LEMBAR INSTRUMEN TES
***THREE-TIER MULTIPLE CHOICE* BERMUATAN SDGS**

Mata Pelajaran	:	Kimia	Nama	:	
Topik	:	Stoikiometri	No. Absen	:	
Alokasi Waktu	:	90 menit	Kelas	:	

Petunjuk Umum

1. Tuliskan identitas Anda pada lembar jawaban yang sudah disediakan.
2. Bacalah doa terlebih dahulu sebelum mengerjakan soal.
3. Kerjakan semua soal yang ada.
4. Jumlah soal sebanyak 24 butir pilihan ganda beralasan.
5. Setiap nomor terdiri atas tiga pertanyaan.
6. Pertanyaan pertama berupa soal, pertanyaan kedua berupa pertanyaan alasan yang mendukung jawaban pertanyaan pertama, dan pertanyaan ketiga berupa tingkat keyakinan Anda memilih jawaban tersebut.
7. Pilih salah satu jawaban yang Anda yakini benar.
8. Periksa kembali jawaban Anda sebelum dikumpulkan.

Teks 1 untuk soal nomor 1 sampai 4.

Gambar 1. Sungai di Pekalongan yang tercemar limbah batik
Sumber: Bernardi, 2019

Pekalongan yang dikenal sebagai "Kota Batik Dunia" menghadapi tantangan lingkungan yang serius akibat limbah cair industri tekstil. Aktivitas produksi batik yang menggunakan berbagai zat warna sintetik menyebabkan perubahan warna air sungai secara mencolok menjadi merah, ungu, hingga biru yang dikenal masyarakat sebagai “sungai pelangi”. Limbah tersebut tidak hanya mengandung zat warna yang sulit terurai (persisten), tetapi juga mengandung logam berat yang bersifat toksik dan karsinogenik. Kondisi ini diperparah dengan belum optimalnya pengoperasian Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada sebagian unit produksi, sehingga limbah seringkali langsung dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan yang memadai.

Salah satu metode yang umum digunakan dalam pengolahan limbah cair batik adalah koagulasi menggunakan tawas aluminium sulfat ($Al_2(SO_4)_3$). Tawas sebagai koagulan berfungsi menetralkan muatan partikel koloid yang menyebabkan kekeruhan

LIVEWORKSHEETS

dan warna. Dalam air, tawas terionisasi menghasilkan ion Al^{3+} yang kemudian mengalami hidrolisis dan membentuk endapan aluminium hidroksida [$Al(OH)_3$]. Senyawa ini berbentuk endapan seperti gel yang dapat mengadsorpsi partikel koloid dan zat warna melalui proses *sweep floculation*, sehingga terbentuk gumpalan (*flok*) yang mudah mengendap dan memisah dari air.

Dalam praktiknya, proses koagulasi ini sering dikombinasikan dengan penambahan basa seperti kalsium hidroksida [$Ca(OH)_2$] dengan batas tertentu untuk mengoptimalkan pembentukan endapan aluminium hidroksida. Kondisi pH yang sesuai akan memaksimalkan pembentukan $Al(OH)_3$. Jika pH terlalu rendah, ion Al^{3+} tetap larut sehingga *flok* tidak terbentuk secara optimal, sedangkan pada pH terlalu tinggi dapat terbentuk spesies lain yang kurang efektif.

Reaksi kimia yang terjadi secara sederhana dapat dituliskan sebagai berikut **(belum setara)**:

$$Al_2(SO_4)_{3(aq)} + Ca(OH)_{2(aq)} \rightarrow Al(OH)_{3(s)} + CaSO_{4(s)}$$

Meskipun tawas terbukti efektif sebagai penjernih air, penggunaannya juga memiliki keterbatasan. Sisa ion aluminium (Al^{3+}) yang tidak bereaksi dapat tetap terlarut dalam air dan berpotensi memberikan dampak negatif bagi kesehatan manusia, terutama jika terakumulasi dalam jangka panjang. Selain itu, penggunaan tawas dalam jumlah berlebih dapat menyebabkan air menjadi terlalu asam dan menghasilkan lumpur kimia dalam jumlah besar yang perlu penanganan lebih lanjut (Ningsih & Harmawan, 2022).

Dalam suatu proses pengolahan limbah batik, seorang operator IPAL menggunakan tawas sebanyak 25,65 gram yang direaksikan dengan kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) untuk membentuk endapan $Al(OH)_3$. Namun, karena kondisi operasional yang kurang optimal, hanya sekitar 80% tawas yang bereaksi secara efektif dalam proses tersebut.

1. Jika diketahui hanya 80% tawas yang bereaksi efektif dalam proses koagulasi, jumlah mol $Al(OH)_3$ yang terbentuk adalah.... (Ar H = 1, O = 16, Al = 27, S = 32).
   a. 0,06 mol
   b. 0,075 mol
   c. 0,12 mol
   d. 0,15 mol
   e. 0,24 mol

   Alasan:
   1) Mol zat ditentukan langsung dari massa zat tanpa melibatkan massa molar
   2) Perbandingan koefisien reaksi menunjukkan hubungan mol antara pereaksi dan produk
   3) Efisiensi reaksi tidak memengaruhi jumlah zat yang bereaksi
   4) Jumlah mol produk selalu sama dengan jumlah mol pereaksi dalam reaksi kimia
   5) Massa zat tidak berkaitan dengan jumlah mol zat

   Tingkat keyakinan:
   a. Yakin
   b. Tidak yakin

LIVEWORKSHEETS

2. Berdasarkan Teks 1, proses koagulasi dalam pengolahan limbah batik melibatkan reaksi antara tawas dan kalsium hidroksida. Jika reaksi tersebut berlangsung dalam sistem tertutup, maka menurut hukum kekekalan massa yang dikemukakan oleh Antoine Lavoisier, pernyataan yang tepat adalah....
   a. Massa total sistem tetap sama meskipun terbentuk endapan
   b. Massa sistem berkurang karena sebagian zat berubah menjadi endapan
   c. Massa produk menjadi lebih besar karena terjadi reaksi kimia
   d. Endapan memiliki massa sendiri sehingga massa total berubah
   e. Massa hanya berlaku untuk zat sebelum reaksi

   Alasan:

   1) Pembentukan endapan menyebabkan sebagian massa terpisah dari sistem reaksi
   2) Reaksi kimia menghasilkan zat baru yang dapat mengubah massa total sistem
   3) Perubahan wujud zat selama reaksi menyebabkan massa sistem ikut berubah
   4) Massa akhir sistem bergantung pada sifat fisik produk yang terbentuk
   5) Dalam sistem tertutup, massa total sebelum dan sesudah reaksi kimia tetap sama

   Tingkat keyakinan:

   a. Yakin
   b. Tidak yakin
3. Seorang operator ingin menentukan jumlah endapan $Al(OH)_3$ yang dihasilkan dari 0,1 mol tawas agar proses dapat berjalan optimal. Tiga operator memberikan pendapat berbeda:
   i. Operator I: jumlah mol endapan harus mengikuti rasio koefisien reaksi
   ii. Operator II: massa produk hanya bergantung pada massa reaktan yang digunakan
   iii. Operator III: koefisien reaksi menunjukkan hubungan kuantitatif antar zat

   Berdasarkan analisis dari ketiga operator tersebut, pernyataan yang benar adalah....
   a. Hanya Operator I benar
   b. Hanya Operator II benar
   c. Operator I dan III benar
   d. Operator II dan III benar
   e. Semua operator benar

   Alasan:

   1) Massa produk ditentukan oleh jumlah awal reaktan tanpa memperhatikan reaksi
   2) Hubungan massa zat tidak dipengaruhi oleh perbandingan mol dalam reaksi
   3) Koefisien reaksi menunjukkan hubungan mol antara reaktan dan produk
   4) Koefisien reaksi hanya menunjukkan jenis zat yang bereaksi
   5) Perhitungan hasil reaksi tidak memerlukan konsep mol

   Tingkat keyakinan:

   a. Yakin
   b. Tidak yakin
4. Sebagai salah satu upaya menjaga kualitas air sungai, penggunaan bahan kimia penjernih harus mempertimbangkan prinsip kimia hijau, yaitu meminimalkan dampak

LIVEWORKSHEETS

pencemaran sekunder dan penggunaan zat berlebih. Tindakan yang paling tepat yang mencerminkan prinsip kimia hijau adalah....

a. Menggunakan tawas dalam jumlah besar agar proses penjernihan berlangsung lebih cepat
b. Menentukan kebutuhan bahan secara stoikiometris agar tidak ada zat kimia tersisa di lingkungan
c. Membuang endapan hasil reaksi langsung ke sungai karena dianggap tidak berbahaya
d. Menghindari penggunaan bahan kimia meskipun efektivitas penjernihan menurun
e. Membiarkan air mengalami penjernihan alami tanpa perlakuan tambahan

Alasan:

1) Efisiensi biaya penggunaan bahan lebih utama dibanding ketepatan stoikiometri reaksi
2) Penggunaan reaktan berlebih mempercepat pencapaian kualitas air yang diinginkan
3) Semua bahan kimia bersifat berbahaya tanpa mempertimbangkan jumlah penggunaannya
4) Sisa bahan kimia yang tidak bereaksi dapat menjadi polutan tambahan bagi ekosistem air
5) Penggunaan bahan kimia tidak berbahaya bagi ekosistem air

Tingkat keyakinan:

a. Yakin
b. Tidak yakin

Teks 2 untuk soal nomor 5 sampai 8.

Fenomena pemanasan global merupakan salah satu tantangan lingkungan global yang semakin mendesak. Fenomena ini dipicu oleh bertambahnya konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer, seperti karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dan dinitrogen monoksida (N_2O). Di antara gas-gas tersebut, karbon dioksida menjadi kontributor utama karena jumlah emisinya yang besar dan masa tinggalnya yang relatif lama di atmosfer.

Gambar 2. Asap kendaraan
Sumber: lpmdinamika.co

LIVEWORKSHEETS

Salah satu sumber utama emisi gas CO_2 adalah aktivitas manusia, terutama dari sektor transportasi yang masih sangat bergantung pada bahan bakar fosil. Di Indonesia, sektor transportasi menyumbang emisi yang cukup signifikan akibat tingginya penggunaan kendaraan bermotor berbahan bakar bensin. Data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) tahun 2024 menunjukkan bahwa rata-rata kendaraan pribadi dapat menghasilkan sekitar 2,3 kg CO_2 untuk setiap 1 liter bensin yang dikonsumsi, sehingga kontribusinya terhadap peningkatan GRK cukup besar. Bensin umumnya mengandung senyawa hidrokarbon seperti isooktana (C_8H_{18}). Pembakaran isooktana di dalam mesin kendaraan berlangsung melalui reaksi kimia sebagai berikut **(belum setara)**:

$$C_8H_{18(l)} + O_{2\,(g)} \rightarrow CO_{2\,(g)} + H_2O_{(g)}$$

Reaksi tersebut menunjukkan bahwa pembakaran sempurna isooktana akan menghasilkan karbon dioksida dan uap air. Namun, dalam kondisi nyata, pembakaran tidak selalu berlangsung secara ideal.

Efisiensi pembakaran sangat dipengaruhi oleh rasio udara dan bahan bakar (*Air-Fuel Ratio*). Rasio yang tepat memungkinkan oksigen tersedia dalam jumlah cukup untuk mengoksidasi bahan bakar secara sempurna. Sebaliknya, jika pasokan oksigen terbatas, maka akan terjadi pembakaran tidak sempurna yang menghasilkan karbon monoksida (CO), gas beracun yang berbahaya bagi kesehatan manusia karena dapat mengikat hemoglobin dalam darah dan menghambat distribusi oksigen. Tidak hanya itu, pembakaran tidak sempurna juga menghasilkan partikulat karbon atau jelaga yang dapat mencemari udara, menyebabkan gangguan pernapasan, serta berkontribusi pada percepatan pencairan es di daerah kutub karena kemampuannya menyerap radiasi matahari.

Perhatiakan data pembakaran isooktana berikut:

Tabel 1. Data Pembakaran Isooktana dan Dampaknya terhadap Lingkungan

Sampel	Massa $C_8H_{18(g)}$	Massa $O_{2(g)}$	Massa $CO_{2\,(g)}$	Massa $H_2O_{(g)}$	Emisi CO (ppm)	Dampak Lingkungan
A	114	400	352	162	50	Emisi rendah, pembakaran efisien
B	114	300	264	121	400	Emisi CO tinggi, berbahaya bagi kesehatan
C	114	500	352	162	60	Emisi rendah, tetapi kurang efisien
D	228	800	704	324	50	Emisi meningkat seiring konsumsi bahan bakar

LIVEWORKSHEETS

Berdasarkan data pada Tabel 1, terlihat bahwa variasi jumlah oksigen yang bereaksi dengan isooktana memengaruhi jumlah produk yang dihasilkan serta jenis emisi yang dilepaskan ke lingkungan. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengaturan rasio bahan bakar dan oksigen sangat penting untuk mencapai pembakaran yang efisien dan ramah lingkungan.

5. Dari data Tabel 1, pada proses pembakaran Sampel B, zat yang bertindak sebagai pereaksi pembatas adalah....
   a. Isooktana (C_8H_{18})
   b. Oksigen (O_2)
   c. Karbon dioksida (CO_2)
   d. Karbon monoksida (CO)
   e. Uap air (H_2O)

   Alasan:

   1) Pereaksi pembatas ditentukan dari zat yang memiliki jumlah massa paling sedikit dalam reaksi
   2) Pereaksi pembatas dapat ditentukan hanya dari perbandingan koefisien masing-masing zat dalam reaksi
   3) Pereaksi pembatas merupakan zat yang menghasilkan jumlah produk paling sedikit dalam reaksi
   4) Pereaksi pembatas ditentukan dengan membandingkan jumlah zat yang tersedia dengan jumlah yang dibutuhkan dalam reaksi
   5) Pereaksi pembatas merupakan zat yang memiliki jumlah paling banyak di antara semua zat yang bereaksi

   Tingkat keyakinan:

   a. Yakin
   b. Tidak yakin

6. Seorang teknisi ingin membandingkan hasil pembakaran pada Sampel A dan Sampel C. Pada Sampel C, jumlah oksigen yang disuplai dibuat 100 gram lebih banyak dibandingkan Sampel A. Namun, massa gas karbon dioksida (CO_2) yang dihasilkan tetap sama, yaitu 352 gram. Kesimpulan yang paling tepat untuk menjelaskan fenomena tersebut adalah....
   a. Suhu mesin pada Sampel C menurun sehingga pembakaran tidak menghasilkan CO_2 secara maksimal
   b. Penambahan oksigen menyebabkan reaksi menghasilkan lebih banyak uap air (H_2O) dibandingkan CO_2
   c. Isooktana (C_8H_{18}) pada Sampel C telah habis bereaksi, sehingga kelebihan oksigen tidak dapat lagi membentuk CO_2
   d. Massa CO_2 berkurang akibat adanya tekanan dari oksigen berlebih di dalam sistem
   e. Oksigen berlebih bereaksi membentuk zat lain sehingga mengurangi pembentukan CO_2

LIVEWORKSHEETS

Alasan:

1) Menurut hukum kekekalan massa, penambahan jumlah reaktan akan selalu menghasilkan peningkatan jumlah produk
2) Reaksi pembakaran akan berhenti ketika salah satu pereaksi (pereaksi pembatas) telah habis, sehingga jumlah produk menjadi tetap
3) Oksigen yang berlebih akan menurunkan suhu pembakaran sehingga reaksi tidak berlangsung sempurna
4) Jumlah CO_2 yang dihasilkan berbanding terbalik dengan jumlah oksigen yang digunakan dalam reaksi
5) Jumlah produk pembakaran tidak dipengaruhi oleh perbandingan massa reaktan, melainkan oleh kondisi mesin

Tingkat keyakinan:

a. Yakin
b. Tidak yakin

7. Kendaraan yang kekurangan pasokan udara (seperti pada Sampel B) akan menghasilkan gas beracun dan jelaga (partikel karbon). Jelaga ini dapat terbawa angin hingga ke daerah kutub dan menempel pada permukaan es. Secara ilmiah, bagaimana partikel dari asap kendaraan tersebut dapat mempercepat pencairan es di daerah kutub?
   a. Asap kendaraan membawa energi panas dari mesin hingga mencapai wilayah kutub dan menyebabkan es mencair
   b. Partikel jelaga yang menempel pada permukaan es menyerap energi matahari sehingga mempercepat proses pencairan es
   c. Partikel jelaga bereaksi secara kimia dengan es sehingga langsung mengubah es menjadi air dalam waktu singkat
   d. Partikel asap kendaraan menghalangi masuknya sinar matahari sehingga es kehilangan kemampuan untuk tetap membeku
   e. Tumpukan partikel jelaga pada permukaan es memberikan tekanan fisik yang menyebabkan es pecah dan mencair

   Alasan:

   1) Gas buang kendaraan memiliki suhu tinggi yang tetap bertahan hingga mencapai wilayah kutub yang sangat jauh
   2) Benda berwarna gelap seperti jelaga mampu menyerap energi matahari lebih besar sehingga meningkatkan suhu permukaan es
   3) Partikel jelaga dapat bereaksi dengan es dan menghasilkan energi panas yang mempercepat proses pencairan es
   4) Partikel di atmosfer dapat menghalangi sinar matahari sehingga memengaruhi suhu lingkungan di daerah kutub
   5) Penumpukan partikel pada permukaan es menimbulkan tekanan yang cukup besar hingga menyebabkan es mencair

   Tingkat keyakinan:

   a. Yakin
   b. Tidak yakin

LIVEWORKSHEETS

8. Seorang teman menyarankan agar setelan motor Anda diubah supaya tarikan motor terasa lebih kencang dan responsif. Namun, perubahan setelan tersebut ternyata menyebabkan penggunaan bensin menjadi lebih banyak dari biasanya. Berdasarkan pemahamanmu tentang pembakaran bahan bakar fosil dan dampaknya terhadap lingkungan, sikap yang paling tepat adalah....
   a. Menerima saran tersebut karena performa kendaraan lebih penting daripada dampak asapnya
   b. Menerima saran tersebut, tetapi hanya digunakan untuk perjalanan dekat agar polusi lebih sedikit
   c. Menolak saran tersebut dan memilih setelan udara bahan bakar yang optimal agar emisi gas berbahaya dapat dikurangi
   d. Menolak saran tersebut karena bensin berlebih dapat menghasilkan oksigen yang merusak lapisan ozon
   e. Berhenti menggunakan kendaraan bermotor sepenuhnya karena semua reaksi kimia pasti merusak lingkungan

   Alasan:

   1) Asap kendaraan akan cepat hilang di udara sehingga tidak memberikan dampak besar bagi lingkungan
   2) Perjalanan yang lebih cepat akan mengurangi jumlah total gas buang yang dihasilkan
   3) Pembakaran bahan bakar menghasilkan gas buang yang tidak berbahaya bagi lingkungan jika jumlahnya sedikit
   4) Bahan bakar berlebih dapat menghasilkan oksigen tambahan yang berdampak buruk bagi atmosfer
   5) Pembakaran dengan kekurangan udara menyebabkan karbon tidak terbakar sempurna sehingga menghasilkan polutan berbahaya seperti CO dan jelaga

   Tingkat keyakinan:

   a. Yakin
   b. Tidak yakin

Teks 3 untuk soal nomor 9 sampai 12.

Sebagai salah satu upaya mempercepat transisi energi dan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, Indonesia mulai mengembangkan bioetanol generasi kedua (G2), yaitu bahan bakar terbarukan yang dihasilkan dari limbah lignoselulosa seperti bagas tebu dan tongkol jagung (Winardi & Putri, 2024). Berbeda dengan bioetanol generasi pertama yang menggunakan bahan pangan, bioetanol G2 memanfaatkan limbah pertanian sehingga tidak bersaing dengan kebutuhan pangan manusia. Pendekatan ini menjadi solusi inovatif dalam mendukung prinsip ekonomi sirkular dan pembangunan berkelanjutan.

Meskipun sama-sama mengeluarkan gas CO_2, bioetanol relatif netral dan lebih ramah lingkungan karena lebih *renewable* (terbarukan) daripada bahan bakar dari minyak bumi. Karbon dioksida (CO_2) yang dihasilkan saat pembakaran bioetanol dapat diserap

LIVEWORKSHEETS

kembali oleh tanaman melalui proses fotosintesis selama pertumbuhannya, sehingga akan terjadi suatu siklus karbon yang lebih seimbang. Namun demikian, karbon netral tidak berarti tanpa emisi, melainkan menunjukkan bahwa jumlah karbon yang dilepaskan dapat diimbangi oleh jumlah karbon yang diserap, sehingga dampaknya terhadap lingkungan dapat diminimalkan jika dikelola dengan baik.

Proses pembakaran bioetanol merupakan reaksi kimia antara etanol dan oksigen yang menghasilkan energi. Jika berlangsung secara sempurna dengan ketersediaan oksigen yang cukup, pembakaran etanol akan menghasilkan karbon dioksida (CO_2) dan uap air (H_2O). Reaksi tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)}$$

Dalam suatu percobaan pada kondisi standar dan sistem tertutup, pembakaran bioetanol (C_2H_5OH) sebanyak 9,2 gram akan menghasilkan gas karbon dioksida (CO_2) sebanyak 4,48 liter.

Meskipun karbon dioksida (CO_2) tidak beracun, peningkatan kadarnya di atmosfer dapat memperkuat efek rumah kaca dan menyebabkan kenaikan suhu bumi. Sebaliknya, pembakaran tidak sempurna akibat kekurangan oksigen menghasilkan karbon monoksida (CO) yang sangat beracun. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi pembakaran memengaruhi energi yang dihasilkan serta jenis emisi yang dilepaskan. Oleh karena itu, penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif perlu didukung oleh pembakaran yang efisien dan pengelolaan emisi yang baik agar tetap ramah lingkungan dan aman bagi kesehatan.

9. Secara teori, jika pembakaran bioetanol pada teks 3 di atas berlangsung sempurna, volume gas CO_2 yang terbentuk seharusnya lebih besar. Berdasarkan data tersebut, kondisi reaksi yang paling tepat adalah....(Ar H = 1, C = 12, O = 16).
   a. Reaksi berlangsung sempurna sehingga semua bioetanol terbakar sepenuhnya
   b. Gas CO_2 bereaksi kembali membentuk bioetanol cair dalam wadah
   c. Reaksi tidak sempurna karena jumlah oksigen yang tersedia terbatas
   d. Volume CO_2 tidak dipengaruhi jumlah bioetanol yang dibakar
   e. Bioetanol yang digunakan tidak murni sehingga jumlah CO_2 berkurang

   Alasan:

   1) Volume CO_2 yang terbentuk hanya 4,48 liter; menunjukkan reaksi tidak sempurna karena oksigen terbatas
   2) CO_2 tidak dapat kembali bereaksi menjadi etanol cair dalam kondisi tersebut
   3) Oksigen yang terbatas akan mempengaruhi jumlah CO_2 yang dapat dihasilkan
   4) Pembakaran sempurna seharusnya menghasilkan volume CO_2 yang lebih besar (8,96 L)
   5) Volume gas CO_2 selalu bergantung pada jumlah mol reaktan dan oksigen yang tersedia.

   Tingkat keyakinan:

   a. Yakin
   b. Tidak yakin

LIVEWORKSHEETS

10. Dalam teks disebutkan bahwa teknisi membakar 9,2 gram bioetanol dalam sebuah wadah tertutup. Jika oksigen yang digunakan sebesar 19,2 gram, maka setelah reaksi pembakaran sempurna selesai massa total zat-zat yang ada di dalam wadah tersebut (termasuk gas CO_2 dan uap air yang terbentuk) adalah....
    a. 9,2 gram, karena massa zat hasil reaksi selalu sama dengan massa salah satu reaktan
    b. 10,0 gram, karena sebagian massa hilang menjadi energi panas saat pembakaran
    c. 19,2 gram, karena massa gas oksigen adalah komponen tunggal yang menentukan massa akhir
    d. 28,4 gram, karena massa zat sebelum dan sesudah reaksi dalam sistem tertutup adalah sama
    e. 30,0 gram, karena terjadi penambahan massa dari udara luar yang masuk ke dalam wadah

    Alasan:

    1) Menurut Hukum Lavoisier, massa total zat sebelum reaksi harus sama dengan massa total zat sesudah reaksi
    2) Hukum perbandingan tetap menyatakan bahwa massa produk selalu lebih kecil dari massa reaktan agar efisiensi tercapai
    3) Perubahan wujud dari cair ke gas mengakibatkan massa zat berkurang secara signifikan sesuai hukum gas ideal
    4) Massa gas CO_2 dan H_2O tidak dapat dihitung karena gas tidak memiliki massa yang terukur dalam wadah tertutup
    5) Stoikiometri reaksi menunjukkan bahwa massa akhir hanya ditentukan oleh jumlah mol zat yang memiliki koefisien paling besar

    Tingkat keyakinan:

    a. Yakin
    b. Tidak yakin
11. Berdasarkan bacaan, pemanfaatan bioetanol generasi kedua dari limbah lignoselulosa memiliki dampak lingkungan yang lebih ramah lingkungan karena lebih terbarukan (*renewable*) jika dibandingkan bensin dari minyak bumi. Jika kamu adalah seorang teknisi energi dan ingin memastikan pembakaran bioetanol berlangsung efisien sekaligus lebih ramah lingkungan, tindakan yang paling tepat adalah....
    a. Membakar bioetanol dalam jumlah berlebihan agar energi yang dihasilkan lebih besar
    b. Membakar bioetanol dengan suplai oksigen cukup agar pembakaran tidak menghasilkan emisi gas CO
    c. Mengurangi jumlah bioetanol secara drastis agar hampir tidak terjadi proses pembakaran
    d. Mencampur bioetanol dengan bensin untuk meningkatkan tenaga mesin tanpa memperhatikan emisi
    e. Membiarkan bioetanol terbakar secara alami tanpa kontrol suplai udara

LIVEWORKSHEETS

Alasan:

1) Pembakaran bioetanol yang efisien membutuhkan oksigen cukup untuk memaksimalkan CO_2 dan mengurangi pembentukan CO
2) Menambah bahan bakar berlebih akan meningkatkan pembentukan gas beracun dan partikel karbon
3) Mengurangi bioetanol drastis menyebabkan energi yang dihasilkan tidak optimal dan pembakaran tidak stabil
4) Mencampur dengan bensin tanpa pengaturan udara meningkatkan emisi polutan dan menurunkan netralitas karbon
5) Membiarkan terbakar alami tanpa kontrol menyebabkan pembakaran tidak sempurna dan pelepasan emisi berbahaya

Tingkat keyakinan:

a. Yakin
b. Tidak yakin

12. Tindakan yang paling tepat untuk mendukung penggunaan bioetanol yang efisien di masyarakat adalah....
    a. Menggunakan bioetanol sebanyak mungkin agar kendaraan lebih bertenaga tanpa memperhatikan emisi
    b. Menjalankan kendaraan dengan bioetanol secara teratur sambil memastikan suplai udara cukup agar emisi berbahaya minimal
    c. Menghindari penggunaan bioetanol karena tetap menghasilkan CO_2 meskipun netral karbon
    d. Menggunakan campuran bioetanol dan bensin untuk mempercepat perjalanan tanpa mengontrol polusi
    e. Membiarkan kendaraan berhenti beroperasi agar tidak ada emisi sama sekali

    Alasan:

    1) Penggunaan bioetanol dengan kontrol oksigen mencegah pembentukan polutan berbahaya
    2) Menggunakan bioetanol secara berlebihan akan meningkatkan risiko polusi dan merusak keseimbangan karbon
    3) Menolak menggunakan bioetanol karena emisi CO_2 mengabaikan manfaat energi terbarukan dan siklus karbon
    4) Campuran bahan bakar tanpa pengaturan udara meningkatkan emisi beracun dan mengurangi netralitas karbon
    5) Menghentikan kendaraan sepenuhnya tidak praktis dan meniadakan manfaat energi terbarukan

    Tingkat keyakinan:

    a. Yakin
    b. Tidak yakin

LIVEWORKSHEETS

Teks 4 untuk soal nomor 13 sampai 16.

Kalsium karbida (CaC_2) merupakan senyawa penting dalam industri kimia dan metalurgi. Senyawa ini diproduksi di dalam tanur listrik melalui reaksi antara kalsium oksida (CaO) dan karbon (C) pada suhu sangat tinggi, bahkan dapat mencapai lebih dari 2.000°C. Pada kondisi tersebut, reaksi berlangsung secara endoterm sehingga membutuhkan energi listrik dalam jumlah besar. Ketergantungan pada energi berintensitas tinggi serta penggunaan karbon menjadikan proses ini tidak hanya mahal secara ekonomi, tetapi juga menimbulkan tantangan lingkungan yang serius.

Gas karbon monoksida (CO) yang terbentuk sebagai produk samping harus ditangani dengan sistem pengolahan gas buang yang memadai agar tidak mencemari udara dan membahayakan kesehatan pekerja maupun masyarakat sekitar. Reaksi pembentukan kalsium karbida dapat dituliskan sebagai berikut:

$$CaO_{(s)} + 3C_{(s)} \rightarrow CaC_{2(s)} + CO_{(g)}$$

Produk CaC_2 yang dihasilkan kemudian dimanfaatkan untuk menghasilkan gas asetilen (C_2H_2) melalui reaksi dengan air:

$$CaC_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow C_2H_{2(g)} + Ca(OH)_{2(s)}$$

Gambar 3. Proses pengelasan
Sumber: Sild, S., 2024
https://fractory.com/gas-welding-explained/

Gas asetilen memiliki peran strategis dalam industri pengelasan dan pemotongan logam karena mampu menghasilkan nyala api bersuhu tinggi dan stabil ketika direaksikan dengan oksigen. Namun, reaksi tersebut juga menghasilkan kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) sebagai produk samping yang bersifat basa dan berotensi mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik.

Dalam upaya memenuhi kebutuhan industri, suatu pabrik merencanakan produksi kalsium karbida dalam skala besar, misalnya hingga beberapa ton per siklus produksi. Untuk mencapai target tersebut, diperlukan perhitungan yang tepat terkait jumlah bahan baku yang digunakan, khususnya kalsium oksida (CaO), agar proses berlangsung efisien dan tidak menimbulkan pemborosan sumber daya.

Tantangan ini mendorong industri untuk tidak hanya berfokus pada kuantitas produksi, tetapi juga pada efisiensi dan tanggung jawab lingkungan. Peningkatan efisiensi

LIVEWORKSHEETS

tanur listrik, pengaturan komposisi bahan baku sesuai perbandingan yang tepat, serta pemanfaatan kembali gas buang sebagai sumber energi alternatif merupakan langkah yang dapat mengurangi pemborosan sumber daya. Limbah $Ca(OH)_2$ juga dapat dimanfaatkan kembali, misalnya sebagai bahan penetral limbah asam atau bahan tambahan dalam industri konstruksi, sehingga jumlah limbah yang dilepaskan ke lingkungan dapat ditekan. Dengan pendekatan tersebut, proses produksi kalsium karbida tidak hanya memenuhi kebutuhan industri, tetapi juga mengarah pada pola produksi yang lebih hemat energi, minim limbah, dan berkelanjutan.

13. Jika pabrik ingin menghasilkan 5 ton kalsium karbida (CaC_2), maka massa kalsium oksida (CaO) yang harus dimasukkan ke dalam mesin tanur adalah sebesar....(Ar C = 12, O = 16, Ca = 40).
    a. 5,15 ton
    b. 5,85 ton
    c. 6,15 ton
    d. 6,5 ton
    e. 7,25 ton

    Alasan:

    1) Massa CaO dihitung langsung dari perbandingan massa molar CaO dan CaC_2 tanpa memperhatikan persen hasil reaksi
    2) Massa CaO selalu sama dengan massa CaC_2 karena keduanya mengandung unsur kalsium
    3) Mol CaC_2 ditentukan dari massa produk, kemudian digunakan perbandingan koefisien reaksi dan dikoreksi dengan persentase hasil reaksi
    4) Persentase hasil reaksi hanya memengaruhi waktu reaksi, bukan jumlah pereaksi
    5) Massa karbon menentukan jumlah CaC_2 sehingga CaO tidak perlu dihitung

    Tingkat keyakinan:

    a. Yakin
    b. Tidak yakin

14. Jika dalam suatu proses dihasilkan 28 gram gas asetilen (C_2H_2), maka massa kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) yang terbentuk sebesar.... (Ar C = 12, O = 16, Ca = 40).
    a. 37,5 gram
    b. 56,6 gram
    c. 79,7 gram
    d. 98,8 gram
    e. 112 gram

    Alasan:

    1) Massa $Ca(OH)_2$ dihitung dari perbandingan massa molekul $Ca(OH)_2$ dan C_2H_2
    2) Mol C_2H_2 ditentukan dari massanya, lalu digunakan perbandingan koefisien reaksi untuk menentukan mol $Ca(OH)_2$
    3) Mol $Ca(OH)_2$ selalu dua kali mol C_2H_2 karena melibatkan dua molekul air
    4) Massa $Ca(OH)_2$ sama dengan massa CaC_2 yang bereaksi
    5) Air menjadi pereaksi pembatas sehingga menentukan jumlah produk

LIVEWORKSHEETS

Tingkat keyakinan:

a. Yakin
b. Tidak yakin

15. Seorang teknisi membutuhkan 56 gram gas asetilen (C_2H_2) untuk proses pengelasan. Pernyataan yang paling tepat terkait produk samping yang terbentuk adalah.... (Ar C = 12, O = 16, Ca = 40).
    a. Massa $Ca(OH)_2$ yang terbentuk sama dengan massa CaC_2 yang bereaksi
    b. Mol $Ca(OH)_2$ yang terbentuk dua kali mol C_2H_2 karena melibatkan dua molekul air
    c. Massa $Ca(OH)_2$ yang terbentuk sebanding dengan mol C_2H_2 yang dihasilkan
    d. Air menjadi pereaksi pembatas karena koefisiennya lebih besar
    e. Produk padat selalu terbentuk lebih sedikit daripada produk gas

    Alasan:

    1) Perbandingan mol $Ca(OH)_2$ dan C_2H_2 mengikuti koefisien reaksi yang sama (1 : 1)
    2) Air menentukan jumlah produk karena bereaksi lebih banyak
    3) Massa zat hanya ditentukan oleh wujud fisiknya
    4) Produk dengan koefisien kecil selalu menghasilkan massa kecil
    5) Produk gas tidak memengaruhi hasil reaksi

    Tingkat keyakinan:

    a. Yakin
    b. Tidak yakin

16. Proses industri pada pabrik kalsium karbida menghasilkan produk samping berupa limbah kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) dalam volume yang besar. Langkah yang mencerminkan prinsip keberlanjutan lingkungan (*sustainability*) dalam menangani limbah tersebut adalah....
    a. Membuang limbah $Ca(OH)_2$ ke sungai terdekat karena sifatnya yang dapat larut dalam air
    b. Menimbun limbah di lahan kosong di belakang pabrik agar tidak mengganggu aktivitas produksi
    c. Mengolah kembali limbah $Ca(OH)_2$ untuk digunakan sebagai bahan penetral asam di industri pengolahan limbah lain
    d. Menghentikan seluruh proses produksi kalsium karbida agar tidak menghasilkan produk samping sama sekali
    e. Menjual limbah tersebut kepada pihak ketiga tanpa perlu mengetahui proses pengelolaan selanjutnya

    Alasan:

    1) Limbah industri adalah tanggung jawab pemerintah sepenuhnya setelah pajak perusahaan dibayarkan
    2) Setiap produk samping kimia smemiliki potensi bahaya yang konstan dan tidak dapat dimanfaatkan kembali
    3) Penerapan ekonomi sirkular melalui pemanfaatan produk samping dapat mengurangi beban lingkungan dan menghemat sumber daya alam

LIVEWORKSHEETS

4) Sifat basa dari kalsium hidroksida akan dinetralkan secara alami oleh tanah tanpa memerlukan intervensi manusia
5) Efisiensi ekonomi jauh lebih penting daripada pengelolaan limbah yang membutuhkan biaya tambahan bagi perusahaan

Tingkat keyakinan:

a. Yakin
b. Tidak yakin

Teks 5 untuk soal nomor 17 sampai 20.

Masyarakat Tegal memiliki tradisi khas yang terus dilestarikan dari generasi ke generasi, yaitu Budaya Moci. Tradisi ini berupa kegiatan menyeduh dan menikmati teh panas beraroma melati dalam poci tembikar yang terbuat dari tanah liat dengan gula batu sebagai pemanis. Keunikan tradisi ini terletak pada cara penyajiannya; teh pekat dari poci dituangkan ke dalam cangkir-cangkir kecil yang telah berisi bongkahan gula batu. Gula batu ini tidak boleh diaduk, melainkan dibiarkan larut secara perlahan dengan sendirinya. Hal inilah yang menciptakan sensasi legi yang unik, di mana rasa manis akan muncul secara bertahap seiring dengan semakin banyaknya teh yang diminum. Budaya Moci nyatanya jauh lebih dari sekadar ritual minum teh biasa. Di berbagai sudut desa dan kota, tradisi ini menjadi perekat kebiasaan sosial yang menunjukkan tingginya nilai keakraban, keguyuban, dan rasa persaudaraan antarwarga tanpa memandang status sosial.

Gambar 4. Poci tembikar
Sumber: wikipedia.org

Sayangnya, kualitas air yang digunakan untuk menyeduh teh sangat memengaruhi hasil seduhan. Air tanah di wilayah pesisir utara Jawa, termasuk Tegal dan sekitarnya, sering memiliki tingkat kesadahan (kekerasan air) yang cukup tinggi. Kondisi ini berarti air mengandung banyak mineral terlarut, terutama kalsium dan magnesium, yang dapat memengaruhi rasa dan kejernihan teh, bahkan umur poci tembikar itu sendiri.

Tingginya kesadahan air di wilayah pesisir utara dipengaruhi oleh kondisi geologis bawah tanah, yang sebagian besar tersusun dari batuan sedimen kapur (gamping) dan dolomit. Ketika air hujan turun dan menyerap CO_2 dari udara, terbentuk asam karbonat (H_2CO_3) yang membuat air menjadi sedikit asam. Saat meresap ke dalam tanah, sifat asam yang lemah ini secara perlahan melarutkan mineral dari batuan kapur dan

LIVEWORKSHEETS