

MODUL AJAR
BAB 3 : KIMIA HIJAU DALAM PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN 2030
SUB BAB 3.1 :

INFORMASI UMUM

I. IDENTITAS MODUL

Nama Penyusun :
Satuan Pendidikan : SMA
Fase / Kelas : E - X (Sepuluh)
Mata Pelajaran : IPA (Kimia)
Prediksi Alokasi Waktu : 2 JP (45 x2)
Tahun Penyusunan : 2022

II. KOMPETENSI AWAL

Kaitan dengan materi pembelajaran sebelumnya adalah jika peserta didik mendapatkan materi kimia pada mata pelajaran IPA saat duduk di jenjang SMP maka materi yang harus diulang adalah mengenal proses kimia dan reaksi kimia dalam kehidupan sehari-hari, pemahaman tentang unsur, nama unsur, lambang unsur, tabel sistem periodik unsur, atom, dan molekul. Jika peserta didik belum pernah mendapatkan materi-materi tersebut saat belajar IPA di SMP maka bab ini merupakan bab pembuka sekaligus pengantar pada mata pelajaran kimia di kelas X. Oleh karena itu pada bab ini juga disajikan pemahaman terhadap materi-materi pendahulu tadi. Pemaparan materi dan konsepnya ini terintegrasi pada setiap bahasan subbab. Perlu diperhatikan bahwa pada setiap tahapan pembelajaran guru senantiasa mengingatkan kembali peserta didik dengan cara mengulang-ulang materi kimia pendahulu. Bab ini memiliki hubungan dengan mata pelajaran lain yaitu biologi, fisika, dan ekonomi saat membahas prinsip-prinsip kimia hijau.

III. PROFIL PELAJAR PANCASILA

Beriman, bertakwa kepada Tuhan yang Maha Esa, bergotong royong, bernalar kritis, kreatif, inovatif, mandiri, berkebhinekaan global

IV. SARANA DAN PRASARANA

- | | | |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------------|
| 1. Gawai | 4. Buku Teks | 7. Handout materi |
| 2. Laptop/Komputer PC | 5. Papan tulis/White Board | 8. Infokus/Proyektor/Pointer |
| 3. Akses Internet | 6. Lembar kerja | 9. Referensi lain yang mendukung |

V. TARGET PESERTA DIDIK

Peserta didik reguler/tipikal: umum, tidak ada kesulitan dalam mencerna dan memahami materi ajar.

VI. MODEL PEMBELAJARAN

Blended learning melalui model pembelajaran dengan menggunakan *Project Based Learning* (PBL) terintegrasi pembelajaran berdiferensiasi berbasis *Social Emotional Learning* (SEL).

KOMPONEN INTI

I. TUJUAN PEMBELAJARAN

- Mendeskripsikan pengertian kimia hijau,
- Mendeskripsikan pentingnya kimia hijau,
- Menganalisis prinsip kimia hijau dalam mendukung upaya pelestarian lingkungan,
- Mengidentifikasi proses kimia dalam kehidupan sehari-hari terkait hal-hal yang tidak sesuai dengan prinsip kimia hijau, dan
- Menciptakan kegiatan yang mendukung prinsip kimia hijau.

II. PEMAHAMAN BERMAKNA

Setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta didik mengetahui pengertian kimia hijau dan pentingnya kimia hijau dalam membantu melestarikan lingkungan; mengetahui proses kimia serta reaksi kimia yang terjadi di lingkungan sekitar.

III. PERTANYAAN PEMANTIK

- Bagaimana cara melestarikan lingkungan melalui proses kimia dalam kehidupan sehari-hari?
- Bagaimana dampak semburan lumpur panas Sidoarjo terhadap kehidupan masyarakat di sekitar?

IV. KEGIATAN PEMBELAJARAN

PERTEMUAN KE-1

Subbab: 3.1. Pengertian dan Pentingnya Kimia Hijau

Kegiatan Pendahuluan (10 Menit)

- Doa; absensi; menyampaikan tujuan pembelajaran; dan menyampaikan penilaian hasil pembelajaran
- Memotivasi siswa untuk tercapainya kompetensi dan karakter yang sesuai dengan **Profil Pelajar Pancasila**; yaitu 1) beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, dan berakhlak mulia, 2) mandiri, 3) bernalar kritis, 4) kreatif, 5) bergotong royong, dan 6) berkebinekaan global, yang merupakan salah satu kriteria standar kelulusan dalam satuan pendidikan.

Kegiatan Inti (90 Menit)

Konstruksi Pengetahuan

- Arahkan peserta didik untuk membaca artikel di halaman depan bab.
 - Bacalah artikel sampai habis, usahakan tidak ada kata atau kalimat yang dilewati.
 - Jika belum mengerti bacalah artikel itu beberapa kali.
- Ajak peserta didik untuk mengembangkan rasa ingin tahu dengan cara mengajukan pertanyaan tentang:
 - memunculkan pertanyaan baru, memberi respon berupa pertanyaan terkait artikel yang sudah dibaca.
 - pernah mengalami kejadian yang mirip seperti yang ditulis pada artikel tersebut.
- Arahkan peserta didik untuk memiliki respon terhadap *issue* global terkait reaksi kimia melalui sumber berita lainnya dengan cara menanyakan tentang:
 - Berita tentang lingkungan yang sedang dibahas di media massa akhir-akhir ini.

- Berita yang pernah dibaca terkait kerusakan lingkungan.
- Penyebab kerusakan lingkungan.
- Dorong peserta didik untuk menuliskan semua pertanyaan yang timbul setelah membaca artikel.
- Beri kesempatan peserta didik untuk mengemukakan pertanyaan yang sudah dibuatnya dalam diskusi kelas.
- Mengajak peserta didik mengingat kejadian atau aktivitas yang dilakukan di rumah atau sekitar rumah terkait dengan proses kimia yang melibatkan reaksi kimia.
- Arahkan peserta didik mendiskusikan dalam kelompok apakah proses kimia di sekitar mereka.
- Dorong peserta didik memiliki informasi literasi dengan mencari proses kimia dari berbagai sumber.
- Ubahlah paradigma berpikir peserta didik bahwa proses kimia tidak selalu berbahaya dan dihindari namun ada proses kimia yang hijau yang harus dipelajari dan diterapkan.
- Sebelum mengulas proses kimia yang hijau maka arahkan peserta didik untuk mengingat kembali proses kimia dan reaksi kimia sederhana yang ada di sekitar mereka.
- Mintalah peserta didik untuk menelaah Contoh 1 sampai Contoh 4 yang disajikan pada subbab Pengertian dan Pentingnya Kimia Hijau.
- Mintalah pendapat peserta didik terhadap proses dan reaksi kimia setelah mereka menelaah contoh-contoh tersebut.
- Ajak peserta didik mendiskusikan sejenak jawaban yang sudah mereka tulis.
- Tekankan peserta didik untuk mulai mengenal reaksi kimia hijau dengan menyampaikan bahwa ada proses kimia yang baik, bermanfaat, dan aman bagi lingkungan. Proses kimia ini akan menjaga bumi kita tetap lestari, aman, dan sejahtera, demikian pula lingkungan akan tetap terjaga. Proses kimia seperti ini dikenal sebagai reaksi kimia hijau.
- Ajak peserta didik untuk melakukan Aktivitas 3.1 secara berkelompok yaitu membaca dan menganalisis artikel dari jurnal ilmiah. Di sini peserta didik akan mengenal tulisan ilmiah dan menumbuhkan literasi membaca, melatih dimensi berpikir kritis.
- Arahkan peserta didik untuk membaca sampai selesai tidak boleh ada kata atau kalimat yang terlewatkan. Minta peserta didik untuk mengulangi membaca artikel jika belum memahami isi artikel.
- Arahkan peserta didik untuk bekerja dalam kelompok dan menjawab pertanyaan tentang pengertian dan pentingnya Kimia Hijau.
- Minta peserta didik menuliskannya pada buku catatan dan minta mereka untuk mengkomunikasikannya dalam diskusi kelas.
- Berilah kesempatan kepada semua peserta didik (kelompok) untuk mengemukakan jawabannya. Tampung semua jawaban tanpa menyalahkan.
- Minta peserta didik menyimpulkan hasil diskusi kelas terkait Aktivitas 3.1.

Aplikasi Konsep

- Ajak peserta didik untuk mengamati keadaan lingkungan sekolah, lingkungan kelas, atau lingkungan rumah dan sekitarnya apakah sudah aman dan bebas dari pencemaran, kerusakan lingkungan, dan paparan bahan kimia.

Kegiatan Penutup (10 Menit)

- Siswa dan guru menyimpulkan pembelajaran hari ini.
- Refleksi pencapaian siswa/formatif asesmen, dan refleksi guru untuk mengetahui ketercapaian proses pembelajaran dan perbaikan.

- Menginformasikan kegiatan pembelajaran yang akan dilakukan pada pertemuan berikutnya.
- Guru mengakhiri kegiatan belajar dengan memberikan pesan dan motivasi tetap semangat belajar dan diakhiri dengan berdoa.

PERTEMUAN KE-2

Subbab: 3.2. Prinsip Kimia Hijau dalam Mendukung Upaya Pelestarian Lingkungan.

Kegiatan Pendahuluan (10 Menit)

- Doa; absensi; menyampaikan tujuan pembelajaran; dan menyampaikan penilaian hasil pembelajaran
- Memotivasi siswa untuk tercapainya kompetensi dan karakter yang sesuai dengan **Profil Pelajar Pancasila**; yaitu 1) beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, dan berakhlak mulia, 2) mandiri, 3) bernalar kritis, 4) kreatif, 5) bergotong royong, dan 6) berkebinekaan global, yang merupakan salah satu kriteria standar kelulusandalam satuan pendidikan.

Kegiatan Inti (90 Menit)

Konstruksi pengetahuan

- Arahkan peserta didik untuk mencermati ke-12 prinsip kimia hijau pada Gambar 3.4. Berikan instruksi kepada peserta didik:
 - Bacalah ke-12 prinsip kimia hijau sampai habis, usahakan tidak ada kata atau kalimat yang dilewati.
 - Jika belum mengerti bacalah berulang kali.
- Arahkan peserta didik untuk menghubungkan ke-12 prinsip kimia hijau (atau beberapa dari 12 prinsip tersebut) terhadap kegiatan atau proses kimia dalam kehidupan sehari-hari. Ajukan pertanyaan kepada peserta didik tentang:
 - Hubungan prinsip kimia hijau ini dengan kejadian di sekitar misalnya tanaman hijau tadi.
 - Peserta didik sudah pernah mengamati hal-hal terkait reaksi kimia yang menggunakan salah satu prinsip kimia hijau itu.
- Arahkan peserta didik untuk menemukan permasalahan yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari yaitu yang tidak sesuai dengan prinsip kimia hijau. Ajukan pertanyaan kepada peserta didik tentang:
 - Pada prinsip ke-1 yaitu mencegah limbah.
 - Sudah memilah sampah plastik dari sampah organik. Menjelaskan bahwa sampah organik adalah sampah berasal dari limbah dapur yaitu sisa makanan, sayuran, buah, ikan, ayam, daging.
 - Sudah membuang sampah pada tempatnya.
- Ajak peserta didik untuk mencari informasi dari berbagai sumber untuk mengatasi permasalahan yang telah dikemukakan tersebut. Sumber informasi ini bisa berasal dari buku maupun dari internet. Ajukan pertanyaan tentang:
 - Jika masih membuang sampah plastik tidak pada tempatnya maka akan ikut menyumbang tumpukan sampah plastik di Indonesia.
 - Mencari sumber beritanya lalu mencatat sumber informasi tersebut.
- Arahkan peserta didik untuk mencatat sumber informasi yang menjadi rujukan. Tumbuhkan minat membaca (literasi membaca dan literasi informasi).
- Ajak peserta didik untuk membaca subbab Prinsip kimia hijau dalam mendukung upaya pelestarian lingkungan.
- Ajak peserta didik mengamati Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 lalu hubungkan dengan prinsip kimia hijau melalui pertanyaan tentang:

- Pesan yang disampaikan gambar itu.
- Hubungan Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 terhadap isi subbab 3.2.
- Mengajukan pertanyaan tentang bagaimana mempraktikkan prinsip yang lebih hijau untuk pelestarian lingkungan.
- Ajak peserta didik menelaah Gambar 3.4 yaitu 12 prinsip kimia hijau.
- Arahkan peserta didik bekerja berkelompok untuk membahas Aktivitas 3.2 dengan urutan kerja:
 - Menelaah prinsip kimia hijau pada Gambar 3.4.
 - Menemukan permasalahan yang terjadi terkait penyimpangan terhadap prinsip kimia hijau.
 - Mengemukakan solusi baik berupa tindakan yang bisa dilakukan di rumah maupun solusi yang berasal dari sumber informasi misalnya tentang penanganan limbah plastik.
 - Mengarahkan peserta didik untuk membuat tabel dengan merujuk pada Tabel 3.1 atau alternatif lain jika bukan berupa tabel maka bisa saja format lainnya.
 - Arahkan peserta didik untuk mengulas prinsip kimia hijau lainnya misalnya pada prinsip nomor 4 yaitu mendesain proses yang melibatkan bahan kimia yang aman. Contohnya pembuatan sabun ramah lingkungan menggunakan buah lerak. Prinsip kimia hijau nomor 7 menggunakan bahan baku terbarukan. Contohnya adalah mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Penggunaan briket dari bahan alam yaitu ampas tebu, bonggol jagung, dan biosolar B-30 adalah salah satu penerapan prinsip kimia hijau ini.
 - Ajak peserta didik untuk mengkomunikasikan hasil kerja kelompoknya dalam forum tanya jawab di kelas.

Aplikasi Konsep

- Ajak peserta didik untuk mengamati keadaan lingkungan sekolah, lingkungan kelas, atau lingkungan rumah dan sekitarnya apakah sudah aman dan bebas dari pencemaran, kerusakan lingkungan, dan paparan bahan kimia.

Kegiatan Penutup (10 Menit)

- Siswa dan guru menyimpulkan pembelajaran hari ini.
- Refleksi pencapaian siswa/formatif asesmen, dan refleksi guru untuk mengetahui ketercapaian proses pembelajaran dan perbaikan.
- Menginformasikan kegiatan pembelajaran yang akan dilakukan pada pertemuan berikutnya.
- Guru mengakhiri kegiatan belajar dengan memberikan pesan dan motivasi tetap semangat belajar dan diakhiri dengan berdoa.

PERTEMUAN KE-3

Subbab: 3.3. Proses Kimia dalam Kehidupan Sehari-hari Terkait Hal-hal yang Tidak Sesuai dengan Prinsip Kimia Hijau.

Kegiatan Pendahuluan (10 Menit)

- Doa; absensi; menyampaikan tujuan pembelajaran; dan menyampaikan penilaian hasil pembelajaran
- Memotivasi siswa untuk tercapainya kompetensi dan karakter yang sesuai dengan **Profil Pelajar Pancasila**; yaitu 1) beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, dan berakhlak mulia, 2) mandiri, 3) bernalar kritis, 4) kreatif, 5) bergotong royong, dan 6) berkebinekaan global, yang merupakan salah satu kriteria standar kelulusan dalam satuan pendidikan.

Kegiatan Inti (90 Menit)

Kontruksi pengetahuan

- Tanyakan kepada peserta didik tentang bagaimana kita bisa mengetahui bahwa semua aktivitas yang kita lakukan sudah menunjukkan kontribusi terhadap penerapan prinsip kimia hijau.
 - Untuk menjawab pertanyaan itu, arahkan peserta didik bahwa perlu mengidentifikasi senyawa kimia dan reaksi kimia yang berkontribusi maupun yang bertentangan dengan prinsip kimia hijau.
 - Sebelum melakukan Aktivitas 3.3 ajak peserta didik mengingat kembali nama unsur, lambang unsur pada tabel sistem periodik yang ada pada Gambar 3.5.
 - Minta peserta didik menyebutkan beberapa nama unsur dan lambang atom dari unsur tersebut.
 - Selanjutnya arahkan peserta didik untuk mengamati Gambar 3.6.
 - Tanyakan kepada peserta didik tentang: Berdasarkan apakah unsur-unsur pada tabel periodik unsur dibedakan?
 - Sebelum melakukan Aktivitas 3.3 ajak peserta didik mengingat kembali tentang perbedaan atom, unsur, molekul, dan senyawa. Minta peserta didik menyebutkan beberapa contoh atom, unsur, molekul, dan senyawa.
 - Sebelum melakukan Aktivitas 3.3 arahkan peserta didik untuk mengingat kembali reaksi kimia sederhana yang pernah mereka temukan pada subbab terdahulu.
 - Arahkan peserta didik untuk mengingat kembali bagian-bagian dari persamaan reaksi kimia sederhana.
 - Minta peserta didik menelaah bagian Intisari tentang petunjuk penting menulis persamaan reaksi kimia setara.
 - Ajak peserta didik menghitung jumlah koefisien reaksi kimia fotosintesis.
 - Arahkan peserta didik untuk membandingkan kesetaraan jumlah atom-atom penyusun senyawa baik pada reaktan maupun hasil reaksi yang menggunakan koefisien reaksi maupun yang tidak menggunakan koefisien reaksi.
 - Arahkan peserta didik untuk berlatih menyetarakan persamaan reaksi kimia yang sederhana. Guru dapat mengambil contoh di luar buku yaitu contoh-contoh reaksi kimia yang sederhana.
 - Ajak peserta didik untuk mengerjakan latihan soal pada Ayo Berlatih.
 - Dorong peserta didik untuk mengemukakan jawabannya.
 - Minta peserta didik menyimpulkan tentang cara dan arti kesetaraan reaksi kimia.
 - Setelah memahami penyetaraan persamaan reaksi kimia yang sederhana maka ajak peserta didik melakukan Aktivitas 3.3 secara berkelompok.
 - Ajak peserta didik untuk menelaah Gambar 3.7 tentang proses kimia dalam kehidupan sehari-hari.
 - Pada reaksi pembakaran sempurna dipilih reaksi pembakaran gas propane (C_3H_8) sebagai salah satu gas yang ada dalam tabung LPG. Persamaan reaksinya adalah: $C_3H_8(g) + 5 O_2(g) \rightarrow 3 CO_2(g) + 4 H_2O(g)$
- Gas propana dipilih sebagai contoh karena sebagai bahan bakar yang dekat dalam kehidupan sehari-hari. Guru perlu menekankan bahwa masih banyak gas-gas lain dalam reaksi pembakaran. Guru bisa memberikan contoh gas lainnya misalnya gas metana (CH_4), gas etana (C_2H_6), atau gas butana (C_4H_{10}).
- Arahkan peserta didik untuk mengidentifikasi proses kimia yang terjadi dalam rumah maupun lingkungan sekitar rumah.

- Ajak peserta didik untuk mengidentifikasi hal-hal yang tidak sesuai dengan prinsip kimia hijau dan sarankan tindakan yang merupakan solusi yang mendukung penerapan kimia hijau.
- Arahkan peserta didik untuk membuat tabel seperti Tabel 3.2. Pada tabel tersebut disajikan satu contoh yang bisa dirujuk dan dikembangkan.
- Contoh yang diberikan pada Tabel 3.2 adalah pembakaran sampah di udara terbuka yaitu pembakaran tidak sempurna. Dalam hal ini ditulis persamaan reaksi kimia yaitu: $3 C_xH_y (g) + (3/2x + 3/4y) O_2 (g) \rightarrow x CO_2 (g) + 3/2y H_2O (l) + x CO (g) + x C (s)$
- Guru perlu menjelaskan arti huruf x dan y di sini. Arti x dan y adalah angka yang menyatakan koefisien reaksi kimia. Angka ini dapat diisi berupa bilangan bulat positif sesuai dengan senyawa C_xH_y sebagai bahan yang dibakar. Misalnya jika x adalah 1 dan y adalah 4 maka senyawanya adalah metana (CH_4). Jika x adalah 2 dan y adalah 6 maka senyawa adalah etana (C_2H_6). Demikian juga jika x adalah 3 dan y adalah 8 maka senyawa yang dibakar adalah propana (C_3H_8). Baik metana, etana, dan propana, adalah contoh-contoh bahan bakar. Selanjutnya sampaikan bahwa masih banyak bahan bakar lain yang senyawanya dibedakan berdasarkan huruf x dan y nya.
- Arahkan peserta didik untuk menulis hasil diskusi kelompok dalam tabel tersebut.
- Beri kesempatan peserta didik untuk mengkomunikasikan hasilnya dalam diskusi kelas.

Kegiatan Penutup (10 Menit)

- Siswa dan guru menyimpulkan pembelajaran hari ini.
- Refleksi pencapaian siswa/formatif asesmen, dan refleksi guru untuk mengetahui ketercapaian proses pembelajaran dan perbaikan.
- Menginformasikan kegiatan pembelajaran yang akan dilakukan pada pertemuan berikutnya.
- Guru mengakhiri kegiatan belajar dengan memberikan pesan dan motivasi tetap semangat belajar dan diakhiri dengan berdoa.

PERTEMUAN KE-4

Subbab: 3.4. Menciptakan Kegiatan yang Mendukung Prinsip Kimia Hijau

Kegiatan Pendahuluan (10 Menit)

- Doa; absensi; menyampaikan tujuan pembelajaran; dan menyampaikan penilaian hasil pembelajaran
- Memotivasi siswa untuk tercapainya kompetensi dan karakter yang sesuai dengan **Profil Pelajar Pancasila**; yaitu 1) beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, dan berakhlak mulia, 2) mandiri, 3) bernalar kritis, 4) kreatif, 5) bergotong royong, dan 6) berkebinekaan global, yang merupakan salah satu kriteria standar kelulusan dalam satuan pendidikan.

Kegiatan Inti (90 Menit)

Konstruksi pengetahuan

- Ajak peserta didik menyimak Gambar 3.8 tentang 17 agenda pembangunan berkelanjutan yang dicanangkan PBB hingga tahun 2030.
- Arahkan peserta didik bahwa dari ke-17 agenda tersebut ada agenda yang mendukung penerapan prinsip kimia hijau yaitu agenda nomor 3, 6, 7, 13, 14, dan 15.
- Tekankan pada peserta didik bahwa penerapan prinsip kimia hijau ada pada nomor 7 agenda tersebut yaitu penggunaan sumber energi yang dapat diperbaharui.

- Ajak peserta didik untuk mencari sumber informasi tentang Biosolar 30 (B30) yang resmi diimplementasikan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) di Indonesia.
- Minta peserta didik untuk menjawab pertanyaan tentang:
 - cara membuat biosolar B30,
 - perbandingan biosolar B30 dengan sumber energi nonbio, dan
 - hubungan biosolar B30 terhadap prinsip kimia hijau.
- Minta peserta didik menciptakan ide tentang sumber energi terbarukan lainnya (bisa hanya 1 contoh).
- Arahkan peserta didik untuk membuat media digital terhadap informasi yang telah dikumpulkan dalam bentuk infografis, video singkat, atau bentuk lainnya.
- Arahkan peserta didik untuk mengkomunikasikan informasi tersebut di akun media sosial masing-masing (Instagram, Facebook, Line, atau lainnya). Atau alternatif lain jika tidak memiliki akses internet maka peserta didik dapat membuat media lainnya berupa madang dari bahan karton bekas kardus yang dihias sesuai kreativitas masing-masing.

Kegiatan Penutup (10 Menit)

- Siswa dan guru menyimpulkan pembelajaran hari ini.
- Refleksi pencapaian siswa/formatif asesmen, dan refleksi guru untuk mengetahui ketercapaian proses pembelajaran dan perbaikan.
- Menginformasikan kegiatan pembelajaran yang akan dilakukan pada pertemuan berikutnya.
- Guru mengakhiri kegiatan belajar dengan memberikan pesan dan motivasi tetap semangat belajar dan diakhiri dengan berdoa.

V. ASESMEN/PENILAIAN

Jenis penilaian yang dianjurkan pada guru

Jenis	Bentuk	Teknik
Pengetahuan	Tes	Ayo Cek Pemahaman (Jumlah soal bisa ditambah oleh guru)
	Non Tes	Aktivitas 3.1 Aktivitas 3.2 Aktivitas 3.3
Keterampilan	Non Tes	Aktivitas 3.4 Proyek
Sikap	Non tes	Observasi

Contoh rubrik penilaian proyek

No	Aspek	Skor terpenuhi	Poin diisi dengan angka pilihan 1, 2, 3, atau 4	Total poin
1	Perencanaan	Mengumpulkan sumber informasi.		

		Rancangan jadwal proses pelaksanaan Proyek.		
		Pemilihan media komunikasi (kampanye).		
2	Proses pelaksanaan Proyek	Menganalisis sumber informasi untuk menjawab tiga buah pertanyaan.		
		Analisis sumber informasi untuk mengemukakan ide lainnya terkait sumber energi terbarukan.		
		Kerjasama kelompok.		
3	Hasil produk media komunikasi (kampanye)	Daya tarik media (mempunyai nilai seni).		
		Kebenaran isi media sesuai konten.		
		Kemudahan memahami media.		
4	Presentasi	Penggunaan Bahasa yang baik dan benar.		
		Penyampaian mudah dipahami.		
		Daya tarik media yang digunakan.		
		Kekompakan.		
Nilai total = (total poin seluruh aspek) / 52 × 100				

VI. PENGAYAAN DAN REMEDIAL

Pengayaan

Bagian ini adalah pendalaman dan pengembangan materi kimia hijau. Merujuk pada infografis yang disajikan pada Gambar 3.10 tentang penerapan prinsip kimia hijau pada ekosistem laut maka peserta didik diajak untuk mengembangkan wawasan berpikir lintas mata pelajaran yaitu biologi, ekonomi, dan geografi. peserta didik diajak untuk melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi yaitu menganalisis infografis tersebut untuk menjawab pertanyaan (1) hal-hal mana saja yang paling berkaitan dengan prinsip kimia hijau (2) apa akibatnya bila hal-hal tersebut dibiarkan terus terjadi serta (3) akibatnya terhadap perekonomian, kelestarian lingkungan dan sosial.

Kunci jawaban:

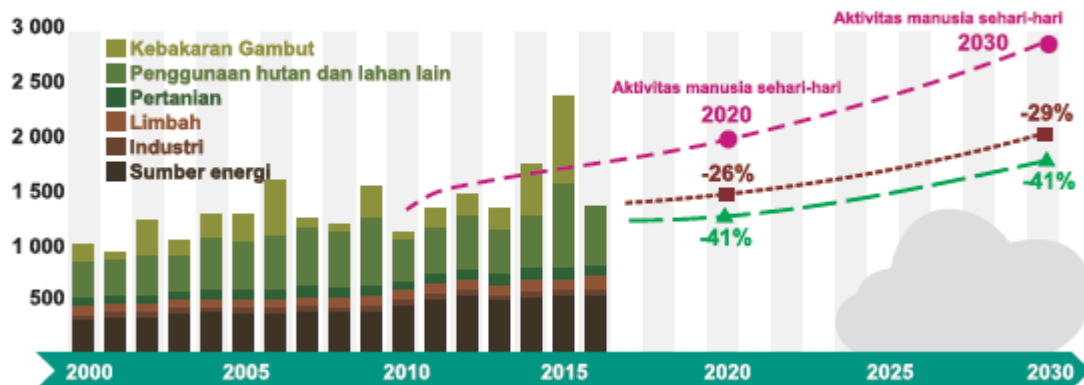
- (1) Hal-hal yang paling berkaitan dengan prinsip kimia hijau adalah saat laut menjadi asam karena dapat mengancam ekosistem laut. Keasaman laut disebabkan oleh pencemaran laut misalnya adanya hujan asam atau tumpahnya bahan bakar minyak bumi dari area pengeboran lepas pantai. Hal lainnya adalah saat area keragaman laut hayati tidak terlindungi karena ancaman limbah plastik yang hanyut ke laut. Demikian juga aktivitas manusia di lautan yang melanggar hukum misalnya saat eksploitasi ikan, udang, cumi-cumi menggunakan bahan kimia.
- (2) Jika dibiarkan terus-menerus maka ekosistem laut akan terancam termasuk punahnya keragaman laut hayati secara global.

- (3) Akibatnya terhadap perekonomian, kelestarian lingkungan dan sosial adalah menurunnya pendapatan nelayan sehingga ikut memengaruhi berkurangnya pendapatan nasional bruto dari sektor kelautan, merusak citra laut Indonesia sebagai bagian dari promosi pariwisata laut yang akan menurunkan angka kunjungan wisatawan. Hal ini akan memengaruhi kehidupan sosial masyarakat setempat karena penduduk usia muda akan pindah ke kota dan menambah angka pengangguran dan kejahatan di kota besar.

Remedial

Peningkatan emisi gas rumah kaca di Indonesia.

Emisi sesuai bidang dan target dalam jutaan ton CO₂.



Sumber: MoEF (2018). Laporan pembaruan dua tahunan kedua dibawah konvensi kerangka kerja PBB tentang perubahan iklim

Analisis grafik pada gambardi atas, prinsip kimia hijau yang manakah yang harus dipenuhi untuk mencegah peningkatan gas rumah kaca di Indonesia dari tahun ke tahun? Sarankan upaya apa saja yang harus dilakukan oleh ke-6 sektor yang tertera pada Gambar tersebut.

Nyatakan Benar atau Salah Pernyataan-pernyataan berikut beserta alasan kenapa Kalian menjawab demikian.

- Tidak semua reaksi kimia menghasilkan zat-zat yang berbahaya. Contohnya adalah penggunaan soda kue dalam proses memanggang adonan roti. Gas karbondioksida yang dihasilkan akan membuat roti menjadi empuk dan enak disantap.
- Reaksi kimia pembakaran tak sempurna misalnya membakar sampah di udara terbuka tidak akan mencemari lingkungan karena menghasilkan gas karbonmonoksida yang aman bagi makhluk hidup.
- Biosolar B-30 adalah salah satu upaya pemerintah untuk menerapkan prinsip kimia hijau yaitu menggunakan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan.

VII. REFLEKSI GURU DAN PESERTA DIDIK

Refleksi Guru:

- Setelah menyelesaikan proses pembelajaran pada Bab 3 ini guru melakukan refleksi dengan mencatat hal-hal yang sudah disampaikan kepada siswa, hasil pembelajaran yang dicapai, maupun bagian yang belum diselesaikan serta membuat rencana perbaikan proses pembelajaran pada masa yang akan datang.

Refleksi Peserta Didik:

- Ajaklah peserta didik untuk berdiskusi hal-hal apa yang telah dipelajari, hal-hal apa yang masih belum dipahami tentang subbab Pengertian dan Pentingnya Kimia Hijau.

- Mintalah peserta didik menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada bab ini.
- Tekankan pada peserta didik manfaat belajar pada subbab ini.
- Ajaklah peserta didik untuk berdiskusi hal-hal apa yang telah dipelajari, hal-hal apa yang masih belum dipahami tentang subbab Prinsip kimia hijau dalam mendukung upaya pelestarian lingkungan.
- Mintalah peserta didik menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada bab ini.
- Tekankan pada peserta didik manfaat belajar pada subbab ini.
- Tekankan pada peserta didik nilai karakter setelah mempelajari subbab ini.

Lampiran 1

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

Aktivitas 3.1

Baca dan analisis artikel berikut lalu jawablah pertanyaan yang ada dibagian bawah artikel ini.

Dirgha Raj Joshi and Nisha Adhikari. 2019. Green Chemistry: Beginning, Recent Progress, and Future Challenges. *WordJournal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. Volume 8, Issue 7, 280-293.

Green Chemistry atau kimia hijau berhubungan dengan bagaimana mendesain produk kimia dan prosesnya untuk mengurangi atau menghilangkan penggunaan bahan-bahan kimia yang berbahaya bagi manusia, hewan, dan lingkungan tempat kita tinggal. Bahaya di sini bisa berupa ledakan fisik, sifat mudah terbakar, toksikologi-mutagenik, karsinogenik, termasuk perubahan iklim global, penipisan lapisan ozon, pencemaran lingkungan lainnya, dan paparan kimia. Efek zat berbahaya terhadap lingkungan, air, udara, makanan, pertanian, perubahan iklim, dan banyak lagi bahaya di setiap sudut lingkungan membuat kita semakin waspada untuk lebih fokus dan mempraktikkan konsep yang lebih hijau.

Dalam konsep kimia untuk pengembangan berkelanjutan, kita harus selalu memikirkan pilihan yang lebih aman dan lebih baik pada pilihan bahan maupun proses kimia. Penggantian klorofluorokarbon dengan hidrofluorokarbon (HCFC) dan hidrofluorokarbon (HFC) yang lebih aman mencegah risiko besar terkait lapisan ozon bumi tempat kita tinggal. Pengurangan penggunaan bahan bakar fosil dan pengembangan pestisida yang lebih aman bagi lingkungan membuat perubahan besar. Meskipun banyak pendekatan dilakukan dari banyak sisi, namun setiap individu perlu berpikir bahwa rumah, ruang tidur, dan dapur mereka sendiri haruslah lebih aman dan mengurangi bahaya paparan bahan kimia di sekitar kita. Hal-hal ini membuat kita menjadi lebih bertanggung jawab sebagai masyarakat global.

Sumber: https://www.researchgate.net/publication/334163727_GREEN_CHEMISTRY_BEGINNING_RECENT_PROGRESS_AND_FUTURE_CHALLENGES

Pertanyaan:

1. Simpulkan pengertian kimia hijau dengan kritis dan kreatif.
2. Simpulkan apakah pentingnya kimia hijau dengan kritis dan kreatif.

Aktivitas 3.2

Petunjuk teknis melakukan aktivitas ini.

- 1) Cermati dan maknai ke-12 prinsip kimia hijau pada Gambar 3.4.
- 2) Temukan permasalahan yang selama ini menyimpang dari prinsip kimia hijau lalu sarankan solusi untuk mengatasinya.
- 3) Kalian boleh bekerja bersama kelompok.
- 4) Carilah informasi yang diperlukan dari berbagai sumber. Cantumkan sumber literatur sebagai wujud perilaku jujur Kalian.
- 5) Rangkumlah hasil diskusi Kalian lalu tulis dalam bentuk tabel (Lihat Contoh pada Tabel 3.1).
- 6) Komunikasikanlah hasil diskusi Kalian dalam diskusi kelas.

Aktivitas 3.3

Petunjuk melakukan aktivitas:

Berdiskusilah dalam kelompok masing-masing lalu tulis dan presentasikan hal-hal berikut:

- 1) Identifikasi proses kimia yang terjadi dalam rumah maupun lingkungan sekitar rumah Kalian merujuk pada Gambar 3.7.
- 2) Identifikasi hal-hal yang tidak sesuai dengan prinsip kimia hijau dan sarankan tindakan yang merupakan solusi yang mendukung penerapan kimia hijau.
- 3) Buatlah tabel seperti Tabel 3.2. Pada tabel tersebut disajikan satu contoh yang bisa Kalian rujuk dan kembangkan. Tulislah hasil diskusi kelompok dalam tabel tersebut. Komunikasikan hasilnya dalam diskusi kelas.

PENGERTIAN DAN PENTINGNYA KIMIA HIJAU.

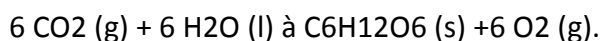
Halo Pelajar Pancasila tahukah Kalian bahwa aktivitas yang kita lakukan dan lingkungan di sekitar kita selalu terkait dengan proses kimia yang melibatkan reaksi kimia. Coba diskusikan dalam kelompok adakah proses kimia di sekitar Kalian? Kalian boleh mencarinya melalui berbagai sumber lalu tulis proses yang ditemukan pada buku catatan Kalian.

Sebagian besar dari Kalian akan berpikir bahwa proses kimia itu menghasilkan hal-hal misalnya suara ledakan yang keras, gumpalan asap, nyala api, aroma yang menyengat, atau bahkan zat-zat yang beracun sehingga proses kimia cenderung dianggap berbahaya dan dihindari. Mari kita lihat lebih dahulu contoh-contoh proses kimia beserta reaksi kimia yang ada di sekitar kita.

Contoh 1

Proses kimia: Fotosintesis

Persamaan reaksi kimia:



Penjelasan reaksi kimia:

- (1) Reaksi fotosintesis yang dibantu sinar uv memerlukan gas CO_2 . Gas ini dikenal sebagai gas rumah kaca yang menyebabkan peningkatan suhu bumi. Dengan adanya fotosintesis akan mengurangi jumlah gas CO_2 sehingga turut mengurangi pemanasan global.
- (2) Produk dari reaksi fotosintesis adalah gula glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) dan gas Oksigen (O_2). Glukosa sebagai sumber energi bagi tanaman untuk bertumbuh sedangkan gas Oksigen yang dihasilkan bermanfaat untuk kehidupan manusia dan hewan.

Contoh 2

Proses kimia: Pembakaran tidak sempurna

Persamaan reaksi kimia:



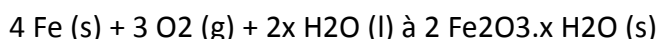
Penjelasan reaksi kimia:

Proses pembakaran sampah dilakukan di ruang terbuka artinya jumlah udara yang digunakan untuk membakar sampah terbatas. Salah satu komponen udara adalah gas oksigen (O_2). Jika jumlah udara terbatas maka jumlah gas O_2 juga berkurang akibatnya pembakaran ini menghasilkan gas karbon monoksida (CO) dan padatan arang karbon (C) yang mencemari udara sekitar.

Contoh 3

Proses kimia: Perkaratan besi

Persamaan reaksi kimia:



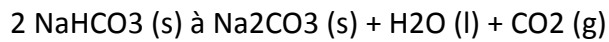
Penjelasan reaksi kimia:

Jika benda yang terbuat dari besi (Fe) bereaksi dengan udara maka lama-kelamaan akan terjadi perkaratan ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$) sehingga benda akan rusak. Mengapa? Karena udara mengandung gas oksigen (O_2) dan uap air (H_2O). Perkaratan ini ditandai dengan munculnya lapisan tipis berwarna merah kecoklatan pada permukaan benda.

Contoh 4

Proses kimia: Pemanggang roti

Persamaan reaksi kimia:



Penjelasan reaksi kimia:

Soda kue atau NaHCO_3 jika dipanaskan akan menghasilkan gas CO_2 . Gas ini memberi tekanan pada dinding adonan roti sehingga membentuk rongga-rongga. Keadaan ini membuat roti mengembang dan menjadi lebih empuk.

Ternyata proses kimia tidak selamanya menakutkan kita. Ada proses kimia yang baik, bermanfaat, dan aman bagi lingkungan. Proses kimia ini akan menjaga bumi kita tetap lestari, aman, dan sejahtera, demikian pula lingkungan akan tetap terjaga. Proses kimia seperti ini dikenal sebagai reaksi kimia hijau. Prinsip kimia hijau pertama kali dicetuskan oleh Paul Anastas pada tahun 1998 sebagai *Father of Green Chemistry* bersama John Warner.

PRINSIP KIMIA HIJAU DALAM MENDUKUNG UPAYA PELESTARIAN LINGKUNGAN.

Kimia hijau bukan hanya terkait dengan penggunaan dan produksi bahan kimia yang aman saja. Prinsip kimia hijau dapat Kalian terapkan sendiri di rumah. Bahan kimia apa saja yang digunakan di rumah? Bagaimana cara Kalian menggunakannya? Bagaimana agar penggunaan bahan kimia di rumah dapat memberikan kontribusi terhadap prinsip kimia hijau? Menggunakan bahan kimia secukupnya, membuang bahan kimia pada tempatnya, menyimpan bahan kimia dengan cara yang benar, mengganti bahan kimia yang berbahaya dengan bahan alam yang lebih ramah lingkungan, serta menggunakan kembali bahan plastik merupakan wujud kontribusi Kalian terhadap prinsip kimia hijau.



Hasil aktivitas penerapan prinsip kimia hijau.

Sumber: Kemendikbudristek/Elizabeth T. (2021)

Prinsip kimia hijau sangat memberikan kontribusi terhadap pelestarian lingkungan. Dalam aktivitas selanjutnya, Kalian akan merancang, mengembangkan, dan mempraktikkan prinsip yang lebih hijau untuk pelestarian lingkungan. Lakukan Aktivitas 3.2 untuk mengenal prinsip kimia hijau. Analisis lebih dahulu apa dan bagaimana prinsip kimia hijau itu dengan mencermati infografis yang disajikan pada Gambar 3.4 berikut:

12 Prinsip Kimia Hijau

Kimia hijau adalah pendekatan kimia yang bertujuan memaksimalkan efisiensi dan meminimalkan pengaruh bahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Memang tidak ada reaksi kimia yang hijau sempurna namun keseluruhan efek negatif baik pada penelitian kimia maupun industri kimia dapat dikurangi melalui implementasi 12 prinsip kimia hijau.

1. Mencegah limbah



Mengutamakan pencegahan limbah ketimbang penanggulangan atau pembersihan limbah yang muncul setelah proses sintesis serta meminimalkan limbah pada setiap proses.

2. Memaksimalkan nilai ekonomi suatu atom



Mengurangi limbah pada level molekul dengan memaksimalkan jumlah atom dari semua pereaksi menjadi produk akhir. Atom ekonomi di sini untuk mengevaluasi efisiensi reaksi.

3. Sintesis kimia yang bahayanya sedikit



Mendesain reaksi kimia dan rute sintesis seaman mungkin. Mempertimbangkan semua bahan yang berbahaya selama reaksi berlangsung termasuk limbah.

4. Mendesain proses yang melibatkan bahan kimia yang aman



Memprediksi dan mengevaluasi aspek meliputi sifat fisika, toksisitas, dan lingkungan.

5. Menggunakan pelarut dan kondisi reaksi yang lebih aman



Memilih pelarut yang paling aman dalam tiap proses serta meminimalkan jumlah pelarut agar tidak menghasilkan persentase limbah yang besar.

6. Mendesain efisiensi energi



Memilih jalan reaksi kimia yang paling kecil energinya. Menghindari pemanasan dan pendinginan juga tekanan dan kondisi vakum.

7. Menggunakan bahan baku terbarukan



Bahan baku terbarukan biasanya berasal dari produk pertanian atau hasil alam, sedangkan bahan baku tak terbarukan berasal dari bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam, batu bara, dan bahan tambang lainnya.

8. Mengurangi bahan turunan kimia



Mengurangi bahan turunan kimia untuk mengurangi tahapan reaksi, tambahan bahan kimia, dan produksi limbah.

9. Menggunakan katalis



Penggunaan katalis berperan pada peningkatan selektifitas, mengurangi limbah, waktu reaksi, dan energi dalam suatu reaksi.

10. Mendesain bahan kimia dan produk yang terdegradasi setelah digunakan



Bahan kimia harus mudah terdegradasi dan tidak terakumulasi di lingkungan.

11. Menganalisis secara langsung untuk mencegah polusi



Metode analisis yang dilakukan secara *real-time* untuk mencegah pembentukan bahan berbahaya bagi lingkungan.

12. Mencegah potensi kecelakaan



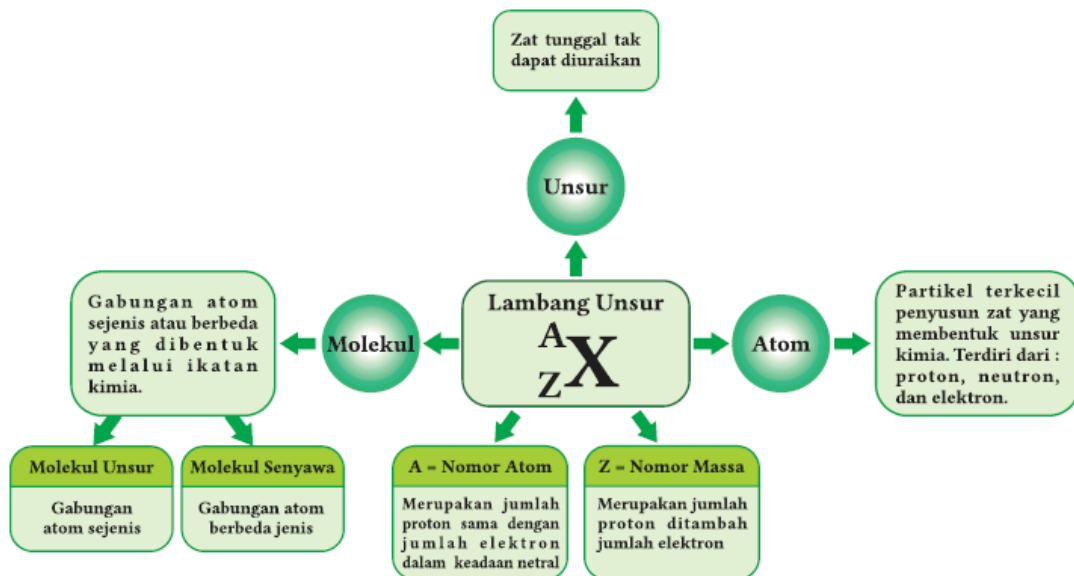
Memilih bahan kimia yang digunakan dalam reaksi kimia dan mengembangkan prosedur untuk menghindari kecelakaan.

PROSES KIMIA DALAM KEHIDUPAN SEHARI-HARI
TERKAIT HAL-HAL YANG TIDAK SESUAI DENGAN PRINSIP KIMIA HIJAU.

Pertama amati tabel sistem periodik unsur yang terdapat pada Gambar 3.5. Tabel ini terdiri dari berbagai unsur kimia yang lebih dahulu perlu Kalian kenali. Tabel ini juga memberikan contoh cara menuliskan lambang unsur atau lambang molekul dengan baik.

Mulya Noveriyanto (2021)

Hal kedua adalah memahami apakah pengertian unsur. Apa hubungannya dengan atom dan molekul? Untuk menjawabnya lakukan analisis terlebih dahulu pada Gambar 3.6 berikut.



Pengertian atom, unsur, dan molekul.

Dari Gambar 3.6 diketahui bahwa unsur merupakan zat tunggal yang tidak dapat diuraikan menjadi zat lainnya melalui reaksi kimia. Setiap unsur disusun dari gabungan atom sejenis. Sementara atom adalah unit terkecil dari suatu zat yang memiliki sifat kimia suatu unsur. Gabungan atom sejenis akan membentuk molekul unsur misalnya gas Oksigen (O_2), ozon (O_3), gas hidrogen (H_2), gas klorin (Cl_2), dan gas nitrogen (N_2). Adapun gabungan atom yang berbeda akan menghasilkan molekul senyawa antara lain gas karbon dioksida (CO_2), air (H_2O), dan glukosa ($C_6H_{12}O_6$). Molekul unsur dan molekul senyawa yang bereaksi dapat Kalian baca maupun tulis dalam suatu persamaan reaksi kimia.

Hal ketiga yaitu mengenal bahwa reaksi kimia merupakan proses perubahan yang terjadi bila satu senyawa berubah atau bereaksi dengan senyawa atau unsur lain, menghasilkan senyawa atau unsur yang baru. Secara molekuler proses kimia selalu disimbolkan dengan persamaan reaksi.

MENCIPTAKAN KEGIATAN YANG MENDUKUNG PRINSIP KIMIA HIJAU.P

Salah satu peran kimia hijau adalah mendukung 17 agenda pembangunan berkelanjutan hingga tahun 2030 yang dicanangkan PBB. Ke-17 agenda tersebut dapat Kalian simak pada Gambar 3.8.



Agenda pembangunan berkelanjutan 2030 PBB

Sumber: [un.org/United Nations](https://un.org/) (2020)

Dari ke-17 agenda tersebut, prinsip kimia hijau terintegrasi dalam tiga agenda pembangunan berkelanjutan 2030 yaitu agenda nomor 3, 6, 7, 13, 14, dan 15. Hidup sehat dan sejahtera bagi semua manusia di bumi tentu karena lingkungan yang aman dan bebas bahan-bahan berbahaya.

Prinsip nomor 7 dari kimia hijau adalah penggunaan sumber energi yang dapat diperbaharui. Indonesia telah berupaya untuk menerapkan prinsip ini yaitu dengan cara mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil untuk menjaga kelestarian lingkungan. Dalam hal ini Presiden Joko Widodo mengakselerasi penerapan Biosolar 30 (B30) yang dimulai pada penghujung tahun 2019. Kini pemerintah melalui Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) resmi mengimplementasi B30 di Indonesia. Biosolar B30 sebagai bahan bakar nabati untuk mesin atau motor disel adalah lanjutan dari Biosolar 20. Mari lakukan aktivitas kerja ilmiah berikut sebagai contoh penerapan prinsip kimia hijau di sekitar Kalian.



Biosolar B30

Sumber: Kemendikbudristek/Wahyu Putri N. (2021)

Lampiran 3

GLOSARIUM

Green chemistry. kimia hijau

Kimia hijau, berhubungan dengan bagaimana mendesain produk kimia dan prosesnya untuk mengurangi atau menghilangkan penggunaan bahan-bahan kimia yang berbahaya bagi manusia, hewan, dan lingkungan tempat kita tinggal. Bahaya di sini bisa berupa ledakan fisik, sifat mudah terbakar, toksikologi-mutagenik, karsinogenik, termasuk perubahan iklim global, penipisan lapisan ozon, pencemaran lingkungan lainnya, dan paparan kimia.

Prinsip kimia hijau, proses kimia yang baik, bermanfaat, dan aman bagi lingkungan.

Reaksi Kimia adalah suatu proses di mana satu atau lebih zat, diubah menjadi satu atau zat yang berbeda dan menghasilkan produk yang baru.

Pelestarian Lingkungan adalah perlindungan, pengelolaan, atau pemulihan lingkungan alam dan komunitas ekologis yang menghuninya.

Lampiran 4

DAFTAR PUSTAKA

Anna Permanasari, dkk., 2021, Buku Guru dan Buku Siswa: *Ilmu Pengetahuan Alam untuk SMA Kelas X*, Pusat Kurikulum dan Perbukuan, Jakarta.

Kemdikbud. 2020. *Profil Pelajar Pancasila*. Jakarta:Kemdikbud.

Kemdikbud. 2021. *Capaian Pembelajaran Fase E Mata Pelajaran Fisika, Kimia, Biologi*. Jakarta