hasil rancangan, dan menghitung massa lapisan logam dengan menggunakan hukum Faraday. Untuk mencapai tujuan tersebut digunakan model pembelajaran *Project Based Learning*. Menurut Lucas, *Project Based Learning* atau Pembelajaran Berbasis Proyek adalah model pembelajaran yang melibatkan peserta didik dalam suatu kegiatan (proyek) yang menghasilkan suatu produk. Keterlibatan siswa mulai dari merencanakan, membuat rancangan, melaksanakan, dan melaporkan hasil kegiatan berupa produk dan laporan pelaksanaannya. Model pembelajaran ini menekankan pada proses pembelajaran jangka panjang, terlibat secara langsung dengan berbagai isu dan persoalan kehidupan sehari-hari, belajar bagaimana memahami dan menyelesaikan persoalan nyata, bersifat interdisipliner, dan melibatkan siswa sebagai pelaku mulai dari merancang, melaksanakan dan melaporkan hasil kegiatan (*student centered*). Model PjBL Lucas ini telah dikenal luas sebagai salah satu model pembelajaran yang digunakan pada penerapan kurikulum 2013 dan relevan dengan implementasi kurikulum merdeka. Namun, pada aktivitas pembelajaran ini model yang digunakan adalah PjBL Laboy–Rush. Berikut perbedaan sintak PjBL Lucas dan PjBL STEM Laboy Rush.

Tabel 5. Perbedaan PjBL Lucas dan PjBL STEM

Tahapan	PjBL STEM (Laboy-Rush)	PjBL Lucas
Tahapan 1	<i>Reflection</i>	<i>Start with essential question</i>
Tahapan 2	<i>Research</i>	<i>Design project</i>
Tahapan 3	<i>Discovery</i>	<i>Create schedule</i>
Tahapan 4	<i>Application</i>	<i>Monitoring the students and progress of project</i>
Tahapan 5	<i>Communication</i>	<i>Assess the outcome</i>
Tahapan 6		<i>Evaluation the experience</i>

Oleh karena itu, aktivitas pembelajaran ini diharapkan akan membawa saudara mengantarkan peserta didik mencapai indikator 4.6.1, 4.6.2, dan 4.6.3. Agar kompetensi yang diinginkan tercapai dengan baik, pendekatan pembelajaran yang digunakan adalah *project based learning*. Tahapan yang dilakukan pada aktivitas dengan pendekatan *project based learning sains technology engineering dan mathematics* (Pjbl STEM) Laboy–Rush sebagai berikut: 1) *Reflection*, 2) *Research*, 3) *Discovery*, 4) *Application and Communication*.

Melakukan percobaan Elektroplating

Tujuan aktivitas pembelajaran

Setelah melakukan aktivitas pembelajaran ini diharapkan peserta didik dapat :

1. Menerapkan konsep elektrolisis hukum faraday pada rancangan pelapisan logam
2. Merancang set alat pelapisan logam
3. Merangkai alat pelapisan logam sesuai rancangan
4. Melakukan pelapisan logam menggunakan alat dan langkah kerja hasil rancangan
5. Menghitung massa lapisan logam dengan menggunakan hukum Faraday

Estimasi Waktu Aktivitas Pembelajaran: 4 x 45 Menit

Media, alat, dan bahan yang digunakan

1. Buku Kimia Kelas XII
2. Gawai (smartphone/laptop)
3. Proyektor digital
4. Koneksi internet
5. Alat dan bahan praktek sesuai LKPD 3
6. LKPD 3 : Elektroplating

Apa yang saudara lakukan :

Pertemuan ke 1

Reflection

1. Membuka kelas dan mempersilahkan peserta didik berdoa, mempersilahkan peserta didik duduk sesuai kelompoknya masing-masing
2. Melakukan refleksi pembelajaran sebelumnya :
“elektrolisis yang dilakukan menggunakan 2 elektroda Cu, kenapa ada elektroda yang berkurang massanya dan ada elektroda yang bertambah?”;
”bagaimana kalau elektroda diganti dengan logam yang berbeda ?” apakah hasilnya akan sama seperti sebelumnya ? “
3. Membagikan LKPD 3 elektroplating
4. Melakukan refleksi pembelajaran yang akan dilakukan dengan memberikan stimulasi kepada peserta didik. Peserta didik diminta menjawab pertanyaan pada LKPD 3, Nomor 1

dan 2 (bagaimana cincin emas dilapisi, menyebutkan benda-benda yang dilapisi logam lainnya)

Research

5. Mempersilahkan peserta didik untuk mencari informasi bagaimana cara melapisi sendok / gelang dengan menggunakan tembaga melalui buku bacaan, internet dan yang lainnya.

Discovery

6. Meminta peserta didik untuk membuat rancangan set alat elektroplating sendok/gelang dengan menggunakan tembaga, serta menuliskan alat, bahan dan prosedur percobaannya.

*untuk memperkuat informasi tentang elektroplating peserta didik dapat diminta untuk mencari informasi melalui tempat penyepuhan emas terdekat. Bisa dengan memvideokan langsung proses penyepuhan emas yang dilakukan dan mewawancarai tukang sepuhnya.

Pertemuan ke 2

Application and Communication

7. Memfasilitasi peserta didik untuk mempresentasikan hasil rancangan Elektroplating sendok/gelang dengan menggunakan tembaga.
8. Membimbing peserta didik untuk menguji hasil rancangannya
9. Memfasilitasi peserta didik untuk mempresentasikan hasil uji rancangannya

Lembar Kerja Peserta Didik

Lembar Kerja Peserta Didik 1

ELEKTROLISIS LARUTAN CuSO_4 dan Larutan NaCl

Tujuan

Menjelaskan konsep reaksi elektrolisis dan menuliskan reaksi redoks pada proses elektrolisis dari beberapa larutan

Alat dan bahan

Alat:

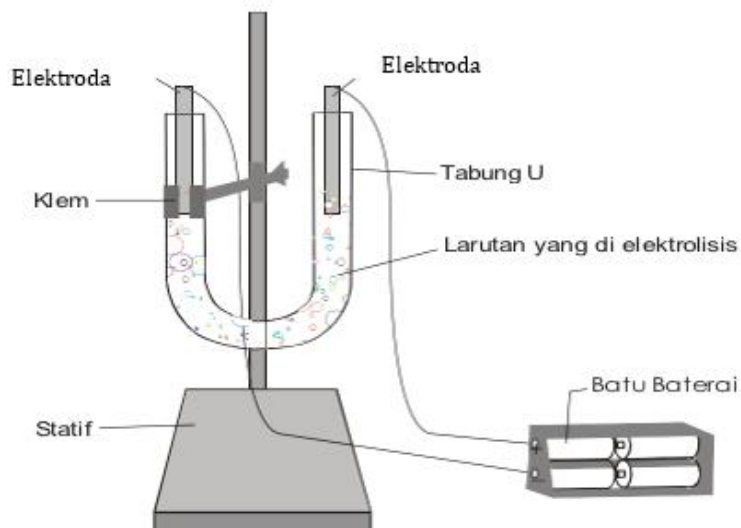
1. Tabung U
2. Elektroda karbon
3. Batu baterai 9 Volt
4. Statif dan klem boshead
5. Pipet tetes
6. Kabel dan pencepit buaya

Bahan:

1. Larutan CuSO_4 0,1 M
2. Larutan NaCl 0,1 M
3. Indikator fenolftalein (PP)

Langkah Kerja

1. Pasang alat elektrolisis seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 16. Set alat elektrolisis

2. Isi tabung U dengan larutan CuSO_4 0,1 M hingga $\frac{3}{4}$ volume tabung. Amati warna larutannya dan catat di lembar pengamatan

- Masukkan elektroda karbon pada masing-masing mulut tabung U dan teteskan 2 tetes larutan indikator universal. Amati warna yang terjadi! Catat di lembar pengamatan
- Berikan sumber arus listrik pada elektroda tunggu selama 2 menit. Amati gejala yang terjadi dan perubahan warna indikator pada elektroda (-) katoda dan elektroda (+) anoda !
- Bersihkan tabung U yang sudah digunakan
- Isi tabung U dengan larutan NaCl 0,1 M hingga $\frac{3}{4}$ volume tabung. Amati warna larutannya dan catat di lembar pengamatan
- Celupkan kedua elektroda karbon ke dalam masing-masing tabung U dan hubungkan elektroda itu dengan sumber arus listrik selama kira-kira 2 menit. Catat perubahan yang terjadi pada tiap-tiap elektroda !
- Teteskan 2 tetes larutan indikator fenoltalein. Amati warna yang terjadi!

Data Pengamatan

Elektrolisis larutan CuSO ₄			Elektrolisis larutan NaCl		
	Katoda (-)	Anoda (+)		Katoda (-)	Anoda (+)
Warna larutan CuSO ₄			Warna larutan NaCl		
Warna larutan CuSO ₄ + indikator PP			Warna larutan NaCl+ indikator PP		

Pertanyaan

- Jelaskan perbedaan yang terjadi sebelum elektroda dialiri arus listrik dengan setelah di aliri arus listrik!
- Tuliskan reaksi katoda, anoda, dan reaksi sel dari elektrolisis larutan CuSO₄ dan Larutan NaCl!
- Berdasarkan data pengamatan jelaskan kenapa terjadi perubahan warna larutan di sekitar elektroda?
- Jika Larutan CuSO₄ dan NaCl diganti dengan larutan berikut, bagaimana reaksi redoks yang terjadi di katoda dan anoda :
 - Larutan kalium iodide
 - Larutan H₂SO₄
 - Larutan AgNO₃
- Buat kesimpulan terhadap percobaan yang anda buat!

HUKUM FARADAY I DAN II

Tujuan

1. Menjelaskan Hukum Faraday 1
2. Menghitung massa endapan logam hasil reduksi katoda

Alat dan Bahan

Alat:

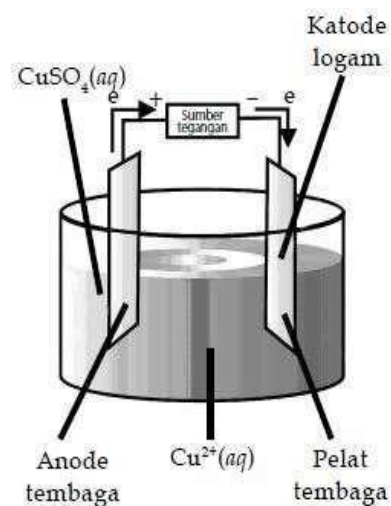
1. Gelas kimia 250 mL
2. Plat tembaga
3. Baterai 9 Volt 450 mA
4. Kabel
5. Amplas
6. Stopwatch
7. Neraca digital

Bahan:

1. Larutan CuSO_4 0,1 M
2. Plat tembaga

Langkah Kerja

1. Timbang dan bersihkan pelat tembaga.
2. Susunlah alat seperti pada Gambar 17.



Gambar 17. Set alat elektroplating

3. Celupkan elektroda kedalam larutan CuSO_4 dan catat data pengamatan pada tabel berikut :

Waktu	Massa Katoda	Massa Anoda
5 menit		
20 menit		
35 menit		

*timbang plat tembaga tiap 15 menit dan jangan lupa untuk menghentikan stopwatch ketika elektrolisis dihentikan dan jalankan kembali stopwatch ketika elektrolisis dimulai kembali

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan:

1. Elektrode manakah yang berperan sebagai katode dan anode?
2. Kenapa ada elektroda yang berkurang beratnya ada elektroda yang bertambah beratnya?
3. Tuliskan reaksi redoks yang terjadi pada katoda dan anoda!
4. Bagaimana pengaruh waktu dihubungkan dengan perubahan massa elektroda?
5. Bagaimana jika sumber arus listrik yang digunakan diganti dengan aki atau baterai yang memiliki kapasitas lebih besar? Jelaskan pengaruhnya!
6. Hitung massa yang dihasilkan dengan menggunakan persamaan Hukum Faraday! Bandingkan data pengamatan dan perhitungan!
7. Rancanglah dua sel elektrolisis dengan menggunakan sumber arus listrik yang sama dan dirangkai seri ! Diskusikan dengan kelompok anda!

Sel Elektrolisis A : anoda Cu ; katoda besi Sel

Elektrolisis B : anoda Ag ; katoda besi

8. Presentasikan hasil rancangan kelompok anda!

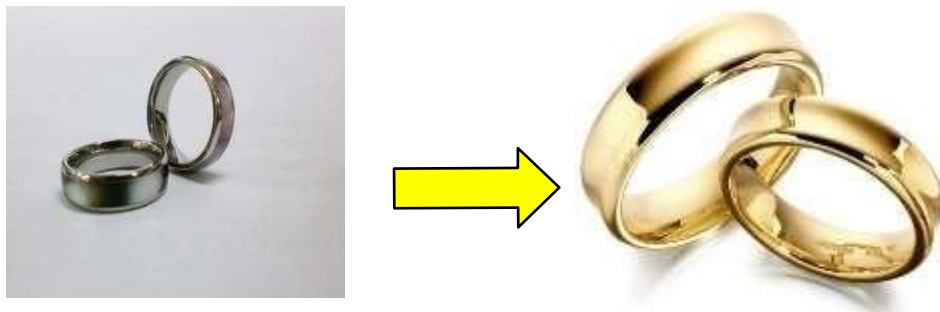
ELEKTROPLATING

Tujuan

1. Menerapkan konsep elektrolisis hukum faraday pada rancangan pelapisan logam
2. Merancang set alat pelapisan logam
3. Merangkai alat pelapisan logam sesuai rancangan
4. Melakukan pelapisan logam menggunakan alat dan langkah kerja hasil rancangan
5. Menghitung massa lapisan logam dengan menggunakan hukum Faraday

Perhatikan Gambar Berikut !

Reflection



1. Menurut anda bagaimana caranya agar cincin disebelah kiri bisa berubah warna menjadi seperti cincin disebelah kanan? Jelaskan !

2. Apakah anda pernah melihat perhiasan atau benda lainnya yang merupakan hasil elektroplating atau dilapisi logam lain?

Coba diskusikan dan tuliskan pada tabel berikut !

Nama Benda	Logam Asli	Logam Pelapis

Research

3. Sediakan 1 buah sendok atau 1 buah gelang besi. Bagaimana Jika kedua benda itu akan dilapisi oleh tembaga? Cari informasi yang mendukung dengan menggunakan buku dan internet.



Discovery

4. Setelah anda mencari informasi yang mendukung bagaimana cara melapisi benda dengan logam pada poin 4, silahkan anda buat rancangan prosedur percobaan elektroplating sendok atau gelang tersebut, jangan lupa untuk menuliskan alat dan bahan yang diperlukan. (larutan apa yang digunakan, logam apa sebagai elektrodanya, besar sumber listrik yang digunakan dan sebagainya).

Rancangan Elektroplating Sendok / Gelang dengan Tembaga Set alat yang dibutuhkan, susunan alat dan sumber listrik, penempatan sendok / gelang yang akan dilapisi	
Alat : Alat apa saja yang dibutuhkan	Bahan : Larutan elektrolit yang digunakan, logam yang digunakan untuk melapisi
Langkah Kerja : Urutan langkah yang dilakukan ketika proses elektroplating dilakukan	

Aplication and Communication

5. Presentasikan hasil rancangan sel elektrolisis dan prosedur percobaan elektroplating sendok atau besi yang telah anda buat !
6. Setelah berdiskusi dan mendapat masukan terkait rancangan yang telah dipresentasikan, lakukan percobaan dengan menggunakan rancangan dan prosedur yang telah diperbaiki!

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, I. 2019. Paket Unit Pembelajaran Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) Melalui Peningkatan Kompetensi Pembelajaran (PKP) Berbasis Zonasi Mata Pelajaran Kimia Sekolah Menengah Atas : Reaksi Redoks dan Elektrokimia. Jakarta: Direktorat Pembinaan Guru Pendidikan Menengah dan Pendidikan Khusus Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan.
- Brady, J. E., Jespersen, N. D., & Hyslop, A. 2012. *Chemistry*. International Student Version Sixth Edition. New York: Wiley.
- Brown, Theodore L. et al. 2015. *Chemistry: The Central Science*. 13th Edition. New Jersey: Pearson Education, Inc. Chang, Raymond. 2010. *Chemistry*. Tenth Edition. New York: McGraw-Hill.
- Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. 2024. Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 12 Tahun 2024 tentang Kurikulum pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah. Jakarta : Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. 2024. Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 032/H/KR/2024 Tentang Capaian Pembelajaran Pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah pada Kurikulum Merdeka. Jakarta : Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. 2024. Peraturan Direktur Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 2626/B/HK.04.01/2023 Tentang Model Kompetensi Guru. Jakarta: Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Mcmurry, J. E., Fay, R. C., & Fantini, J. 2012. *Chemistry*. London: Prentice Hall
- Mildya, F. 2015. Studi deskriptif penggunaan alkohol pada pengemudi di Indonesia. Tesis Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia. Depok : Universitas Indonesia.
- Petrucchi, R. H. 2001. *General Chemistry: Principles and Modern Application*. Third Edition. London : Macmillan Publishing. Raharjo, S. B. 2015. Kimia Berbasis Eksperimen 3. Solo: Platinum.
- Silberberg, M. S. & Amateis, P. 2015. *Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change*. Seventh edition. New York: McGraw-Hill Education
- Whitten, K. W., Davis, R. E., Peck M.L., & Stanley, G.G. 2010. *Chemistry*. Ninth Edition. Belmont: Brooks/Cole, Cengage Learning.

Sumber dari Internet:

<https://duniapendidikan.co.id/sel-elektrolis/>) diakses tanggal 2 Juli 2024

<https://oto.detik.com/berita/d-2437635/nih-batas-kadar-alkohol-pengendara> diakses tanggal 26 Juni 2024

<https://kumparan.com/kumparannews/waspada-setiap-hari-ada-3-pengemudi-mabuk-terlibat-kecelakaan-1xYtXMSyRX/full>) diakses tanggal 16 Mei 2024

<https://www.kompas.com/homey/read/2024/02/20/114506576/4-cara-mencegah-apel-berubah-warna-menjadi-coklat?page=all> diakses tanggal 26 Juni 2024

<https://id.quora.com/Apakah-zat-besi-yang-ada-dalam-tubuh-manusia-dapat-berkarat-Mengapa> diakses tanggal 16 Mei 2024

<https://www.antarafoto.com/bisnis/v1301557801/jasa-penyepuhan-emas> diakses tanggal 16 Juni 2024