LEMBAR KEGIATAN MAHASISWA 2

KIMIA AIR

LEMBAR KEGIATAN MAHASISWA (LKM) KIMIA LINGKUNGAN DENGAN STRATEGI PEMBELAJARAN COLLABORATIVE PROBLEM SOLVING YANG MENGINTEGRASIKAN SOCIOSCIENTIFIC ISSUE

IDENTITAS

Kelompok :

Anggota

1.
2.
3.
4.





LIVEWORKSHEETS

LEMBAR KEGIATAN MAHASISWA (LKM) KIMIA LINGKUNGAN DENGAN STRATEGI PEMBELAJARAN *COLLABORATIVE PROBLEM SOLVING* YANG MENGINTEGRASIKAN *SOCIOSCIENTIFIC ISSUE*

A. Tujuan Lembar Kegiatan

Lembar kegiatan ini dirancang untuk membantu mahasiswa dalam memahami dan menerapkan konsep kimia lingkungan melalui strategi *Collaborative Problem Solving*. Mahasiswa akan bekerja dalam kelompok untuk menganalisis, mendiskusikan, dan menyelesaikan permasalahan lingkungan yang relevan dengan ilmu kimia lingkungan.

B. Petunjuk Pengerjaan

1. Pembentukan Kelompok
   a. Mahasiswa akan dibagi menjadi beberapa kelompok kecil (5-6 orang per kelompok).
   b. Setiap kelompok akan diberikan isu sosiosaintifik yang berkaitan dengan kimia lingkungan untuk dianalisis.
   c. Setiap anggota kelompok diharapkan berkontribusi secara aktif dalam diskusi dan penyelesaian masalah.
2. Seluruh aktivitas mahasiswa dalam memecahkan permasalahan dilakukan secara berkelompok dan mengikuti pada tahapan sebagai berikut.
   a. Representasi Permasalahan SSI
      Di dalam lembar kegiatan mahasiswa dipaparkan wacana *socioscientific issue.* Pada tahap ini, mahasiswa berkolaborasi dalam kelompok untuk dapat mendefinisikan masalah dalam wacana tersebut.
   b. Penentuan Peran dan Tanggung Jawab Anggota Kelompok
      Mahasiswa menetapkan peran yang diperlukan untuk memecahkan permasalahan dan menentukan anggota kelompok yang bertanggung jawab atas peran tersebut.
   c. Penentuan Solusi Permasalahan
      Selanjutnya, mahasiswa berkolaborasi untuk menyusun pemecahan masalah sesuai permasalahan yang teridentifikasi.
   d. Penyusunan Justifikasi
      Pada tahap ini, mahasiswa berkolaborasi untuk menyusun justifikasi atas solusi permasalahan yang telah disusun.
   e. Evaluasi Solusi SSI
      Selanjutnya, mahasiswa mengevaluasi solusi permasalahan yang telah disusun melalui kolaborasi dengan anggota kelompok.
3. Setelah selesai mengerjakan lembar kegiatan, mahasiswa mempresentasikan hasil diskusi, menyimpulkan materi pembelajaran, dan diminta untuk melakukan refleksi mengenai proses pembelajaran yang telah mereka lalui.

LIVEWORKSHEETS

Kegiatan Pembelajaran 3 dan 4
KIMIA AIR

TUJUAN PEMBELAJARAN

CPMK
Mampu menganalisis terjadinya pencemaran udara, air dan tanah serta mengetahui cara penanggulangannya.

Sub CPMK 2
Mahasiswa mampu menentukan dan menganalisa sifat kimia badan perairan, kualitas air dan pencemaran air serta penyebabnya.

Indikator
2.1 Menjelaskan siklus air, sifat fisika, dan kimia air dengan tepat.
2.2 Menganalisis indikator kualitas air dengan tepat.

Kemampuan Akhir yang Diharapkan:
Melalui implementasi strategi pembelajaran CPS yang mengintegrasikan SSI, mahasiswa mampu menganalisis dan memecahkan masalah siklus air, sifat fisika dan kimia air, dan indikator kualitas air.

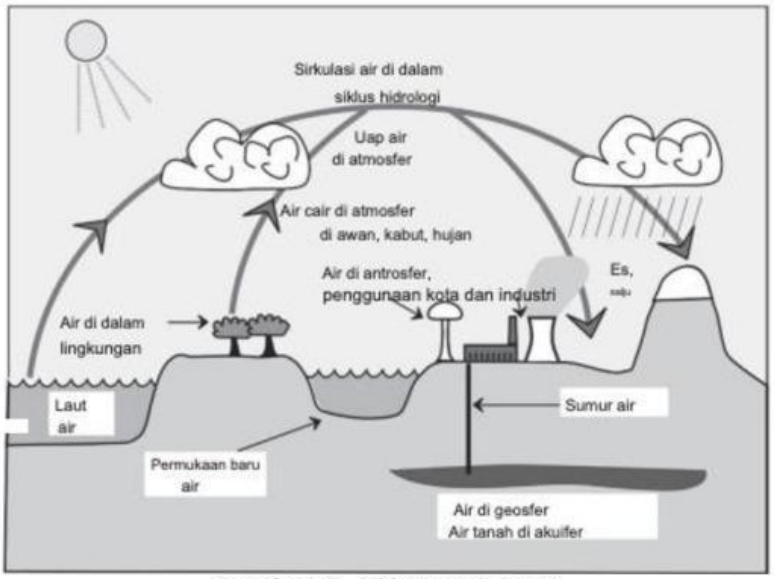
MATERI PEMBELAJARAN

KIMIA AIR

Kajian tentang kimia air memerlukan pemahaman tentang sumber, transportasi, karakteristik, dan komposisi air. Reaksi kimia yang terjadi di dalam air dan spesies kimia yang ditemukan di dalamnya sangat dipengaruhi oleh lingkungan tempat air tersebut berada. Kondisi fisik suatu badan air di hidrosfer sangat memengaruhi proses kimia dan biologi yang terjadi di dalam air. Kimia air yang terpapar atmosfer sangat berbeda dengan air di dasar danau. Mikroorganisme memainkan peran penting dalam menentukan komposisi kimia air. Jadi, dalam membahas kimia air, perlu mempertimbangkan banyak faktor umum yang memengaruhi kimia ini dan pengaruh lingkungan lain terhadap hidrosfer.

Air bersirkulasi melalui Sistem Bumi dalam siklus hidrologi. Dalam siklus ini, hidrosfer berinteraksi dengan atmosfer, geosfer, biosfer, dan antrosfer. Interaksi ini memiliki efek yang kuat pada kimia lingkungan air.

LIVEWORKSHEETS



Gambar 4. Siklus air di Bumi

Berdasarkan penjelasan dalam *Environmental Chemistry* oleh Stanley Manahan, siklus air atau *hydrologic cycle* merupakan bagian fundamental dari sistem lingkungan Bumi yang melibatkan pergerakan dan transformasi air dalam berbagai bentuk dan lokasi. Siklus ini dimulai dari proses evaporasi, yakni penguapan air dari permukaan laut, sungai, danau, dan permukaan tanah akibat energi matahari. Uap air ini kemudian naik ke atmosfer dan mengalami kondensasi, membentuk awan dan partikel air mikroskopis. Ketika konsentrasi uap air mencapai ambang tertentu, terjadi presipitasi, yakni hujan, salju, atau bentuk curahan lainnya yang membawa air kembali ke permukaan bumi.

Setelah mencapai permukaan tanah, air mengalir sebagai *runoff* ke badan air seperti sungai dan danau, atau mengalami infiltrasi ke dalam tanah. Infiltrasi ini memungkinkan air memasuki lapisan bawah permukaan dan menjadi bagian dari air tanah (groundwater) yang mengisi akuifer dan dapat kembali ke permukaan melalui sumur atau mata air. Sebagian air yang jatuh juga diserap oleh tumbuhan dan dilepaskan kembali ke atmosfer melalui proses transpirasi, yang bersama dengan evaporasi membentuk evapotranspirasi, salah satu kunci utama daur ulang air atmosferik.

Dalam pandangan Manahan, siklus hidrologi bukan hanya peristiwa fisik, melainkan juga berperan penting dalam pengangkutan unsur kimia dan zat pencemar, serta dalam regulasi suhu dan energi Bumi. Selain itu, aktivitas manusia seperti urbanisasi, deforestasi, dan penggunaan air tanah secara masif dapat mengganggu keseimbangan siklus ini dan memperparah masalah lingkungan seperti banjir, kekeringan, dan pencemaran air. Dengan demikian, pemahaman terhadap siklus air tidak hanya penting dari sisi ekologis, tetapi juga dari sudut pandang kimia lingkungan, karena air merupakan media utama perpindahan zat dalam biosfer dan menjadi indikator kunci dalam menilai keberlanjutan lingkungan hidup.

Kehidupan di Air

LIVEWORKSHEETS

Organisme hidup (biota) dalam ekosistem akuatik dapat diklasifikasikan sebagai autotrofik atau heterotrofik. Organisme autotrofik memanfaatkan energi matahari atau kimia untuk memperbaiki unsur-unsur dari bahan anorganik sederhana yang tidak hidup menjadi molekul kehidupan kompleks yang menyusun organisme hidup. Misalnya, Alga dan sianobakteri fotosintetik merupakan organisme akuatik autotrofik yang paling penting karena mereka adalah produsen yang memanfaatkan energi matahari untuk menghasilkan biomassa dari CO_2 dan spesies anorganik sederhana lainnya. Proses biologis memegang peranan penting dalam kimia akuatik. Alga yang menjalani fotosintesis dapat meningkatkan pH air dengan menghilangkan CO_2 dalam air, sehingga mengubah ion HCO_3^- menjadi CO_3^{2-}. ion ini kemudian bereaksi dengan Ca^{2+} dalam air untuk mengendapkan $CaCO_3$.

Organisme heterotrofik memanfaatkan zat organik yang dihasilkan oleh organisme autotrofik sebagai sumber energi dan sebagai bahan baku untuk sintesis biomassa mereka sendiri. Pengurai (atau pereduksi) adalah subkelas organisme heterotrofik yang sebagian besar terdiri dari bakteri dan jamur, yang pada akhirnya memecah bahan yang berasal dari biologis menjadi senyawa sederhana yang awalnya difiksasi oleh organisme autotrofik.

Kemampuan suatu perairan untuk menghasilkan materi hidup dikenal sebagai produktivitasnya. Produktivitas dihasilkan dari kombinasi faktor fisik dan kimia. Produktivitas yang tinggi memerlukan pasokan karbon (CO_2), nitrogen (nitrat), fosfor (ortofosfat), dan elemen jejak seperti besi yang memadai. Perairan dengan produktivitas rendah umumnya diperlukan untuk penyediaan air atau untuk berenang. Produktivitas yang relatif tinggi diperlukan untuk mendukung ikan dan berfungsi sebagai dasar rantai makanan dalam ekosistem perairan. Produktivitas yang berlebihan mengakibatkan pembusukan biomassa yang dihasilkan, konsumsi oksigen terlarut, dan produksi bau, suatu kondisi yang disebut eutrofikasi.

Berdasarkan komposisinya, air ada dua macam, yaitu air murni dan air tak murni. Air murni hanya mengandung 2 atom H (hydrogen) dan 1 atom O (oksigen), sehingga rumusnya H2O. Air di alam adalah tidak murni, karena mengandung mineral. Untuk mendapatkan air murni harus disuling, maka air murni disebut air suling.

Sifat Fisika Air

Sifat fisika air adalah tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau. Memiliki 3 fasa yang berbeda : cair, gas, dan padat pada temperatur normal di bumi. Air di bumi selalu berinteraksi, berubah, dan bergerak. Air dapat menyerap sejumlah kalor karena memiliki kalor jenis yang tinggi. Mempunyai tegangan permukaan yang sangat tinggi. Tegangan permukan tersebut berguna untuk gaya kapilaritas air. Air adalah pelarut yang baik karena kepolarannya, konstanta dielektrik yang tinggi dan ukurannya yang kecil, terutama untuk senyawa ionik dan garam yang polar.

Air mempunyai titik didih yang tinggi. Jika tidak mempunyai sifat ini maka pada suhu yang normal tidak ada laut, danau , sungai, tumbuhan, atau binatang di bumi ini. Air mempunyai massa jenis yang lebih kecil dalam keadaan beku bila dibandingkan dengan keadaan cair, karena sifat ini maka ini di bagian dalam lautan meskipun suhunya turun tetap berbentuk cair yang memungkinkan mahluk hidup tetap hidup.

LIVEWORKSHEETS

Sifat Fisika dari Air adalah sebagai berikut:

Rumus molekul	:	H2O
Massa molar	:	18.02 g/mol
Volume molar	:	55,5 mol/ L
Kerapatan pada fasa	:	1000 kg/m3 (liquid) 917 kg/m3 (solid)
Titik Leleh	:	0 °C (273.15 K) (32 °F)
Titik didih	:	100 C (373.15 K) (212°F)
Titik Beku	:	0 °C pada 1 atm
Titik triple	:	273,16 K pada 4,6 torr
Kalor jenis	:	4186 J/(kg·K)

Sifat Kimia Air

Air adalah zat kimia yang istimewa, terdiri dari dua atom hidrogen dan satu atom oksigen.
Panjang ikatan O--H = 95.7 picometers.
Sudut H--O---H = 104.5°
Energi ikatan O-H = 450 kJ/mol.
Momen dipol = 1.83 debyes.

Atom-atom hidrogen tertarik pada satu sisi atom oksigen, menghasilkan molekul air yang mempunyai muatan positif pada atom hidrogen dan muatan negatif pada atom oksigen. Karena muatan yang berlawanan tersebut di dalam molekul air saling tarik menarik dan membuatnya menjadi lengket. Sisi positif dari suatu molekul air tertarik pada sisi negatif dari molekul yang lain.

Molekul air berbentuk seperti huruf V disebabkan karena:

- Struktur geometrinya yang tetrahedral (109,50).
- Keberadaan pasangan elektron bebas pada atom oksigen.
- Bersifat polar karena adanya perbedaan muatan.
- Sebagai pelarut yang baik karena kepolarannya.
- Bersifat netral (pH=7) dalam keadaan murni

PARAMETER KUALITAS AIR

Derajat Keasaman *(pH)*

Kadar asam atau basa suatu larutan ditunjukkan melalui pH, yaitu konsentrasi ion hidrogen efektif atau merupakan aktivitas ion hidrogen. Ion hidrogen merupakan faktor utama untuk mengetahui suatu reaksi kimiawi. Ion hidrogen selalu ada dalam keseimbangan dinamis dengan air, yang membentuk suasana untuk semua reaksi kimiawi yang berkaitan dengan masalah pencemaran air di mana sumber ion hidrogen tidak pernah habis. Ion hidrogen tidak hanya unsur molekul H_2O saja tetapi juga merupakan unsur dari senyawa lain, hingga jumlah reaksi tanpa H^+ dikatakan sedikit saja.

pH mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia. Senyawa amonium yang dapat terionisasi banyak ditemukan pada perairan yang memiliki pH rendah. Amonium bersifat tidak toksik *(innocuous).* Namun, pada suasana alkalis tinggi (pH tinggi) lebih banyak ditemukan amonia. Amonia yang tak terionisasi ini lebih mudah terserap ke dalam tubuh organisme akuatik dibandingkan amonium.

Amonia *(NH_3)*

LIVEWORKSHEETS

NH_3 (amonia) merupakan senyawa nitrogen yang menjadi NH4 pada pH rendah dan amonium. Amoniak berasal dari air seni dan tinja serta hasil oksidasi zat organik secara mikrobiologis, yaitu yang berasal dari air buangan industri dan penduduk. Karena rasaya tidak enak, maka kadarnya dalam air minum harus nol.

Fosfat *(PO_4)*

Phospat terdapat dalam air alam atau limbah sebagai senyawa ortofosfat, polifosfat, dan fosfat-organis. Setiap nyawa fosfat tersebut terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi, atau terikat di dalam sel organisme air. Fosfat dapat berasal dari limbah penduduk, industri, dan pertanian. Pemilihan senyawa fosfat yang akan dianalisa tergantung dari keperluan pemeriksaan dan keadaan badan air. Untuk sampel air alam yang jernih dan diperuntukkan bagi air minum, misalnya mungkin hanya diperlukan pemeriksaan fosfat atau ortofosfat terlarut.

***Dissolved Oxygen* (DO)**

Atmosfer bumi mengandung oksigen sekitar 210 ml/liter. Adanya oksigen terlarut di dalam air sangat penting untuk menunjang kehidupan organisme air. Kemampuan air untuk membersihkan pencemaran secara alamiah banyak tergantung pada cukup tidaknya oksigen terlarut (DO). Oksigen terlarut dalam air berasal dari udara dan proses fotosintesa tumbuh-tumbuhan air. Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap oksigen terlarut dalam air antara lain temperatur, tekanan udara, dan kadar mineral dalam air.

Peningkatan suhu sebesar 1°C akan meningkatkan konsumsi oksigen sekitar 10%. Dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol (anaerob). Semakin tinggi suhu maka kelarutan oksigen berkurang. Kelarutan oksigen dan gas lain juga berkurang dengan meningkatnya salinitas sehingga kadar oksigen di laut lebih rendah daripada di perairan tawar. Di perairan danau, oksigen lebih banyak dihasilkan oleh fotosintesis algae yang banyak terdapat pada mintakat epilimnion. Pada perairan tergenang yang dangkal dan banyak ditumbuhi tanaman air pada zona litoral, keberadaan oksigen lebih banyak dihasilkan oleh aktivitas fotosintesis tumbuhan air.

Oksigen terlarut (DO) sering kali menjadi zat kunci dalam menentukan luas dan jenis kehidupan di suatu perairan. Kekurangan oksigen berakibat fatal bagi banyak hewan akuatik seperti ikan. Keberadaan oksigen dapat berakibat fatal bagi banyak jenis bakteri anoksik. Permintaan oksigen biokimia (BOD), mengacu pada jumlah oksigen yang digunakan ketika bahan organik dalam volume air tertentu terdegradasi secara biologis.

***Biochemical Oxygen Demand* (BOD)**

Biochemical Oxygen Demand merupakan suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benarbenar terjadi di dalam air. Angka BOD menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk menguraikan hampir semua zat organis yang terlarut dan sebagian zat-zat organis tersuspensi di dalam air. Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat buangan air penduduk atau industri dan mendesain sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar.

LIVEWORKSHEETS

BOD hanya menggambarkan bahan organik yang dapat dikomposisi secara biologis (bioagredable). Bahan organik ini dapat berupa lemak, protein, kanji (strach), glukosa, aldehida, ester, dsb. Dekomposisi selulosa secara biologis berlangsung relatif lambat. Bahan organik merupakan hasil pembusukan tumbuhan dan hewan yag telah mati atau hasil buangan dari limbah domestik dan industri.

***Chemical Oxygen Demand* (COD)**

Chemical Oxygen Demand adalah jumlah oksigen (mg O_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organis yang ada dalam 1 liter sampel air, dalam hal ini $K_7Cr_7O_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (oxidizing agent). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organis yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air.

AKTIVITAS PEMECAHAN MASALAH KOLABORATIF

Seluruh aktivitas mahasiswa dalam memecahkan permasalahan dilakukan secara berkelompok dan didasarkan pada tahapan yang meliputi: a) merepresentasi permaslahan SSI, b) pembagian peran dan tugas, c) penentuan solusi permasalahan SSI, d) penyusunan justifikasi, dan e) evaluasi solusi permasalahan SSI.

Bacalah wacana socioscientific issue di bawah ini dan jawablah pertanyaan yang diberikan.

Limbah Industri Kelapa Sawit di Riau

Kelapa sawit adalah produk andalan di sebagian wilayah Indonesia terutama di Riau. Komoditas kelapa sawit di Indonesia dalam perekonomian cukup tinggi dan peran yang cukup strategis disebabkan karena mempunyai prospek yang cukup bagus untuk sumber devisa. Kebutuhan ini membuat sektor minyak kelapa sawit di Indonesia menyumbang pendapatan negara lebih dari 15 milyar dollar pertahun dari total ekspor. Pertanian kelapa sawit menjadi mata pencaharian, lebih dari 40% industri minyak sawit terdiri dari petani kecil, yang berarti bahwa sektor kelapa sawit memiliki peluang untuk peningkatan pembangunan di tingkat pedesaan.

Pada tahun 2023, penyidik Penegakan Hukum Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Gakkum LHK) KLHK bersama Jaksa Kejaksaan RI menyerahkan 2 (dua) tersangka pencemaran lingkungan hidup di Bengkalis, Riau beserta barang bukti pada Senin, 06 Maret 2023. Penyerahan dilaksanakan setelah berkas perkara dinyatakan lengkap (P21) oleh Kejaksaan Agung RI. Tersangka kasus pencemaran ini atas nama AN (40) selaku General Manager PT. SIPP.

PT. SIPP merupakan pabrik kelapa sawit *(crude palm oil)* yang berlokasi di KM 6 Kelurahan Pematang Pudu, Kecamatan Mandau, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau. Perusahaan tersebut dilaporkan telah melakukan pencemaran lingkungan hidup oleh Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bengkalis. Setelah dilakukan rangkaian kegiatan pengumpulan bahan dan keterangan serta penyidikan, diperoleh fakta bahwa perusahaan tersebut menyebabkan pencemaran lingkungan hidup berupa *dumping* limbah dengan melakukan pembuangan limbah secara langsung *(by pass)* dan pengolahan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang tidak sesuai dengan Upaya Pengelolaan Lingkungan dan Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup (UKL/UPL). Selain itu, ditemukan juga perusahaan tidak memiliki perizinan pengelolaan limbah dan limbah B3. PT. SIPP sebelumnya telah dikenakan sanksi administratif oleh Pemerintah Kabupaten Bengkalis, namun tidak patuh. Selain itu, juga diketahui fakta bahwa IPAL PT. SIPP pernah mengalami kerusakan sebanyak dua kali. Berdasarkan hasil analisa sampel laboratorium diketahui bahwa air sungai tersebut telah tercemar, maka tersangka ditetapkan sebagai orang yang bertanggung jawab atas pencemaran tersebut.

LIVEWORKSHEETS

Selain itu, pada tahun 2018 juga terdapat empat perusahaan sawit yang bermasalah pembuangan limbah di Siak. Limbah perusahaan masih belum mencapai baku mutu yang ditetapkan. Ketika hujan, air mengalir ke drainase, menyeret abu dan sisa minyak pada tandan kosong sampai ke sungai. Pencemaran juga karena limbah domestik pekerja yang tinggal di sekitar pabrik. Sungai Pinggai, Desa Maredan, Kecamatan Tualang tercemar. Limbah terus mengalir ke Sungai Gasib sampai Sungai Siak. Masyarakat terganggu karena bau limbah yang menggenang terutama pada waktu hujan.

Sumber:
https://ppid.menlhk.go.id/berita/siaran-pers/7087/dua-tersangka-pencemaran-

https://www.mongabay.co.id/2019/01/22/pabrik-sawit-cemari-sungai-di-siak-bagaimana-penanganannya/

Representasi Permasalahan SSI

Setelah membaca wacana socioscientific issue di atas, *lakukan analisis permasalahan dan diskusi untuk menjawab pertanyaan berikut.*

1. Apa saja parameter kualitas air yang harus dianalisis untuk menentukan dampak pembuangan limbah kelapa sawit terhadap perairan di sungai?

Dari wacana di atas, permasalahan yang teridentifikasi adalah …

LIVEWORKSHEETS

Pembagian Peran dan Tugas

Tentukan peran yang diperlukan untuk pemecahan masalah dan tetapkan anggota kelompok yang bertanggung jawab terhadap peran tersebut.

Penentuan Solusi Permasalahan SSI

Tentukan solusi permasalahan dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan di bawah ini.

2. Bagaimana metode yang dapat diterapkan untuk menentukan kualitas air sungai yang menjadi tempat pembuangan limbah?

LIVEWORKSHEETS

Penyusunan Justifikasi

Susun justifikasi untuk solusi permasalahan yang telah diajukan dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan di bawah ini.

3. Bagaimana mekanisme ilmiah untuk penentuan parameter kualitas perairan tersebut?

Evaluasi Solusi Permasalahan SSI

Lakukan evaluasi terhadap solusi permasalahan yang disusun.

4. Bagaimana hubungan antara parameter kualitas air dalam menentukan kualitas air sungai?

LIVEWORKSHEETS

Sintesis dan Refleksi

Berdasarkan hasil presentasi dan diskusi kelompok, susunlah kesimpulan dalam mengatasi permasalahan penentuan parameter kualitas air.

Tuliskan hasil refleksi bersama berkaitan pengalaman belajar pemecahan masalah secara kolaborasi dalam memecahkan permasalahan penentuan parameter kualitas air yang telah diikuti.

LIVEWORKSHEETS