FASE E / KELAS X

MODUL AJAR

Prinsip Kimia Hijau

Disusun oleh:
Safrisal Ihza Al Ghifari

LIVEWORKSHEETS

A. INFORMASI UMUM

SMA NEGERI 1 MRANGGEN	**Modul Ajar** Kurikulum Merdeka	Tahun Pelajaran	: 2024/2025
		Jenjang Sekolah	: SMA
	Mata Pelajaran: **Kimia**	Fase/Kelas	: E/X
		Alokasi Waktu	: 2 x 45 menit (1 pertemuan)
		Model Pembelajaran	: Discovery Learning
		Target peserta didik	: Reguler
	Penyusun: **Safrisal Ihza Al-Ghifari**	Materi	: Prinsip Kimia Hijau

Profil Pelajar Pancasila	**Kemampuan Awal**	**Sarana dan Prasarana**
1. Kreatif Kreatif didalam menghasilkan gagasan yang orisinal dan menghasilkan karya serta tindakan yang orisinal. **2. Bernalar kritis** Kritis dalam mencermati masalah yang dihadapi dan memilih solusi yang efektif dan bertanggungjawab. **3. Gotong Royong** Bekerjasama dengan teman sejawat dalam menyelesaikan tugas dan permasalahan.	Kompetensi yang harus dimiliki oleh peserta didik sebelum mempelajari pokok bahasan ini, yaitu: Memahami hakikat ilmu kimia, mengetahui bahan-bahan kimia yang dijumpai di kehidupan sehari-hari dan memahami metode ilmiah serta peranan kimia dalam kehidupan sehari hari	**Alat :** Alat tulis, LCD, laptop **Prasarana:** Media gambar, video, PPT, Modul ajar, dan buku paket, LKPD

B. KOMPONEN INTI

1. Tujuan Pembelajaran

- Peserta didik mampu menjelaskan pengertian kimia hijau melalui LKPD dengan benar.
- Peserta didik mampu mengidentifikasi pentingnya kimia hijau melalui LKPD dengan benar.
- Peserta didik mampu menganalisis prinsip kimia hijau dalam kehidupan sehari-hari melalui LKPD dengan benar.

2. Pemahaman Bermakna

a. Dapat turut menciptakan lingkungan yang seimbang dengan menerapkan prinsip kimia hijau dalam kehidupan sehari-hari.

b. Dapat mengurangi terjadinya kerusakan alam dengan menerapkan prinsip kimia hijau dalam kehidupan sehari-hari.

LIVEWORKSHEETS

3. **Pertanyaan Pemantik**
   a. Siapakah di antara kalian yang halaman rumahnya dipenuhi tanaman hijau?
   b. Apa yang kalian rasakan saat udara panas dengan adanya tanaman hijau di rumah kalian?
   c. Bagaimana pendapat kalian jika bencana alam terjadi terus menerus pada bumi, apa yang akan terjadi pada bumi?
4. **Persiapan Pembelajaran**

   Sebelum melakukan pembelajaran, peserta didik diminta untuk membaca artikel terkait kebakaran pada pabrik kimia.
5. **Kegiatan Pembelajaran**

Deskripsi	
PEMBUKAAN	
Menyampaikan tujuan dan memotivasi siswa	▪ Guru mengucapkan salam pembuka ▪ Guru mengecek kehadiranpeserta didik ▪ Guru memberikan motivasi berupa gambar kerusakan alam dan memberikan pertanyaan - "Apa yang akan trjadi pada bumi jika bencana terus menerus terjadi?" - "Apa yang akan kalianrasakan jika saat udara panas kemudian kalian melihat tanaman hijau yang subur di halaman rumah?" ▪ Guru menyampaikan tujuan pembelajaran
KEGIATAN INTI	
Menyajikan informasi	▪ Guru menyajikan video tentangpenggunaan tas belanja ramahlingkungan. https://youtu.be/YtBKZvvR_Fo ▪ Peserta didik mengamati video yang disajikan oleh guru. **(Mengamati)** ▪ Peserta didik diberikan kesempatan untuk bertanya terkait hubungan video dengan materi yang akan dipelajari.

LIVEWORKSHEETS

	(Menanya)
Mengorganisasikan siswa ke dalam kelompok belajar	▪ Guru membimbing peserta didik untuk membentukkelompok ▪ Guru membagikan LKPD ▪ Guru menjelaskan kegiatan pembelajaran yang akan dilakukan yaitu berdiskusi dengan kelompok masing-masing dan mengerjakan LKPD
Membimbing kelompok dalam bekerja dan belajar	▪ Guru mengarahkan peserta didik untuk mengerjakan LKPD dengan memperbolehkan menggunakan berbagai sumberseperti internet,buku dsb sebagai bahan informasi. **(Mengumpulkan Data)** ▪ Peserta didik menganalisishasil informasi dari berbagai sumber dan menuliskan di LKPD. **(Menganalisis)**
Mengevaluasi	▪ Setiap kelompok diminta untuk mempresentasikan hasil kerja kelompok secara bergantiankepada guru. **(Mengkomunikasikan)** ▪ Guru memberikan feedback terhadap hasil diskusi pesertadidik
Memberikan penghargaan	▪ Guru mengapresiasi hasil kerja kelompok yang memuaskan
PENUTUP ▪ Guru mengulas kembali materi yang telah diterima peserta didik dalam pertemuan tersebut ▪ Guru mengarahkan peserta didik untuk mengulang materi di rumah dan membaca materi berikutnya di buku untuk mempersiapkan pertemuan berikutnya. ▪ Guru mengakhiri pembelajaran ▪ Guru mengucapkan salam	

LIVEWORKSHEETS

6. **Asesmen**

a. Jenis/teknis penilaian

- Penilaian Sikap : Penilaian Diri
- Penilaian Pengetahuan : Kuis
- Penilaian Keterampilan : Observasi

b. Bentuk penilaian dan instrument penilaian

- Penilaian Sikap : Lembar Penilaian Diri Peserta Didik
- Penilaian Pengetahuan : Lembar Penilaian Pengetahuan Peserta Didik
- Penilaian Keterampilan :Lembar Pengamatan KeterampilanPesertaDidik

7. **Pengayaan dan Remedial**

Pengayaan	Remedial
Mengerjakan soal pengayaan pada buku paket halaman 74	Remedial diawali dengan kegiatan *remedial teaching* yaitu guru memberikan pengulangan untuk materi yang belum tuntas kemudian peserta didik diminta untuk mengerjakan kembali asesmen pengetahuan.

8. **Refleksi Peserta Didik dan Guru**

Refleksi Guru	Refleksi Peserta Didik
1. Apakah peserta didik bisamemahami pengertian dan pentingnya kimia hijau? 2. Bagaimana bila peserta didik belum memahami pengertian dan pentingnya kimia hijau? 3. Peserta didik mana yang perlu perhatian saya?	1. Apakah saya sudah dapat menjelaskan pengertian dan pentingnya kimia hijau? \ 2. Apakah saya sudah dapat menyebutkan prinsip kimia hijau? 3. Apakah saya sudah dapat menganalisis penerapan kimia hijau dalam kehidupan sehari-hari?

A. PENILAIAN RANAH SIKAP

1. LEMBAR OBSERVASI

No	Aspek yang dinilai	Teknik penilaian	Waktu dan penilaian	Instrument
1.	Kreatif	Pengamatan	Proses dan tugas	Lembar observasi
2.	Kerja sama	Pengamatan	Proses dan tugas	Lembar observasi
3.	Mandiri	Pengamatan	Tugas	Lembar observasi
4.	Bernalar kritis	Pengamatan	Proses	Lembar observasi

LIVEWORKSHEETS

No	Nama Peserta Didik	Aspek Sikap yang dinilai			Jumlah skor	Skor sikap	Kode nilai
		Kreatif	Kerja sama	Mandiri			
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							

RUBRIK PENILAIAN SIKAP

ASPEK	INDIKATOR	NILAI
Kreatif	Peserta didik memiliki rasa ingin tahu	
	Peserta didik tertarik dalam mengejakan tugas	
	Peserta didik berani dalam mengambil resiko	
	Peserta didik tidak mudah putus asa	
	TOTAL	
Kerja sama	Peserta didik terlibat aktif dalam bekerja kelompok	
	Peserta didik bersedia melaksanakan tugas sesuai kesepakatan	
	Peserta didik bersedia membanu temannya dalam satu kelompok yang mengalami kesulitan	
	Peserta didik menghargai hasil kerja anggota kelompok	
	TOTAL	
Mandiri	Peserta didik mampu memecahkan masalah	
	Peserta didik tidak lari atau menghindari masalah	
	Peserta didik mampu mengambil keputusan	
	Peserta didik bertanggung jawab	
	TOTAL	
	SKOR TOTAL	

LIVEWORKSHEETS

Kode nilai/predikat:
75,01-100,00 = Sangat Baik (SB)
50,01-75,00 = Baik (B)
25,01-50,00 = Cukup (C)
00,00-25,00 = Kurang(K)

$$\text{Nilai} = \frac{\textit{Skor yang diperolah}}{\textit{skor total}} \text{ x } 100$$

2. LEMBAR PENILAIAN DIRI

No	Pernyataan	Ya	Tidak	Jumlah skor	Skor sikap	Kode nilai
1.	Selama diskusi, saya ikut serta mengusulkan ide/gagasan					
2.	Ketika kami berdiskusi, setiap anggota mendapatkan kesempatan untuk berbicara					
3.	Saya ikut serta dalam membuat kesimpulan hasil diskusi kelompok1					

Catatan:

- Skor penilaian ya = 100 dan tidak = 50
- Skor maksimal= jumlah pertanyaan dikalikan jumlah kriteria
- skoor sikap = (jumlah skor dibagi skor maksimal dikali 100)
- kode nilai / predika:

  75,01-100,00 = Sangat Baik (SB)
  50,01-75,00 = Baik (B)
  25,01-50,00 = Cukup (C)
  00,00-25,00 = Kurang(K)

3. LEMBAR PENILAIAN TEMAN SEBAYA

Nama teman yang diamati :
Pengamat :

No	Pernyataan	Ya	Tidak	Jumlah skor	Skor sikap	Kode nilai
1.	Mau menerima pendapat teman					
2.	Memberikan solusi terhadap permasalahan					
3.	Memaksakan pendapat sendiri kepada anggota kelompok					
.4	Marah saat diberi kritik					

LIVEWORKSHEETS

- Skor penilaian ya = 100 dan tidak = 50
- Skor maksimal= jumlah pertanyaan dikalikan jumlah kriteria
- skoor sikap = (jumlah skor dibagi skor maksimal dikali 100)
- kode nilai / predikat:

  75,01-100,00 = Sangat Baik (SB)
  50,01-75,00 = Baik (B)
  25,01-50,00 = Cukup (C)
  00,00-25,00 = Kurang (K)

B. PENILAIAN RANAH KETERAMPILANRUBRIK

PENILAIAN UNJUK KERJA

ASPEK	INDIKATOR	NILAI
Kesesuaian respon dengan pertanyaan	Penggunaan tata bahasa baik dan benar	
	Jawaban yang relevan dengan pertanyaan	
	Menjawab sesuai dengan materi	
	Mengkaitkan jawaban dengan kehidupan sehari-hari	
	TOTAL	
Aktifitas diskusi	Keterlibatan anggota kelompok	
	Aktif bertanya dan menanggapi	
	Mencatat hasil diskusi dengan sistemtis	
	Memperhatikan dengan seksama saat berdiskusi	
	TOTAL	
Kemampuan presentasi	Dipersentasikan dengan percaya diri	
	Dapat mengemukakan ide dan berargumen dengan baik	
	Manajemen waktu presentasi dengan baik	
	Seluruh anggota kelompok berpartisipasi presentasi	
	TOTAL	
Kerja sama dalam kelompok	Bersedia membantu orang lain dalam satu kelompok	
	Bersedia melakukan tugas sesuai dengan kesepakatan	
	Terlibat aktif dalam bekerja kelompok	
	TOTAL	
	SKOR TOTAL	

Catatan:

Kode nilai/predikat:

75,01-100,00 = Sangat Baik (SB)
50,01-75,00 = Baik (B)
25,01-50,00 = Cukup (C)
00,00-25,00 = Kurang(

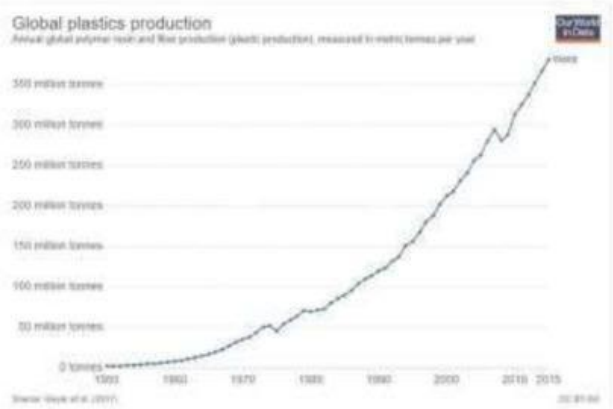
$$\text{Nilai} = \frac{\textit{Skor yang diperolah}}{\textit{skor total}} \times 100$$

LIVEWORKSHEETS

C. LAMPIRAN

Ayo uji pemahaman!

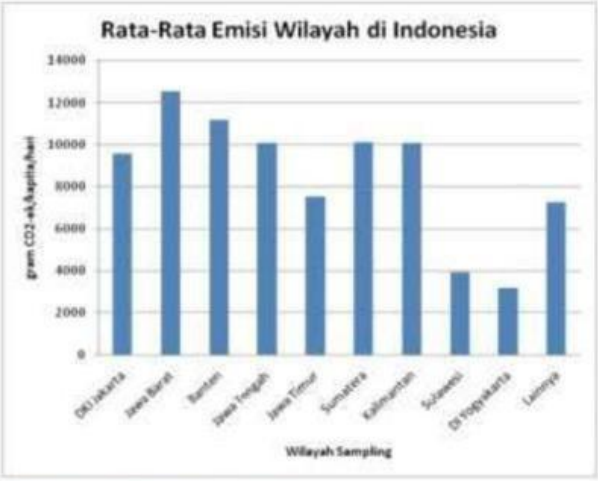
Pertanyaan 1



Sumber: https://internasional.kompas.com/

Analisislah grafik di atas! jelaskan upaya apa yang dapat dilakukan untuk mencegah semakin meningkatnya tingkat grafik! Analisislah prinsip kimia hijau yang manakah yang harus dipenuhi untuk mencegah peningkatan grafik dari tahun ke tahun!

Pertanyaan 2



Bagan 8 Rata-Rata Emisi Wilayah di Indonesia

Sumber: https://iesr.or.id/en/

Grafik di atas menjelaskan tentang tingkat rata-rata gas emisi di Indonesia. Perubahan iklim telah menjadi sebuah fenomena yang banyak dibicarakan di beberapa dekade terakhir. Hal ini disebabkan karena perubahan iklim sudah terjadi dimana-mana dan dialami para individu. Contoh saja terjadinya perubahan cuaca ekstrim yang terjadi di Indonesia baik daerah perkotaan maupun perdesaan; angin kencang, hujan dengan frekuensi dan intensitas yang tidak tentu. Ketidaksiapan infrastruktur suatu kota atau negara untuk mengakomodir cuaca ekstrim ini, bisa berujung pada banjir. Perubahan cuaca ekstrim pun dapat berakibat pada gagal panen, karena laju penguapan air yang sangat cepat akibat naiknya temperatur. Seluruh bencana ini, bukan hanya dirasakan oleh masyarakat dengan tingkat ekonomi menengah ke bawah saja, namun dirasakan juga oleh masyarakat dengan tingkat ekonomi menengah ke atas. diskusikanlah bersama dengan kelompok kemudian jawablah pertanyaan di bawah ini!

- Menurutmu, apa penyebab terjadinya peningkatan suhu di bumi yang ekstrim?
- Jelaskan saran yang dapat dilakukan masyarakat untuk mengurangi terjadinya fenomena seperti di atas!

- Prinsip kimia hijau apa saja yang perlu dilakukan untuk mengurangi terjadinya fenomena di atas?

- Pertanyaan 3



Sumber: https://regional.kompas.com/

Kegiatan mencuci pakaian merupakan kegiatan yang tidak mungkin ditinggalkan oleh masyarakat. Penggunaan detergen pada proses mencuci pakaian ternyata menghasilkan limbah berupa busa bekas air cucian. Jawablah pertanyaan berikut!

- Apa dampak limbah detergen bagi lingkungan?
- Bagaimana upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi jumlah limbah detergen?
- Prinsip kimia hijau yang mana yang dapat diaplikasikan dalam menangani permasalahan tersebut

1. Bahan Bacaan

Kimia Hijau adalah suatu falsafah atau konsep yang mendorong desain dari sebuah produk ataupun proses yang mengurangi ataupun meminimalisir penggunaan

LIVEWORKSHEETS

dan penghasilan zat-zat (substansi) berbahaya.

Prinsip-prinsip Kimia Hijau (Green Chemistry) dikembangkan oleh Paul Anastas and John Warner (ACS, 2018a), terkait dengan bahan kimia, proses, dan produk yang lebih hijau (lebih ramah lingkungan), dengan 12 prinsip yaitu :

- Prevention (Pencegahan). Lebih baik mencegah timbulan limbah daripada mengolahnya.
- Atom Economy (Ekonomi Atom). Metode sintetis harus dirancang untuk memaksimalkan penggabungan semua bahan baku yang digunakan dalam proses menjadi produk akhir.
- Less Hazardous Chemical Syntheses (Sintesis Bahan Kimia Kurang Berbahaya). Jika memungkinkan, metode sintetis harus dirancang untuk menggunakan dan menghasilkan zat yang memiliki sedikit atau tidak ada toksisitas/ potensi bahaya terhadap kesehatan manusia dan lingkungan.
- Designing Safer Chemicals (Merancang Bahan Kimia Yang Lebih Aman). Produk kimia harus dirancang untuk mempengaruhi fungsi yang diinginkan sambil meminimalkan toksisitasnya.
- Safer Solvents and Auxiliaries (Pelarut dan Auxiliaries yang Lebih Aman). Penggunaan zat tambahan (misalnya, pelarut, zat pemisah, dll.) bilamana mungkin ditiadakan dan tidak berbahaya bila digunakan.
- Design for Energy Efficiency (Merancang untuk Efisiensi Energi). Penggunaan energi dari proses kimia harus harus diminimalkan. Jika memungkinkan, metode sintetis harus dilakukan pada suhu dan tekanan rendah.

- Use of Renewable Feedstocks (Penggunaan Bahan Baku Terbarukan). Bahan mentah atau bahan baku harus dapat diperbarui daripada menghabiskan bahan yang tak dapat diperbarui, yang secara teknis dan ekonomis dapat dilakukan.
- Reduce Derivatives (Mengurangi Derivatif). Derivatisasi yang tidak perlu (penggunaan gugus pemblokiran, perlindungan / deproteksi, modifikasi sementara proses fisik / kimia) harus diminimalkan atau dihindari jika mungkin, karena langkah-langkah tersebut memerlukan reagen tambahan dan mengakibatkan pemborosan.
- Catalysis (Katalisis). Reagen katalitik (seselektif mungkin) lebih unggul daripada reagen stoikiometri.
- Design for Degradation (Desain untuk Degradasi). Produk-produk kimia harus dirancang sedemikian rupa sehingga pada akhir fungsi mereka akan terurai menjadi produk degradasi yang tidak berbahaya dan tidak persisten dilingkungan.
- Real-time analysis for Pollution Prevention (Analisis real-time untuk Pencegahan Polusi). Metodologi analitis perlu dikembangkan lebih lanjut untuk memungkinkan pemantauan dan pengendalian proses secara real- time.
- Inherently Safer Chemistry for Accident Prevention (Bahan Kimia yang bersifat Lebih Aman untuk Pencegahan Kecelakaan). Zat dan bentuk zat yang digunakan dalam proses kimia harus dipilih untuk meminimalkan potensi kecelakaan kimia, termasuk pelepasan ke lingkungan, ledakan, dan kebakaran.

2. Glosarium

Kimia Hijau	:	Konsep yang mendorong desain dari sebuah produk ataupun proses yang mengurangi ataupun meminimalisir penggunaan dan penghasilan zat-zat (substansi) berbahaya.
Emisi	:	Sisa hasil pembakaran bahan bakar
Reaksi Kimia	:	Reaksi kimia adalah suatu proses di mana satu atau lebih zat, diubah menjadi satu atau zat yang berbeda dan menghasilkan produk yang baru.
Limbah	:	Zat yang dihasilkan dari suatu proses produksi, baik industri maupun domestik (rumah tangga)

3. Daftar pustaka

https://greentech.undip.ac.id/scientech/ diakses pada 21 Agustus 2022 12.00

Mitarlis,. Bertha Yonata,. dan Rusly Hidayah. 2016. Rancangan Pembelajaran Karakter Sains Berwawasan Green Chemistry pada Perkuliahan Kimia Dasar Di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya. Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya.

Puspaningsih, Ayuk Ratna dkk. 2021. *Ilmu Pengetahuan Alam SMA Kelas X*. Jakarta Pusat. Kementrian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi

LIVEWORKSHEETS

	Mata Pelajaran	**Kimia**
	Fase / Kelas / Semester	**E /X / Ganjil**
	Aktivitas	**1.4. Prinsip Kimia Hijau**
	Guru Pengampu	**Safrisal Ihza Al-Ghifari**
Literasi	**HOTS : Analisis, Evaluasi, Sintesis**	**Sikap : Mandiri, Kerjasama, Kritis dan Kreatif**

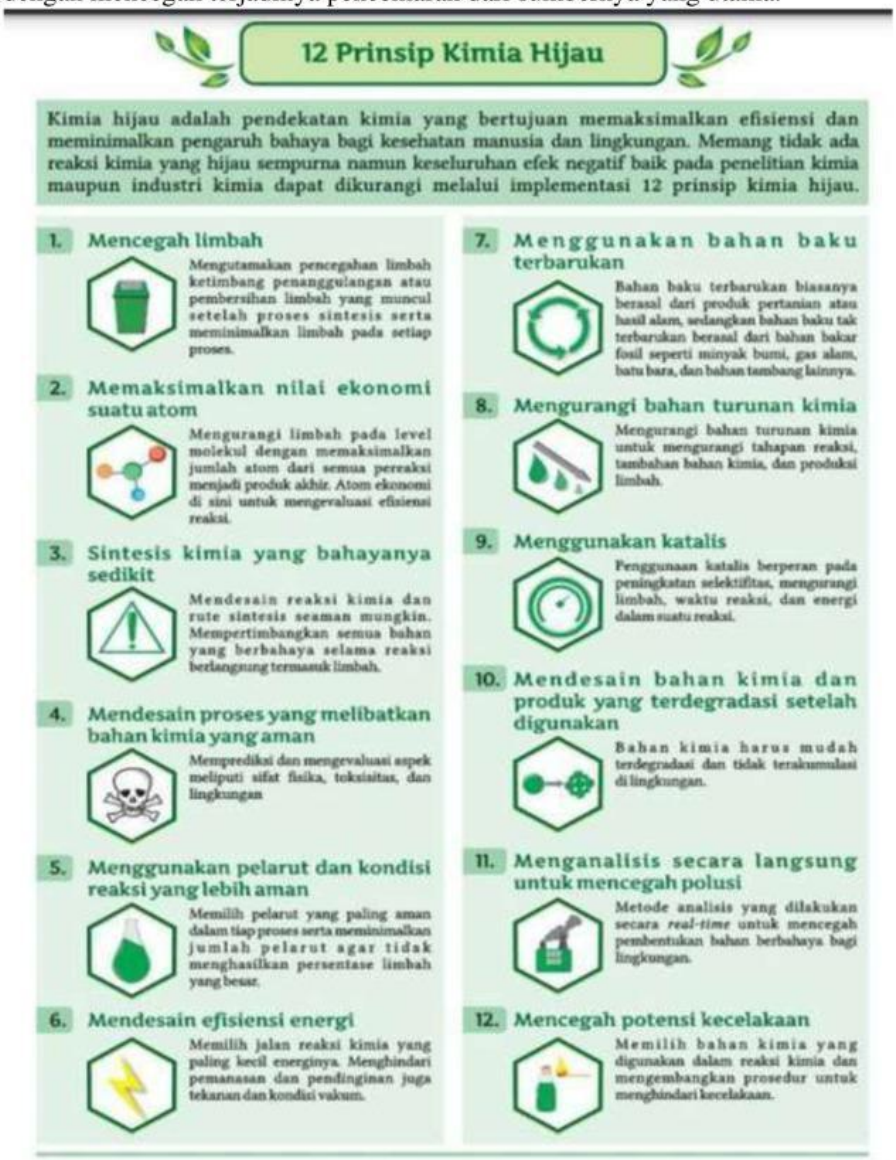
A. Tujuan Pembelajaran

Mengidentifikasi proses kimia dalam kehidupan sehari-hari terkait hal-hal yang tidak sesuai dengan prinsip kimia hijau beserta solusinya.

B. Orientasi Materi

Dalam rangka ikut terlibat menjaga kelestarian bumi maka tahun 1998 , Paul T.Anastas dan John C.Warner mengembangkan prinsip yang dijadikan panduan dalam mengelola zat kimia dalam proses industri dan seluruh aspek yang terkait dengan zat kimia yang dikenal dengan Gerakan Kimia Hijau (**Green Chemistry**)

Aspek terpenting dari Green Chemistry adalah konsep desain (rancangan) yang lebih menitikberatkan pada dampak terhadap lingkungan. Kimia hijau lebih menekankan pada upaya yang lebih mendasar dengan mencegah terjadinya pencemaran dari sumbernya yang utama.



LIVEWORKSHEETS

C. Uji Kompetensi Aktivitas 1.4

4. Lembar Kerja Peserta Didik

Lembar Kerja Peserta Didik
KIMIA HIJAU

Nama Kelompok/No. Absen:

1.
2.
3.
4.
5.

Tujuan:

- Peserta didik mampu menjelaskan pengertian kimia hijau melalui LKPD dengan benar.
- Peserta didik mampu mengidentifikasi pentingnya kimia hijau melalui LKPD dengan benar.
- Peserta didik mampu menganalisis prinsip kimia hijau dalam kehidupan sehari-hari melalui LKPD dengan benar.

Fenomena



Sumber: https://pusatkrisis.kemkes.go.id/

Sebuah pabrik kimia yang berada di Kota Cilegon, meledak dengan mengeluarkan suara yang sangat keras. Kepulan asap hitam pekat, bau gas kimia menyengat sangat mengganggu pernafasan warga yang mengeluhkan mata perih dan susah bernafas usai suara ledakan itu. Akibatnya, warga yang lokasinya berada tidak jauh dari pabrik kimia tersebut harus mengungsi. Diduga bahan kimia yang bocor adalah formalin dengan rumus kimia CH_2O. Menurut www.pom.go.id, padaumumnya larutan formalin 37% dalam air digunakan sebagai bahan baku pada industri panel kayu, seperti kayu lapis, papan partikel, papan serat berkerapatan

LIVEWORKSHEETS

sedang, perlengkapan rumah tangga, dan lem emulsi yang dapat digunakan secara luasdi berbagai industri.

Coba kalian bayangkan, bagaimana jika kejadian serupa sering terjadi, maka bagaimana nasib makhluk hidup yang ada di muka bumi? Menurutmu bagaimana solusi konkrit yang dapat untuk mencegah dan mengatasi asap pabrik ?

1. ……..
2. ……..
3. ……..
4. ……..
5. ……..

Apa itu kimia hijau?

Berdasarkan contoh-contoh reaksi kimia yang telah disebutkan, ternyata reaksi kimia tidak selamanya menakutkan ataupun membahayakan. Beberapa reaksi kimia bersifat baik aman bahkan bermanfaat untuk lingkungan. Reaksi kimia ini dikenal dengan sebutan reaksi kimia hijau. Nah, coba diskusikan bersama dengan kelompok apakah yang dimaksud dengan kimia hijau dan apa pentingnya kimia hijau bagi kehidupan?

Prinsip kimia hijau dapat kita terapkan dalam kehidupan sehari-hari, mulai dari lingkungan rumah, sekolah maupun di lingkungan masyarakat. Prinsip kimia hijau memberikan kontribusi dalam menyeimbangkan lingkungan sehingga lingkungan tetapaman dan terjaga. Pada tahun 1998, Paul Anastas dan John C. Warner menulis buku Green Chemistry: Theory and Practice yang memperkenalkamn 12 prinsip kimiahijau untuk pertama kali.

Berdasarkan infografis di atas , jawablah pertanyaan berikut :

1. Jelaskan apakah yang dimaksud dengan Kimia Hijau
   Jawaban :

2. Prinsip Kimia Hijau manakah yang bisa diterapkan dalam kehidupan sehari-hari dan yang hanya untuk di industri.
   Jawaban :

Prinsip Kimia Hijau yang bisa diterapkan dalam kehidupan sehari-hari	Prinsip Kimia Hijau yang hanya diterapkan untuk di industri
1. 2. 3.	1. 2. 3.

3. Kritisi dan cermati kasus pada tabel berikut, dan diskusikan dengan teman sebangkumu, tentukan kasus tersebut sesuai penerapan prinsip kimia hijau yang manakah. (jawaban bisa lebih dari 1

LIVEWORKSHEETS