

Lampiran 1. Surat Ijin Pengambilan Data dari UNDIKSHA



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
PROGRAM PASCASARJANA

Jalan Udayana Nomor 11 Singaraja, Bali 81116 Telepon 081999446444 Laman www.pasca.undiksha.ac.id

Singaraja, 30 April 2024

Nomor : 1987/UN48.14/KM/2024
Hal : **Mohon Ijin Pengambilan Data**
Yth. :
di

Dengan hormat, dalam rangka pengumpulan data untuk Penelitian Disertasi mahasiswa Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha, kami mohon kesediaan Bapak/Ibu untuk dapat menerima dan mengizinkan mahasiswa kami sebagai berikut :

Nama : Syarifa Wahidah Al Idrus
NIM : 22139011033
Program Studi : Ilmu Pendidikan (S3)
Judul Disertasi : PENGEMBANGAN E-MODUL KIMIA LINGKUNGAN BERBASIS ETNOSAINS TERINTEGRASI STEM UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS DAN LITERASI LINGKUNGAN MAHASISWA.

untuk mendapatkan data/informasi yang dibutuhkan oleh mahasiswa dalam melakukan penelitian.

Atas perhatian, perkenaan dan kerja sama yang baik kami ucapkan terima kasih.

Menyetujui,

Promotor ,

Ko-Promotor I,

Ko-Promotor II,

I Wayan Subagia
NIP. 196212311988031015

I Wayan Suastra.
NIP. 196205151988031005

I Nyoman Tika
NIP. 196312311989031026

Mengetahui,
a.n. Direktur,
Wadir I,



I Wayan Bagus Putu Arnyana
NIP. 195812311986011005

Lampiran 2. Surat Ijin Telah melakukan Penelitian dari UNRAM



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MATARAM
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
Jl. Majapahit No. 62 Mataram Tlp. 0370-623873 Fax. 634918, Mataram 83125.
fkip@unram.ac.id, www.fkip.unram.ac.id

SURAT KETERANGAN TELAH MELAKUKAN PENELITIAN

Nomor 2/13 /UN18.F5.1/DL/2025

Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Mataram, dengan ini menerangkan kepada :

Nama : Syarifa Wahidah Al Idrus
NIM : 2139011033
Program Studi : Ilmu Pendidikan
Fakultas : Pasca Sarjana
Perguruan Tinggi : Universitas Pendidikan Ganesha
Judul Disertasi : Pengembangan E-Modul Kimia Lingkungan Berbasis Etnosains Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa

Memang benar mahasiswa tersebut telah melakukan penelitian dan pengambilan data di Program Studi Pendidikan FKIP Universitas Mataram dalam penyusunan Disertasi sebagai penyelesaian studi di Universitas Pendidikan Ganesha.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mataram, 20 Mei 2025

An. Dekan
Wakil Dekan Bidang Akademik,

Prof. Dr. Saprizal Hadisaputra, S.Si., M.Sc
NIP. 19801109 200312 1 001

FKIP Unram Tidak Menerima Gratifikasi dan
Praktek KKN dalam Segala Bentuk



Lampiran 3. Instrumen wawancara pada dosen Program Studi Pendidikan Kimia FKIP UNRAM dan UIN Mataram

1. Bagaimana CPMK mata kuliah Kimia Lingkungan?
2. Berapa jumlah pertemuan untuk mata kuliah Kimia Lingkungan dalam satu semester?
3. Bagaimana CPL Prodi Pendidikan Kimia?
4. Bagaimana mengimplementasikan materi pembelajaran di kelas saat ini?
5. Apa metode pembelajaran yang sering digunakan oleh guru
6. Apakah metode pembelajaran di kelas selalu bervariasi?
7. Apakah metode pembelajaran yang digunakan disesuaikan dengan karakteristik materi ajar?
8. Apakah dosen menggunakan media pembelajaran dalam proses pembelajaran?
9. Apakah media pembelajaran yang digunakan termasuk media yang adaptif?
10. Apakah dalam proses pembelajaran, dosen menggunakan bahan ajar cetak?
11. Apakah bahan ajar cetak yang digunakan bervariasi?
12. Apa saja jenis bahan ajar cetak yang digunakan?
13. Apakah dalam proses pembelajaran, dosen menggunakan bahan multimedia?
14. Apakah dosen pernah mengembangkan bahan ajar multimedia?
15. Apakah bahan ajar multimedia yang digunakan bervariasi?
16. Apa saja jenis bahan ajar multimedia yang digunakan?

Lampiran 4. Instrumen wawancara pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia FKIP UNRAM dan UIN Mataram

1. Apakah dalam proses pembelajaran dosen menggunakan bahan ajar?
2. Apakah dalam proses pembelajaran menggunakan sumber belajar buku cetak?
3. Apakah dalam proses pembelajaran menggunakan jurnal sebagai salah satu sumber belajar?
4. Apakah dalam proses pembelajaran dosen menggunakan handout sebagai sumber belajar?
5. Apakah dalam proses pembelajaran menggunakan bahan ajar multimedia?
6. Apakah dalam proses pembelajaran digunakan salah satu bahan ajar dengan sumber internet?
7. Apakah mahasiswa menginginkan bahan ajar multimedia?



Lampiran 5. Instrumen wawancara pada mahasiswa pengerajin etnosains

1. Apa saja bahan pembuatan tenun ?
2. Darimana bahan dan alat diperoleh ?
3. Apa saja alat dalam pembuatan tenun?
4. Darimana alat diperoleh?
5. Zat warna yang digunakan?
6. Apa saja bahan pembuatan zat warna?
7. Bagaimana proses pembuatan zat warna?
8. Bagaimana proses pembuatan tenun?
9. Apa ada proses yang sulit dilakukan?
10. Kemana sisa produksi dibuang?
11. Bagaimana proses pemasaran?
12. Harga jualnya bagaimana?
13. Apa saja alat yang dibutuhkan untuk menambang emas di Sekotong?
14. Bagaimana cara memperoleh alat tersebut?
15. Apa saja bahan yang dibutuhkan untuk menambang emas di Sekotong?
16. Bagaimana cara memperoleh bahan tersebut?
17. Bagaimana langkah-langkah penambangan?
18. Kemana sisa penambangan dibuang?
19. Berapa harga hasil penambangan yang diperoleh dijual?
20. Kemana hasil penambangan dijual?
21. Apa saja alat yang digunakan pada proses pembuatan tahu dan tempe?
22. Bagaimana cara memperoleh alat tersebut?
23. Apa saja bahan yang digunakan pada proses pembuatan tahu dan tempe?
24. Bagaimana cara memperoleh bahan tersebut?
25. Bagaimana langkah-langkah pembuatan tahu tempe?
26. Bagaimana pengolahan sisa produksi?
27. Berapa harga tau tempe dijual ke pasaran?
28. Kemana tahu tempe di jual?
29. Apa saja alat yang digunakan pada proses pembuatan gerabah?
30. Bagaimana cara memperoleh alat tersebut?
31. Apa saja bahan yang digunakan pada proses pembuatan gerabah?
32. Bagaimana cara memperoleh bahan tersebut?
33. Bagaimana langkah-langkah pembuatan gerabah?
34. Bagaimana pengolahan sisa produksi?
35. Berapa harga gerabah dijual ke pasaran?
36. Kemana gerabah di jual?

Lampiran 6. Tampilan Barcode dan link e-modul yang diberikan ke Mahasiswa

E-Modul Berbasis Etnosains Terintegrasi STEM

**KIMIA
LINGKUNGAN**

UNTUK MAHASISWA PERGIAN TINGGI

Link E-Modul

SCAN ME



<https://heyzine.com/flip-book/b272919eb4.html>

Penulis :

Syarifa Wahidah Alaydrus

Lampiran 7. Cover e-modul Kimia Lingkungan berbasis etnosains terintegrasi STEM

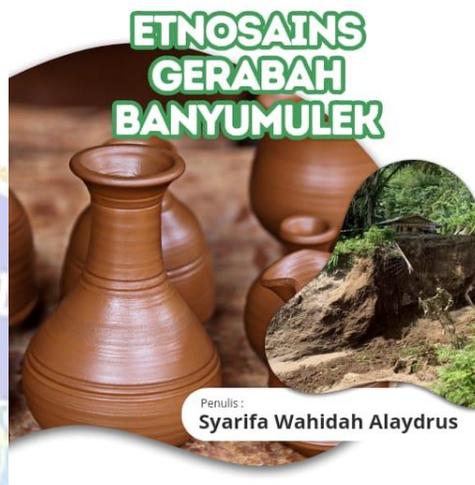


KIMIA LINGKUNGAN

UNTUK MAHASISWA PERGURUAN TINGGI

KIMIA LINGKUNGAN

UNTUK MAHASISWA PERGURUAN TINGGI



Lampiran 8. Link Produk E-Modul Setiap Topik

No	Topik	Link materi
1	I	https://heyzine.com/flip-book/b272919eb4.html
2	II	https://heyzine.com/flip-book/14a22c1161.html
3	II	https://heyzine.com/flip-book/a084a8dc9c.html
4	IV	https://heyzine.com/flip-book/a084a8dc9c.html



Lampiran 9. Kisi-Kisi Instrumen keterampilan Berpikir Kritis

KISI-KISI TES KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS

No	Komponen	Sub Komponen Keterampilan	Indikator Soal	Butir Soal	Jumlah Soal
1	Interpretasi (<i>interpretation</i>)	Membuat kategorisasi	Mengkategorisasi limbah dan cara mengatasi limbah	1, 2,3	5
		Mengklarifikasi makna	Menginterpretasikan kesamaan makna dua pernyataan	4, 5	
2	Analisis (<i>analysis</i>)	Memeriksa ide-ide	Menentukan ide-ide yang tepat untuk mengatasi pencemaran lingkungan	6, 7, 8	5
		Mengidentifikasi argumen	Mengidentifikasi argumen tentang etnosains	9, 10	
3	Evaluasi (<i>evaluation</i>)	Menilai kredibilitas tagihan	Menilai kredibilitas tagihan melalui pernyataan-pernyataan	12, 13	

		Menilai kualitas argumen yang dibuat, apakah menggunakan pernyataan induktif atau deduktif	Menilai kualitas argumen berdasarkan penalaran atau pernyataan yang disajikan	14,15,16	5
4	Inferensi (<i>inference</i>)	Meragukan fakta-fakta atau bukti	Menentukan fakta-fakta atau bukti dalam masalah lingkungan	11,17,18	7
		Membuat dugaan alternatif	Menentukan dugaan alternatif yang diberikan dalam situasi tertentu	19,20	
		Menarik kesimpulan menggunakan penalaran induktif atau Deduktif	Menunjukkan kesimpulan penalaran induktif atau deduktif berdasarkan situasi tertentu	21,22	
5	Eksplanasi (<i>explanatio n</i>)	Menentukan hasil dari suatu kondisi	Menentukan hasil dari suatu kondisi lingkungan	23,24	6
		Membenarkan prosedur	Membenarkan prosedur berdasarkan pernyataan-pernyataan yang disajikan	25,26	
		Memberikan argumen	Menunjukkan argumen berdasarkan simpulan atau pernyataan terkait lingkungan	27,28	
Total Butir Soal					28



Lampiran 10. Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis

TES KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS

Alokasi Waktu: ± 60 menit

Pilihlah jawaban yang paling tepat!

1. Pak Amir adalah pembuat tahu tempe di Kekalik sejak tahun 1976. Bahan baku pembuatan tahu dan tempe adalah kedelai. Selama proses pembuatan tahu tempe dihasilkan limbah cair dan padat, terutama pada proses pembuatan tahu. Limbah cair sisa pembuatan tahu sangat mengganggu Masyarakat sekitar. Limbah cair tahu dapat mengganggu lingkungan karena terdapat kandungan...
 - a. Amoniak, Hydrogen Sulfida, Karbohidrat, Protein dan Lemak.

- b. Bahan Organik, Karbohidrat, Kalium, dan Fosfat
 - c. Nitrogen, Fosfat dan Kalium
 - d. Amoniak, Bahan Organik dan Kalium
 - e. Hydrogen Sulfida, Oksigen, dan Mineral
2. Sungai merupakan hal penting dalam menunjang kehidupan manusia, tidak ada makhluk hidup yang sanggup bertahan hidup tanpa air. Jika sungai di sekitar tempat tinggal kita dapat dijaga kebersihannya dan kelestarian lingkungannya, maka banyak sekali manfaat yang dapat kita rasakan dari sungai tersebut. Namun kenyataannya sekarang ini banyak ditemukan sungai yang rusak dan kotor bahkan beralih fungsi menjadi tempat pembuangan limbah atau sampah. Kondisi ini dapat menyebabkan terjadinya pencemaran air seperti, air keruh, bau dan menimbulkan berbagai macam penyakit.
- Hal-hal yang bisa dilakukan untuk mencegah terjadinya pencemaran air adalah...
- a. membuang sampah pada tempatnya, 4R (recycle, reuse, reduce dan repair)
 - b. recycle, reuse, reduce dan repair
 - c. membuang sampah pada tempatnya
 - d. bersih-bersih sungai, membuang sampah pada tempatnya dan 4R
 - e. mencuci di Sungai, dan 4R
3. Penambangan emas tradisional di Sekotong merupakan penambangan emas tanpa ijin dan dilakukan masyarakat tanpa aturan standar. Kondisi ini menyebabkan terganggunya kondisi lingkungan daerah tambang karena terjadi pencemaran seperti merkuri. Salah satu rancangan yang bisa digunakan untuk mengurangi kandungan merkuri diperairan adalah.....
- a. Menyiram limbah/daerah terkontaminasi merkuri dengan air sebanyak banyaknya
 - b. Menggunakan tanaman yang dimanfaatkan untuk penyerapan merkuri

- c. Melakukan penimbunan tanah atau air yang mengalami pencemaran merkuri
 - d. Menggunakan zat tertentu yang dapat mengikat merkuri
 - e. Membakar daerah yang terkena limbah
4. Etnosains didefinisikan sebagai suatu kegiatan mentransformasikan pengetahuan alam yang dilakukan oleh masyarakat mengenai fakta masyarakat yang bersumber dari nenek moyang berupa kepercayaan dan mitos turun temurun. Gelondongan emas Sekotong adalah salah satu etnosains Masyarakat Lombok. Pernyataan “Gelondongan emas Sekotong dapat menyebabkan pencemaran tanah karena penambangan dilakukan tanpa aturan”. Pernyataan ini menggambarkan ide yang sama dengan kalimat berikut...
- a. pencemaran tanah terjadi karena penambangan emas di Sekotong
 - b. penambangan emas di sekotong sebagai salah satu penyebab pencemaran
 - c. penambangan yang tidak sesuai standar menyebabkan pencemaran tanah
 - d. pencemaran tanah di sekotong disebabkan penambangan emas yang tidak mengikuti aturan
 - e. pencemaran tanah terjadi karena penambangan tidak sesuai aturan
5. “ Hanya tanah yang memiliki kandungan tertentu yang cocok menjadi bahan baku pembuatan gerabah”. Pernyataan ini memiliki ide yang sama dengan pernyataan berikut...
- a. Jika memiliki tanah yang memiliki kandungan tertentu, maka bisa dibuat gerabah
 - b. Jika ingin membuat gerabah, maka dibutuhkan tanah yang memiliki kandungan tertentu

- c. Jika tidak memiliki tanah yang memiliki kandungan tertentu, maka jangan membuat gerabah
 - d. Sebaiknya jangan membuat gerabah, kecuali kamu memiliki tanah yang memiliki kandungan tertentu
 - e. Sebaiknya jangan memiliki tanah dengan kandungan tertentu, serta jangan membuat gerabah.
6. Fitoremediasi merupakan teknologi sederhana dan alami dengan menggunakan tanaman yang dimanfaatkan untuk penyerapan polutan yang efisien dari tanah dan air yang tercemar. Beberapa tanaman dapat menyerap merkuri dari tanah, diantara tanaman berikut yang paling baik proses penyerapan limbah merkuri adalah.....
- a. Tanaman padi
 - b. Eceng gondok
 - c. Apu apu
 - d. Pohon mangga
 - e. Pohon Jambu
7. Tingginya tingkat pencemaran sungai akibat limbah tekstil harus menjadi perhatian pemerintah untuk menegakkan aturan tentang pengelolaan limbah. Banyak rancangan sederhana yang bisa dilakukan untuk mengurangi limbah tekstil. Salah satu rancangan awal mengolah limbah tekstil dengan cara mengolah limbah cair dengan memisahkan material padatan berdasarkan ukuran tertentu yang relatif besar dari limbah cair, metode ini disebut....
- a. Screening
 - b. Filtrasi Membran
 - c. Filtrasi menggunakan Media Pasir
 - d. Adsorpsi

- e. Sedimentasi
8. Teknologi sederhana pada proses menenun salah satunya adalah mordan, mordan dilakukan untuk menghilangkan kotoran sisa produksi agar benang lebih cepat diberikan warna alami. Proses mordan ini sudah dilakukan oleh penenun secara turun temurun dengan merendam benang menggunakan air selama 24 jam. Saat ini poses mordan menggunakan tawas untuk perendaman benang dengan memakan waktu 3 jam. Perubahan yang dilakukan masyarakat untuk mengurangi waktu proses mordan menggunakan tawas akan menyebabkan....
- Pencemaran air
 - Pencemaran udara
 - Pencemaran tanah
 - Tidak menyebabkan pencemaran lingkungan
 - Pencemaran sungai
9. Proses fiksasi sangat diperlukan pada pewarnaan dengan bahan alami. Pengerajin tenun desa Peringgesela menggunakan tiga larutan fiksasi, yaitu tawas, kapur sirih dan tunjung. Proses pewarnaan menggunakan bahan alami kelapa dapat dijadikan alternatif bahan fiksasi yang alami. Air kelapa dapat dijadikan sebagai bahan fiksasi karena.....
- Mengandung elektrolit, klorida, potassium, kalium, magnesium, sodium dan riboflavin.
 - Mengandung asam tartarat
 - Mengandung zat pewarna alami
 - Memiliki rasa yang enak
 - Mengandung senyawa tanin, flavonoid, dan fenol

10. Pewarnaan kain dengan bahan pewarna alami memiliki warna dengan daya tahan luntur yang rendah, sehingga memerlukan bahan tambahan untuk mengikat warna supaya meningkatkan ketahanan terhadap luntur. Cara untuk meningkatkan ketahanan luntur adalah dengan menggunakan proses fiksasi. Dosis yang disarankan untuk bahan fiksasi di dalam 1 liter air adalah 7 % untuk tawas, 5 % untuk kapur, dan 2 % untuk tunjung. Jika dalam proses fiksasi menggunakan 5 liter air, jumlah tawas yang tepat digunakan adalah.....

- a. 35 gram
- b. 350 gram
- c. 700 gram
- d. 70 gram
- e. 7 gram

11. Gerabah Banyumulek menjadi salah satu ikon pulau Lombok. Penggunaan tanah liat sebagai bahan utama menyebabkan penggalian tanah liat dilakukan secara terus menerus pada area persawahan. Pengambilan tanah liat dilakukan masyarakat agar produksi gerabah tetap berjalan dapat menyebabkan.....

- a. Degradasi kesuburan sawah
- b. Kebanjiran sawah
- c. Meningkatkan kesuburan
- d. Menyehatkan tanah
- e. Menutrisi tanah

12. Pembakaran gerabah menggunakan jerami dan daun kering. Proses pembakaran sangat sering dilakukan. Hasil dari pembakaran yang dapat mencemari lingkungan adalah...

- a. H₂O
- b. N₂

- c. CO
- d. Mg
- e. H₂O₂

13. Penambahan limbah abu pembakaran pada proses pewarnaan menghasilkan gerabah yang lebih mengkilap, sehingga penggunaan limbah abu pembakaran, sangat potensial sebagai pewarna dan pengkilap alami gerabah. Permukaan gerabah yang mengkilap disebabkan kandungan Silika-alumina aktif.

Pernyataan yang tepat dengan kaitan situasi di atas adalah...

- a. Gerabah mengkilap
- b. Limbah abu pembakaran sebagai bahan pewarna
- c. Penambahan limbah abu pembakaran pada gerabah
- d. Adanya limbah abu pembakaran yang mengandung silika-alumina aktif dapat memberikan hasil mengkilap pada gerabah.
- e. Limbah abu pembakaran mengandung silika

14. Kulit biji asam mengandung metabolit sekunder yaitu phlobatannin. Tanin pada tanaman diklasifikasikan sebagai tanin terhidrolisis dan tannin terkondensasi. Tanin terkondensasi, banyak terdapat pada buah-buahan, biji-bijian dan tanaman pangan, sementara tanin terhidrolisis terdapat pada bahan non-pangan, sehingga tannin pada kulit biji asam tergolong tannin terkondensasi. Tanin alami larut dalam air dan memberikan warna pada air, warna larutan tanin bervariasi dari warna terang sampai warna merah gelap atau coklat, karena setiap tanin memiliki warna yang khas tergantung sumbernya. Gerabah yang diwarnai dengan campuran kulit biji asam dicampur limbah abu pembakaran menghasilkan warna

- a. Coklat tua
- b. Coklat tua dan mengkilap
- c. Merah maron
- d. Merah maroon alami dan mengkilat.
- e. Hijau tua dan mengkilap

15. Pewarnaan menggunakan kulit biji asam diawali dengan preparasi kulit biji asam. Kulit biji asam kering sebanyak 100 g ditambah dengan 100 g limbah abu pembakaran halus dicampur dengan 2 L air kemudian dimasak selama 30 menit. Jika tersedia 220 g kulit biji asam kering dan akan dibuat sebagai pewarna alami. Evaluasi hal tepat yang harus dilakukan adalah....
- menimbang dan mengukur limbah abu pembakaran dan air yang dibutuhkan (200 g dan 4 L)
 - menimbang dan mengukur limbah abu pembakaran dan air yang dibutuhkan (220 g dan 4,4 L)
 - menimbang limbah abu pembakaran (200 g)
 - mengukur air yang dibutuhkan (2 L)
 - menimbang dan mengukur limbah abu pembakaran dan air yang dibutuhkan (200 g dan 4 L)
16. Tahap penggalian tanah pada proses pembuatan gerabah menyebabkan terjadinya degradasi kesuburan. Desa banyumulek telah membuat gerabah dalam jangka waktu yang lama sehingga menyebabkan kerusakan berat. Rancangan reklamasi tanah yang harus dilakukan pada lahan desa Banyumulek adalah....
- Lahan ditanami dengan kacang tanah karena tanaman kacang tanah selain mengurangi laju erosi juga dapat memperbaiki struktur tanah dengan mengikat nitrogen dan menambah bahan organik.
 - Lahan ditanami dengan tanaman tebu dan tanaman ini perakarannya bisa dapat menyerap air dan menambah bahan organik ke dalam tanah.
 - Lahan ditanami dengan tanaman ubi jalar karena sifat fisik tanah di daerah penelitian memiliki daerah penelitian memiliki daerah yang subur dan tanaman ini perakarannya dapat menyerap air dengan unsur hara yang baik.
 - Lahan ditanami dengan tanaman padi karena dapat menambah nitrogen dari udara dan sisa tanaman dapat dijadikan sebagai bahan organik.

- e. Lahan yang telah berlubang ditimbun kembali dengan tanah dan dibiarkan dalam jangka waktu yang lama, sebelum proses penanaman dilakukan.
17. Tahu adalah jenis makanan yang memiliki nilai gizi, mengandung protein dengan bahan dasar kacang kedelai. Pengolahan tahu akan menghasilkan buangan atau ada sisa yang dapat berupa limbah. Limbah tahu mengandung buangan dari tahu yang mengandung bahan organik dan gas seperti oksigen terlarut (O_2), hydrogen sulfida (H_2S), Karbondioksida (CO_2), dan amoniak (NH_3). Berikut ini zat yang dapat menyebabkan sungai mengeluarkan bau busuk adalah
- oksigen dan hydrogen sulfida
 - amoniak dan karbondioksida
 - hydrogen sulfida dan amoniak
 - oksigen dan karbon dioksida
 - amoniak dan oksigen
18. Seorang perajin tahu dan tempe membuang limbahnya ke sungai di daerah tempat usahanya. Kondisi ini menyebabkan terjadinya pencemaran pada sungai. Keadaan sungai yang benar sehubungan dengan masuknya limbah tersebut adalah...
- Permukaan sungai ditutupi eceng gondok
 - Air sungai mengandung logam berat
 - Kandungan oksigen sangat tinggi
 - Nilai DO rendah
 - Derajat keasaman tinggi
19. Kegiatan laboratorium di balai kesehatan lingkungan sedang melakukan pemeriksaan limbah cair industri tahu. Salah satu tahapan pemeriksaan parameter adalah tahap penyaringan sampel limbah cair tahu menggunakan kertas saring, parameter yang sedang diperiksa petugas tersebut adalah....
- BOD

- b. COD
- c. TSS
- d. DO
- e. pH

20. Pada etnosains pembuatan gerabah terdapat proses pembakaran gerabah yang dilakukan secara terus menerus. Begitupula pada kegiatan etnosains tenun terdapat kegiatan perebusan bahan alami pewarna menggunakan kayu bakar dalam waktu yang cukup lama untuk memperoleh warna yang diinginkan. Pembakaran kayu bakar dalam waktu yang lama akan menghasilkan berbagai gas yang dapat menyumbang kenaikan panas di bumi. Kenaikan panas bumi akan menimbulkan efek rumah kaca.

Pernyataan yang paling tepat adalah.....

- a. Etnosains pembuatan gerabah dapat menyumbang efek rumah kaca
 - b. Etnosains pembuatan tenun dapat menyumbang efek rumah kaca
 - c. Etnosains pembuatan gerabah dan tenun menyumbang efek rumah kaca
 - d. Proses pembakaran kayu bakar dapat meningkatkan panas bumi dan menimbulkan efek rumah kaca
 - e. Kegiatan etnosains tenun terdapat proses perebusan warna alami.
21. Hujan asam terjadi disebabkan oleh tingginya kandungan CO_2 di udara dan gas hasil pembakaran bahan bakar fosil. Pembakaran bahan bakar fosil berasal dari asap kendaraan bermotor atau pabrik, industri, dan pembangkit listrik. Gas-gas jahat yang keluar dari pembakaran bahan bakar fosil akan naik ke atmosfer dan bereaksi dengan oksigen di udara, kemudian bereaksi dengan air. Gas sulfur dioksida (SO_2) bakal mengikat oksigen di udara berubah menjadi sulfur trioksida (SO_3). Hujan asam sangat berbahaya bagi lingkungan. Pernyataan yang pasti benar adalah.....

- a. Fenomena yang disampaikan diatas adalah adanya hujan asam yang dihasilkan karena campur tangan manusia
 - b. Pembakaran bahan bakar fosil seperti asap kendaraan bermotor, pabrik dan pembangkit tenaga listrik
 - c. Hujan asam disebabkan oleh pembakaran bahan bakar fosil
 - d. Hujan asam sangat berbahaya bagi lingkungan
 - e. Hujan asam disebabkan oleh pembakaran bahan bakar fosil dan sangat berbahaya bagi lingkungan.
22. Perbandingan jumlah merkuri yang dibutuhkan untuk mengekstrak 1 gram emas adalah sebesar 1 gram merkuri, tetapi pada kenyataannya jumlah merkuri yang dimasukkan dalam gelondong emas Sekotong untuk mengekstrak emas, jauh lebih besar dari jumlah yang dibutuhkan tersebut. Besarnya jumlah merkuri yang dimasukkan ke dalam gelondong merupakan suatu permasalahan karena tingkat kehilangan merkuri dalam metode amalgamasi tinggi, yang berarti bahwa merkuri tersebut dapat terbuang ke lingkungan. Hal tersebut berarti bahwa jumlah merkuri dalam jumlah yang besar terbuang ke dalam lingkungan (air, tanah dan udara) melalui limbah/tailing. Penggunaan merkuri dalam proses amalgamasi sudah menunjukkan indikasi membahayakan dan dapat dikatakan sebagai bencana lingkungan. Metode amalgamasi skala kecil memiliki lima tahapan proses yaitu kominusi (reduksi ukuran) batuan bijih emas, penggelundungan batuan, pendulangan amalgam, pembakaran amalgam, dan pengolahan tailing. Tahapan amalgamasi yang dapat menyebabkan merkuri mencemari udara adalah....
- a. Batuan bijih emas dan penggelundungan batuan
 - b. Pendulangan amalgam
 - c. Pembakaran amalgam
 - d. Pengolahan tailing
 - e. Penggelundungan batuan

23. Pada proses pengolahan limbah cair tahu tempe, polutan-polutan organik dalam limbah akan diuraikan menjadi senyawa biokimia berikut oleh mikroorganismenya kecuali....
- H₂O
 - CO₂
 - CH₄
 - Senyawa Nitrat
 - CO
24. Kedelai yang digunakan dalam pembuatan tahu tempe di Kekalik rata-rata sehari oleh satu industri tahu tempe adalah 40 kg. Di daerah kekalik terdapat banyak industri tahu tempe, jika dihitung limbah cair yang dihasilkan oleh 5 industri tahu tempe.....
- 2400 L
 - 240 L
 - 24 L
 - 42 L
 - 420 L
25. Sungai ancar yang berada di Kekalik Kota Mataram merupakan sungai tempat pembuangan limbah cair tahu tempe. Sebagian besar masyarakat dipinggir sungai merupakan industri tahu tempe. Untuk mengetahui kondisi perairan sungai, perlu dilakukan pengujian salah satunya adalah mengukur oksigen terlarut (DO). Proses pengambilan sampel air sungai dilakukan dengan cara....
- mengisi botol sampai ½ penuh lalu digoyang goyang
 - mengisi botol sampai penuh lalu digoyang goyang
 - mengisi botol sampel sampai setengah penuh
 - mengisi botol sampai penuh
 - mengisi botol dengan air sampel secukupnya
26. Batu bara merupakan bahan bakar yang sering digunakan dalam dunia industri. Hasil pembakaran dari batu bara akan menghasilkan gas berbahaya, salah satunya adalah sulfur dioksida (SO₂). Oleh sebab itu, untuk mengurangi dampak

gas SO₂ ditambahkan batu kapur (CaCO₃) dalam proses pembakaran batu bara. Saat suhu tinggi batu kapur akan terurai menjadi CaO yang kemudian akan bereaksi dengan gas SO₂. Adapun reaksi yang tepat antara CaO dengan gas SO₂ sebagai berikut:

- a. $\text{CaO} + \text{SO}_2 \longrightarrow \text{CaSO}_3$
- b. $\text{CaO} + \text{SO}_2 \longrightarrow \text{CaS} + \text{O}_3$
- c. $\text{CaO} + \text{SO}_2 \longrightarrow \text{CaSO}_4$
- d. $\text{CaO} + \text{SO}_4 \longrightarrow \text{Ca}_2\text{SO}_4$
- e. $\text{CaO} + \text{SO}_4 \longrightarrow 2\text{CaSO}_3$

27. Kebiasaan masyarakat yang melakukan proses pembakaran dan asap pembuangan industri serta kendaraan bermotor menyebabkan udara rentan mengalami pencemaran. Pencemaran udara secara biologi dapat dilihat dengan indikator....

- a. Populasi organisme lumut kerak (Lichenes) berada pada jumlah yang tinggi
- b. Populasi organisme lumut kerak (Lichenes) berada pada jumlah yang rendah
- c. Populasi organisme lumut berada pada jumlah yang rendah
- d. Populasi organisme lumut berada pada jumlah yang tinggi
- e. Populasi tanaman lidah mertua tinggi.

28. Industri rumah tangga tenun sesek peringgesela masih menggunakan bahan alami untuk pewarnaan benang untuk menenun walaupun sebagian lagi benang yang digunakan adalah benang yang sudah berwarna sintetis. Pewarnaan sintetis sangat mengancam lingkungan karena limbah industri tekstil dengan pewarna sintetis sebagian besar membuang limbah di sungai. Jika limbah yang dihasilkan industri tekstil tidak diolah kembali sebelum dibuang ke lingkungan dapat menyebabkan....

- a. Material toksik yang merusak habitat di sungai.
- b. Berbahaya untuk makhluk hidup
- c. Mutagenik teratogenik, iritasi, tumor, kanker, dan kematian

- d. Sungai menjadi tercemar
 e. Semua jawaban benar

KUNCI JAWABAN

No	J								
1	A	6	A	11	C	16	C	21	C
2	A	7	D	12	A	17	D	22	D
3	B	8	A	13	D	18	A	23	A
4	C	9	B	14	A	19	E	24	B
5	B	10	A	15	B	20	A	25	E

Lampiran 11. Instrumen literasi lingkungan

KISI KISI INSTRUMEN LITERASI LINGKUNGAN

Kompetensi lingkungan yang diukur	Indikator	Sub-indikator	Soal
Pengetahuan	Pengetahuan tentang lingkungan (pengetahuan tentang zat-zat yang mencemari lingkungan)	Melakukan penelusuran literatur yang efektif (misalnya untuk mendiskripsikan fenomena pencemaran lingkungan)	4, 11, 18
		Memahami tipe dan sumber pencemar	8, 10
		Memahami grafik secara tepat dari data	17
Keterampilan kognitif	Identifikasi masalah	Mengidentifikasi masalah lingkungan	1, 6, 7, 13, 14

		Memahami dan menginterpretasikan cara mengatasi masalah	5, 12, 16
	Analisis Masalah	Memecahkan masalah pencemaran lingkungan	2, 15
	Perencanaan tindakan	Melakukan inferensi, prediksi, dan penarikan kesimpulan berdasarkan data kuantitatif tentang pencemaran lingkungan	3, 9



Lampiran 12. Instrumen literasi lingkungan

A. INSTRUMEN TES LITERASI LINGKUNGAN

PETUNJUK MENERJAKAN SOAL

1. Isilah identitas diri pada kolom yang disediakan
2. Tulislah jawaban secara runtut pada lembar jawaban yang telah disediakan
3. Soal yang tersedia berjumlah 18 butir soal bentuk uraian
4. Waktu pengerjaan soal 120 menit
5. Apabila terdapat soal yang kurang jelas, dapat anda tanyakan kepada pengawas
6. Periksa kembali jawaban anda sebelum menyerahkannya kepada pengawas

NAMA	:
KELAS	:
SEMESTER	:
HARI/TANGGAL	:



TEMA 1

Bacalah teks di bawah ini dengan seksama dan jawablah pertanyaan yang mengikutinya.

GELONDONGAN EMAS SEKOTONG

Masyarakat Sekotong yang tinggal di pinggir pantai Sepanjang Sekotong Barat, Sekotong Timur, Pelangan, Buwun Mas sebagian besar melakukan pemisahan emas (dengan gelondongan di rumahnya. Lumpur atau material yang diprediksi mengandung emas dimasukkan ke dalam gelondongan tersebut, lalu dicampurkan dengan merkuri sehingga emas dapat terpisah. Air dari pengolahan emas itu dibuang begitu saja di halaman, yang mengalir ke perairan atau langsung dibuang ke perairan. Kondisi ini dapat menyebabkan pencemaran lingkungan baik itu lingkungan air tanah dan udara.

Perbandingan jumlah merkuri yang dibutuhkan untuk mengekstrak 1 gram emas adalah sebesar 1 gram merkuri, tetapi pada kenyataannya jumlah merkuri yang dimasukkan dalam gelundong untuk mengekstrak emas, jauh lebih besar dari jumlah yang dibutuhkan tersebut. Besarnya jumlah merkuri yang dimasukkan ke dalam gelundong merupakan suatu permasalahan karena tingkat kehilangan merkuri dalam metode amalgamasi tinggi, yang berarti bahwa merkuri tersebut dapat terbuang ke lingkungan. Hal tersebut berarti bahwa jumlah merkuri dalam jumlah yang besar

terbuang ke dalam lingkungan (air, tanah dan udara) melalui limbah/tailing. (Mongabay, situs berita lingkungan, 2019).

Pertanyaan 1

Apa akibat yang ditimbulkan dengan adanya gelondongan emas liar terhadap air, udara dan tanah disekitar gelondongan emas ilegal?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Pertanyaan 2

Kadar merkuri dalam air sungai di daerah Sekotong mencapai nilai ambang batas (NAB) yang disyaratkan WHO yaitu 0,001 ppm. Jelaskan metode apa saja yang bisa digunakan untuk mengurangi kadar merkuri pada lingkungan!

.....
.....
.....
.....
.....

Pertanyaan 3

Daya serap karbon aktif dari tempurung kelapa dalam 1 jam pertama mencapai 1,975 mg/g

karbon aktif. Dalam 1 jam pertama terjadi penurunan konsentrasi Hg dalam limbah penambangan emas mencapai 95%. Jika konsentrasi merkuri dalam limbah tambang adalah 2,842 ppm, berapa konsentrasi merkuri dalam limbah tambang pada satu jam pertama?

.....
.....
.....
.....
.....

Tema 2.

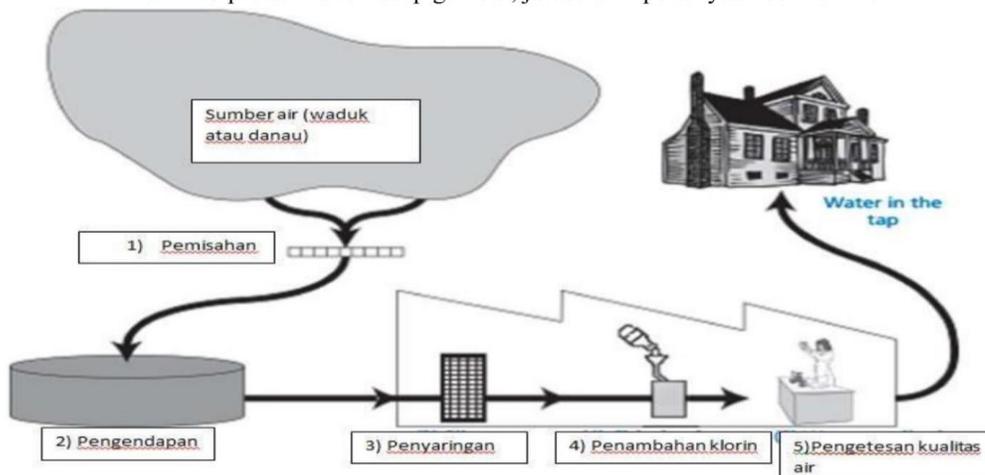
Bacalah teks di bawah ini dengan seksama dan jawablah pertanyaan yang mengikutinya.

KRISIS AIR BERSIH

Lombok NTB mulai mengalami krisis air bersih yang disebabkan tingginya pencemaran air yang mempengaruhi ketersediaan air bersih. Pencemaran air disebabkan pembuangan limbah industri, domestik dan sampah yang dilakukan di sungai. Belum ada upaya pemerintah untuk mengatasi hal ini. Krisis air bersih telah menimbulkan berbagai macam penyakit antara lain kolera, hepatitis, tipoid, disentri, malaria dan kolera.

Kebiasaan masyarakat membuang sampah rumah tangga secara sembarangan di sungai berakibat kondisi sungai menjadi kotor. Sungai yang dulu sebagai tempat masyarakat mandi dan mencuci sudah tidak bisa digunakan lagi. Kondisi ini menyebabkan masyarakat harus melakukan pengolahan air agar menjadi air bersih yang layak digunakan. (AntaraNTB, 2023)

Dari interpretasimu terhadap gambar, jawablah 4 pertanyaan berikut ini.



Pertanyaan 4

Sumber air yang baik sangat penting dimiliki oleh masyarakat. Air yang diperoleh dari bawah tanah disebut air tanah. Berikanlah satu alasan mengapa terdapat lebih sedikit bakteri dan partikel polusi di air tanah dibandingkan dengan air dipermukaan seperti danau dan sungai.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Pertanyaan 5

Setelah proses penjernihan dilakukan berbagai uji pada air dan ditemukan bakteri berbahaya dalam air tersebut. Apa seharusnya proses selanjutnya yang harus dilakukan oleh Masyarakat jika air yang terkontaminasi bakteri sudah berada dirumah warga sebelum air digunakan?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Pertanyaan 6

Kebiasaan masyarakat desa membuang sampah di Sungai akan berdampak bagi lingkungan, jelaskan!

.....
.....
.....
.....

Tema 3

Bacalah teks di bawah ini dengan seksama dan jawablah pertanyaan yang mengikutinya

Pencemaran udara

Berbagai proses dalam kehidupan saat ini dapat menyebabkan pencemaran udara. Pencemaran udara merupakan kondisi dimana udara mengalami perubahan komposisi. Kegiatan kegiatan yang dilakukan dalam kehidupan sehari hari tanpa disadari menyumbang pencemaran udara termasuk kegiatan etnosains pembuatan gerabah dan etnosains tenun. Pada etnosains pembuatan gerabah terdapat proses pembakaran gerabah yang dilakukan secara terus menerus. Begitupula pada kegiatan etnosains tenun terdapat kegiatan perebusan bahan alami pewarna menggunakan kayu bakar dalam waktu yang cukup lama untuk memperoleh warna yang diinginkan. Pembakaran kayu bakar dalam waktu yang lama akan menghasilkan berbagai gas yang dapat menyumbang kenaikan panas di bumi. Kenaikan panas bumi akan menimbulkan efek rumah kaca. (E-modul Kimia Lingkungan, 2024)

Pertanyaan 7

Jelaskan isu lingkungan yang ada dalam wacana diatas?

.....
.....
.....
.....

Pertanyaan 8

Analisis sumber sumber pencemaran udara dan jelaskan akibatnya?

.....
.....
.....
.....

Pertanyaan 9

Upaya apa yang bisa dilakukan untuk mencegah meningkatnya emisi gas rumah kaca dan mengurangi pencemaran udara?

.....
.....
.....
.....

Tema 3

Bacalah teks di bawah ini dengan seksama dan jawablah pertanyaan yang mengikutinya.

HUJAN ASAM



Gambar diatas menunjukkan hutan yang rusak karena hujan asam. Hujan asam merupakan jenis hujan dengan pH di bawah 5,6. Secara alamiah, hujan bersifat asam atau memiliki pH sedikit di bawah 6, karena karbon dioksida (CO_2) di udara yang larut dengan air hujan memiliki bentuk sebagai asam lemah. Hujan asam juga mengandung sulfur dioksida dan nitrogen dioksida. Hujan asam sangat berbahaya bagi lingkungan.

Hujan asam terjadi disebabkan oleh tingginya kandungan CO_2 di udara dan gas hasil pembakaran bahan bakar fosil. Pembakaran bahan bakar fosil berasal dari asap kendaraan bermotor atau pabrik, industri, dan pembangkit listrik. Gas-gas jahat yang keluar dari pembakaran bahan bakar fosil akan naik ke atmosfer dan bereaksi dengan oksigen di udara, kemudian bereaksi dengan air. Gas sulfur dioksida (SO_2) bakal mengikat oksigen di udara berubah menjadi sulfur trioksida (SO_3). (Kompas.com, 2023).

Pertanyaan 10

Mengapa hujan pada keadaan normal (mengandung HCO_3) tidak berbahaya bagi lingkungan dibandingkan dengan hujan asam (mengandung H_2SO_4 dan HNO_3) padahal sama-sama bersifat asam? Jelaskan jawaban anda secara ilmiah!

.....
.....
.....
.....

Pertanyaan 11

Bagaimana cara mengetahui bahwa telah terjadi hujan asam di suatu daerah jika diamati dari kondisi lingkungan daerah tersebut ?, jelaskan secara ilmiah!

.....
.....
.....
.....

Pertanyaan 12

Salah satu metode pencegahan hujan asam adalah dengan mengurangi penggunaan kendaraan bermotor. Mengapa demikian? Jelaskan jawaban anda secara ilmiah!

.....
.....
.....
.....
.....

Tema 4

Bacalah teks di bawah ini dengan seksama dan jawablah pertanyaan yang mengikutinya.

INDUSTRI TAHU TEMPE KEKALIK



Industri tahu tempe kekalik merupakan salah satu industri rumah tangga yang ada di pulau Lombok. Industri tahu tempe sebagai industri rumah tangga sebagian besar berada di pemukiman warga. Selain itu industri tahu tempe hampir selalu berada disekitar sungai karena limbah cair yang dihasilkan sangat banyak dan biasanya langsung dibuang ke perairan.

Seringkali limbah produksi tahu tidak diolah dengan benar sebelum dibuang sehingga mencemari lingkungan. Selain mengandung logam berat Pb, Fe, dan Cu, limbah ini berbau busuk oleh karena degradasi dari sisa protein menjadi amoniak. Pembuangan limbah cair tahu tempe langsung ke perairan menyebabkan terjadinya pencemaran air di sungai sekitar industri tahu tempe. Hal ini terlihat dari kondisi fisik sungai yang berada disekitar industri tahu tempe. (**Kompasiana.com, 2021**).

Pertanyaan 13.

Pembuangan limbah cair tahu tempe langsung ke perairan menyebabkan pencemaran air. Apa akibat dari pencemaran air disekitar industri tahu tempe?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Pertanyaan 14

Pencemaran air dapat terlihat dari kondisi fisik perairan yang tercemar. Jelaskan kondisi fisik yang dapat dijadikan sebagai indikator pencemaran air!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Pertanyaan 15

Upaya apa yang bisa dilakukan untuk mencegah masuknya limbah cair tahu tempe ke perairan dan mengurangi konsentrasi limbah cair tahu tempe sebelum dibuang ke perairan?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

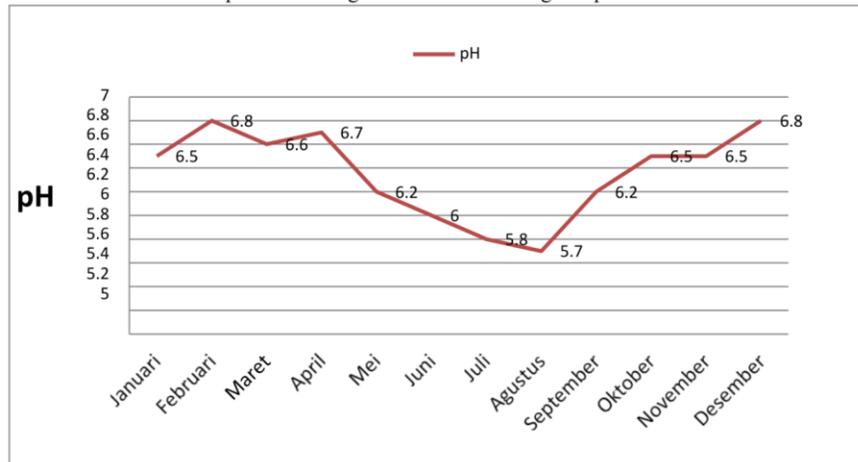
Tema 5

Bacalah teks di bawah ini dengan seksama dan jawablah pertanyaan yang mengikutinya.

Limbah Cair Tahu Tempe

Industri tahu tempe merupakan salah satu industri rumahan yang dalam pengolahannya menggunakan banyak air, sehingga menyebabkan banyak limbah cair yang dihasilkan. Limbah cair yang dihasilkan mengandung zat organik dan anorganik yang sangat tinggi, sehingga jika dibuang langsung ke badan air akan mencemari lingkungan. Maka dari itu limbah cair dari industri tahu sebelum dibuang ke badan air harus memenuhi standar baku mutu kualitas air berdasarkan PP RI No. 22 Tahun 2021.

Pembuangan limbah cair tahu tempe langsung ke perairan menyebabkan berbagai perubahan pada kondisi perairan. Perubahan yang bisa dilihat dengan cepat adalah perubahan fisik dan pH. Limbah cair yang dibuang ke sungai seringkali mencemari lingkungan diantaranya perairan jadi kotor, populasi hewan di ekosistem mati, bau dan pemandangan yang tidak sedap. Air limbah tahu apabila masuk ke badan air berpotensi menurunkan pH air, dan berpengaruh terhadap biota perairan (organisme perairan). Salah seorang peneliti melakukan penelitian tentang kondisi pH di sungai tempat pembuangan limbah cair tahu tempe dan diperoleh data pH ditahun 2020 seperti pada gambar di bawah. (ETICON, 2022).



Gambar nilai pH sungai tercemar limbah cir tahu tempe tahun 2020

Pertanyaan 16

Jelaskan metode yang digunakan untuk mengukur pH perairan yang telah tercemar limbah cair tahu tempe!

.....

.....

.....

.....

Pertanyaan 17

Berdasarkan grafik di atas, kapan perkiraan kalian limbah cair tahu tertinggi yang dibuang disungai tersebut? Jelaskan alasannya?

.....

.....

.....

.....

.....

Pertanyaan 18

Saat kalian melewati sungai yang digunakan tempat pembuangan limbah cair tahu tempe, akan tercium bau tak sedap, jelaskan penyebabnya!

.....

B. KUNCI JAWABAN DAN RUBRIK INSTRUMEN SOAL LITERASI LINGKUNGAN

KUNCI JAWABAN DAN RUBRIK INSTRUMEN KIMIA LINGKUNGAN

No	Kunci jawaban	Skor
1.	<ul style="list-style-type: none"> • Air. Penambangan emas dilakukan secara ilegal oleh masyarakat dan menggunakan merkuri untuk mengekstrak emas yang terkandung dalam air dan lumpur, kecil kemungkinannya untuk teroksidasi dan dapat membentuk senyawa baru. Senyawa baru yang tertelan oleh mikroba tersebut dapat masuk ke dalam rantai makanan. Ketika mikroba tersebut ada di perairan dimakan oleh ikan, senyawa tersebut juga masuk ke dalam tubuh. Senyawa ini akhirnya masuk ke tubuh dan menjadi mapan ketika orang makan ikan yang terkontaminasi senyawa merkuri ini. • Kerusakan Tanah. Munculnya lubang-lubang besar yang tidak bisa ditutup kembali sehingga menciptakan genangan air dengan tingkat keasaman yang sangat tinggi. Genangan air mengandung bahan kimia seperti Fe, Mn, SO₄, Hg, dan Pb. Fe dan Mn bersifat racun bagi tanaman dalam jumlah besar dan menghambat pertumbuhan tanaman secara normal. SO₄ mempengaruhi kesuburan tanah dan pH tanah. 	<p>6 jika mampu menjelaskan dampak tambang ilegal terhadap air, tanah dan udara</p> <p>4 jika hanya menjelaskan dampak tambang ilegal terhadap 2 unsur lingkungan saja.</p> <p>2 jika hanya menjelaskan dampak tambang ilegal terhadap 1 unsur lingkungan saja.</p> <p>0 jika tidak atau salah menjelaskan dampak</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kemungkinan terjadi tanah longsor sangat tinggi. Selain itu dapat menyebabkan erosi tanah. Area penggalian yang ditinggalkan dapat mengalami erosi yang dipercepat karena kurangnya tutupan vegetasi. Hilangnya vegetasi penutup tanah disebabkan karena penambang tanah atau material hasil galian tidak melakukan upaya reklamasi atau reboisasi di areal pertambangan, tetapi meninggalkan areal pertambangan secara damai dan pindah ke areal baru. • Udara. Pada proses pemisahan emas dari sisa merkuri dilakukan proses pembakaran terhadap emas yang diperoleh sehingga udara disekitar tempat pembakaran mengalami pencemaran 	<p>tambang illegal terhadap ke 3 unsur lingkungan.</p>
2	<ul style="list-style-type: none"> • Penghilangan Merkuri dengan Proses Pengendapan Sulfida Salah satu proses penghilangan merkuri di dalam air limbah dengan cara pengendapan yang banyak digunakan adalah pengendapan sulfida. Di dalam proses ini air limbah yang mengandung merkuri ditambah dengan senyawa sulfida misalnya sodium atau natrium sulfida sehingga senyawa merkuri yang terlarut diubah menjadi merkuri sulfida yang tak larut di dalam air. • Penghilangan Merkuri dengan Proses Fitoremediasi Fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan dan asosiasi mikroba tanah untuk mengurangi konsentrasi atau pengaruh meracun bahan pencemar dalam lingkungan Istilah ‘fitoremediasi’ adalah kombinasi dari dua kata yaitu, ‘phyto’ (berarti tumbuhan) dan ‘remidium’ (berarti mempebaiki atau membuang makhluk jahat). Fitoremediasi merupakan strategi remediasi yang dikendalikan oleh sinar matahari yang murah, efisien dapat diterapkan ‘in situ’ serta ramah lingkungan dan dapat mengurangi kadar merkuri pada air dan tanah. • Adsorpsi Merkuri Dengan Karbon Aktif Bubuk 	<ul style="list-style-type: none"> • 6 jika mampu menjelaskan 3 metode mengatasi limbah merkuri • 4 jika mampu menjelaskan 2 metode mengatasi limbah merkuri • 2 jika mampu menjelaskan 1 metode mengatasi limbah merkuri • jika tidak atau salah menjelaskan metode mengatasi limbah merkuri

	<p>Pada umumnya, karbon aktif diinjeksikan kedalam air baku sebelum proses koagulasi. Melalui kontak dan pencampuran, zat polutan yang ada dalam air baku, akan teradsorpsi oleh karbon aktif. Setelah itu karbon aktif yang telah menyerap zat-zat polutan tersebut bersama-sama dengan kotoran lain misalnya lumpur, dipisahkan dengan cara koagulasi dan sedimentasi sehingga keluar berupa lumpur (<i>sludge</i>) berwarna hitam. Untuk partikel-partikel karbon aktif yang belum dapat terpisahkan oleh proses koagulasi dan sedimentasi dapat dihilangkan dengan proses filtrasi.</p>	
3	<p>[Hg]mula mula dalam limbah tambang = 2.842 ppm</p> <p>[Hg] setelah satu jam perlakuan turun 95%</p> <p>[Hg] setelah perlakuan adalah</p> $= [\text{Hg}] \text{ mula mula} - (95\% \times [\text{Hg}] \text{mula mula})$ $= 2,842 - (95\% \times 2,842) = 0,142 \text{ ppm}$	<ul style="list-style-type: none"> • 4, jika dapat menjawab lengkap • 2, jika hanya menjawab Sebagian yang tepat • 0, jika tidak menjawab atau salah menjawab
4.	<ul style="list-style-type: none"> • Air permukaan seperti air Sungai berasal dari air hujan. saat hujan turun, air hujan sudah tercemar sebelum jatuh ke Bumi. Air <u>hujan</u> terkena <u>polusi</u> yang ada di udara. Misalnya, asap kendaraan bermotor dan pabrik. Selain itu di sungai masih terdapat sampah, baik itu sampah organik atau non-organik. Hal tersebut membuat air permukaan jadi kotor. • Air permukaan akan mengalir ke dalam tanah melewati pori-pori tanah, pencemar yang ada di air permukaan akan tersaring oleh tanah, bebatuan, dan lainnya di atasnya. Jadi, kita akan mendapatkan air yang masih jernih dari dalam tanah. • Sehingga air tanah jauh lebih bersih dibandingkan air permukaan. 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 jika menjawab konsep air permukaan dan air tanah dengan tepat • 1 jika hanya menjawab salah satu konsep saja yang tepat • 0 jika tidak menjawab kedua konsep dengan tepat

5	<p>Ada berbagai cara untuk melakukan disinfeksi atau menghilangkan kuman penyakit dari air yang akan kita konsumsi. Selengkapnya sebagai berikut :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Memanaskan atau memasak air <p>Pasteurisasi atau pemanasan untuk air yang akan dikonsumsi pada suhu / temperatur 55°C - 60°C selama sepuluh menit akan mematikan sebagian besar patogen atau kuman penyakit yang ada/terkandung di dalam air. Cara yang lebih efektif adalah memasak atau merebus air yang akan kita konsumsi hingga mendidih.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Radiasi dan Pemanasan Dengan Menggunakan Sinar Matahari <p>Proses radiasi ultra violet dan pemanasan air dengan menggunakan sinar matahari ini dapat dilakukan dengan bantuan wadah logam ataupun botol transparan. Botol transparan yang digunakan umumnya adalah botol plastik. Untuk mengantisipasi bahaya dari pemakaian plastik, sebaiknya gunakan botol plastik dengan nomor logo daur ulang 1 atau PETE/PET (polyethylene terephthalate), atau lebih baik lagi bila anda memiliki botol bernomor 5 atau PP (polypropylene).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penambahan Asam Atau Basa <p>Jika air terkontaminasi virus kolera, maka air bisa ditambahkan jeruk nipis untuk menurunkan pH sehingga turun dan virus kolera mati.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 3 jika menjawab 3 metode yang benar untuk menghilangkan kuman penyakit dari air. • 2 jika menjawab 2 metode yang benar untuk menghilangkan kuman penyakit dari air. • jika menjawab 1 metode yang benar untuk menghilangkan kuman penyakit dari air. • jika tidak menjawab dengan benar metode menghilangkan kuman penyakit dari air.
6	<p>Kebiasaan membuang sampah disungai akan menyebabkan</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pendangkalan Sungai <p>Membuang sampah sembarangan di sungai dapat membuat penumpukan sampah di dasar sungai sampah yang menumpuk kemudian menghambat sedimen dan benda-benda lainnya dalam aliran sungai menciptakan tumpukan sampah juga lumpur yang membuat sungai menjadi dangkal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 4, jika mampu menganalisis 4 dampak negative membuang sampah di sungai • 3, jika mampu menganalisis 3 dampak negative membuang sampah di Sungai

	<ul style="list-style-type: none"> • Banjir <p>Menumpuknya sampah di Sungai ketika hujan besar atau ada kiriman air, sungai tidak mampu menyediakan volume yang cukup untuk air mengalir. Sehingga sering terjadi banjir kecil atau besar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menurunnya kadar oksigen dalam air pembusukan sampah dilakukan oleh mikroorganisme aerob (menggunakan udara untuk hidup). Sampah dalam sungai juga membuat air keruh, sehingga sinar matahari tidak masuk ke dalam air • Sumber penyakit sungai yang tercemar sampah merupakan tempat berkembangnya bakteri penyebar penyakit. jika air tercemar tersebut dikonsumsi, bakteri akan masuk ke dalam tubuh dan menyebabkan berbagai macam penyakit. 	<ul style="list-style-type: none"> • 2, jika mampu menganalisis 2 dampak negative membuang sampah di sungai • 1, jika mampu menganalisis 1 dampak negative membuang sampah di sungai • 0, jika salah atau tidak mampu menganalisis dampak negative membuang sampah di Sungai
7	<p>Isu lingkungan dalam wacana adalah:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perebusan bahan alami pada pembuatan warna benang tenun dilakukan dalam waktu yang cukup lama dengan waktu tersingkat 4 jam, bisa mempengaruhi kondisi udara disekitar produksi tenun. • Pembakaran gerabah yang dilakukan di halaman masing masing masyarakat yang membuat gerabah juga mempengaruhi kondisi udara di sekitar industri gerabah sehingga berdampak negative bagi lingkungan dan Kesehatan Masyarakat. 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 jika bisa menjelaskan 2 isu lingkungan yang ada dalam wacana • 1 jika bisa menjelaskan 1 isu lingkungan yang ada dalam wacana • 0 jika bisa menjelaskan 0 isu lingkungan yang ada dalam wacana
8	<p>Sumber sumber pencemaran udara dan jelaskan akibatnya</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proses pembakaran Bahan Bakar Minyak (BBM) dan bahan bakar fosil lainnya yang dibuang ke lingkungan. Pembakaran ini menghasilkan Nitrogen Oksida (NO_x). 	<ul style="list-style-type: none"> • 3 jika menjelaskan 3 sumber pencemaran udara • 2 jika menjawab 2 metode yang benar untuk menghilangkan

	<p>Gas NO_x berbahaya bagi kesehatan dan ternak, dan dikawasan pertanian dapat merusak hasil panen.</p> <p>1. Proses pembangkit Listrik dan industri yang menggunakan bahan bakar batu bara sebagai bahan bakar utamanya akan menghasilkan Belerang Oksida (SO_x), khususnya belerang dioksida (SO₂) dan belerang trioksida (SO₃). Belerang oksida juga merupakan salah satu bentuk gas hasil kegiatan vulkanik, erupsi gunung berapi, sumber air panas dan uap. Belerang oksida juga mengganggu kesehatan khususnya penglihatan dan selaput lender sekitar saluran pernapasan (hidung, kerongkongan dan lambung). Di kawasan pertanian, gas-gas belerang oksida ini dapat merusak hasil panen.</p> <p>2. Partikel-partikel, berasal dari asap (terutama pembakaran kayu, sampah, batubara) berupa partikel-partikel debu halus dan agak kasar yang berasal dari kegiatan manusia. Partikel partikel debu dapat berada dilingkungan dalam jangka waktu yang lama. Debu akan berdampak pada Kesehatan lingkungan</p>	<p>kuman penyakit dari air.</p> <ul style="list-style-type: none"> • jika menjawab 1 metode yang benar untuk menghilangkan kuman penyakit dari air. • jika tidak menjawab dengan benar metode menghilangkan kuman penyakit dari air.
9	<p>Mencegah meningkatnya emisi gas rumah kaca</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan Sumber Energi Terbarukan <p>Penggunaan sumber energi terbarukan semakin penting dalam upaya mengurangi ketergantungan kita pada bahan bakar fosil yang terbatas dan berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca. Sumber energi terbarukan didapatkan dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui, seperti matahari, angin, air, dan panas bumi.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menghemat Penggunaan Energi Listrik <p>Pastikan untuk menggunakan energi listrik seperlunya saja. Dengan demikian, kita dapat berkontribusi dalam upaya mengurangi penggunaan energi yang berasal dari batu bara mulai dari hal terkecil.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 4, jika mampu menganalisis 4 metode untuk mencegah peningkatan emisi gas rumah kaca • 3, jika mampu menganalisis 3 metode untuk mencegah peningkatan emisi gas rumah kaca

	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan Pupuk Kimia diganti Menjadi Pupuk Organik <p>Untuk membuat hasil pertanian melimpah, tidak harus selalu menggunakan pupuk kimia, tapi bisa menggunakan pupuk organik. Apabila penggunaan pupuk kimia dapat berkurang, maka emisi gas dinitrogen oksida dapat berkurang.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengolah Limbah dari Peternakan <p>Limbah peternakan merupakan salah satu penyumbang efek rumah kaca yang cukup berpengaruh terutama untuk limbah peternakan. Untuk mengurangi emisi karbon dioksida dan metana yang terdapat pada limbah peternakan, perlu dilakukan pengolahan limbah tersebut menjadi biogas yang dapat dimanfaatkan untuk sumber energi alternatif yang dapat menggantikan bahan bakar fosil.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2, jika mampu menganalisis 2 metode untuk mencegah peningkatan emisi gas rumah kaca • 1, jika mampu menganalisis 1 metode untuk mencegah peningkatan emisi gas rumah kaca • 0, jika tidak atau salah menjawab metode untuk mencegah peningkatan emisi gas rumah kaca
10	<p>Hujan dalam keadaan normal salah satunya mengandung HCO_3, tidak berbahaya bagi lingkungan karena merupakan asam lemah sehingga tidak berbahaya bagi lingkungan. Meskipun HCO_3 termasuk kedalam golongan asam lemah dalam kandungan air hujan, namun penentuan konsentrasi HCO_3 penting dilakukan karena merupakan komponen yang penting untuk monitoring hujan asam.</p> <p>Hujan asam mengandung H_2SO_4 dan HNO_3 yang mengakibatkan pH air hujan menjadi rendah 4,2 sampai 4,4. pH dibawah 4 dapat menyebabkan korosi dan merusak lingkungan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2 jika bisa menganalisis hujan asam dan hujan biasa • jika bisa menganalisis salah satu saja antara hujan asam atau hujan biasa • 0 jika tidak atau salah menganalisis tentang hujan asam dan hujan biasa.
11	<p>1. Kondisi hutan dengan tanaman yang mengalami kekeringan dan kematian setelah terjadi hujan, karena hujan asam juga dapat menyebabkan tanah kehilangan kandungan nutrisi serta mineralnya dan mengakibatkan</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 3, jika mampu menganalisis 3 ciri ciri suatu daerah telah terkena hujan asam

	<p>pelepasan zat-zat beracun bagi pohon dan tanaman, misalnya aluminium ke dalam tanah.</p> <p>2. Banyak terjadi kematian hewan, karena hujan asam akan mengurangi kalsium, dan meningkatkan kadar karbon dioksida dalam air yang membuat ikan terdampak tidak bisa bernapas, pada akhirnya akan mati mengambang. Matinya hewan pada ekosistem air akan mengurangi makanan bagi pemakan rantai makanan lain seperti burung, ular, dan juga beruang. Hal ini bisa menyebabkan kelaparan berkepanjangan bagi hewan-hewan tersebut.</p> <p>3. Terjadinya kerusakan bangunan dan infrastruktur karena Asam sulfat dan asam nitrat merupakan asam kuat yang dapat melarutkan besi dan material lain.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2, jika mampu menganalisis 2 ciri ciri suatu daerah telah terkena hujan asam • 1, jika mampu menganalisis 1 ciri ciri suatu daerah telah terkena hujan asam • 0, jika tidak atau salah menganalisis ciri ciri suatu daerah telah terkena hujan asam
12	<p>1. Penggunaan kendaraan bermotor berperan dalam hujan asam. Asap yang keluar dari knalpot kendaraan mengandung nitrogen oksida (NOx) dan senyawa organik volatil (VOCs). Ketika dua zat ini bereaksi di udara, nantinya akan dapat membentuk asam nitrat yang kemudian turun bersama hujan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2, jika mampu menjelaskan dengan tepat dan lengkap • 0, jika tidak mampu menjelaskan dengan tepat dan benar
13	<ul style="list-style-type: none"> • Limbah cair hasil produksi tempe yang langsung dibuang ke perairan maka dalam waktu yang relatif singkat akan menimbulkan bau busuk dari gas H₂S, amoniak ataupun fosfin sebagai akibat dari terjadinya fermentasi limbah organik tersebut. • Limbah cair hasil produksi tempe yang dibuang ke sungai dapat menyebabkan air sungai yang tadinya jernih menjadi berwarna keruh sehingga tidak layak digunakan untuk mandi dan mencuci. • Ketidak seimbangan lingkungan baik fisik, kimia maupun biologis dari perairan yang setiap hari menerima beban limbah dari proses produksi tempe tersebut, akan dapat mempengaruhi kualitas air dan kehidupan organisme yang ada di perairan itu. 	<ul style="list-style-type: none"> • 6, jika mampu menjelaskan 6 dampak pencemaran limbah cair tahu bagi perairan • 5, jika mampu menjelaskan 5 dampak pencemaran limbah cair tahu bagi perairan • 4, jika mampu menjelaskan 4 dampak pencemaran limbah cair tahu bagi perairan

	<ul style="list-style-type: none"> • Komposisi kedelai dan tempe yang sebagian besar terdiri dari protein, karbohidrat dan lemak, maka dalam limbahnya pun dapat diduga akan terkandung unsur-unsur tersebut. Dalam banyak hal, akibat nyata dari polutan organik adalah penurunan konsentrasi oksigen terlarut dalam air karena dibutuhkan untuk proses penguraian zat - zat organik. • Suhu limbah cair yang berasal dari rebusan kedelai rata-rata mencapai 75°C. Apabila setiap hari perairan memperoleh pasokan limbah cair dengan suhu yang tinggi maka akan membahayakan kehidupan organisme air. • Limbah cair dari proses pembuatan tempe bisa memiliki sifat yang biodegradable yaitu merupakan limbah atau bahan buangan yang dapat dihancurkan oleh mikroorganisme. Bahan buangan biodegradable merupakan nutrisi bagi tumbuhan air. Kandungan bahan buangan biodegradable yang tinggi pada perairan dapat menimbulkan eutrofikasi sehingga menyebabkan terjadinya blooming population beberapa tumbuhan air seperti Alga, Phytoplankton maupun Eceng Gondok. 	<ul style="list-style-type: none"> • 3, jika mampu menjelaskan 3 dampak pencemaran limbah cair tahu bagi perairan • 2, jika mampu menjelaskan 2 dampak pencemaran limbah cair tahu bagi perairan • 1, jika mampu menjelaskan 1 dampak pencemaran limbah cair tahu bagi perairan • 0, jika tidak menjelaskan atau salah menjelaskan dampak pencemaran limbah cair tahu bagi perairan
14	<p>Indikator Fisik perairan:</p> <p>Perairan yang mengalami pencemaran, beberapa parameter fisik yang dapat digunakan secara praktis untuk mengetahui tingkat pencemaran perairan adalah parameter kekeruhan (turbidity), bau (odors) dan warna (colours).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kekeruhan <p>Perubahan sifat fisik air menjadi keruh atau sangat keruh dipastikan sudah terjadi pencemaran air akibat partikel tersuspensi atau terlarut dalam air. Perubahan kekeruhan air sangat mudah diamati pada perairan sungai akibat aktivitas manusia di sepanjang daerah aliran sungai ataupun faktor hidrometeorologi.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 3, jika mampu menjelaskan 3 indikator fisik pencemaran air • 2, jika mampu menjelaskan 2 indikator fisik pencemaran air • 1, jika mampu menjelaskan 1 indikator fisik pencemaran air • 0, jika tidak atau salah menjelaskan indikator fisik pencemaran air

	<ul style="list-style-type: none"> • Bau <p>Demikian juga timbulnya bau dari air khususnya bau telur busuk (belerang) merupakan indikator sudah terjadinya penguraian bahan organik dalam air dalam kondisi anaerobik, karena sudah dihasilkan gas hidrogen sulfida (H₂S).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Warna <p>Parameter fisik lainnya yakni warna air juga dapat digunakan sebagai indikator pencemaran perairan. Bila air berubah warnanya menjadi merah, hijau atau kuning, sudah dapat dipastikan bahwa perairan sudah mengalami pencemaran akibat limbah industri yang mengandung zat warna atau akibat limbah domestik dan limbah pertanian yang mengandung limbah organik yang menyebabkan penyuburan yang berlebihan (Eutrophication), sehingga terjadi ledakan populasi fitoplankton jenis tertentu (blooming algae) yang menyebabkan perubahan warna air.</p>	
15	<ul style="list-style-type: none"> • Dilakukan treatment terhadap limbah cair tahu sebelum dibuang ke perairan • Pengolahan Limbah cair tahu sebagai pupuk dan pestisida bahkan fungisida organik sehingga mengurangi pembuangan limbah ke perairan. • Pengolahan limbah cair tahu menjadi Gas bio sehingga tidak dibuang begitu saja ke perairan. Beberapa industri menggunakan bak penampungan dalam pengelolaan air limbah tahu. Bak-bak penampungan tersebut ada yang dibuat sistem kedap udara/rapat udara dan ada yang sistem terbuka. Bak sistem kedap udara dengan proses anaerobik yang dapat menghasilkan gas alami (bio gas) yang kemudian ditampung dengan drum kemudian gas tersebut disalurkan melalui selang ke dapur yang dapat dimanfaatkan untuk kegiatan memasak. 	<ul style="list-style-type: none"> • 3, jika mampu menganalisis 3 cara mencegah limbah cair tahu mencemari perairan • 2, jika mampu menganalisis 3 cara mencegah limbah cair tahu mencemari perairan • 1, jika mampu menganalisis 3 cara mencegah limbah cair tahu mencemari perairan • 0, jika tidak atau salah menganalisis cara

		mencegah limbah cair tahu mencemari perairan
16	<ul style="list-style-type: none"> • Pengukuran pH kasar dapat dilakukan dengan menggunakan kertas lakmus atau jenis kertas pH lain. Tingkatan pH dapat diketahui dari perubahan warna di sekitar nilai pH tertentu. Kebanyakan indikator dan kertas pH hanya berguna untuk menentukan suatu zat bersifat asam atau basa atau untuk mengidentifikasi pH dalam kisaran yang sempit. • Pengukuran pH yang lebih akurat menggunakan standar primer untuk mengkalibrasi elektroda kaca dan pH meter. Elektroda bekerja dengan mengukur beda potensial antara elektroda hidrogen dan elektroda standar. Contoh elektroda standar adalah perak klorida. 	<ul style="list-style-type: none"> • 4, jika mampu menjelaskan 2 metode penentuan pH • 2, jika mampu menjelaskan 1 metode penentuan pH • 0, jika tidak atau salah metode penentuan pH
17	<ul style="list-style-type: none"> • Berdasarkan grafik, perkiraan limbah cair tahu tertinggi yang dibuang disungai pada bulan Agustus tahun 2020, hal ini bisa dijelaskan karena pada bulan agustus terlihat nilai pH air sungai palimg rendah yaitu 5,7. Semakin rendah pH menunjukkan semakin tinggi kandungan limbah organik yang masuk ke perairan. Limbah cair tahu yang mengandung senyawa organik juga bersifat asam sehingga dapat menurunkan pH air sungai. 	<p>2, jika mampu menganalisis penyebab turunnya nilai pH</p> <p>0, jika tidak atau salah menganalisis penyebab turunnya nilai pH</p>
18	<ul style="list-style-type: none"> • Limbah cair tahu tempe mengandung protein tinggi dan akan mengalami pembusukan sehingga menghasilkan gas H₂S, amoniak atau fosfin yang dalam waktu relatif singkat akan menimbulkan bau busuk. Adanya proses pembusukan, akan menimbulkan bau yang tidak sedap, terutama pada musim kemarau dengan debit air yang berkurang 	<p>1, jika mampu menjelaskan penyebab bau busuk di daerah industri tahu tempe</p> <p>0, jika tidak atau salah menjelaskan penyebab bau busuk di daerah industri tahu tempe</p>

Lampiran 13. Lembar validasi instrumen literasi lingkungan oleh Ahli I



**LEMBAR VALIDASI
INSTRUMEN LITERASI LINGKUNGAN**

Judul Penelitian : Pengembangan E-Modul Mata Kuliah Kimia Lingkungan Berbasis Etnosains terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Literasi Lingkungan Mahasiswa

Jenis Penelitian : Pendidikan

Sasaran Penelitian : Mahasiswa Prodi Pendidikan Kimia

Penyusun : Syarifa Wahidah Al Idrus

Prodi : S3 Ilmu Pendidikan

Konsentrasi : Pendidikan IPA

Bapak/ Ibu yang terhormat,

Kami memohon bantuan Bapak/ Ibu untuk mengisi angket ini. Angket ini ditujukan untuk mengetahui pendapat Bapak/ Ibu tentang "Instrumen Literasi Lingkungan". Instrumen ini akan digunakan untuk menguji efektifitas E-Modul Mata Kuliah Kimia Lingkungan Berbasis Etnosains terintegrasi STEM yang telah dikembangkan.

Saya ucapkan terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu menjadi validator dan mengisi lembar validasi ini.

Petunjuk Pengisian

- Isilah tanda check (√) pada kolom yang Bapak/ Ibu anggap sesuai dengan aspek penilaian yang ada.
- Kriteria penilaian:
 - = Kurang
 - = Cukup
 - = Baik
 - = Sangat Baik
- Berikanlah komentar berdasarkan kriteria penilaian yang dipilih!

Identitas Judges

Nama : Prof. Dr. Wayan Kadekha, M.S.
 NIP : 1952032199103101
 Bidang Keahlian : Pendidikan IPA
 Instansi : Udayana

No.	Aspek yang dinilai	Skor				Saran
		1	2	3	4	
A. Materi						
1.	Soal sesuai dengan indikator pada kisi-kisi.		√			
2.	Kesesuaian soal dengan materi Kimia lingkungan				√	
3.	Kesesuaian soal dengan tujuan pembelajaran.	√				tidak tahu fungsi Paedagog
4.	Soal sesuai dengan indikator kemampuan literasi lingkungan pada kisi-kisi.		√			
5.	Keterkaitan contoh materi dengan kondisi yang ada di lingkungan sekitar.				√	

6	Keterkaitan contoh materi dengan etnosains.			✓	
6.	Kesesuaian tingkat kesulitan dan keabstrakan konsep dengan perkembangan kognitif Mahasiswa			✓	
B. Konstruksi					
1.	Soal dirumuskan secara jelas dan tegas.			✓	
2.	Soal tidak memberi petunjuk ke arah jawaban yang benar.	✓		✓	
3.	Soal tidak mengandung pernyataan yang bersifat negatif ganda.			✓	
4.	Gambar, grafik, tabel, diagram, wacana dan sejenisnya yang terdapat pada soal jelas dan berfungsi.			✓	
5.	Soal tidak menggunakan ungkapan atau kata yang bermakna tidak pasti seperti sebaiknya, umumnya, kadang-kadang.			✓	
6.	Soal tidak bergantung pada jawaban soal sebelumnya.			✓	
C. Bahasa atau Budaya					
1	Setiap soal menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia.			✓	
2	Bahasa yang digunakan bersifat komunikatif.			✓	
3	Soal sudah memenuhi unsur budaya atau etnosains Lombok			✓	
D. Tampilan Instrumen					
1	Petunjuk pengisian soal dituliskan dengan urutan yang benar dan mudah dipahami.			✓	
2	Soal dituliskan dengan urutan yang benar dan mudah dipahami.			✓	
3	Tampilan instrumen uraian mudah digunakan.			✓	

A. Catatan Umum

Berikanlah catatan umum mengenai hasil evaluasi instrumen literasi *lingkungan* yang telah dikembangkan!

1. Perlu dibuat hubung antara indikator soal vs. indikator soal

Sed telah direvisi

Cirengaji 30 Mei 2024

Validator

Prof. Dr. Iw. Perham, M. S

NIP. 196203 287991 031001





Lampiran 14. Lembar validasi instrumen keterampilan berpikir kritis oleh Ahli I



**LEMBAR VALIDASI
INSTRUMEN BERPIKIR KRITIS**

Judul Penelitian : Pengembangan E-Modul Mata Kuliah Kimia Lingkungan Berbasis Etnosains terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Literasi Lingkungan Mahasiswa

Jenis Penelitian : Pendidikan

Sasaran Penelitian : Mahasiswa Prodi Pendidikan Kimia

Penyusun : Syarifah Wahidah Al Idrus

Prodi : S3 Ilmu Pendidikan

Konsentrasi : Pendidikan IPA

Bapak/ Ibu yang terhormat,

Kami memohon bantuan Bapak/ Ibu untuk mengisi angket ini. Angket ini ditujukan untuk mengetahui pendapat Bapak/ Ibu tentang "Instrumen Berpikir Kritis". Instrumen ini akan digunakan untuk menguji efektifitas E-Modul Mata Kuliah Kimia Lingkungan Berbasis Etnosains terintegrasi STEM yang telah dikembangkan.

Saya ucapkan terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu menjadi validator dan mengisi lembar validasi ini.

Petunjuk Pengisian

- Isilah tanda check (✓) pada kolom yang Bapak/ Ibu anggap sesuai dengan aspek penilaian yang ada.
- Kriteria penilaian:
 - = Kurang
 - = Cukup
 - = Baik
 - = Sangat Baik
- Berikanlah komentar berdasarkan kriteria penilaian yang dipilih!

Identitas Judges

Nama : Prof. Dr. Mulya Rahana, M.S.
 NIP : 195031991031001
 Bidang Keahlian : Pendidikan IPA
 Instansi : UNM

No.	Aspek yang dinilai	Skor				Saran
		1	2	3	4	
A. Materi						
1.	Soal sesuai dengan indikator pada kisi-kisi.	✓				soal lebih ke menginterpretasi. dan pada menginterpretasi
2.	Kesesuaian soal dengan materi Kimia lingkungan				✓	
3.	Kesesuaian soal dengan tujuan pembelajaran.	✓				tidak tahu
4.	Soal sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis pada kisi-kisi.	✓				
5.	Keterkaitan contoh materi dengan kondisi yang ada di lingkungan sekitar.			✓		

6	Keterkaitan contoh materi dengan etnosains.			✓		
6.	Kesesuaian tingkat kesulitan dan keabstrakan konsep dengan perkembangan kognitif Mahasiswa		✓			
B. Konstruk						
1.	Soal dirumuskan secara jelas dan tegas.			✓		
2.	Soal tidak memberi petunjuk ke arah jawaban yang benar.			✓		
3.	Soal tidak mengandung pernyataan yang bersifat negatif ganda.			✓		
4.	Gambar, grafik, tabel, diagram, wacana dan sejenisnya yang terdapat pada soal jelas dan berfungsi.			✓		
5.	Soal tidak menggunakan ungkapan atau kata yang bermakna tidak pasti seperti sebaiknya, umumnya, kadang-kadang.			✓		
6.	Soal tidak bergantung pada jawaban soal sebelumnya.				✓	
C. Bahasa atau Budaya						
1	Setiap soal menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia.			✓		
2	Bahasa yang digunakan bersifat komunikatif.			✓		
3	Soal sudah memenuhi unsur budaya atau etnosains Lombok			✓		
D. Tampilan Instrumen						
1	Petunjuk pengisian soal dituliskan dengan urutan yang benar dan mudah dipahami.			✓		
2	Soal dituliskan dengan urutan yang benar dan mudah dipahami.			✓		

A. Catatan Umum

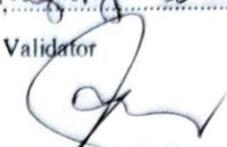
Berikanlah catatan umum mengenai hasil evaluasi instrumen berpikir kritis yang telah dikembangkan!

1. Soal sebaiknya 2-3 per-item.
2. Perlu subkuesioner definisi operasional indikator dan sub indikator keef. berpikir kritis
3. yang paling penting adalah kesesuaian soal dg indikator / sub indikator, walaupun per butir yang lain terpenuhi
4. Soal perlu direvisi
5. Perlu diingat hubung indikator / sub indikator vs. nomor soal

Soal perlu review

Magelang, 30 Mei 2024

Validator


Prof. Dr. Iw. Perham, M. S.
NIP. 196003 21 991 03 1021



Lampiran 15. Lembar validasi instrumen literasi lingkungan Ahli II

LEMBAR VALIDASI

INSTRUMEN LITERASI LINGKUNGAN

Judul Penelitian : Pengembangan E-Modul Mata Kuliah Kimia Lingkungan Berbasis Etnosains terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Literasi Lingkungan Mahasiswa

Jenis Penelitian : Pendidikan

Sasaran Penelitian : Mahasiswa Prodi Pendidikan Kimia

Penyusun : Syarifa Wahidah Al Idrus

Prodi : S3 Ilmu Pendidikan

Konsentrasi : Pendidikan IPA

Bapak/ Ibu yang terhormat,

Kami memohon bantuan Bapak/ Ibu untuk mengisi angket ini. Angket ini ditujukan untuk mengetahui pendapat Bapak/ Ibu tentang “Instrumen Literasi Lingkungan”. Instrumen ini akan digunakan untuk menguji efektifitas E-Modul Mata Kuliah Kimia Lingkungan Berbasis Etnosains terintegrasi STEM yang telah dikembangkan.

Saya ucapkan terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu menjadi validator dan mengisi lembar validasi ini.

Petunjuk Pengisian

1. Isilah tanda check (√) pada kolom yang Bapak/ Ibu anggap sesuai dengan aspek penilaian yang ada.
2. Kriteria penilaian:
 - 1 = Kurang
 - 2 = Cukup
 - 3 = Baik
 - 4 = Sangat Baik
3. Berikanlah komentar berdasarkan kriteria penilaian yang dipilih!

Identitas Judges

Nama :

NIP :

Bidang Keahlian :

Instansi :

No.	Aspek yang dinilai	Skor				Saran
		1	2	3	4	
A. Materi						
1.	Soal sesuai dengan indikator pada kisi-kisi.				√	
2.	Kesesuaian soal dengan materi Kimia lingkungan				√	
3.	Kesesuaian soal dengan tujuan pembelajaran.				√	
4.	Soal sesuai dengan indikator kemampuan literasi lingkungan pada kisi-kisi.				√	
5.	Keterkaitan contoh materi dengan kondisi yang ada di lingkungan sekitar.				√	
6.	Keterkaitan contoh materi dengan etnosains.				√	
6.	Kesesuaian tingkat kesulitan dan keabstrakan konsep dengan perkembangan kognitif Mahasiswa			√		
B. Konstruksi						
1.	Soal dirumuskan secara jelas dan tegas.			√		
2.	Soal tidak memberi petunjuk ke arah jawaban yang benar.			√		
3.	Soal tidak mengandung pernyataan yang bersifat negatif ganda.			√		
4.	Gambar, grafik, tabel, diagram, wacana dan sejenisnya yang terdapat pada soal jelas dan berfungsi.			√		
5.	Soal tidak menggunakan ungkapan atau kata yang bermakna tidak pasti seperti sebaiknya, umumnya, kadang-kadang.			√		
6.	Soal tidak bergantung pada jawaban soal sebelumnya.			√		
C. Bahasa atau Budaya						

1	Setiap soal menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia.			√		
2	Bahasa yang digunakan bersifat komunikatif.			√		
3	Soal sudah memenuhi unsur budaya atau etnosains Lombok			√		
D. Tampilan Instrumen						
1	Petunjuk pengisian soal dituliskan dengan urutan yang benar dan mudah dipahami.			√		
2	Soal dituliskan dengan urutan yang benar dan mudah dipahami.			√		
3	Tampilan instrumen uraian mudah digunakan.			√		

A. Catatan Umum

Berikanlah catatan umum mengenai hasil evaluasi instrumen literasi *lingkungan* yang telah dikembangkan!

1. Perintah soal dapat disederhanakan menjadi “Gunakan teks 1 untuk menjawab pertanyaan nomor 1-3” (Contoh perintah yang disederhanakan saja)
2. Sumber bacaan/informasi perlu dicantumkan meskipun kalimat sudah diparafrasa atau dikembangkan sendiri.

Validator



Dr. Yunita Arian Sani

Anwar, M.Si

NIP.

198204042005012003

Lampiran 16. Lembar Validasi Instrumen Berpikir Kritis oleh Ahli II

**LEMBAR VALIDASI
INSTRUMEN BERPIKIR KRITIS**

Judul Penelitian : Pengembangan E-Modul Mata Kuliah Kimia Lingkungan Berbasis Etnosains terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Literasi Lingkungan Mahasiswa

Jenis Penelitian : Pendidikan

Sasaran Penelitian : Mahasiswa Prodi Pendidikan Kimia

Penyusun : Syarifa Wahidah Al Idrus

Prodi : S3 Ilmu Pendidikan

Konsentrasi : Pendidikan IPA

Bapak/ Ibu yang terhormat,

Kami memohon bantuan Bapak/ Ibu untuk mengisi angket ini. Angket ini ditujukan untuk mengetahui pendapat Bapak/ Ibu tentang “Instrumen Berpikir Kritis”. Instrumen ini akan digunakan untuk menguji efektifitas E-Modul Mata Kuliah Kimia Lingkungan Berbasis Etnosains terintegrasi STEM yang telah dikembangkan.

Saya ucapkan terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu menjadi validator dan mengisi lembar validasi ini.

Petunjuk Pengisian

4. Isilah tanda check (√) pada kolom yang Bapak/ Ibu anggap sesuai dengan aspek penilaian yang ada.
5. Kriteria penilaian:
 - 1 = Kurang
 - 2 = Cukup
 - 3 = Baik
 - 4 = Sangat Baik
6. Berikanlah komentar berdasarkan kriteria penilaian yang dipilih!

Identitas Judges

Nama : Dr. Yunita Arian Sani Anwar, M.Si
 NIP : 198204042005012003
 Bidang Keahlian : Pendidikan Kimia
 Instansi : FKIP Universitas Mataram

No.	Aspek yang dinilai	Skor			
		1	2	3	4
A. Materi					
1.	Soal sesuai dengan indikator pada kisi-kisi.			√	
2.	Kesesuain soal dengan materi Kimia lingkungan				√
3.	Kesesuain soal dengan tujuan pembelajaran.			√	
4.	Soal sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis pada kisi-kisi.			√	
5.	Keterkaitan contoh materi dengan kondisi yang ada di lingkungan sekitar.				√
6.	Keterkaitan contoh materi dengan etnosains.			√	
6.	Kesesuaian tingkat kesulitan dan keabstrakan konsep dengan perkembangan kognitif Mahasiswa			√	
B. Konstruk					
1.	Soal dirumuskan secara jelas dan tegas.				√
2.	Soal tidak memberi petunjuk ke				√

	arah jawaban yang benar.				
3.	Soal tidak mengandung pernyataan yang bersifat negatif ganda.			√	
4.	Gambar, grafik, tabel, diagram, wacana dan sejenisnya yang terdapat pada soal jelas dan berfungsi.			√	
5.	Soal tidak menggunakan ungkapan atau kata yang bermakna tidak pasti seperti sebaiknya, umumnya, kadang-kadang.				√
6.	Soal tidak bergantung pada jawaban soal sebelumnya.				√
C. Bahasa atau Budaya					
1	Setiap soal menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia.			√	
2	Bahasa yang digunakan bersifat komunikatif.				√
3	Soal sudah memenuhi unsur budaya atau etnosains Lombok				√
D. Tampilan Instrumen					
1	Petunjuk pengisian soal dituliskan dengan urutan yang benar dan mudah dipahami.				√
2	Soal dituliskan dengan urutan yang benar dan mudah dipahami.			√	

B. Catatan Umum

Berikanlah catatan umum mengenai hasil evaluasi instrumen berpikir kritis yang telah dikembangkan!

1. Beberapa kalimat perlu diubah menjadi kalimat efektif seperti pada soal no. 1 disarankan menggunakan kalimat “Sejak pertama kali didirikan, industri tahu tempe di Kekalik Mataran memiliki kebiasaan membuang limbah industry di Sungai. Jenis limbah yang dominan dihasilkan pada industry ini adalah

2. Alangkah baiknya jika ada paragraf yang dapat menjadi petunjuk mahasiswa dalam menganalisis pertanyaan yang diberikan. Satu paragraf yang mengandung etnosains dapat digunakan menjawab 2-3 pertanyaan dengan indikator berpikir kritis yang terhubung dengan literasi dan numerasi.

Validator



Dr. Yunita Arian
Sani Anwar, M.Si
NIP.

198204042005012003

Lampiran 17. Rekap hasil validitas Ahli menggunakan Aiken's V (Berpikir Kritis)

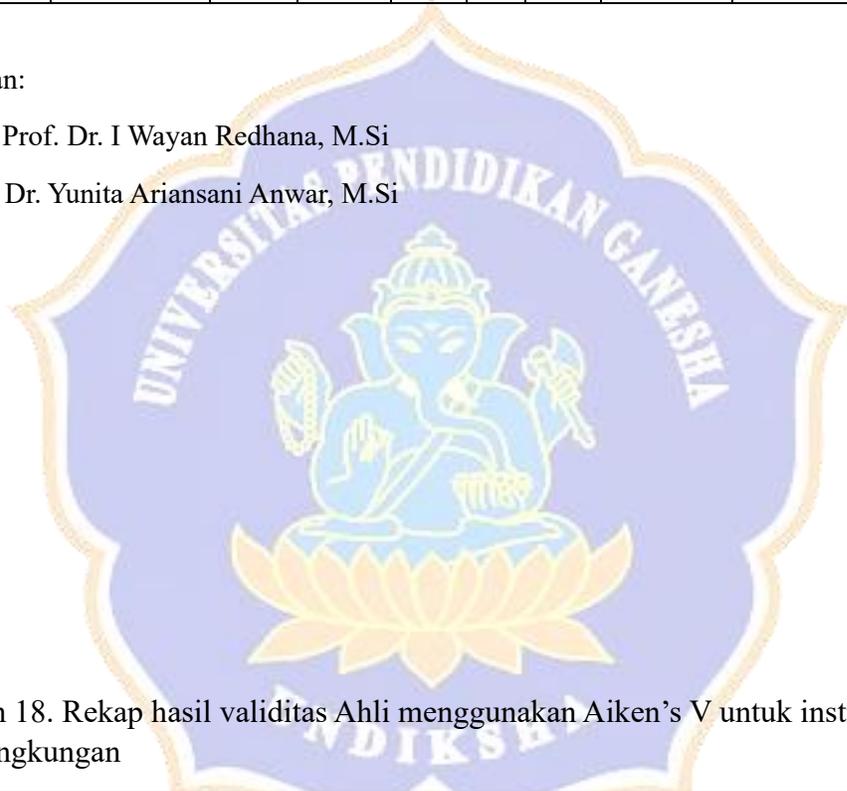
Aspek yang dinilai	Pernyataan	Ahli II	Ahli I	S1	S2	$\sum S$	$n*(4-1)$	
Materi	1	3	1	2	0	2	6	0,333333
	2	4	4	3	3	6	6	1
	3	3	1	2	0	2	6	0,333333
	4	3	1	2	0	2	6	0,333333
	5	4	3	3	2	5	6	0,833333
	6	4	3	3	2	5	6	0,833333
	7	3	2	2	1	3	6	0,5
Konstruk	1	3	3	2	2	4	6	0,666667
	2	4	3	3	2	5	6	0,833333
	3	4	3	3	2	5	6	0,833333
	4	3	3	2	2	4	6	0,666667

	5	3	3	2	2	4	6	0,666667
	6	4	4	3	3	6	6	1
Bahasa dan budaya	1	4	3	3	2	5	6	0,833333
	2	4	3	3	2	5	6	0,833333
	3	3	3	2	2	4	6	0,666667
Tampilan Instrumen	1	4	3	3	2	5	6	0,833333
	2	4	3	3	2	5	6	0,833333
								0,712963

Keterangan:

Judges I : Prof. Dr. I Wayan Redhana, M.Si

Judges II: Dr. Yunita Ariansani Anwar, M.Si



Lampiran 18. Rekap hasil validitas Ahli menggunakan Aiken's V untuk instrument literasi lingkungan

Aspek yang dinilai	Pernyataan	Ahli II	Ahli I	S1	S2	ΣS	$n*(4-1)$	
Materi	1	4	2	3	1	4	6	0,666667
	2	4	4	3	3	6	6	1
	3	3	1	2	0	2	6	0,333333
	4	4	2	3	1	4	6	0,666667
	5	4	4	3	3	6	6	1

	6	4	4	3	3	6	6	1
	7	3	3	2	2	4	6	0,666667
Konstruk	1	4	3	3	2	5	6	0,833333
	2	3	3	2	2	4	6	0,666667
	3	4	3	3	2	5	6	0,833333
	4	3	3	2	2	4	6	0,666667
	5	3	3	2	2	4	6	0,666667
	6	4	4	3	3	6	6	1
bahasa/budaya	1	3	3	2	2	4	6	0,666667
	2	4	4	3	3	6	6	1
	3	3	3	2	2	4	6	0,666667
Tampilan	1	4	3	3	2	5	6	0,833333
	2	4	3	3	2	5	6	0,833333
								0,777778

Keterangan:

Judges I : Prof. Dr. I Wayan Redhana, M.Si

Judges II: Dr. Yunita Ariansani Anwar, M.Si

Lampiran 19. hasil validasi butir soal berpikir kritis

		BUTIR SOAL																											
Respon den		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
		1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
	2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	3	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	4	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	5	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1

LEMBAR VALIDASI
E-MODUL MATA KULIAH KIMIA LINGKUNGAN BERBASIS ETNOSAINS
TERINTEGRASI STEM
UNTUK AHLI KONTEN DAN BUDAYA

Judul Penelitian : Pengembangan E-Modul Mata Kuliah Kimia Lingkungan Berbasis Etnosains terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Literasi Lingkungan Mahasiswa

Jenis Penelitian : Pendidikan

Sasaran Penelitian : Mahasiswa Prodi Pendidikan Kimia

Penyusun : Syarifa Wahidah Al Idrus

Prodi : S3 Ilmu Pendidikan

Konsentrasi : Pendidikan IPA

Bapak/ Ibu yang terhormat,

Kami memohon bantuan Bapak/ Ibu untuk mengisi angket ini. Angket ini ditujukan untuk mengetahui pendapat Bapak/ Ibu tentang “E-Modul Mata Kuliah Kimia Lingkungan Berbasis Etnosains Terintegrasi STEM”. Aspek penilaian ini terdiri atas kelayakan isi dan kelayakan penyajian yang dimodifikasi dari BSNP (Purwono, 2008) serta integrasi konteks etnosains dan STEM sesuai dengan uraian tabel berikut:

No	Aspek	Definisi Operasional
1	Kelayakan Isi	Kelayakan isi pada produk pengembangan dapat dicermati melalui kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran, keakuratan atau kebenaran materi, kemutakhiran materi, dan kemampuan untuk menggerakkan pemikiran kritis.
2	Kelayakan Penyajian	Kelayakan penyajian pada produk pengembangan dapat dicermati melalui teknik penyajian, pendukung penyajian, penyajian pembelajaran, dan keutuhan makna dalam kegiatan belajar.
3	Integrasi Konteks etnosains dan STEM	Integrasi konteks etnosains dalam isi produk pengembangan dapat dicermati melalui sajian materi yang diinisiasi fenomena dalam kehidupan sehari-hari atau etnosains, penjabaran materi berdasarkan STEM, gambar ilustrasi, dan dampak instruksionalnya.

Saya ucapkan terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu menjadi validator dan mengisi lembar validasi ini.

Petunjuk Pengisian

7. Isilah tanda check (√) pada kolom yang Bapak/ Ibu anggap sesuai dengan aspek penilaian yang ada.
8. Kriteria penilaian:
 - 1 = Sangat Tidak Sesuai
 - 2 = Tidak Sesuai
 - 3 = Kurang Sesuai
 - 4 = Sesuai
 - 5 = Sangat Sesuai
9. Berikanlah komentar berdasarkan kriteria penilaian yang dipilih!

Identitas Judges

Nama : Prof. Dr. Drs. I Wayan Suja, M.Si.
NIP : 196703201993031002
Bidang Keahlian : Pendidikan Kimia (Etnokimia)
Instansi : Universitas Pendidikan Kimia

C. Kelayakan Isi

No	Indikator Penilaian	Skala Penilaian					Saran Perbaikan
		1	2	3	4	5	
1	Materi pada e-modul sesuai dengan capaian pembelajaran.					√	
2	Materi pada e-modul memiliki kebenaran konsep dan definisi berdasarkan keilmuan dalam pembelajaran Kimia Lingkungan.				√		Materi sangat perlu dilengkapi dengan aspek kimia, misalnya kandungan kimia bahan pewarna alami lengkap dengan strukturnya yang menyebabkan timbulnya warna tertentu.
3	Materi pada e-modul benar dari segi fakta dan data.					√	
4	Gambar, tabel, dan/atau ilustrasi pada e-modul sesuai dengan materi.					√	

5	Istilah-istilah yang digunakan sesuai dengan materi.					√	
6	Acuan pustaka atau referensi yang digunakan sesuai dengan materi.					√	Penulisan daftar pustaka sesuaikan dengan acuan yang digunakan.
7	Materi bersifat aktual sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang Kimia lingkungan.					√	



No	Indikator Penilaian	Skala Penilaian					Saran Perbaikan
		1	2	3	4	5	
8	Materi dapat memperluas wawasan dan kecakapan abad ke-21.				√		
9	Materi mendorong/menggerakkan pikiran kritis dan perasaan pembaca sasaran untuk menerima gagasan baru atau mendalami kembali materi.					√	

D. Kelayakan Penyajian

No	Indikator Penilaian	Skala Penilaian					Saran Perbaikan
		1	2	3	4	5	
1	Penyajian materi memiliki konsistensi sistematika dan keruntutan konsep.					√	
2	Terdapat petunjuk penggunaan, pendahuluan, sajian konten pembelajaran, tes formatif atau evaluasi, dan referensi.					√	
3	Penyajian materi mencerminkan penjabaran STEM					√	
4	Penyajian materi mencerminkan keterlibatan mahasiswa.					√	

5	Penyajian materi memiliki keutuhan makna dalam kegiatan belajar.					√	
---	--	--	--	--	--	---	--



E. Integrasi Konteks Etnosains dan STEM

No	Indikator Penilaian	Skala Penilaian					Saran Perbaikan
		1	2	3	4	5	
1	Konteks Etnosains dan STEM dirumuskan dengan jelas, tegas, dan relevan dengan Kimia lingkungan.					√	
2	Konteks etnosains yang disajikan erat dalam pembiasaan kehidupan sehari-hari.					√	
3	Gambar ilustrasi konteks etnosains jelas dan relevan dengan materi pembelajaran.					√	
4	Konteks etnosains yang disajikan mampu mengonstruksi kemampuan berpikir kritis dan literasi lingkungan					√	
5	Penyajian isi e-modul berbasis etnosains terintegrasi STEM mampu mendorong timbulnya kemandirian dan inovasi dalam proses belajar.					√	

6	Konteks etnosains yang disajikan memperkaya wawasan kebudayaan mahasiswa.					√	
---	---	--	--	--	--	---	--



F. Catatan Umum

Berikanlah catatan umum mengenai hasil evaluasi *prototype* e-modul mata kuliah kimia lingkungan berbasis etnosains terintegrasi STEM yang telah dikembangkan!

1. Pastikan kebenaran sumber yang dipakai, misalnya halaman 14, apa benar pembakaran kayu bisa menghasilkan formaldehida, hidrokarboh dan metana? Dalam reaksi pembakaran di tempat terbuka, sangat tidak mungkin hal itu terjadi.
2. Ada beberapa kekeliruan penulisan rumus kimia dalam draf e-modul, misalnya di halaman 20.
3. Bedakan reaksi kimia dan perubahan fisika yang terjadi. Pada proses amalgamasi emas dengan merkuri, yang terjadi peristiwa pelarutan atau reaksi kimia? Jika hanya pelarutan (perubahan fisika), tidak akan terbentuk senyawa Au_2Hg_3 .
4. Kandungan kimia polutan tanah, air, dan udara, sesuaikan dengan kandungan kimia bahan yang menjadi bahan polutan tersebut.
5. Setiap kata yang bukan kata dalam bahasa Indonesia ketik dengan *Italic*.
6. Masih ada kerancuan penulisan kata depan di dan ke dengan awalan di- dan ke-. Jangan menggunakan kata penghubung di awal kalimat, misalnya Sehingga
7. Beberapa *link* yang diberikan pada e-modul tidak bisa dibuka.
8. Tata tulis daftar pustaka ikuti acuan yang berlaku.

Singaraja, 20 Juni
2024

Ahli Konten dan
Etnosains



Prof. Dr. I Wayan
Suja, M.Si.

NIP

1967032019930311

002

Lampiran 21. Rekap nilai validitas tiga (3) Ahli

Aspek yang dinilai	Pernyataan	ahli 1	ahli 2	ahli 3	S1	S2	S3	ΣS	$n*(4-1)$	V	Kriteria
Kelayakan isi	1	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat Valid
	2	4	4	5	3	3	4	10	12	0,833	Sangat Valid
	3	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat Valid
	4	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat Valid
	5	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat Valid
	6	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat Valid
	7	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat Valid
	8	4	5	4	3	4	3	10	12	0,833	Sangat Valid
	9	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat Valid
Kelayakan Penyajian	1	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat Valid
	2	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat Valid
	3	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat Valid
	4	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat Valid
	5	5	4	5	4	3	4	11	12	0,917	Sangat Valid
Integrasi Konteks etnosains dan STEM	1	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat Valid
	2	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat Valid
	3	5	5	4	4	4	3	11	12	0,917	Sangat Valid
	4	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat Valid
	5	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat Valid
	6	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat Valid

										0,975	Sangat Valid
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-------	--------------

Keterangan :

Judges I : Prof. Dr. I Wayan Suja, M.Si.

Judges II : Prof. Dr. Aliefman Hakim, M.Si

Judges III : Dr. Rahmawati, M.Si



Lampiran 22. Lembar validasi e-modul untuk aspek Media

**LEMBAR VALIDASI
E-MODUL MATA KULIAH KIMIA LINGKUNGAN BERBASIS ETNOSAINS
TERINTEGRASI STEM
UNTUK AHLI MEDIA**

Judul Penelitian : Pengembangan E-Modul Mata Kuliah Kimia Lingkungan Berbasis Etnosains terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Literasi Lingkungan Mahasiswa

Jenis Penelitian : Pendidikan

Sasaran Penelitian : Mahasiswa Prodi Pendidikan Kimia

Penyusun : Syarifa Wahidah Al Idrus

Prodi : S3 Ilmu Pendidikan

Konsentrasi : Pendidikan IPA

Bapak/Ibu yang terhormat,

Kami memohon bantuan Bapak/Ibu untuk mengisi angket ini. Angket ini ditujukan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu tentang “E-Modul Mata Kuliah Kimia Lingkungan Berbasis Etnosains Terintegrasi STEM”. Aspek penilaian ini terdiri atas kelayakan kegrafikaan yang dimodifikasi dari BSNP (Purwono, 2008) dan aksesibilitas yang secara rinci dapat dicermati sesuai dengan tabel berikut:

No	Aspek	Definisi Operasional
1	Kegrafikaan	Presentasi visual produk pengembangan (e-modul) yang dapat dicermati melalui ukuran, desain sampul, dan desain isi. Ukuran e-modul dapat dicermati dari standarisasi ISO (A4, A5, atau B5) dan proporsi margin dengan isi. Desain sampul dapat dicermati dari kombinasi warna, tulisan, dan ilustrasi sampul. Desain isi dapat dicermati dari warna, tata letak isi, proporsi ukuran jenis tulisan dan huruf, serta tampilan umum.
2	Aksesibilitas	Kemudahan untuk menjangkau informasi dari berbagai fitur yang disediakan dalam produk pengembangan (e-modul).

Saya ucapkan terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu menjadi validator dan mengisi lembar validasi ini.

Petunjuk Pengisian

- Isilah tanda check (√) pada kolom yang Saudara/i anggap sesuai dengan aspek penilaian yang ada.
- Kriteria penilaian:
 - 1 = Sangat Tidak Sesuai
 - 2 = Tidak Sesuai
 - 3 = Kurang Sesuai
 - 4 = Sesuai
 - 5 = Sangat Sesuai
- Komentar, kritik, dan saran mohon dituliskan pada kolom yang disediakan dan apabila tidak mencukupi mohon tulis pada kertas yang telah disediakan.



Identitas Judges

Nama : Dr. Gede Indrawan, S.T., M.T.
NIP : 197601022003121001
Bidang Keahlian : Teknik Elektro dan Informatika
Instansi : Undiksha

A. Kefrafikaan

No	Indikator yang Dinilai	Skala Penilaian					Saran Perbaikan
		1	2	3	4	5	
1	Ukuran e-modul sesuai dengan standar ISO (A4, A5, atau B5).					√	
2	Ukuran margin dan isi e-modul proporsional.					√	
3	Ilustrasi desain sampul e-modul menggambarkan isi atau materi ajar.					√	
4	Ilustrasi desain sampul e-modul mampu mengungkapkan karakter objek.					√	
5	Kombinasi huruf desain sampul tidak terlalu banyak.					√	
6	Warna judul e-modul pada desain sampul kontras dengan warna latar belakang.					√	
7	Tata letak judul dan ilustrasi desain sampul proporsional dengan ukuran e-modul.					√	
8	Kombinasi warna desain isi e-modul sesuai dengan teks.					√	
9	Penempatan dan penampilan unsur tata letak judul, sub judul, dan ilustrasi konsisten berdasarkan pola.					√	

No	Indikator yang Dinilai	Skala Penilaian					Saran Perbaikan
		1	2	3	4	5	
10	Ilustrasi isi kreatif dan dinamis.					√	
11	Proporsi ukuran huruf judul, sub judul, dan teks pendukung sesuai.					√	
12	Penggunaan variasi huruf tidak berlebihan.					√	
13	Kesesuaian tata letak gambar dan/atau rumus dengan teks.					√	
14	Kesesuaian spasi antar baris.					√	
15	Penampilan isi e-modul menarik.					√	

B. Aksesibilitas

No	Indikator yang Dinilai	Skala Penilaian					Saran Perbaikan
		1	2	3	4	5	
1	Fitur akses e-modul terlihat dengan baik.					√	
2	Fitur akses e-modul tersedia dan mudah dioperasikan.					√	
3	Penggunaan fitur akses e-modul mudah dipahami.					√	
4	Fitur akses e-modul sesuai dengan isi materi.					√	
5	Fitur akses e-modul cepat menjangkau isi materi.					√	

C. Catatan Umum

Berikanlah catatan umum mengenai hasil evaluasi *prototype* e-modul mata kuliah kimia lingkungan berbasis etnosains terintegrasi STEM yang telah dikembangkan!

- a. Secara umum sudah sangat baik
- b. Perlu dipikirkan cara agar link di bawah QR code bisa di-paste dengan baik. Kondisi sekarang jika di-blok dan di-copy kemudian di paste ke browser akan memberikan alamat yang salah, yaitu:
<https://heyzine.com/flipbook/d4bebcbee5.html>
- c. Nomor halaman terpotong oleh garis pinggir halaman sehingga tidak terlalu jelas
- d. Bagian tujuan pembelajaran perlu ditingkatkan apakah perlu diberi background hijau. Pertimbangannya adalah jika dicetak hitam putih akan membuat tulisan tidak jelas.
- e. Beberapa link tidak bisa diakses, seperti
Hal 15
[file:///C:/Users/HP/Downloads/37097-Article%20Text-90346-1-10-20200129%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/37097-Article%20Text-90346-1-10-20200129%20(1).pdf)
Hal 39 (apakah akan selamanya dibuka aksesnya? Gunakan layanan sharing public yang pasti akan bisa diakses oleh siapa saja)
<https://docs.google.com/document/d/15qasnRq6oqBFBJQKCoRBGGLZwr/Re6XE/edit>
Cek kasus yang sama, mohon diperbaiki.

Singaraja, 21 Juni 2024

Ahli Media



Dr. Gede Indrawan, S.T., M.T.
NIP 197601022003121001

Lampiran 23. Rekap hasil validasi ahli media dengan Aikens'V

Aspek yang diamati	Pernyataan	Ahli I	Ahli II	Ahli III	S1	S2	S3	ΣS	$n*(4-1)$	V	Kriteria
Kegrafikkan	1	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat valid
	2	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat valid
	3	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat valid
	4	5	4	4	4	3	3	10	12	0,833	Sangat valid
	5	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat valid
	6	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat valid
	7	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat valid
	8	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat valid
	9	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat valid
	10	5	4	5	4	3	4	11	12	0,917	Sangat valid
	11	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat valid
	12	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat valid
	13	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat valid
	14	5	5	4	4	4	3	11	12	0,917	Sangat valid
	15	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat valid
Akseibilitas	1	5	4	5	4	3	4	11	12	0,917	Sangat valid
	2	5	5	4	4	4	3	11	12	0,917	Sangat valid
	3	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat valid
	4	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat valid
	5	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat valid
										0,975	Sangat valid

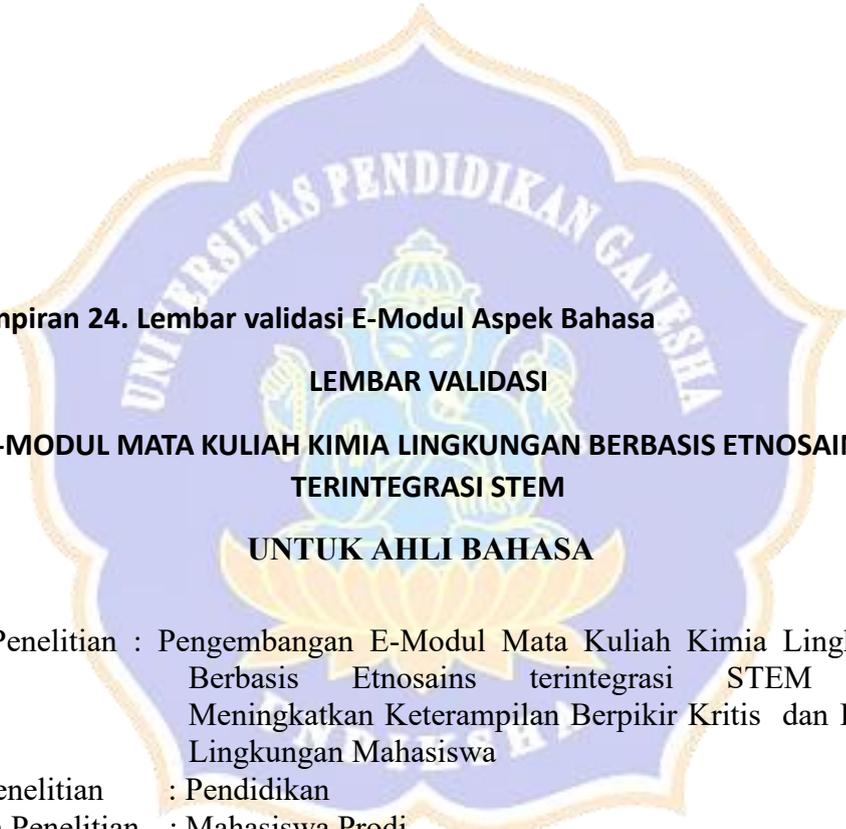
Keterangan :

Judges I : **Dr. Gede Indrawan, S.T., M.T**

Judges II : Prof. Dr. Agil, M.Si.

Judges III : Dr. Saprizal Hadisaputra, M.Si

Lampiran 24. Lembar validasi E-Modul Aspek Bahasa



LEMBAR VALIDASI
E-MODUL MATA KULIAH KIMIA LINGKUNGAN BERBASIS ETNOSAINS
TERINTEGRASI STEM
UNTUK AHLI BAHASA

Judul Penelitian : Pengembangan E-Modul Mata Kuliah Kimia Lingkungan Berbasis Etnosains terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Literasi Lingkungan Mahasiswa

Jenis Penelitian : Pendidikan

Sasaran Penelitian : Mahasiswa Prodi

Pendidikan kimia Penyusun : Syarifa

Wahidah Al Idrus

Prodi : S3 Ilmu Pendidikan

Konsentrasi : Pendidikan IPA

Bapak/Ibu yang terhormat,

Kami memohon bantuan Bapak/Ibu untuk mengisi angket ini. Angket ini ditujukan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu tentang “E-Modul Mata Kuliah Kimia Lingkungan Berbasis Etnosains Terintegrasi STEM”. Aspek penilaian ini terdiri atas keterbacaandan kesesuaian kaidah Bahasa Indonesia

yang butir penilaiannya dimodifikasi dari BNSP (Purwono, 2008). Secara operasional, penjelasan kedua aspek tersebut diuraikan pada tabel berikut.

No	Aspek	Definisi Operasional
1	Keterbacaan	Kemudahan untuk membaca dan memahami teks atau naskah yang dapat dicermati dari penggunaan istilah, pemilihan kata, dan kesesuaian dengan perkembangan mahasiswa.
2	Kesesuaian Kaidah Bahasa Indonesia	Keselarasan atau kecocokan penggunaan ejaan, lafal, struktur, dan pemakaian Bahasa Indonesia.

Penilaian, saran, dan koreksi dari Bapak/Ibu akan sangat bermanfaat untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas buku ini. Atas perhatian dan kesediaannya untuk mengisi angket ini, kami ucapkan terima kasih.

Petunjuk Pengisian

1. Isilah tanda check (v) pada kolom yang Saudara/i anggap sesuai dengan aspek penilaian yang ada.
2. Kriteria penilaian:
 - 1 = Sangat Tidak Sesuai
 - 2 = Tidak Sesuai
 - 3 = Kurang Sesuai
 - 4 = Sesuai
 - 5 = Sangat Sesuai
3. Komentar, kritik, dan saran mohon dituliskan pada kolom yang disediakan dan apabila tidak mencukupi mohon tulis pada kertas yang telah disediakan.

Identitas Judges

Nama : Prof. Dr. Ida Bagus Putrayasa, M.Pd.

NIP : 196002101986021001

Bidang Keahlian : Bahasa

Instansi : Universitas Pendidikan Ganesha

A. Aspek Keterbacaan

No	Indikator Penilaian	Skala Penilaian					Saran Perbaikan
		1	2	3	4	5	
1	Menggunakan kaidah bahasa yang baik dan benar.			√			
2	Menggunakan istilah yang sesuai dengan konsep pengembangan e-modul.					√	
3	Bahasa yang digunakan lugas dan dapat dipahami oleh pengguna.					√	
4	Bahasa yang digunakan sudah komunikatif.				√		
5	Ketepatan pemilihan kata dalam menguraikan materi.					√	
6	Kalimat yang digunakan mewakili isi pesan atau informasi yang ingin disampaikan.				√		
7	Kalimat yang digunakan sederhana dan langsung tepat sasaran.				√		
8	Penggunaan bahasa mendukung kemudahan memahami alur materi.					√	

9	Penggunaan bahasa sesuai dengan perkembangan intelektual mahasiswa.					√	
---	---	--	--	--	--	---	--



No	Indikator Penilaian	Skala Penilaian					Saran Perbaikan
		1	2	3	4	5	
10	Penggunaan bahasa sesuai dengan perkembangan emosional mahasiswa.					√	

B. Kesesuaian Kaidah Bahasa Indonesia

No	Indikator Penilaian	Skala Penilaian					Saran Perbaikan
		1	2	3	4	5	
1	Ketepatan ejaan.			√			
2	Ketepatan penggunaan huruf kapital dan huruf kecil.				√		
3	Ketepatan penggunaan kata baku.				√		
4	Ketepatan penggunaan tanda baca.				√		
5	Ketepatan penggunaan morfem atau imbuhan.				√		
6	Ketepatan penulisan kata dalam bahasa asing.				√		
7	Ketepatan pemilihan kata di awal kalimat atau paragraf.					√	
8	Penggunaan kalimat yang efektif.				√		
9	Penggunaan struktur kalimat yang baik.					√	

10	Konsistensi penggunaan istilah dan simbol atau ikon.					√	
----	--	--	--	--	--	---	--



C. Catatan Umum

Berikanlah catatan umum mengenai hasil evaluasi *prototype* e-modul mata kuliah kimia lingkungan berbasis etnosains terintegrasi STEM yang telah dikembangkan!

-
- Perhatikan warna kuning pada Modul

 - Perhatikan tata tulis, sesuaikan dengan PUEBI (Pedoman Umum Ejaan Bahasa Indonesia):

 - Penulisan kata depan di- dan ke- sebagai **awalan** dan **kata depan**:
dipakai,
disarankan, di sekitar,

 - Penulisan kata ulang: alat-alat, bahan-bahan, terus-menerus

 - Penulisan rincian sebelum kata **dan** diisi tanda koma
 - Perhatikan efektivitas kalimat, kalimat jangan terlalu panjang, hindari penggunaan kata tugas (sehingga, sebab, tetapi) di awal kalimat
 - Perhatikan konsistensi penulisan nama.

Singaraja, 26 Juni 2024

Ahli Bahasa,


Prof. Dr. Ida Bagus

Putrayasa, M.Pd

NIP
196002101986021001

LEMBAR VALIDASI
E-MODUL MATA KULIAH KIMIA LINGKUNGAN BERBASIS ETNOSAINS
TERINTEGRASI STEM
UNTUK AHLI BAHASA

Judul Penelitian : Pengembangan E-Modul Mata Kuliah Kimia Lingkungan Berbasis Etnosains terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Literasi Lingkungan Mahasiswa

Jenis Penelitian : Pendidikan

Sasaran Penelitian : Mahasiswa Prodi Pendidikan kimia

Penyusun : Syarifa Wahidah Al Idrus

Prodi : S3 Ilmu Pendidikan

Konsentrasi : Pendidikan IPA

Bapak/Ibu yang terhormat,

Kami memohon bantuan Bapak/Ibu untuk mengisi angket ini. Angket ini ditujukan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu tentang “E-Modul Mata Kuliah Kimia Lingkungan Berbasis Etnosains Terintegrasi STEM”. Aspek penilaian ini terdiri atas keterbacaandan kesesuaian kaidah Bahasa Indonesia yang butir penilaiannya dimodifikasi dari BNSP (Purwono, 2008). Secara operasional, penjelasan kedua aspek tersebut diuraikan pada tabel berikut.

No	Aspek	Definisi Operasional
1	Keterbacaan	Kemudahan untuk membaca dan memahami teks atau naskah yang dapat dicermati dari penggunaan istilah, pemilihan kata, dan kesesuaian dengan perkembangan mahasiswa.

2	Kesesuaian Kaidah Bahasa Indonesia	Keselarasan atau kecocokan penggunaan ejaan, lafal, struktur, dan pemakaian Bahasa Indonesia.
---	------------------------------------	---

Penilaian, saran, dan koreksi dari Bapak/Ibu akan sangat bermanfaat untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas buku ini. Atas perhatian dan kesediaannya untuk mengisi angket ini, kami ucapkan terima kasih.

Petunjuk Pengisian

4. Isilah tanda check (v) pada kolom yang Saudara/i anggap sesuai dengan aspek penilaian yang ada.
5. Kriteria penilaian:
 - 1 = Sangat Tidak Sesuai
 - 2 = Tidak Sesuai
 - 3 = Kurang Sesuai
 - 4 = Sesuai
 - 5 = Sangat Sesuai
6. Komentar, kritik, dan saran mohon dituliskan pada kolom yang disediakan dan apabila tidak mencukupi mohon tulis pada kertas yang telah disediakan.



Identitas Judges

Nama : Dr. Johan Mahyudi, M.Pd.
 NIP : 198201092005011002
 Bidang Keahlian : Sastra Digital Indonesia
 Instansi : S2 Pendidikan Bahasa Indonesia

D. Aspek Keterbacaan

No	Indikator Penilaian	Skala Penilaian					Saran Perbaikan
		1	2	3	4	5	
1	Menggunakan kaidah bahasa yang baik dan benar.					√	<p>Di bagian Kata Pengantar masih ada kekeliruan penggunaan kata depan, mulai dari kata pengantar sampai seterusnya. Misalnya <i>disegala</i> harusnya ditulis <i>di segala</i>.</p> <p>Gunakan e modul yang benar e-modul/E-modul.</p> <p>Matakuliah yang benar mata kuliah</p> <p>Kepada adalah preposisi yang menandakan tujuan atau arah. ...pada mahasiswa yang benar kepada mahasiswa.</p>
2	Menggunakan istilah yang sesuai dengan konsep pengembangan e-modul.			√			<p>Dalam e-modul, apalagi yang dapat digunakan langsung menggunakan android, mestinya ada sejumlah instruksi yang terkakit dengan mengisi jawaban soal dalam google form atau app lain yang sejenis.</p> <p>Kesempatan menggunakan istilah e-modul dapat dilakukan</p>

							pada sejumlah instruksi untuk menyaksikan tayangan atau menjawab soal, dan hal itu belum ditemukan dalam e-modul ini.
3	Bahasa yang digunakan lugas dan dapat dipahami oleh pengguna.				√		Bahasa yang digunakan sudah lugas dan mudah dipahami.
4	Bahasa yang digunakan sudah komunikatif.					√	Bahasa yang digunakan sudah komunikatif. Pembaca dengan mudah bisa memahami apa yang dimaksud oleh penulis.
5	Ketepatan pemilihan kata dalam menguraikan materi.					√	Kata-kata yang digunakan untuk menguraikan materi rata-rata sudah dipilih dengan tepat.
6	Kalimat yang digunakan mewakili isi pesan atau informasi yang ingin disampaikan.					√	Kalimat yang digunakan untuk mewakili isi pesan atau informasi yang ingin disampaikan sudah disusun dengan efektif.
7	Kalimat yang digunakan sederhana dan langsung tepat sasaran.					√	Pada banyak bagian, kalimat yang digunakan sudah menunjukkan struktur sederhana yang tepat sasaran.
8	Penggunaan bahasa mendukung kemudahan memahami alur materi.					√	Bahasa yang digunakan sudah mendukung kemudahan dalam memahami alur materi.
9	Penggunaan bahasa sesuai dengan perkembangan intelektual mahasiswa.					√	Bahasa yang digunakan sudah sesuai dengan perkembangan intelektual mahasiswa.

No	Indikator Penilaian	Skala Penilaian					Saran Perbaikan
		1	2	3	4	5	
10	Penggunaan bahasa sesuai dengan perkembangan emosional mahasiswa.					√	Bahasa yang digunakan sudah sesuai dengan perkembangan emosional mahasiswa.

E. Kesesuaian Kaidah Bahasa Indonesia

No	Indikator Penilaian	Skala Penilaian					Saran Perbaikan
		1	2	3	4	5	
1	Ketepatan ejaan.					√	Pada banyak bagian, ejaan yang digunakan sudah tepat. Yang masih perlu diperhatikan ialah perbedaan penggunaan kata depan “di” dan imbuhan “di-“ juga semua istilah asing (yang bukan bahasa Indonesia, termasuk bahasa daerah) ditulis dengan cetak miring.
2	Ketepatan penggunaan huruf kapital dan huruf kecil.					√	Pada banyak bagian huruf kapital dan huruf kecil sudah digunakan secara tepat. Yang perlu diperhatikan, untuk sub-judul, kata-kata yang digunakan sebaiknya menggunakan huruf kapital di awal setiap kata, kecuali pada kata: di, ke, dari, untuk, pada dst.
3	Ketepatan penggunaan kata baku.					√	Pada banyak bagian, kata-kata yang digunakan merupakan kata baku yang digunakan dalam konteks komunikasi kaum terpelajar.
4	Ketepatan penggunaan tanda baca.					√	Pada banyak bagian penggunaan tanda baca sudah tepat.

5	Ketepatan penggunaan morfem atau imbuhan.				√	Pada banyak bagian penggunaan imbuhan sudah tepat.
6	Ketepatan penulisan kata dalam bahasa asing.				√	Masih ada beberapa kata asing yang ditulis tegak padahal seharusnya dicetak miring.
7	Ketepatan pemilihan kata di awal kalimat atau paragraf.				√	Pada beberapa paragraf ada yang bagian awalnya dimulai dengan singkatan/akronim. Dalam penulisan formal, bentuk lengkap dari suatu istilah yang dapat disingkat, sebaiknya ditulis lengkap dulu baru kemudian diikuti dengan singkatan/akronimnya.
8	Penggunaan kalimat yang efektif.				√	Pada banyak bagian kalimat yang digunakan telah disusun dengan efektif.
9	Penggunaan struktur kalimat yang baik.				√	Rata-rata kalimatnya disusun dengan struktur yang baik. Menurut pemahaman linguistik modern, syarat sebuah kalimat hanyalah predikat. Selama kalimat tersebut padu dengan kalimat lain dalam suatu paragraf maka kalimat tersebut
10	Konsistensi penggunaan istilah dan simbol atau ikon.				√	Pada banyak bagian istilah dan simbol yang digunakan terlihat konsisten.

F. Catatan Umum

Berikanlah catatan umum mengenai hasil evaluasi *prototype* e-modul mata kuliah kimia lingkungan berbasis etnosains terintegrasi STEM yang telah dikembangkan!

Prototype e-modul yang diberikan untuk diulas idealnya benar-benar merupakan e-modul yang dapat diisi langsung secara elektronik.

Bentuk e-modul versi PDF ini sementara ini, secara fungsional masih sama dengan modul tercetak, hanya saja untuk membacanya memang memerlukan perangkat elektronik. Tentu saja, e- pada modul sedapat mungkin telah mengurangi atau bahkan menghilangkan kemungkinan penggunaan kertas dalam penggunaannya. Dengan demikian, jika e-modul ini hanya dapat digunakan atau dioperasikan dengan ponsel atau laptop maka pengalaman mahasiswa yang akan mengisinya sebaiknya sudah dapat dirasakan pada tahapan perwujudan *prototipe*.

Jumat, 7 Juni 2024

Ahli Bahasa



Dr. Johan Mahyudi,

M.Pd.

NIP.
198201092005011
002

Lampiran 25. rekap hasil validasi bahasa oleh 3 ahli dengan Aikens'v

Aspek yang dinilai	Pernyataan	Ahli I	Ahli II	Ahli III	S1	S2	S3	$\sum S$	$N*(C-1)$	V	Kriteria
Keterbacaan	1	3	5	4	2	4	3	9	12	0,75	Sangat valid
	2	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat valid
	3	5	4	4	4	3	3	10	12	0,833	Sangat valid
	4	4	5	5	3	4	4	11	12	0,917	Sangat valid
	5	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat valid
	6	4	5	5	3	4	4	11	12	0,917	Sangat valid
	7	4	5	5	3	4	4	11	12	0,917	Sangat valid
	8	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat valid
	9	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat valid
	10	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat valid
Kesesuaian kaidah bahasa Indonesia	1	3	5	4	2	4	3	9	12	0,75	Sangat valid
	2	4	5	5	3	4	4	11	12	0,917	Sangat valid
	3	4	5	5	3	4	4	11	12	0,917	Sangat valid
	4	4	5	4	3	4	3	10	12	0,833	Sangat valid
	5	4	5	5	3	4	4	11	12	0,917	Sangat valid
	6	4	4	4	3	3	3	9	12	0,75	Sangat valid
	7	5	4	5	4	3	4	11	12	0,917	Sangat valid
	8	4	5	5	3	4	4	11	12	0,917	Sangat valid
	9	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat valid
	10	5	5	5	4	4	4	12	12	1	Sangat valid
										0,913	Sangat valid

Keterangan :

Judges I : Prof. Dr. Ida Bagus Putrayasa, M.Pd.

Judges II : Dr. Johan Mahyudi, M.Pd.

Judges III : Dr. Irma Setiawan, M.Pd.

Lampiran 26. Instrumen Kepraktisan E-Modul

INSTRUMEN KEPRAKTISAN E-MODUL UNTUK DOSEN PENGAMPU MATA KULIAH

Judul Penelitian : Pengembangan E-Modul Mata Kuliah Kimia Lingkungan Berbasis etnosains terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa dan Literasi Lingkungan Mahasiswa

Sasaran Penelitian : Mahasiswa Prodi Pendidikan kimia

Penyusun : Syarifa Wahidah Al Idrus

Prodi : S3 Ilmu Pendidikan

Konsentrasi : Pendidikan IPA

A. TUJUAN

Angket ini bertujuan untuk mengetahui pendapat dari Bapak/Ibu terhadap kepraktisan E-Modul Mata Kuliah Kimia lingkungan berbasis etnosains terintegrasi STEM. Aspek penilaian ini meliputi efektivitas, interaktivitas, efesiensi, dan kreativitas. Secara operasional, berikut penjelasan ketiga aspek tersebut.

No	Aspek	Definisi Operasional
1	Efektivitas	Produk pengembangan (e-modul) mampu mencapai sasaran yang diharapkan saat pelaksanaan proses dan evaluasi pembelajaran.
2	Interaktivitas	Produk pengembangan (e-modul) mampu mewujudkan hubungan saling aksi (interaksi) antara mahasiswa dan sumber belajar melalui fitur yang disediakan.
3	Efesiensi	Produk pengembangan (e-modul) mampu memfasilitasi proses belajar mahasiswa dengan baik sesuai alokasi waktu perkuliahan.

4	Kreativitas	Produk pengembangan (e-modul) menunjukkan kebaruan dan mampu memberikan kesempatan mahasiswa untuk mengembangkan ide.
---	-------------	---

Saya ucapkan terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu menjadi validator dan mengisi lembar validasi ini.

B. PETUNJUK

Bapak/Ibu dapat memberikan respon pada setiap pernyataan dalam lembar angket ini dengan memberikan tanda centang (✓) pada kolom skala penilaian serta memberikan komentar dan saran yang membangun pada tempat yang telah disediakan, dan juga memberikan kesimpulan tentang angket kepraktisan E-Modul Mata Kuliah Kimia Lingkungan Berbasis etnosains terintegrasi STEM.

Keterangan skor penilaian:

- STS = Sangat Tidak Sesuai (**Tidak Relevan**)
 KS = Kurang Sesuai (**Tidak Relevan**)
 S = Sesuai (**Relevan**)
 SS = Sangat Sesuai (**Relevan**)

IDENTITAS PENILAI

Nama : Sunniarti Ariani, M.Pd
 NIP : 199106252024212001
 Bidang Keahlian : Pendidikan Kimia
 Instansi : Universitas Mataram

C. PENILAIAN

No.	Aspek	Indikator	Penilaian				Komentar
			STS	KS	S	SS	
1	Efektivi- tas	1. Materi yang disajikan pada e-modul sesuai dengan tujuan pembelajaran.				√	
		2. E-modul dapat digunakan untuk menjelaskan materi.				√	
		3. E-modul menyajikan ilustrasi yang jelas.				√	
		4. E-modul mampu memberikan bimbingan			√		

No.	Aspek	Indikator	Penilaian				Komentar
			STS	KS	S	SS	
		yang baik bagi peserta didik dalam memahami materi.					
		5. Kuis yang digunakan membantu dalam proses evaluasi.				√	
		6. E-modul berorientasi pada pemberdayaan kemampuan pemecahan masalah dan keterampilan berpikir kritis mahasiswa.			√		
		7. Penyajian e-modul dapat meningkatkan antusias mahasiswa dalam pembelajaran.				√	
2	Interaktivitas	1. Fitur yang disediakan e-modul dapat digunakan dengan baik.				√	
		2. Penyajian informasi pada e-modul mampu memberikan panduan pola pikir mahasiswa dalam memahami materi.			√		
		3. Bagian isi e-modul menyajikan bentuk informasi yang beragam (teks, gambar, dan video)				√	
		4. Bagian evaluasi (tes formatif) pada e-modul menampilkan skor yang sesuai dengan perhitungan.				√	
		5. Informasi yang disajikan pada e-modul mewajibkan mahasiswa untuk memberikan aksi atau respon.				√	
3	Efisiensi	1. E-modul praktis untuk digunakan.				√	
		2. E-modul mampu memfasilitasi beragam kecepatan belajar				√	

No.	Aspek	Indikator	Penilaian				Komentar
			STS	KS	S	SS	
		mahasiswa.					
		3. Penggunaan e-modul mampu mempersingkat durasi belajar mahasiswa dalam memahami materi.			√		
		4. E-modul tidak mengharuskan tatap muka antara dosen dan mahasiswa.				√	
		5. Proses belajar melalui e-modul mampu memberikan capaian hasil belajar secara <i>realtime</i> .				√	
4	Kreativitas	1. Aktivitas belajar mahasiswa melalui e-modul terekam dengan baik.				√	
		2. E-modul memiliki desain isi dan sistematika yang inovatif untuk memfasilitasi proses belajar mahasiswa.				√	
		3. Penyajian konteks kearifan lokal pada e-modul mampu menghasilkan ide, pertanyaan, dan alternatif jawaban yang bervariasi sesuai tingkat intelegensi mahasiswa.				√	

D. KOMENTAR UMUM DAN SARAN

Secara keseluruhan e-Modul sudah bagus, namun perlu penyempurnaan pada:

1. Gambar cover pada kegiatan 4 yang masih tidak sesuai dengan topik kegiatan
2. Kata-kata yang penulisannya masih salah (*typo*) dan kurang spasi
3. Limbah dan dampaknya pada masing-masing topik kegiatan perlu lebih dideskripsikan

E. KESIMPULAN

Berdasarkan penilaian yang dilakukan lembar validasi angket ini dinyatakan:

<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

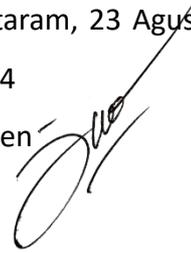
- Layak untuk digunakan uji coba tanpa revisi
- Layak untuk digunakan uji coba setelah revisi
- Tidak layak untuk digunakan uji coba

Mohon diberi tanda centang (✓) pada salah satu kesimpulan yang sesuai menurut Bapak/Ibu.

Mataram, 23 Agustus

2024

Dosen



Sunniarti Ariani, M.Pd

NIP.

19910625202421200

1



INSTRUMEN KEPRAKTISAN E-MODUL UNTUK DOSEN PENGAMPU MATA KULIAH

Judul Penelitian : Pengembangan E-Modul Mata Kuliah Kimia Lingkungan Berbasis etnosains terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa dan Literasi Lingkungan Mahasiswa

Sasaran Penelitian : Mahasiswa Prodi Pendidikan kimia
Penyusun : Syarifa Wahidah Al Idrus
Prodi : S3 Ilmu Pendidikan
Konsentrasi : Pendidikan IPA

A. TUJUAN

Angket ini bertujuan untuk mengetahui pendapat dari Bapak/Ibu terhadap kepraktisan E-Modul Mata Kuliah Kimia lingkungan berbasis etnosains terintegrasi STEM. Aspek penilaian ini meliputi efektivitas, interaktivitas, efesiensi, dan kreativitas. Secara operasional, berikut penjelasan ketiga aspek tersebut.

No	Aspek	Definisi Operasional
1	Efektivitas	Produk pengembangan (e-modul) mampu mencapai sasaran yang diharapkan saat pelaksanaan proses dan evaluasi pembelajaran.
2	Interaktivitas	Produk pengembangan (e-modul) mampu mewujudkan hubungan saling aksi (interaksi) antara mahasiswa dan sumber belajar melalui fitur yang disediakan.
3	Efesiensi	Produk pengembangan (e-modul) mampu memfasilitasi proses belajar mahasiswa dengan baik sesuai alokasi waktu perkuliahan.
4	Kreativitas	Produk pengembangan (e-modul) menunjukkan kebaruan dan mampu memberikan kesempatan mahasiswa untuk mengembangkan ide.

Saya ucapkan terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu menjadi validator dan mengisi lembar validasi ini.

B. PETUNJUK

Bapak/Ibu dapat memberikan respon pada setiap pernyataan dalam lembar angket ini dengan memberikan tanda centang (✓) pada kolom skala penilaian serta memberikan komentar dan saran yang membangun pada tempat yang telah disediakan, dan juga memberikan kesimpulan tentang angket kepraktisan E-Modul Mata Kuliah Kimia Lingkungan Berbasis etnosains terintegrasi STEM.

Keterangan skor penilaian:

STS = Sangat Tidak Sesuai (**Tidak Relevan**)
KS = Kurang Sesuai (**Tidak Relevan**)
S = Sesuai (**Relevan**)
SS = Sangat Sesuai (**Relevan**)

IDENTITAS PENILAI

Nama : ..Ermia Hidayanti, M.Pd.....

NIP : ..199505132024212001.....

Bidang Keahlian : ..Asesmen dan Evaluasi.....

Instansi : ..Pendidikan Kimia, FKIP, Universitas Mataram.....

C. PENILAIAN

No.	Aspek	Indikator	Penilaian				Komentar
			STS	KS	S	SS	
1	Efektivi- tas	1. Materi yang disajikan pada e-modul sesuai dengan tujuan pembelajaran.				✓	
		2. E-modul dapat digunakan untuk menjelaskan materi.				✓	
		3. E-modul menyajikan ilustrasi yang jelas.				✓	
		4. E-modul mampu memberikan bimbingan yang baik bagi peserta didik dalam memahami materi.				✓	
		5. Kuis yang digunakan membantu dalam proses evaluasi.				✓	
		6. E-modul berorientasi pada pemberdayaan kemampuan pemecahan masalah dan keterampilan berpikir kritis mahasiswa.				✓	
		7. Penyajian e-modul dapat meningkatkan antusias mahasiswa dalam pembelajaran.				✓	
2	Interak- tivitas	1. Fitur yang disediakan e-modul dapat digunakan dengan baik.				✓	
		2. Penyajian informasi pada e-modul mampu memberikan panduan pola pikir mahasiswa dalam memahami materi.				✓	
		3. Bagian isi e-modul menyajikan bentuk informasi yang beragam (teks, gambar, dan video)			✓		Perlu disisipkan tautan video pada modul, khususnya dalam proses



No.	Aspek	Indikator	Penilaian				Komentar
			STS	KS	S	SS	
							pewarnaan kain tenun
		4. Bagian evaluasi (tes formatif) pada e-modul menampilkan skor yang sesuai dengan perhitungan.				✓	
		5. Informasi yang disajikan pada e-modul mewajibkan mahasiswa untuk memberikan aksi atau respon.				✓	
3	Efesiensi	1. E-modul praktis untuk digunakan.			✓		Perlu menu kembali ke daftar isi pada setiap halaman modul
		2. E-modul mampu memfasilitasi beragam kecepatan belajar mahasiswa.				✓	
		3. Penggunaan e-modul mampu mempersingkat durasi belajar mahasiswa dalam memahami materi.				✓	
		4. E-modul tidak mengharuskan tatap muka antara dosen dan mahasiswa.				✓	
		5. Proses belajar melalui e-modul mampu memberikan capaian hasil belajar secara <i>realtime</i> .				✓	
4	Kreativitas	1. Aktivitas belajar mahasiswa melalui e-modul terekam dengan baik.				✓	
		2. E-modul memiliki desain isi dan sistematika yang inovatif untuk memfasilitasi proses belajar mahasiswa.			✓		Perlu tambahan gambar untuk beberapa proses penunanan contohnya proses fiksasi
		3. Penyajian konteks kearifan lokal pada e-modul mampu menghasilkan ide,				✓	

No.	Aspek	Indikator	Penilaian				Komentar
			STS	KS	S	SS	
		pertanyaan, dan alternatif jawaban yang bervariasi sesuai tingkat intelegensi mahasiswa.					

D. KOMENTAR UMUM DAN SARAN

Modul perlu diperbaiki sesuai komentar pada aspek 2 indikator 3, aspek 3 indikator 1, dan aspek 4 indikator 2.

E. KESIMPULAN

Berdasarkan penilaian yang dilakukan lembar validasi angket ini dinyatakan:

- Layak untuk digunakan uji coba tanpa revisi
 Layak untuk digunakan uji coba setelah revisi
 Tidak layak untuk digunakan uji coba

Mohon diberi tanda centang (✓) pada salah satu kesimpulan yang sesuai menurut Bapak/Ibu.

Mataram, 23 Agustus 2024

Dosen



Ermia Hidayanti, M.Pd.

NIP. 199505132024212001

**INSTRUMEN KEPRAKTISAN E-MODUL
UNTUK DOSEN PENGAMPU MATA KULIAH**

Judul Penelitian : Pengembangan E-Modul Mata Kuliah Kimia Lingkungan Berbasis etnosains terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa dan Literasi Lingkungan Mahasiswa

Sasaran Penelitian : Mahasiswa Prodi Pendidikan kimia

Penyusun : Syarifa Wahidah Al Idrus

Prodi : S3 Ilmu Pendidikan

Konsentrasi : Pendidikan IPA

F. TUJUAN

Angket ini bertujuan untuk mengetahui pendapat dari Bapak/Ibu terhadap kepraktisan E-Modul Mata Kuliah Kimia lingkungan berbasis etnosains terintegrasi STEM. Aspek penilaian ini meliputi efektivitas, interaktivitas, efesiensi, dan kreativitas. Secara operasional, berikut penjelasan ketiga aspek tersebut.

No	Aspek	Definisi Operasional
1	Efektivitas	Produk pengembangan (e-modul) mampu mencapai sasaran yang diharapkan saat pelaksanaan proses dan evaluasi pembelajaran.
2	Interaktivitas	Produk pengembangan (e-modul) mampu mewujudkan hubungan saling aksi (interaksi) antara mahasiswa dan sumber belajar melalui fitur yang disediakan.
3	Efesiensi	Produk pengembangan (e-modul) mampu memfasilitasi proses belajar mahasiswa dengan baik sesuai alokasi waktu perkuliahan.
4	Kreativitas	Produk pengembangan (e-modul) menunjukkan kebaruan dan mampu memberikan kesempatan mahasiswa untuk mengembangkan ide.

Saya ucapkan terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu menjadi validator dan mengisi lembar validasi ini.

G. PETUNJUK

Bapak/Ibu dapat memberikan respon pada setiap pernyataan dalam lembar angket ini dengan memberikan tanda centang (✓) pada kolom skala penilaian serta memberikan komentar dan saran yang membangun pada tempat yang telah disediakan, dan juga memberikan kesimpulan tentang angket kepraktisan E-Modul Mata Kuliah Kimia Lingkungan Berbasis etnosains terintegrasi STEM.

Keterangan skor penilaian:

- STS = Sangat Tidak Sesuai (**Tidak Relevan**)
- KS = Kurang Sesuai (**Tidak Relevan**)
- S = Sesuai (**Relevan**)
- SS = Sangat Sesuai (**Relevan**)

IDENTITAS PENILAI

Nama : Dody Firmansyah, M.Si
 NIP : 198910152023211017
 Bidang Keahlian : Pendidikan Kimia
 Instansi : Universitas Mataram

H. PENILAIAN

No.	Aspek	Indikator	Penilaian				Komentar
			STS	KS	S	SS	
1	Efektivitas	8. Materi yang disajikan pada e-modul sesuai dengan tujuan pembelajaran.				✓	
		9. E-modul dapat digunakan untuk menjelaskan materi.				✓	
		10. E-modul menyajikan ilustrasi yang jelas.				✓	
		11. E-modul mampu memberikan bimbingan yang baik bagi peserta didik dalam memahami materi.				✓	
		12. Kuis yang digunakan membantu dalam proses evaluasi.				✓	
		13. E-modul berorientasi pada pemberdayaan kemampuan pemecahan masalah dan				✓	

No.	Aspek	Indikator	Penilaian				Komentar
			STS	KS	S	SS	
		keterampilan berpikir kritis mahasiswa.					
		14. Penyajian e-modul dapat meningkatkan antusias mahasiswa dalam pembelajaran.				✓	
2	Interaktivitas	6. Fitur yang disediakan e-modul dapat digunakan dengan baik.				✓	
		7. Penyajian informasi pada e-modul mampu memberikan panduan pola pikir mahasiswa dalam memahami materi.				✓	
		8. Bagian isi e-modul menyajikan bentuk informasi yang beragam (teks, gambar, dan video)				✓	
		9. Bagian evaluasi (tes formatif) pada e-modul menampilkan skor yang sesuai dengan perhitungan.				✓	
		10. Informasi yang disajikan pada e-modul mewajibkan mahasiswa untuk memberikan aksi atau respon.				✓	
3	Efisiensi	6. E-modul praktis untuk digunakan.				✓	
		7. E-modul mampu memfasilitasi beragam kecepatan belajar mahasiswa.				✓	
		8. Penggunaan e-modul mampu mempersingkat durasi belajar mahasiswa dalam memahami materi.				✓	
		9. E-modul tidak mengharuskan tatap muka antara dosen dan				✓	

No.	Aspek	Indikator	Penilaian				Komentar
			STS	KS	S	SS	
		mahasiswa.					
		10. Proses belajar melalui e-modul mampu memberikan capaian hasil belajar secara <i>realtime</i> .				✓	
4	Kreativitas	4. Aktivitas belajar mahasiswa melalui e-modul terekam dengan baik.				✓	
		5. E-modul memiliki desain isi dan sistematika yang inovatif untuk memfasilitasi proses belajar mahasiswa.				✓	
		6. Penyajian konteks kearifan lokal pada e-modul mampu menghasilkan ide, pertanyaan, dan alternatif jawaban yang bervariasi sesuai tingkat intelegensi mahasiswa.				✓	

I. KOMENTAR UMUM DAN SARAN

Gambar pada kegiatan 4 terkait dengan gerabah banyu mulek seharusnya yang ditampilkan adalah foto gerabah bukan foto kegiatan 3 yakni tahu dan tempe.

J. KESIMPULAN

Berdasarkan penilaian yang dilakukan lembar validasi angket ini dinyatakan:

- Layak untuk digunakan uji coba tanpa revisi
 Layak untuk digunakan uji coba setelah revisi
 Tidak layak untuk digunakan uji coba

Mohon diberi tanda centang (✓) pada salah satu kesimpulan yang sesuai menurut Bapak/Ibu.

Mataram, 23 Agustus

2024

Dosen



Dodiy Firmansyah,

M.Si

NIP.

19891015202321101

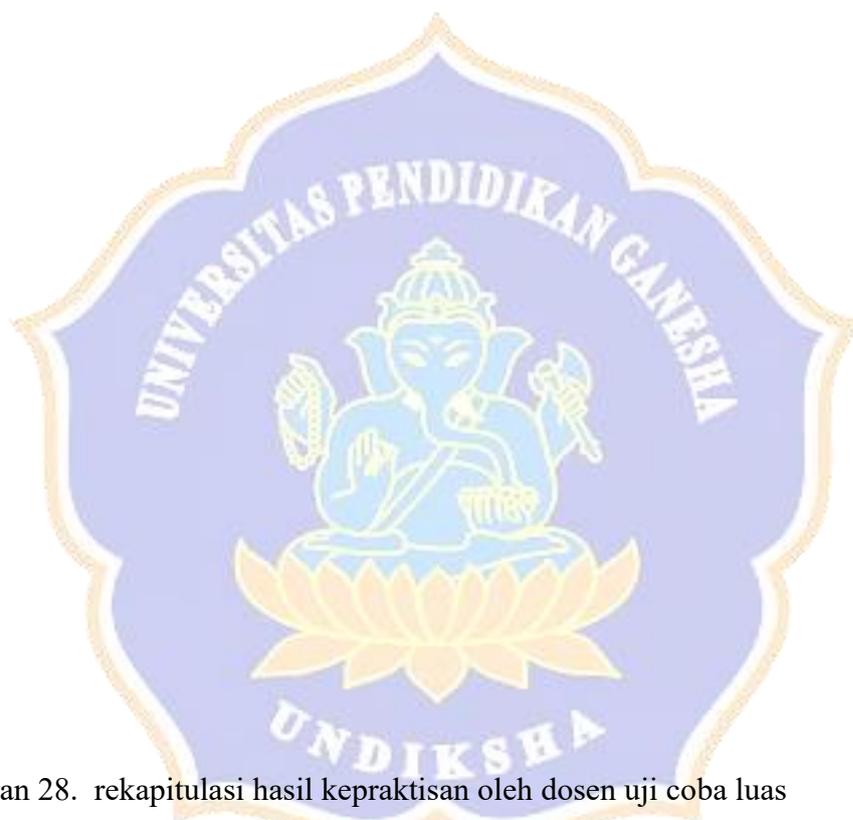
7



Lampiran 27. Rekapitulasi Hasil Kepraktisan Oleh Dosen Uji Coba Terbatas

No	Aspek	Pertanyaan	DOSEN			Rata-rata per aspek			Rata-rata	Kriteria
			I	II	III	I	II	III		
1	Efektivitas	1	4	4	4	4	3,714286	4	3,904762	Praktis
		2	4	4	4					
		3	4	4	4					
		4	4	3	4					
		5	4	4	4					
		6	4	3	4					
		7	4	4	4					
2	Intereaktivitas	1	4	4	4	3,8	3,8	4	3,866667	Praktis
		2	4	3	4					
		3	3	4	4					
		4	4	4	4					
		5	4	4	4					
3	Efisiensi	1	3	4	4	3,8	3,8	4	3,866667	

		2	4	4	4					Praktis
		3	4	3	4					
		4	4	4	4					
		5	4	4	4					
4	Kreativitas	1	4	4	4	3,666667	4	4	3,888889	Praktis
		2	3	4	4					
		3	4	4	4					
		Rata-rata praktikalitas setiap dosen				3,816667	3,828571	4	3,881746	Praktis



Lampiran 28. rekapitulasi hasil kepraktisan oleh dosen uji coba luas

No	Aspek	Pertanyaan	DOSEN			Rata-rata per aspek			Rata-rata	Kriteria
			I	II	III	I	II	III		
1	Efektivitas	1	4	4	4	4	3,714286	4	3,904762	Praktis
		2	4	4	4					
		3	4	4	4					
		4	4	3	4					
		5	4	4	4					
		6	4	3	4					
		7	4	4	4					
2	intreaktivitas	1	4	4	4	3,8	3,8	4	3,866667	

		2	4	3	4					Praktis
		3	3	4	4					
		4	4	4	4					
		5	4	4	4					
3	Efesiensi	1	3	4	4	3,8	3,8	4	3,866667	Praktis
		2	4	4	4					
		3	4	3	4					
		4	4	4	4					
		5	4	4	4					
4	Kreativitas	1	4	4	4	3,666667	4	4	3,888889	Praktis
		2	3	4	4					
		3	4	4	4					
		Rata-rata praktikalitas setiap dosen				3,816667	3,828571	4	3,881746	Praktis



Lampiran 29. Nilai N_Gain keterampilan berpikir kritis mahasiswa UIN

Sampel	pre tes	pos tes	pos-pre	skor ideal	Ngain score	% ngaim
UIN_1	44,55	81,82	37,27	55,45	0,672137	67,21371
UIN_2	55,15	86,36	31,21	44,85	0,695875	69,58751
UIN_3	54,55	90,91	36,36	45,45	0,8	80
UIN_4	31,82	77,27	45,45	68,18	0,666618	66,66178

UIN_5	22,73	72,73	50	77,27	0,647082	64,70817
UIN_6	31,82	77,27	45,45	68,18	0,666618	66,66178
UIN_7	31,82	77,27	45,45	68,18	0,666618	66,66178
UIN_8	54,55	81,82	27,27	45,45	0,6	60
UIN_9	50	81,82	31,82	50	0,6364	63,64
UIN_10	36,63	77,27	40,64	63,37	0,641313	64,13129
UIN_11	31,82	77,27	45,45	68,18	0,666618	66,66178
UIN_12	31,82	77,27	45,45	68,18	0,666618	66,66178
UIN_13	31,82	72,73	40,91	68,18	0,600029	60,00293
UIN_14	31,82	77,27	45,45	68,18	0,666618	66,66178
UIN_15	31,82	81,82	50	68,18	0,733353	73,33529
UIN_16	40,91	90,91	50	59,09	0,846167	84,61669
UIN_17	31,82	81,82	50	68,18	0,733353	73,33529
UIN_18	31,82	77,27	45,45	68,18	0,666618	66,66178
UIN_19	54,55	81,82	27,27	45,45	0,6	60
UIN_20	31,82	77,27	45,45	68,18	0,666618	66,66178
UIN_21	31,82	77,27	45,45	68,18	0,666618	66,66178
UIN_22	54,55	81,82	27,27	45,45	0,6	60
UIN_23	31,82	72,73	40,91	68,18	0,600029	60,00293
UIN_24	22,73	77,27	54,54	77,27	0,705837	70,58367
UIN_25	40,91	81,82	40,91	59,09	0,692334	69,23337
UIN_26	31,82	77,27	45,45	68,18	0,666618	66,66178
UIN_27	31,82	72,73	40,91	68,18	0,600029	60,00293
UIN_28	22,73	77,27	54,54	77,27	0,705837	70,58367
UIN_29	22,73	77,27	54,54	77,27	0,705837	70,58367
UIN_30	31,82	77,27	45,45	68,18	0,666618	66,66178
UIN_31	54,55	81,82	27,27	45,45	0,6	60
UIN_32	31,82	77,27	45,45	68,18	0,666618	66,66178
				N-Gain	0,66922	66,92195

Lampiran 30. Nilai N_Gain Literasi Lingkungan mahasiswa UIN

sampel	pre tes	pos tes	pos-pre	skor ideal	Ngain score	% ngaim
UIN_1	16,67	85	68,33	83,33	0,819993	81,99928
UIN_2	33,33	83,33	50	66,67	0,749963	74,99625
UIN_3	40	78,33	38,33	60	0,638833	63,88333
UIN_4	48,33	88,33	40	51,67	0,774144	77,41436
UIN_5	28,33	73,33	45	71,67	0,627878	62,78778
UIN_6	15	73,33	58,33	85	0,686235	68,62353
UIN_7	25	83,33	58,33	75	0,777733	77,77333
UIN_8	28,33	78,33	50	71,67	0,697642	69,7642
UIN_9	25	88,33	63,33	75	0,8444	84,44
UIN_10	35	88,33	53,33	65	0,820462	82,04615
UIN_11	30	76,67	46,67	70	0,666714	66,67143
UIN_12	18,33	71,33	53	81,67	0,648953	64,89531
UIN_13	21,67	71,67	50	78,33	0,638325	63,8325
UIN_14	25	88,33	63,33	75	0,8444	84,44
UIN_15	35	88,33	53,33	65	0,820462	82,04615
UIN_16	43,33	81,67	38,34	56,67	0,676548	67,65484
UIN_17	21,67	75	53,33	78,33	0,680837	68,08375
UIN_18	46,67	83,33	36,66	53,33	0,687418	68,7418
UIN_19	36,67	86,67	50	63,33	0,789515	78,95152
UIN_20	26,67	88,33	61,66	73,33	0,840856	84,08564
UIN_21	35	68,33	33,33	65	0,512769	51,27692
UIN_22	25	75	50	75	0,666667	66,66667
UIN_23	46,67	63,33	16,66	53,33	0,312395	31,23945
UIN_24	40	73,33	33,33	60	0,5555	55,55
UIN_25	36,67	81,67	45	63,33	0,710564	71,05637
UIN_26	43,33	88,33	45	56,67	0,794071	79,40709
UIN_27	46,67	88,33	41,66	53,33	0,781174	78,11738
UIN_28	43,33	88,33	45	56,67	0,794071	79,40709
UIN_29	36,67	88,33	51,66	63,33	0,815727	81,57271
UIN_30	46,67	83,33	36,66	53,33	0,687418	68,7418
UIN_31	26,67	71,67	45	73,33	0,613664	61,36643
UIN_32	26,67	73,33	46,66	73,33	0,636302	63,63017
				N-Gain	0,706614	70,66135

Lampiran 31. Draf E-Modul Kimia Lingkungan Berbasis Etnosains Terintegrasi STEM



E-Modul Berbasis Etnosains Terintegrasi STEM

KIMIA LINGKUNGAN

UNTUK MAHASISWA PERGURUAN TINGGI



Penulis :

Syarifa Wahidah Alaydrus

KATA PEMBUKA

Perkembangan teknologi menyebabkan perubahan disemua bidang termasuk pendidikan. Peningkatan kualitas pendidikan diimbangi dengan perubahan pada komponen pendidikan seperti model pembelajaran dan bahan ajar. Penggunaan teknologi dalam proses pembelajaran saat ini sangat dibutuhkan untuk mengimbangi perkembangan teknologi dan berbagai masalah yang muncul. Seiring perkembangan teknologi generasi muda tidak mengenal dan memahami kebiasaan masyarakat di sekitar mereka atau kearifan lokal. Kondisi ini menyebabkan pentingnya mengenalkan etnosains atau kearifan lokal pada generasi yang akan datang. Perkembangan teknologi dan pengenalan etnosains akan diberikan dalam e-modul ini.

E-Modul ini menyajikan hal yang berbeda, yaitu modul kimia lingkungan berbasis etnosains. E-modul menggunakan etnosains sebagai inisiasi dalam proses pembelajaran, yaitu penggalian sisi pengetahuan ilmiah yang bersumber pada pengetahuan asli masyarakat yang sarat dengan konsep sains. Lembar demi lembar mengajak mahasiswa untuk bernostalgia terhadap masa-masa yang pernah dialami, dilihat atau bahkan pernah didengar ceritanya dari para orang tua. Mahasiswa diharapkan dapat belajar secara mandiri serta mampu menggali dan mengkaji bahwa kimia lingkungan sangat dekat dengan kehidupan sekitar. Aktivitas serta lembar kerja yang disajikan merupakan integrasi dari berbagai bidang STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematic*).

E-modul ini disusun sebagai materi pendukung pembelajaran, yang menginisiasi terlaksananya pembelajaran berpusat pada mahasiswa. E-modul disusun disesuaikan dengan rencana pembelajaran satu semester. Tujuan pembelajaran disesuaikan dengan etnosains yang dijadikan sebagai inisiasi pembelajaran.

Harapan penulis, semoga e-modul ini bisa bermanfaat dalam meningkatkan motivasi untuk belajar kimia lingkungan secara mandiri, motivasi untuk membaca serta untuk mencintai budaya leluhur. Mahasiswa calon guru kimia yang dapat

meneruskan cinta budaya pada generasi yang akan datang merupakan harapan pengembangan e-modul. Semoga terwujud generasi Indonesia produktif dan penuh semangat.

Mataram, Februari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Sampul	1
KATA PEMBUKA	2
DAFTAR ISI	3
Petunjuk Penggunaan E-Modul	4
Kegiatan 1. Etnosains Tenun Sesek Peringgesela	5
Tujuan Pembelajaran	5
I. Pengantar Etnosains Tenun Sesek Peringgesela	6
II. Uraian Materi	10
Sumber Daya Alam Sebagai Pewarna Alami	10
Proses pewarnaan benang dan dampaknya bagi lingkungan sekitar	11
Teknologi sederhana dalam proses pewarnaan alami	13
Bahan alami untuk fiksasi warna	14
Mengurangi limbah dari proses fiksasi zat kimia	14
Komposisi bahan alam untuk bahan pewarna	15
III. Lembar Kerja STEM	16
IV. Rangkuman	19
V. Evaluasi	19
Kegiatan 2. Etnosains Gelondongan Emas Sekotong	23
Tujuan Pembelajaran	23

I. Pengantar Etnosains Gelondongan Emas Sekotong	24
II. Uraian Materi	26
Zat-zat pencemar di lingkungan penambangan emas daerah Sekotong	26
Pencemaran lingkungan akibat penambangan emas	27
Teknologi penambangan emas	32
Penanganan limbah penambangan emas	34
Potensi pencemaran merkuri dan serapan karbon aktif	36
III. Lembar Kerja STEM	38
IV. Rangkuman	42
V. Evaluasi	42
Kegiatan 3 Etnosains Gerabah Banyumulek	45
Tujuan Pembelajaran	45
I. Pengantar Etnosains Gerabah Banyumulek	46
II. Uraian Materi	50
Lapisan tanah yang digunakan untuk pembuatan gerabah	50
Pencemaran lingkungan dari proses pembuatan gerabah	51
Teknologi sederhana masyarakat dalam pembuatan gerabah Banyumulek	52
Pembuatan gerabah dengan meminimalkan pencemaran lingkungan	53
Komposisi campuran gerabah	55
III. Lembar Kerja STEM	56
IV. Rangkuman	58
V. Evaluasi	58
Kegiatan 3 Etnosains Tahu Tempe Kekalik	62
Tujuan Pembelajaran	62
I. Pengantar Etnosains Tahu Tempe Kekalik	63
II. Uraian Materi	67
Pencemaran akibat limbah pembuatan tahu tempe	67

Teknologi sederhana pembuatan tahu tempe di Kekalik	70
Rancangan alat sederhana untuk pengolahan limbah produksi tahu tempe	71
Menghitung limbah cair yang dihasilkan dalam pembuatan tahu tempe	72
Menghitung suhu, pH dan oksigen terlarut (DO) limbah cair tahu tempe	72

III. Lembar Kerja STEM

74

IV. Rangkuman

77

V. Evaluasi

78

Glosarium

DAFTAR PUSTAKA



Petunjuk Penggunaan E-Modul

E-modul kimia lingkungan berbasis etnosains dengan pendekatan STEM (Sains, Teknologi, *Engineering* dan Matematika) merupakan modul kimia lingkungan elektronik yang mengangkat tradisi/budaya/kebiasaan masyarakat lokal dan melakukan penggalian dari sisi sains dan mengintegrasikannya dengan teknologi, teknik (*engineering*), dan matematika.

Petunjuk untuk dosen:

E-modul ini merupakan modul pendukung pada mata kuliah Kimia Lingkungan. Dosen memiliki kebebasan untuk mengembangkan lebih lanjut keseluruhan isi modul disesuaikan dengan kebutuhan. Modul ini memungkinkan dosen hanya sebagai fasilitator karena berpusat pada mahasiswa.

Petunjuk untuk mahasiswa:

E-modul ini dilengkapi dengan link yang memungkinkan mahasiswa untuk menggali informasi lebih mendalam. Informasi berupa link ditandai dengan tanda **tertentu**. Ketika di-tap/di-klik akan memunculkan informasi mengenai kata/materi yang ingin dikenal lebih mendalam. Setiap kegiatan dipelajari dengan baik dan lembar aktivitas STEM dan evaluasi dikerjakan. Jika evaluasi dikerjakan dengan tepat, akan dikirimkan link materi bab berikut untuk kegiatan berikutnya.

Berikut ini adalah komponen di dalam e-modul ini:

1. **Pengantar Etnosains**, berisi tema kontekstual tentang sains asli masyarakat yang akan digali lebih mendalam dari sisi ilmiah
2. **Uraian Materi**, berisi materi kimia lingkungan yang diinisiasi etnosains dan disajikan dengan aspek STEM.
3. **Lembar Kerja STEM**, berisi evaluasi untuk menggali lebih dalam lagi bagaimana pemahaman siswa berkaitan dengan sains, teknologi, rekayasa/rancangan dan matematika
4. **Evaluasi**, berisi soal pilihan ganda sebagai indikator keberhasilan setiap kegiatan pembelajaran dan bisa melanjutkan ke kegiatan pembelajaran berikutnya

KEGIATAN I

TENUN SESEK PERINGGESELA LOMBOK TIMUR NTB

Tujuan Pembelajaran

Melalui etnosains tenun sesek Peringgesela:

1. Mahasiswa mampu mengidentifikasi sumber daya alam yang dapat digunakan sebagai pewarna alami
2. Mahasiswa mampu menganalisis proses pewarnaan benang dan dampaknya bagi lingkungan sekitar
3. Mahasiswa mampu menganalisis teknologi sederhana yang digunakan dalam proses pewarnaan benang secara alami
4. Mahasiswa mampu mendesain bahan alami untuk fiksasi warna yang bersifat ramah lingkungan
5. Merancang proses sederhana mengurangi limbah dari proses fiksasi zat kimia
6. Memformulasikan komposisi bahan alam yang digunakan sebagai bahan pewarna

I. PENGANTAR

TENUN SESEK PERINGGESELA LOMBOK TIMUR NTB



Peringgasela merupakan salah satu Kecamatan di Kabupaten Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat. Terletak di bawah kaki Gunung Rinjani dengan Tugu

sederhana di tengah perempatan jalan desa menjadi ciri khasnya. Desa Peringgasela berlokasi sekitar 54 kilometer dari kota Mataram atau sekitar satu jam perjalanan.

Tenun (**Sesek**) Peringgasela adalah kerajinan tenun tradisional Indonesia yang berasal dari Nusa Tenggara Barat dan telah ditetapkan oleh Direktorat Warisan dan Budaya sebagai warisan budaya tak benda Indonesia pada tahun 2018 dengan domain budaya kemahiran dan kerajinan Tradisional. Kain tenun dari desa Peringgasela Lombok Timur, merupakan salah satu budaya nasional yang memiliki keunikan tersendiri yang diajarkan **turun temurun** serta bahan dan proses pewarnaan dari alam. Kain tenun ini digunakan dalam kegiatan sosial maupun ritual. Hampir semua ibu-ibu desa Peringgasela dapat menenun dan membudaya dalam kehidupan sosial masyarakatnya. Proses pembuatan tenun menggunakan alat tradisional (**Gedogan**), yang suaranya dapat didengar dari kejauhan apabila mereka sedang menenun di teras rumah. Suara yang didengar adalah **sek sek** sehingga kain tenun sasak juga diistilahkan dengan kain sesek.

Sebelum lahirnya nama Desa Peringgasela, ada salah seorang tokoh masyarakat bernama Lebai Mursini yang datang dari Sulawesi. Tokoh masyarakat Lebai Mursini yang mengajarkan cara bertani dan menenun, dengan memanfaatkan bunga-bunga kapas yang tumbuh liar di sepanjang **huma-huma**. Kapas itu dikumpulkan dan dijemur lalu dipintal dengan menggunakan alat sederhana yang sekarang disebut **ganti (gentian), petuk, saka, dan kanjian**. Selanjutnya bunga kapas yang telah menjadi benang diberi warna dengan zat pewarna yang terbuat dari tumbuh-tumbuhan, akar dan kulit kayu yang selanjutnya **disesek** (ditenun) dengan menggunakan balok-balok kayu sederhana yang dirakit sedemikian rupa menjadi alat tenun sederhana yang disebut alat tenun **gedogan**.



Gambar 1. Alat tenun gedogan

Hingga saat ini kain tenun yang dibuat oleh Lebai Nursini masih tersimpan sebagai pusaka leluhur Desa Peringgesela yang disebut Reragian. Benda pusaka tersebut masih tersimpan rapi sebagai **Pasek Desa** dan induk dari semua kain tenun yang dibuat para pengrajin.

Motif tenun Peringgesela sebagian besar berciri garis lurus dan beberapa motif tenun tradisional terkonsentrasi di beberapa desa saja. Tenun Peringgesela sebagai karya budaya masyarakat Sasak di Lombok Timur merupakan warisan yang sampai saat ini masih diproduksi. Hal ini dicirikan dari hasil produksi yang memenuhi pasar-pasar lokal, nasional dan dunia. Dampak ekonomi global sangat berpengaruh terhadap pemasaran hasil produksi tenun di Kabupaten Lombok Timur.

Kain tenun Peringgesela ini sudah dikenal luas, tidak hanya di Indonesia bahkan banyak negara, seperti Jepang datang khusus untuk belajar membuat kain tenun. Sampai saat ini kain tenun peringgesela masih mempertahankan kealamian atau keotentikan dari tenun tersebut. Pewarnaan benang yang digunakan masih menggunakan bahan alami seperti daun, batang dan akar dari tanaman yang ada di sekitar. Peralatan untuk membuat kain tenun Peringgesela sangat sederhana, bahan baku utama alat adalah kayu. Alat untuk menenun namanya **gedogan**, untuk membuat motif disebut **prane**. Untuk pewarnaan digunakan bahan alam, warna coklat menggunakan kulit kayu, sedangkan warna hijau dan kuning menggunakan daun. Beberapa motif tenun asli dari Peringgasela, yaitu Belak Topat, Sakak, dan Sari Menanti. Lama pembuatan untuk menenun satu kain memakan waktu selama

1 bulan. Motif khas Peringgesela zaman dahulu adalah **sari menanti**, **pucuk rebung abayan**, **lempot kembang renyem**, dan **susuk mal**, tidak untuk dikomersilkan tapi digunakan untuk upacara adat. Kepercayaan masyarakat Peringgesela, tenun **sesek** dengan motif zaman dulu tidak boleh dicontek untuk diperjualbelikan karena akan mendapat bala. Tenun zaman dulu juga dipercaya dapat mengobati penyakit tertentu. Ciri motif tenun Peringgesela adalah garis garis lurus.

Proses pembuatan Tenun **Sesek** Peringgesela ini, antara lain sebagai berikut:

f. Teknik Pewarnaan Benang Tenun

Benang tenun yang digunakan dalam tenun **sesek** Peringgesela terdiri dari 3 macam benang yaitu: benang katun, benang kapas, dan benang merser. Pewarna benang yang digunakan menggunakan bahan-bahan dari tumbuhan, dan menghasilkan berbagai macam warna yang dibutuhkan untuk membuat motif sesuai keinginan penenun. Bahan-bahan pewarna yang banyak dipakai di daerah Nusa Tenggara Barat antara lain: *Mangifera Indica* (Mangga), *Indigofera Tinctori* (Tarum), *Swietenia Mahagoni* (Mahoni). Sumber bahan alami baru dalam pewarnaan alami benang tenun sesek yaitu penggunaan kulit manggis (*Garcinia mangostana L*), kulit kelapa muda (*Cocos nucifera*), kulit batang kayu nangka (*Artocarpus heterophyllus*), dan kulit secang (*Caesalpinia sappan L*). Sumber bahan alami untuk pewarna diperoleh di pulau Lombok kecuali kulit secang dari pulau Jawa. Pewarna alami yang masih digunakan saat ini dan menjadi ciri khas **sesek** peringgesela adalah warna indigo dari bahan alami daun tarum. Selain itu saat ini masih menggunakan beberapa pohon seperti pohon yang ada di sekitar seperti kelapa dan serabut kelapa untuk mendapatkan warna coklat. Warna kuning diperoleh dari pohon nangka. Penggunaan bahan alami disesuaikan dengan bahan alam yang tersedia di sekitar. Bahan-bahan pewarna seperti kulit kayu nangka, kulit mahoni, kulit buah degan dan kulit buah manggis dapat dipakai secara berulang-ulang dengan cara direbus. Pasta daun tarum juga bisa digunakan berulang kali dengan menyimpan pasta yang telah dibuat.



Gambar 2. Proses pembuatan warna dari bahan alam daun tarum

Bahan alami pembuatan warna yang sudah tidak bisa memberikan warna akan menjadi limbah dalam proses pewarnaan ini. Limbah ini merupakan limbah organik yang dimanfaatkan masyarakat sebagai pembuatan pupuk atau dibakar untuk kebutuhan memasak, abunya bisa dipakai untuk membersihkan lumut dan mencuci peralatan dapur. Setelah proses pewarnaan akan dilakukan fiksasi sebagai proses penguatan warna yang telah ditentukan. Warna-warna yang dihasilkan dari bahan-bahan ini tergantung dengan penggunaan fiksasi tawas ($KAl(SO_4)_2$), kapur ($Ca(OH)_2$) atau tunjung ($FeSO_4$).



Gambar 3. Proses penjemuran benang setelah diberi warna alami

Pewarnaan benang dimulai dengan proses mordan yaitu menghilangkan kotoran sisa produksi karena dapat mengganggu proses pewarnaan. Proses mordan dilakukan bersamaan dengan proses perebusan bahan alam untuk warna selama beberapa jam, semakin lama perebusan maka warna yang diperoleh semakin kuat. Setelah dirasa cukup dilakukan penyaringan untuk memisahkan air warna dari bahan alamnya.

Air warna hasil saringan dari perebusan bahan alam digunakan untuk merebus benang yang sudah selesai dari proses mordan. Perebusan dilakukan agar warna meresap dalam benang sampai dalam. Air pewarna dapat digunakan 2 kali dengan warna yang kedua akan lebih muda. Benang diangkat dan ditiriskan sebelum dilakukan proses fiksasi.

Fiksasi merupakan proses penajaman warna, jika difiksasi dengan kapur dan tunjung akan memberikan warna yang berbeda. Contoh pewarnaan dengan pohon banten, jika difiksasi dengan kapur akan memunculkan warna abu, fiksasi dengan tunjung warna akan tetap berwarna nila. Setelah fiksasi, benang akan dicuci pada air mengalir untuk menghilangkan sisa kotoran yang menempel pada benang. Selanjutnya dilakukan proses **penajin** yaitu meluluri benang dengan air bubuk ketan putih dengan tujuan agar benangnya tidak cepet putus dan berbulu. Benang hasil proses penajinan dijemur sampai kering sempurna. Setelah kering sempurna dilakukan proses pengelosan yaitu memindahkan benang pada tempat yang akan digunakan, alatnya menggunakan kayu yang didesain khusus untuk memutar benang.

g. Menenun

Menenun merupakan proses yang paling lama di antara proses yang lain. Seorang penenun memiliki target menenun sepanjang satu hasta setiap harinya, sehingga satu lembar kain selesai ditenun antara 10 hingga 14 hari dengan kegiatan kesehariannya. Waktu menenun juga dipengaruhi oleh motif yang akan ditenun. Alat yang digunakan dalam proses ini menggunakan bahan utama kayu yang disebut gedongan. Alat gedongan ini sangat sederhana dan dibuat oleh masyarakat sekitar. Proses menenun ini sangat erat kaitannya dengan perempuan dan hampir

semua penenun adalah perempuan. Proses pembuatan kain tenun ini menggunakan 2 benang, yaitu benang dengan pewarna alami dan benang dengan pewarna sintetis.

Benang yang dibutuhkan pada proses menenun memiliki peruntukan; 1) benang lungsi adalah benang yang memanjang searah panjang kain dan merupakan warna dasar kain yang akan ditenun; 2) benang pakan adalah benang yang menyilang ke arah lebar kain yang akan ditenun. Kebutuhan benang disesuaikan dengan lebar kain yang akan dibuat. Modal untuk satu kain tenun atau sesek dengan lebar 63 cm dan panjang 4 meter adalah 495 rb. Modal ini untuk kain tenun yang menggunakan benang sintetis. Untuk tenun dengan benang warna alami akan membutuhkan waktu yang lebih lama dan biaya yang lebih besar.

Limbah yang dihasilkan dari proses pewarnaan alami muncul pada proses mordan dan fiksasi karena masih menggunakan zat sintetis. Pada proses menenun menghasilkan limbah sedikit sisa benang yang putus dan bisa dibakar dan abunya untuk campuran pewarna benang.

Materi bacaan:

https://docs.google.com/document/d/1ugjh3zjq6ihOn_Dc03PdFbKMucN0D1L3/e
dit

<https://media.neliti.com/media/publications/308718-kajian-tentang-tenun-sesek-dari-desa-pri-9683d32e.pdf>

II. URAIAN MATERI

1. Sumber Daya Alam sebagai Pewarna Alami

Proses pembuatan tenun Peringgesela dimulai dengan pewarnaan benang menggunakan bahan-bahan alami. Pemanfaatan sumber daya alam membuat tenun Peringgesela menjadi unik. Penggunaan pewarna dari bahan alam seperti pohon banten, mangga (*mangifera Indica*), tarum (*Indigofera Tinctori*), mahoni (*Swietenia Mahagoni*). Namun, beberapa bahan lain yang menjadi temuan baru dalam penelitian yang dilakukan Juniati (2019) yaitu adanya bahan baru dalam pewarnaan benang tenun yaitu penggunaan kulit manggis (*Garcinia mangostana L*), kulit kelapa muda (*Cocos nucifera*), kulit batang kayu nangka (*Artocarpus*

heterophyllus) dan banyak juga menggunakan kulit secang (*Caesalpinia sappan* L)

Sumber daya alam adalah segala sesuatu yang tersedia di alam dan dapat digunakan manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Sumber daya alam juga dapat diartikan sebagai sesuatu yang bersumber dari alam dan bisa dimanfaatkan sebagai alat pemenuhan kebutuhan hidup manusia sehingga kualitas hidup mereka lebih baik. Sumber daya alam dapat dibedakan berdasarkan beberapa karakteristik, di antaranya berdasarkan sifat keterbaruan, asal, dan penggunaannya.

Sumber daya alam merupakan hal yang sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Oleh karena itu, agar sumber daya alam dapat bermanfaat dalam waktu yang panjang, maka hal-hal berikut sangat perlu dilaksanakan.

- a. Sumber daya alam harus dikelola untuk mendapatkan manfaat yang maksimal, tetapi pengelolaan sumber daya alam harus diusahakan agar produktivitasnya tetap berkelanjutan.
- b. Eksploitasinya harus di bawah batas daya regenerasi atau asimilasi sumber daya alam.
- c. Diperlukan kebijaksanaan dalam pemanfaatan sumber daya alam yang ada agar dapat lestari dan berkelanjutan dengan menanamkan pengertian sikap serasi dengan lingkungannya.

Materi bacaan:

https://docs.google.com/document/d/1gJ2Gl4EjcyXmf3Hxh3NztoFv_PrEP1yP/edit

2. Proses pewarnaan benang dan dampaknya bagi lingkungan sekitar

Pewarna alami dari sumber daya alam sangat ramah lingkungan sehingga tidak mencemari lingkungan baik udara, air atau tanah. Sebagian besar sumber daya alam yang digunakan berasal dari tanaman, bisa batang atau buah.

1) Perebusan zat warna

Warna alami yang digunakan untuk pewarnaan benang didapatkan dari proses perebusan bahan alami. Untuk mendapatkan zat warna terbaik dari bahan alami akan dilakukan perebusan yang lama dengan durasi waktu minimal 4 jam

dengan bahan bakar menggunakan kayu. Proses pembakaran kayu bakar sudah pasti akan menghasilkan asap yang akan mengganggu masyarakat sekitar. Proses pembakaran dilakukan di halaman rumah atau pinggir jalan. Jika diinginkan warna yang lebih pekat, maka proses perebusan juga dilakukan lebih lama lagi.



Gambar 4. Proses perebusan warna alam

2) Fiksasi Warna

Setelah proses pewarnaan akan dilakukan fiksasi sebagai proses penjelasan warna yang telah ditentukan. Warna-warna yang dihasilkan dari bahan-bahan ini tergantung dengan penggunaan fiksasi tawas ($KAl(SO_4)_2$), kapur ($Ca(OH)_2$) atau tunjung ($FeSO_4$). Bahan-bahan pewarna seperti kulit kayu nangka, mahoni, kulit buah kelapa ataupun manggis dapat dipakai secara berulang-ulang dengan cara direbus. Pasta daun tarum juga bisa digunakan berulang ulang dengan menyimpan pasta yang telah dibuat. Warna alami dari bahan daun tarum paling spesial karena dibuat tanpa proses pemanasan tapi dengan proses penghancuran dengan ditumbuk menjadi pasta. Pasta dari endapan daun tarum menghasilkan warna biru indigo. Untuk menghasilkan warna hitam, membutuhkan proses

pewarnaan yang lama karena benang harus dicelup di larutan indigo dan diperam di dalam tanah sampai mendapatkan warna yang diinginkan. Ranting dan daun tarum setelah proses perendaman dapat ditiriskan dan kemudian dibakar. Abu dari ranting dan daun tarum dijadikan pupuk alami di sawah dan menjadi campuran pewarna saat mencelup benang.

Proses pembuatan tenun Peringgesela menggunakan benang alami dengan beberapa tahapan pewarnaan. Sumber pencemar yang muncul pada pembuatan tenun pada tahap berikut:

a. Perebusan zat warna alami dalam waktu yang lama dan menggunakan kayu bakar.

Pembakaran menggunakan kayu bakar akan berdampak pada lingkungan. Zat yang dihasilkan dalam proses pembakaran kayu bakar adalah karbon monoksida (CO), oksida sulfur (SO_x), nitrogen oksida, hidrokarbon dan partikulat lain.

Semua parameter diatas berdampak negatif pada lingkungan dan kesehatan. Proses pembakaran kayu dalam proses perebusan zat warna akan berlangsung minimal 4 jam setiap hari sehingga dapat menyebabkan ketidakseimbangan respons tubuh. Paparan awal dari zat yang dihasilkan adalah tingginya tingkat penyakit asma dan penemuan hingga jika terpapar terus-menerus/berkepanjangan akan menyebabkan kanker.

b. Proses fiksasi warna

Proses fiksasi sangat diperlukan pada pewarnaan dengan bahan alami. Proses menenun di desa Peringgesela menggunakan tiga larutan fiksatif, yaitu tawas (KAl(SO₄)₂·12H₂O), kapur sirih (Ca(OH)₂), tunjung (FeSO₄). Ketiga larutan ini dipakai karena kelompok logam kompleks memiliki kemampuan berguna untuk memperbaiki ketahanan luntur dari pewarna alami. Zat warna alami memerlukan penggabungan dengan kompleks logam seperti yang terdapat pada ketiga larutan fiksatif tersebut. Selain itu larutan fiksatif yang digunakan dalam proses pewarnaan akan membuat warna alami yang dihasilkan menjadi tidak mudah pudar serta tahan terhadap gosokan. Air limbah fiksasi yang dibuang ke lingkungan perairan dapat menyebabkan

pencemaran pada ekosistem perairan karena terjadi akumulasi zat kimia toksik di dalamnya.

Dampak zat kimia dalam limbah cair tekstil yang digunakan dalam proses fiksasi yang secara intens berisiko pada kesehatan manusia dan lingkungan antara lain adalah:

- i) Zat toksik yang terakumulasi dalam lingkungan dapat meracuni manusia dan organisme lain.
- ii) Penyakit menular dapat timbul melalui rantai makanan.
- iii) Berbagai mikroorganisme dan fungi berbahaya dapat berkembang biak sehingga menyebabkan penyakit.
- iv) Timbulnya penyakit kolera, diare, dan demam tifus.
- v) Air limbah yang terakumulasi dan tidak terurai dengan baik menjadi tempat berkembang biak bagi lalat sehingga memungkinkan penularan penyakit infeksius.
- vi) Kualitas lingkungan hidup menurun.
- vii) Estetika dari lingkungan terganggu.
- viii) Lingkungan yang tercemar tidak nyaman untuk ditempati.
- ix) Organisme terdampak pencemaran berisiko mati bahkan musnah.

Materi bacaan:

<https://journal.uc.ac.id/index.php/moda/article/view/706/611>
[file:///C:/Users/HP/Downloads/37097-Article%20Text-90346-1-10-20200129%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/37097-Article%20Text-90346-1-10-20200129%20(1).pdf)

3. Teknologi sederhana dalam proses pewarnaan alami

1) Alat pembuat tenun

Teknologi sederhana yang digunakan dalam proses pembuatan tenun menggunakan alat-alat yang terbuat dari kayu. Alat-alat yang digunakan dalam menenun, yaitu alat pemintal benang, alat pembuat motif, dan alat gedongan atau alat **sesek**. Semua alat terbuat dari kayu dan sederhana. Alat tersebut ada yang membuat sendiri dan memesan khusus.

2) Alat-alat yang digunakan untuk membuat warna

Teknologi sederhana yang digunakan untuk membuat warna dari bahan alami menyebabkan proses pembuatan tenun berjalan lebih lambat. Selain itu, keterbatasan referensi tentang warna-warna dari bahan alami dan keterbatasan zat yang digunakan sebagai zat fiksasi menyebabkan keterbatasan warna alami yang dihasilkan.

3) Proses mordan

Proses mordan merupakan salah satu teknologi sederhana dilakukan masyarakat untuk menghilangkan lilin atau kotoran sisa produksi yang ada pada benang. Proses ini dilakukan agar benang dapat menyerap warna dengan baik. Proses mordan dilakukan dengan merendam benang menggunakan air biasa dan membutuhkan waktu 24 jam. Saat ini proses mordan dapat dipersingkat menjadi 3 sampai dengan 4 jam dengan menambahkan tawas dalam proses perendaman benang.

4. Bahan alami untuk fiksasi warna

Proses fiksasi sangat diperlukan pada pewarnaan dengan bahan alami. Proses menenun menggunakan tiga larutan fiksatif, yaitu tawas ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$), kapur sirih ($Ca(OH)_2$), tunjung ($FeSO_4$). Selain bahan-bahan kimia, banyak penelitian membuat bahan fiksasi dari bahan alam. Penggunaan fiksasi bertujuan untuk mengunci zat warna dalam serat kain sehingga warna tidak mudah keluar. Penggunaan fiksasi dengan bahan zat kimia dapat mencemari lingkungan, karena setelah digunakan sisa bahan fiksasi akan dibuang di perairan sekitar.

Fiksasi alami yang bisa digunakan ada 3, yaitu air kelapa, asam jawa, tawas dan tanaman lobak (*Raphanus raphanistrum subsp. sativus*). Air kelapa dapat digunakan sebagai bahan fiksasi karena mengandung elektrolit, klorida, potassium, kalium, magnesium, sodium dan riboflavin. Asam jawa dapat digunakan sebagai bahan fiksasi karena asam jawa mengandung asam tartarat sebesar 8– 14%, gula sebesar 30 – 40%, serta sebagian kecil asam sitrat, kalium bitartarat, senyawa polifenol, dan flavonoid. Asam jawa juga memiliki kandungan ion K^+ dari kalium bitartarat dan ion H^+ dari asam tartarat serta asam

sitrat yang dapat mengikat partikel yang bermuatan negatif, sehingga partikel tersebut akan terdestabilisasi membentuk ukuran partikel yang lebih besar.

Loba (*Symplocos sp*) merupakan tanaman endemik di Nusa Tenggara Timur (NTT), yang banyak tumbuh di Flores dan Sumba. Loba bisa dimanfaatkan sebagai pewarna alami yang menghasilkan warna kuning. Loba dapat digunakan sebagai penguat warna alami karena mempunyai kandungan logam Aluminium (Al) dan Besi (Fe) yang tinggi. Kandungan ini banyak dijumpai pada daun, kulit kayu, dan akar. Kandungan logam Aluminium pada daun loba lebih tinggi dibanding dengan bagian tanaman lainnya. Daun yang gugur atau berwarna kuning menunjukkan kandungan Aluminiumnya sudah maksimal dan sangat bagus digunakan untuk fiksasi warna.

Materi bahan bacaan:

<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jmr/article/view/36450/29664>

<https://e->

journal.biologi.lipi.go.id/index.php/berita_biologi/article/view/507/322

5. Mengurangi limbah dari proses fiksasi zat kimia

Proses fiksasi yang dilakukan oleh pengrajin tenun masih menggunakan zat sintesis dan dalam waktu yang lama akan berpengaruh pada lingkungan. Perlu dilakukan rancangan yang dapat mengurangi limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Beberapa langkah yang bisa dilakukan untuk mengurangi konsentrasi limbah adalah:

i) Filtrasi Membran

Filtrasi dengan teknologi membran mampu memberikan hasil pengolahan yang baik karena mampu mencapai pemurnian hingga 100% dalam waktu yang relatif singkat dengan kapasitas kerja yang besar. Beberapa contoh jenis membran yang digunakan dalam proses pengolahan air limbah adalah *ultrafiltration*, *microfiltration*, *nanofiltration* dan *reverse osmosis*.

ii) Filtrasi dengan Media Pasir

Bahan pasir dengan ukuran seragam digunakan sebagai filter untuk mengurangi konsentrasi polutan pada air dengan tingkat kekeruhan dan cemaran yang kecil.

iii) Sedimentasi (Pengendapan)

Pengendapan memanfaatkan gaya gravitasi untuk pemisahan partikel dari air terutama pada pengolahan air berlumpur. Partikel dengan massa jenis yang lebih berat dari air akan berangsur-angsur berada di bawah penampungan (Hambandima, 2017).

Materi bahan bacaan:

<https://jurnal.um-palembang.ac.id/distilasi/article/view/3030/2170>

[file:///C:/Users/HP/Downloads/3030-7041-1-SM%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/3030-7041-1-SM%20(1).pdf)

6. Komposisi bahan alam untuk bahan pewarna

Bahan alam yang digunakan untuk pewarna alami cukup banyak seperti pohon dan daun *Mangifera indica L* (mangga). Zat pewarna alami yang berasal dari mangga bisa didapat dengan cara mengekstrak dari bagian daunnya. Ekstrak dari daun mangga ini menghasilkan warna hijau kekuningan. Proses ekstraksi bahan pewarna alami (*coloring matter*) bermacam-macam dan yang paling sederhana adalah dengan pelarut air. Perkembangan selanjutnya, bahan baku pewarna alami dibuat menjadi bentuk yang lebih halus diekstraksi dengan pelarut air dengan perbandingan 1 : 6 dan perbandingan lainnya. Proses ekstraksi dilakukan dengan cara perebusan. Konsentrasi bahan pewarna yang digunakan menentukan kualitas hasil pewarnaan.

Pewarnaan kain dengan bahan pewarna alami memiliki warna dengan daya tahan luntur yang rendah, sehingga memerlukan bahan tambahan untuk mengikat warna supaya meningkatkan ketahanan terhadap luntur. Cara untuk meningkatkan ketahanan luntur adalah dengan menggunakan proses fiksasi. Bahan fiksasi yang digunakan yaitu tunjung (FeSO_4), tawas (Potash alum). Dosis yang disarankan untuk bahan fiksasi di dalam 1 liter air adalah 7 % untuk tawas, 5 % untuk kapur, dan 2 % untuk tunjung. Pengerajin tenun saat ini menggunakan bahan tawas, tunjung, dan kapur untuk proses fiksasi. Proses fiksasi selama ini tidak menggunakan komposisi yang pasti hanya menggunakan perkiraan saja. Penentuan komposisi air dan zat fiksasi diperlukan agar penggunaan zat fiksasi tidak berlebihan.

Materi bahan bacaan:

- i. <https://ojs.stiami.ac.id/index.php/jks/article/view/1271>
- ii. [https://teknologihutan.fkt.ugm.ac.id/wp-content/uploads/sites/675/2019/01/KUALITAS_PEWARNAN_BATIK_YANG_DIHASILKAN_DARI_PERBEDAAN_KONSENTRASI dan BAHAN FIKASI BAHAN PEWARNA DAUN MANGGA-1.pdf](https://teknologihutan.fkt.ugm.ac.id/wp-content/uploads/sites/675/2019/01/KUALITAS_PEWARNAN_BATIK_YANG_DIHASILKAN_DARI_PERBEDAAN_KONSENTRASI_dan_BAHAN_FIKASI_BAHAN_PEWARNA_DAUN_MANGGA-1.pdf)

III. Lembar Kerja STEM



LEMBAR KERJA

Lembar Kerja Sains

1. Penggunaan zat warna sintetis di Indonesia yang mendominasi pewarnaan bahan tekstil menyebabkan banyak pencemaran lingkungan. Zat warna sintetis dengan gugus azo, mengandung senyawa amino aromatis dan diduga menyebabkan penyakit kanker kulit atau karsinogenik. Tenun di desa Peringgesela saat ini tetap menggunakan benang dengan pewarna alami. Pewarna alami merupakan pewarna yang tidak toksik, dapat diperbaharui, mudah terdegradasi, dan ramah lingkungan. Pewarnaan dengan zat warna alam akan diperlukan penguat warna (mordan) yang dapat mencegah warna agar tidak luntur dari kain. Aluminium sulfat, kapur tohor, Tembaga (II) sulfat, kalium dikromat, dan ferro sulfat merupakan jenis mordan kimia yang sering digunakan oleh industri tekstil termasuk tenun tradisional di desa Peringgesela. Jelaskan apa yang terjadi jika penggunaan mordan tanpa dosis yang tepat dilakukan oleh masyarakat dalam industri tenun di Peringgesela !.

Lembar Kerja Teknologi

1. Proses fiksasi saat ini masih menggunakan tawas dan kapur. Jelaskan tujuan penggunaan tawas dan kapur oleh masyarakat. Apa akibat dari proses fiksasi bagi lingkungan?.

Lembar Kerja Rancangan

1. Hasil penelitian terdahulu menyatakan bahwa daun simplokos dapat digunakan sebagai campuran dalam pewarnaan kain tenun dengan hasil warna yang cerah dan tajam di Lombok. Buatlah rancangan proses mordan dan fiksasi yang menggunakan bahan alami (dari bahan alam langsung seperti batang, daun atau buah) yang dapat digunakan sebagai bahan dalam

Lembar Kerja Matematika

1. Ada 3 jenis zat fiksasi yang biasa digunakan yaitu tunjung (FeSO_4), tawas, atau kapur tohor (CaO). Ketiga jenis larutan mordan ini sering digunakan oleh masyarakat tenun Peringgesela. Dosis yang disarankan untuk bahan fiksasi di dalam 1 liter air adalah 7 % untuk tawas, 5 % untuk kapur, dan 2 % untuk tunjung. Hitunglah jumlah tawas yang tepat jika air yang digunakan 3 liter.

IV. Rangkuman

Tenun Peringgesela merupakan salah satu ikon budaya masyarakat Lombok Timur. Proses tenun masih menggunakan alat dan bahan sederhana. Pada waktu yang lampau proses menenun diawali dengan memintal benang, saat ini masyarakat tidak lagi memintal tapi membeli benang polos tanpa warna. Benang polos akan diberi warna menggunakan bahan alami. Sebelum pewarnaan dimulai dilakukan proses mordan. Setelah pewarnaan dilakukan fiksasi dengan zat fiksasi tawas, tunjung, dan kapur sirih. Penggunaan zat sintetis dalam proses fiksasi secara berkepanjangan akan mengakibatkan pencemaran lingkungan. Penggunaan zat sintetis untuk fiksasi tidak menggunakan komposisi tertentu, pencemaran bisa dikurangi jika digunakan komposisi yang tepat. Selain itu diperlukan zat atau bahan alami untuk proses fiksasi warna alam. Zat fiksasi alami yang bisa digunakan adalah air kelapa, asam jawa, dan tanaman lobak.

V. Evaluasi

1. Proses pewarnaan pada pembuatan tenun Peringgesela bahan warna diperoleh

dari alam. Masyarakat mengambil bahan alam dilihat dari banyaknya bahan tersebut tersedia di alam. Perlu dilakukan proses agar sumber daya alam tetap tersedia dan bisa digunakan secara berkepanjangan. Upaya memanfaatkan sumber daya alam tanpa merusak dan menjaga kelestarian adalah...

- a. pengelolaan sumber daya alam berdasarkan prinsip berwawasan lingkungan.
 - b. memanfaatkan sumber daya alam dengan prinsip keefisiensi.
 - c. melakukan studi AMDAL untuk menjaga kelestarian sumber daya alam.
 - d. menjaga keseimbangan serta kelestarian sumber daya alam.
 - e. mengambil dan memanfaatkan sumber daya alam dengan maksimal.
2. Pengelolaan sumber daya alam harus berdasarkan prinsip berwawasan lingkungan, artinya...
- a. pengolahan sumber daya alam tidak berhenti karena habis.
 - b. **mempertimbangkan kelestarian bagi lingkungan.**
 - c. mengambil sumber daya alam seperlunya saja.
 - d. mengambil dan mengolah sumber daya alam dengan maksimal.
 - e. mengolah sumber daya alam sesuai dengan kebutuhan.
3. Proses perebusan bahan warna alam untuk mewarnai benang membutuhkan waktu minimal 4 jam. Proses perebusan dilakukan dengan bahan bakar kayu atau ranting yang ada di sekitar. Proses pembakaran yang dilakukan secara berkepanjangan akan menyebabkan...
- a. pencemaran air
 - b. **pencemaran udara**
 - c. pencemaran tanah
 - d. pencemaran sungai
 - e. tanah menjadi subur
4. Proses fiksasi sangat diperlukan pada pewarnaan dengan bahan alami. Pengerajin tenun desa Peringgesela menggunakan tiga larutan fiksatif, yaitu tawas, kapur sirih, dan tunjung. Proses pewarnaan menggunakan bahan alami kelapa dapat dijadikan alternatif bahan fiksasi yang alami. Air kelapa dapat dijadikan sebagai bahan fiksasi karena.....

- a. **mengandung elektrolit, klorida, potassium, kalium, magnesium, sodium, dan riboflavin.**
 - b. mengandung asam tartarat
 - c. mengandung zat pewarna alami
 - d. memiliki rasa yang enak
 - e. mengandung senyawa tanin, flavonoid, dan fenol
5. Teknologi sederhana pada proses menenun salah satunya adalah mordan, yang dilakukan untuk menghilangkan kotoran sisa produksi agar benang lebih cepat diberikan warna alami. Proses mordan ini sudah dilakukan oleh penenun secara turun-temurun dengan merendam benang menggunakan air selama 24 jam. Saat ini poses mordan menggunakan tawas untuk perendaman benang dengan memakan waktu 3 jam. Perubahan yang dilakukan masyarakat untuk mengurangi waktu proses mordan menggunakan tawas akan menyebabkan....
- f.pencemaran air
 - g. pencemaran udara
 - h. pencemaran tanah
 - i.tidak menyebabkan pencemaran lingkungan**
 - j.pencemaran sungai
6. Industri rumah tangga tenun sesek Peringgesela masih menggunakan bahan alami untuk pewarnaan benang tenun walaupun sebagian lagi benang yang digunakan adalah benang dengan warna sintetis. Pewarnaan sintetis sangat mengancam lingkungan karena limbah indutrsi tekstil sebagian besar dibuang ke sungai. Limbah industri tekstil dengan pewarna sintetis dapat menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan sebagai berikut, kecuali.....
- a. material toksik yang merusak habitat di sungai.
 - b. berbahaya untuk makhluk hidup
 - c. mutagenik teratogenik, iritasi, tumor, kanker, dan kematian
 - d. sungai menjadi tercemar
 - e. daya dukung perairan meningkat**
7. Tingginya tingkat pencemaran sungai akibat limbah tekstil harus menjadi perhatian pemerintah untuk menegakkan aturan tentang pengelolaan limbah.

Banyak rancangan sederhana yang bisa dilakukan untuk mengurangi limbah tekstil. Salah satu rancangan awal mengolah limbah tekstil dengan cara mengolah limbah cair dengan memisahkan material padatan berdasarkan ukuran tertentu yang relatif besar dari limbah cair. Metode ini disebut....

a. screening

- b. filtrasi membran
- c. filtrasi menggunakan media pasir
- d. adsorpsi
- e. sedimentasi

8. Pewarnaan kain dengan bahan pewarna alami memiliki warna dengan daya tahan luntur yang rendah, sehingga memerlukan bahan tambahan untuk mengikat warna supaya meningkatkan ketahanan terhadap luntur. Cara untuk meningkatkan ketahanan luntur adalah dengan menggunakan proses fiksasi. Dosis yang disarankan untuk bahan fiksasi di dalam 1 liter air adalah 7 % untuk tawas, 5 % untuk kapur, dan 2 % untuk tunjung. Jika dalam proses fiksasi menggunakan 5 liter air, jumlah tawas yang tepat digunakan adalah.....

- a. 35 gram
- b. **350 gram**
- c. 700 gram
- d. 70 gram
- e. 7 gram

9. Lanjutan soal nomer 8, jumlah kapur yang dibutuhkan jika air yang digunakan adalah 10 liter...

- a. 5 gram
- b. 50 gram
- c. **500 gram**
- d. 10 gram
- e. 100 gram

10. Penggunaan bahan alam untuk membuat warna yang dilakukan oleh pengerajin tenun Peringgesela tidak menggunakan perbandingan yang tepat. Perbandingan yang seharusnya bahan baku pewarna alami dengan pelarut air diekstrak dengan perbandingan 1 : 6. Jika bahan baku alami yang digunakan 3,5 kg, jumlah air yang dibutuhkan adalah....

- a. 6 liter
- b. 12 liter
- c. 18 liter
- d. 21 liter
- e. 25 liter

Petunjuk Evaluasi hasil Pengerjaan Tes Formatif

1. Setelah selesai mengerjakan Tes Evaluasi 1 ini, jika nilai yang diperoleh sesuai dengan standar, akan diperoleh link materi berikutnya. Nilai tes evaluasi juga bisa dicocokkan dengan kunci jawaban yang telah disediakan pada bagian lampiran modul. Kemudian hitung tingkat penguasaan yang dapat dicapai dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\text{Nilai Capaian} = \frac{\text{Jumlah Jawaban Benar}}{\text{Jumlah Soal Seluruhnya}} \times 100$$

2. Jika Nilai Capaian yang diperoleh kurang dari 75 (*disesuaikan dengan KKM yang ditetapkan*), pelajari kembali materi yang belum dikuasai. Jika masih mengalami kesulitan, catat pada buku catatan bagian mana yang masih belum pahami untuk kemudian dapat mendiskusikannya bersama teman, menceritakannya kepada orang tua, atau dapat menanyakannya langsung kepada dosen pada saat jadwal kegiatan pembelajaran berlangsung.

KEGIATAN II

GELONDONGAN EMAS SEKOTONG LOMBOK BARAT NTB

Tujuan Pembelajaran

Melalui etnosains gelondongan emas Sekotong:

1. Mahasiswa mampu mengidentifikasi zat pencemar dalam proses penambangan emas rakyat Sekotong
2. Mahasiswa mampu menganalisis pencemaran air, udara, dan tanah akibat dari penambangan emas rakyat di Sekotong
3. Mahasiswa mampu menganalisis teknologi yang digunakan masyarakat dalam penambangan emas
4. Mahasiswa mampu merancang alat sederhana ramah lingkungan untuk menangani masalah



I. Pengantar

Gelondongan Emas Rakyat Sekotong



Gelondongan emas adalah istilah yang merujuk kepada kegiatan penambangan emas skala kecil atau tambang rakyat. Di wilayah Dusun Jati, Desa Pelangan, Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat, terdapat aktivitas penambangan emas skala kecil yang telah berlangsung sejak sekitar tahun 2008. Kegiatan ini dipicu oleh adanya survei kandungan emas oleh Perusahaan pertambangan NNT (Newmont Nusa Tenggara) pada waktu itu. Kegiatan penambangan emas skala kecil dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, seperti pencemaran limbah. Sumber daya emas di wilayah tersebut telah menarik perhatian masyarakat, yang kemudian berusaha dalam kegiatan penambangan tersebut.

Pada tahun 1986-2004, PT Newmont Nusa Tenggara (NNT) salah satu perusahaan tambang emas di daerah Sumbawa NTB meneliti kandungan emas di Sekotong. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan emas di Sekotong sangat kecil. Kemudian dilanjutkan penelitian oleh PT Indontan pada tahun 2006, dan membangun *basecamp*. Pada tahun 2006 juga disahkan Peraturan daerah nomor 11/2006 tentang RT/RW NTB dan disebutkan bahwa Pulau Lombok bukan daerah tambang logam. Masyarakat Sekotong, sudah terlanjur tahu ada kandungan emas dan mencoba melakukan penggalian di sekitar basecamp PT Indontan, termasuk di daerah survei tim perusahaan. Penambangan emas skala kecil atau

tambang rakyat ini mulai marak pada 2008. Saat itulah, banyak penambang lebih berpengalaman datang dari Jawa Barat, Jawa Timur, Kalimantan, dan Sulawesi. Pada awal-awal tambang ilegal itu, Sekotong yang dulu dikenal sebagai daerah banyak *blank spot*, sulit akses, berubah jadi kota baru.

Kegiatan ini umumnya dilakukan dengan cara tradisional, seperti mencuci tanah yang mengandung emas dengan menggunakan air. Dampak ekonomi dari kegiatan gelondongan emas ini bisa memberikan keuntungan bagi masyarakat, tetapi dampak terhadap lingkungan perlu diperhatikan. Munculnya dampak positif maupun negatif dari usaha pertambangan, terjadi pada tahap eksplorasi, eksploitasi termasuk pemrosesan serta penjualan hasil tambang serta pasca tambang.

Kawasan terbuka akibat penambangan itu mencapai sekitar 1.000 Ha, ada yang masuk kawasan hutan lindung, hutan kemasyarakatan dan ada juga di lahan milik warga. Para penggali/penambang membuat lubang-lubang berukuran kira-kira 1 x 1,5 m² dengan kedalaman 3-7 m sampai menemukan batuan yang diinginkan. Dengan peralatan sederhana yang disebutkan di atas mereka mencongkel batu yang diinginkan lalu diangkat ke permukaan. Sampai di atas tanah, batuan dimasukkan ke dalam karung, masing-masing karung berisi kurang lebih 40 kg batuan. Satu karung batu mereka meyakini akan mendapatkan emas sekitar 1 - 10 gram.

Karung yang telah berisi batu mengandung emas diangkut keluar daerah tambang dengan sepeda motor atau mobil jip untuk diolah menggunakan cara amalgamasi dengan media air raksa sebagai penangkap butiran emas. Teknik tradisional ini oleh masyarakat penambang liar biasa disebut dengan proses gelondong atau masyarakat setempat di Sekotong (Lombok Barat) menyebut gelondongan. Unit-unit gelondongan terdiri atas 6 - 10 gelondong mulai muncul di sekitar penggalian batuan, di tepi jalan, dan di bibir pantai daerah Sekotong.



Gambar 1. Alat gelondongan emas sederhana

Sumber : <https://www.youtube.com/watch?v=v94DeXvg2NE>

Bongkahan batu yang sudah digali pada umumnya dijual kepada pembeli, yang sebagian besar sebagai pemilik mesin gelondong. Ongkos angkut hasil tambang ke tempat gelondong Rp 25.000-Rp 50.000 per karung (40 kg) tergantung jarak tempuh menuju mesin gelondong. Satu jip mampu mengangkut 25 karung sedangkan motor hanya mampu mengangkut 2 - 3 karung. Jadi bisa dibayangkan berapa penghasilan buruh tambang/angkut bongkahan batu per hari. Selanjutnya pemilik gelondongan mengolah batuan hingga menghasilkan emas lantakan (*bullion*) yang siap dijual dengan harga sekitar dua ratus ribu rupiah per gram. Mereka mengolah dengan cara-cara sederhana dan sudah umum dilakukan.

Batuan hasil galian dipukul-pukul dengan palu agar pecah sampai berukuran paling kasar sekitar telur burung puyuh, lalu dimasukkan atau dihancurkan lagi dengan cara digiling dalam gelundung yang berisi 3 buah pelor (bola-bola besi) berdiameter kira-kira 7,5; 5; dan 3 cm serta ditambah air secukupnya. Jika sekiranya batuan sudah menjadi pasir halus berukuran kurang dari 0,5 mm, hasil proses penggilingan dikeluarkan lalu didulang menggunakan baskom plastik dalam media air. Fraksi halus atau ringan dibuang, sedangkan fraksi berat yang membawa butiran emas akan tertinggal pada baskom.

Selanjutnya fraksi berat ini ditambahkan air raksa (Hg) secukupnya agar berfungsi sebagai bahan penangkap/pengikat butiran emas dan diaduk dengan tangan. Setelah itu, air raksa yang menangkap butiran emas yang istilah teknisnya sering disebut dengan "amalgam" diambil untuk dipisahkan dari pasirnya, lalu ditaruh dalam kain penyaring yang terbuat dari parasut, diperas sampai sebagian

besar air raksa keluar lolos kain saringan. Air raksa ini bisa digunakan lagi untuk menangkap emas dalam pekerjaan amalgamasi berikutnya. Setelah disaring dan air raksa terpisah, butiran emas terlihat tertinggal dalam kain. Butiran-butiran emas yang diperoleh kemudian disatukan dengan cara dibakar yaitu ditaruh di atas mangkok tanah liat, lalu dibakar atau dilelehkan menggunakan api dari kompor bertekanan. Jika selama pembakaran terlihat ada logam meleleh lalu menggumpal, itu adalah *bullion* emas yang memang diharap-harapkan oleh mereka, namun masih mengandung perak dan sudah siap untuk dijual. *Bullion* emas yang dihasilkan dari satu gelundung berisi 5 kg batuan bisa mendapatkan 0,5 - 1 g. Jika satu unit memakai 10 gelundung dan dalam sehari beroperasi 2(dua) kali proses, berarti dalam sehari minimal mereka mendapatkan butiran emas sekitar 10 - 20 g.

Sumber : <https://www.esdm.go.id>

II. URAIAN MATERI

1. Zat-zat pencemar di lingkungan penambangan emas daerah Sekotong

Lingkungan dikatakan mengalami pencemaran, jika terjadi penyimpangan dari keadaan normalnya. Pada keadaan normal setiap lingkungan memiliki kandungan tertentu, lingkungan perairan memiliki kandungan tertentu, seperti: 1) air hujan mengandung SO_4 , Cl, NH_3 , CO_2 , N_2 , C, O_2 , debu; 2) air dari mata air mengandung mineral Na, Mg, Ca, Fe, dan mineral lainnya. Air alami tidak bebas dari bahan pengotor. Namun, konsentrasi bahan pengotor dalam air yang ada di alam masih dapat ditoleransi. Tingkat toleransi bahan pengotor tergantung pada tujuan penggunaan air. Sebagai contoh, rasa segar air mineral dari daerah pegunungan disebabkan oleh adanya berbagai mineral yang terkandung dalam air.

Lingkungan tanah dan udara juga memiliki kandungan tertentu yang dibutuhkan untuk kehidupan, jika ada zat berbeda yang masuk akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Zat-zat berbeda yang masuk ke lingkungan dan menyebabkan pencemaran disebut sebagai zat pencemar. Hal ini terjadi di daerah tambang, limbah yang dihasilkan oleh proses penambangan dapat menimbulkan dampak dan efek yang merugikan bagi manusia dan lingkungan.

Daerah tambang rakyat di Sekotong merupakan daerah penambangan

tradisional atau sering disebut sebagai tambang ilegal. Tambang ilegal di daerah Sekotong melakukan proses penambangan menggunakan alat dan bahan sederhana yang dapat merusak lingkungan. Secara umum limbah tambang emas mengandung salah satu atau lebih bahan berbahaya dan beracun seperti arsen (As), kadmium (Cd), timbal (Pb), merkuri (Hg), sianida dan lainnya. Sebagian logam-logam yang berada dalam *tailing* adalah logam berat yang masuk dalam kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3).

Beberapa jenis polutan, sumber-sumbernya, serta efeknya bagi lingkungan sebagian besar dihasilkan dari proses industri dan rumah tangga. Jenis jenis limbah yang dapat menghasilkan zat pencemar bagi lingkungan adalah limbah industri, pertanian, rumah tangga, bahan kimia beracun, radioaktif, dan panas.

Materi bacaan:

<https://docs.google.com/document/d/15qasnRq6oqBFBJQKCoRBGGLZwrlRe6XE/edit>

2. Pencemaran lingkungan akibat penambangan emas

Pencemaran lingkungan adalah terkontaminasinya komponen fisik dan biologis dari sistem bumi dan atmosfer sehingga mengganggu keseimbangan ekosistem lingkungan. Pencemaran lingkungan sebagian besar diakibatkan oleh ulah manusia dalam rangka pemenuhan kebutuhan hidup. Berbagai jenis kegiatan manusia dalam rangka pemenuhan kebutuhan hidup dilakukan tidak sesuai standar yang telah ditetapkan sehingga berdampak bagi lingkungan. Salah satu kegiatan masyarakat yang dapat mencemari lingkungan adalah tambang emas rakyat di daerah Sekotong.

Gelondongan emas rakyat di Sekotong yang sempat menjadi pembicaraan, tidak hanya sebatas mendapatkan emas. Proses penambangan sampai dengan proses glondongan akan berdampak juga bagi lingkungan sekitar (lingkungan air, tanah, dan udara). Pengaruh terhadap lingkungan tidak dipikirkan oleh masyarakat penambang. Penambangan emas di Sekotong memiliki beberapa tahap dan tahap yang dapat mencemari lingkungan antara lain:

a) Tahap penggalian

Pada tahap ini, tanah digali secara terbuka untuk mendapatkan bijih emas. Penggalian dilakukan dengan menggunakan alat-alat sederhana, seperti cangkul dan linggis. Penggalian secara terbuka dapat menyebabkan kerusakan lahan, seperti erosi, longsor, dan penurunan kesuburan tanah.

Erosi merupakan proses pengikisan tanah oleh air, angin, atau es. Erosi dapat menyebabkan hilangnya lapisan tanah yang subur, sehingga dapat mengganggu pertumbuhan tanaman. Longsor adalah peristiwa Bergeraknya massa tanah atau batuan menuruni lereng. Longsor dapat menyebabkan kerusakan infrastruktur, seperti rumah, jembatan, dan jalan.

Penurunan kesuburan tanah adalah proses berkurangnya kemampuan tanah untuk menyediakan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Tanah di hutan mempunyai komposisi dan sifat-sifat yang secara alami mampu mendukung pertumbuhan tanaman. Jika terjadi perubahan komposisi dan sifat tanah, siklus alamiah akan mengembalikan keadaan semula. Penebangan hutan secara semena-mena menyebabkan komposisi dan sifat-sifat tanah berubah secara drastis. Bila komposisi atau sifat tanah (fisika, kimia, dan biologi) berubah sehingga berakibat buruk pada tanaman dan binatang, maka dapat dikatakan bahwa tanah tersebut telah terpolusi. Penyebab tanah dapat terpolusi:

- i) kecepatan hilangnya senyawa tertentu dari tanah lebih besar daripada kecepatan masuknya senyawa pengganti.
- ii) rusaknya atau putusnya alur siklus biogeokimia.
- iii) kecepatan masuknya senyawa ke tanah lebih besar daripada kecepatan pengambilannya.
- iv) masuknya senyawa yang tidak terdegradasi dalam tanah.

Aktivitas gelondongan emas rakyat di Sekotong merupakan contoh dampak negatif interaksi antara senyawa kimia dan lingkungan. Dalam proses pengolahan emas dengan menggunakan gelondongan, air raksa digunakan untuk mengikat emas. Air raksa adalah logam berat yang berbahaya bagi lingkungan. Air raksa dapat mencemari air, tanah, dan udara.

Aktivitas penambangan emas dengan menggunakan gelondongan dapat menyebabkan kerusakan lahan. Hal ini disebabkan oleh kegiatan penggalian tanah

yang dilakukan secara terbuka. Kerusakan lahan dapat berupa erosi, longsor, dan penurunan kesuburan tanah. Penambangan emas dengan menggunakan gelondongan dapat menyebabkan perubahan tata guna lahan. Lahan yang semula digunakan untuk pertanian atau hutan dapat berubah menjadi lahan tambang. Hal ini dapat menyebabkan hilangnya habitat flora dan fauna.

b) Tahap Pemisahan

Pemisahan dilakukan untuk memisahkan batuan atau tanah hasil penggalian dengan bijih emas. Pemisahan dilakukan secara manual menggunakan air dan air raksa. Air raksa digunakan untuk mengikat emas, sehingga emas dapat dipisahkan dari tanah. Proses pembersihan ini dapat menyebabkan pencemaran air. Air raksa merupakan logam berat yang berbahaya bagi lingkungan. Air raksa dapat mencemari air tanah, sungai, danau, maupun laut. Pencemaran air oleh air raksa dapat menyebabkan berbagai masalah, seperti:

- i) tercemarnya air minum dan air bersih
- ii) matinya ikan dan biota air lainnya
- iii) terganggunya ekosistem perairan.

Air dikatakan mengalami pencemaran, jika terjadi penyimpangan dari keadaan normalnya. Pada keadaan normal air memiliki kandungan tertentu, seperti: air hujan mengandung SO_4 , Cl , NH_3 , CO_2 , N_2 , C , O_2 , debu, air dari mata air mengandung mineral Na , Mg , Ca , Fe dll. Air alami tidak bebas dari bahan pengotor. Hanya saja biasanya konsentrasi bahan pengotor dalam air yang ada di alam masih dapat ditoleransi. Tingkat toleransi bahan pengotor tergantung pada tujuan penggunaan air. Sebagai contoh, rasa segar air mineral dari daerah pegunungan disebabkan oleh adanya berbagai mineral yang terkandung dalam air. Air dengan kandungan berbagai mineral mungkin sangat baik untuk kebutuhan minum, namun tidak baik untuk keperluan pembuatan aki kendaraan bermotor atau sebagai pendingin.

Pada dasarnya setiap lingkungan mempunyai kemampuan untuk membersihkan dirinya. Sungai sebagai salah satu badan air juga memiliki kemampuan memproses sejumlah kecil limbah yang terhanyut dalam aliran

airnya untuk kembali ke komposisi normal atau kualitas air seperti semula. Sebagai contoh, beberapa jenis limbah dapat terurai oleh oksidasi kimia atau bakteri di dalam air, karena bakteri membutuhkan limbah sebagai sumber makanannya. Selain itu sungai yang mempunyai sumber air yang lancar dapat melarutkan limbah yang dibuang ke dalamnya, sehingga limbah menjadi tidak berbahaya. Dengan bantuan panas dan sinar matahari, pembentukan warna yang disebabkan oleh limbah tidak terjadi. Proses pembersihan limbah secara alami berlangsung dengan kecepatan relatif lambat.

Kondisi lingkungan yang mampu membersihkan dirinya kembali disebut sebagai *self purification*. Kondisi saat ini pembuangan limbah ke sungai dalam jumlah banyak sehingga air sungai tidak mampu membersihkannya. Beberapa limbah tidak termakan oleh bakteri, dan terlibat dalam berbagai proses alam lainnya dalam air, yang mengakibatkan tidak layakannya air untuk kebutuhan manusia dan berbagai organisme air. Air dikatakan telah terpolusi bila sifat normalnya telah berubah karena adanya limbah di dalamnya sehingga menjadikan air berbahaya bagi makhluk hidup.

Salah satu sumber polusi air adalah limbah industri. Air yang telah digunakan untuk industri tidak boleh langsung dibuang ke lingkungan karena dapat mencemari lingkungan, maka terlebih dahulu harus diolah agar sama dengan kualitas air lingkungan. Proses daur ulang air limbah (*Water Treatment Recycle Process*) adalah salah satu syarat yang harus dimiliki oleh industri yang berwawasan lingkungan.

Hasil penambangan emas Sekotong adalah limbah merkuri dan tidak dilakukan pengolahan terhadap limbah tersebut. Limbah merkuri dari hasil gelondongan emas dibuang begitu saja di perairan karena sebagian besar gelondongan emas berada di pinggir sungai.

c) Tahap Pembakaran

Memisahkan logam yang mengandung emas dari merkuri yang masih menempel dilakukan pembakaran. Pembakaran biasanya dilakukan dengan cara terbuka sehingga merkuri yang masih terikat dalam amalgam tersebut akan menguap ke udara apabila tidak menggunakan alat penangkap uap

merkuri (*retort*).



Gambar 2. Pembakaran amalgam

Proses pembakaran menghasilkan emas yang belum murni karena masih terdapat kandungan impuritas logam, seperti perak atau tembaga. Selanjutnya, penambang akan menimbang hasilnya dan menjual ke toko emas untuk dimurnikan kembali. Emas yang telah terpisah dari bebatuan kemudian dimurnikan untuk menghilangkan air raksa. Pemurnian dilakukan dengan cara memanaskan emas dan air raksa. Proses pemurnian ini juga dapat menyebabkan pencemaran udara. Pembakaran air raksa yang digunakan untuk memurnikan emas dapat menghasilkan asap yang mengandung berbagai polutan, seperti karbon monoksida.

Banyak faktor yang menyebabkan pencemaran udara, seperti pencemaran yang ditimbulkan oleh sumber-sumber alami maupun kegiatan manusia atau kombinasi keduanya. Pencemaran udara karena sumber alami memberikan kontribusi pencemaran yang cukup besar. Pencemaran udara dapat mengakibatkan dampak negatif secara langsung maupun tidak langsung terhadap lingkungan sekitar. Dampak pencemaran udara bersifat langsung dan lokal, regional, maupun global atau tidak langsung dalam kurun waktu lama.

Sumber Pencemaran Udara:

- i) Sumber alami/faktor internal, merupakan pencemaran udara yang terjadi karena peristiwa alam itu sendiri, misalnya:
 - a) debu beterbangan oleh tiupan angin
 - b) abu atau debu dan gas-gas vulkanik dari letusan gunung berapi

- c) proses pembusukan sampah.
- ii) Sumber aktivitas manusia/faktor eksternal, merupakan pencemaran yang disebabkan aktivitas manusia yang berlebihan untuk memenuhi kebutuhannya, misalnya:
 - a) pembakaran bahan bakar fosil
 - b) debu atau serbuk dari kegiatan industri.
 - c) pemakaian zat-zat kimia yang disemprotkan ke udara.

Proses pemurnian dengan cara membakar amalgam akan menimbulkan polusi udara yang diakibatkan oleh ulah manusia untuk memenuhi kebutuhan hidup. Aktivitas penambangan emas dengan menggunakan gelondongan dapat mengakibatkan pencemaran udara, yang berasal dari pembakaran kayu untuk pemanasan dalam proses pengolahan emas. Pencemaran udara akibat aktivitas penambangan emas dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, seperti: 1) iritasi mata, hidung, dan tenggorokan; 2) Penyakit pernapasan, seperti asma dan bronkitis; kanker. Selain itu proses menghaluskan batuan menjadi lebih kecil dan halus juga akan menghasilkan debu yang dapat mencemari udara.

Materi Bacaan:

https://docs.google.com/document/d/1oWj_dXsyAx4pxlXukgOz0Tl8urLgJAOV/edit

https://docs.google.com/document/d/1ZFPbfgYi4eyC62I_6uiXvvEpZctMBybx/edit#heading=h.gjdgxs

3. Teknologi penambangan emas

Penambangan emas tradisional di daerah Sekotong menggunakan alat sederhana. Teknologi sederhana yang digunakan dalam proses penambangan emas adalah pemisahan emas menggunakan gelondongan. Penambangan emas skala kecil (PESK) melakukan kegiatannya menggunakan peralatan yang sederhana, untuk mencari batuan tambang atau eksplorasi dan eksploitasinya menggunakan cangkul, linggis, palu, skop, dan alat angkut yang sederhana. Proses amalgamasi pengolahan bijih emas menggunakan

peralatan yang berbentuk gelondong (drum) dengan bola-bola baja/batang batang besi di dalamnya. Gelondong-gelondong tersebut digunakan sebagai tempat untuk peremukan (*crushing*) dan penggilingan (*grinding* dan *milling*) bijih emas, selain itu juga sebagai tempat dicampurkannya merkuri sebagai bahan kimia yang mengikat emas.

Merkuri sangat umum digunakan dalam pengolahan bijih emas skala kecil karena sifat dan karakteristik yang dimiliki merkuri dapat dimanfaatkan untuk mengikat emas dari bijih emas yang telah diremukkan dan digiling, dengan membentuk amalgam (Au-Hg). Amalgam dapat terbentuk dengan mudah karena merkuri merupakan unsur yang memiliki daya tarik-menarik/afinitas yang sangat tinggi dengan unsur emas, secara alami, merkuri akan membentuk amalgam (AuHg_2 , Au_2Hg dan Au_3Hg) dengan emas. Amalgam adalah perpaduan antara merkuri dan beberapa logam (emas, perak, tembaga, timah dan seng. Larutan padat dalam metode amalgamasi dapat terbentuk jika terjadi kontak antara merkuri dengan logam emas.

Teknologi gelondongan digunakan untuk proses amalgamasi. Batuan yang sudah dihaluskan akan melewati proses amalgamasi menggunakan merkuri yang diisikan dalam gelondong. Gelondong yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran yang berbeda untuk setiap daerah PESK. Salah satu contohnya, ada yang memiliki ukuran panjang 50 cm diameter 32 cm. Gelondong dengan ukuran ini akan diisi batuan halus dengan jumlah antara 9–11 kg, air sebanyak 20 liter, dan jumlah merkuri disesuaikan dengan jenis batuan. Namun, di beberapa daerah tertentu ada yang menambahkan satu genggam semen untuk mengikat logam lain yang ada di batuan tersebut seperti tembaga dan perunggu.

Perbandingan jumlah merkuri yang dibutuhkan untuk mengekstrak 1 gram emas adalah sebesar 1 gram merkuri (P. W. U. Appel and L. Na-Oy, 2012), tetapi pada kenyataannya jumlah merkuri yang dimasukkan dalam gelondong untuk mengekstrak emas, jauh lebih besar daripada jumlah yang dibutuhkan tersebut. Besarnya jumlah merkuri yang dimasukkan ke dalam gelondong merupakan suatu permasalahan karena tingkat kehilangan merkuri dalam metode amalgamasi tinggi, yang berarti bahwa merkuri tersebut dapat terbuang ke

lingkungan. Hal tersebut berarti bahwa jumlah merkuri dalam jumlah yang besar terbuang ke dalam lingkungan (air, tanah, dan udara) melalui limbah/tailing atau proses *retort*.

Materi Bacaan:

[file:///C:/Users/HP/Downloads/1833-Article%20Text-5380-2-10-20210321%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/1833-Article%20Text-5380-2-10-20210321%20(1).pdf)

https://repository.its.ac.id/72867/1/3314201016-Master_Thesis.pdf

4. Penanganan limbah penambangan emas

Tingginya penggunaan merkuri pada penambangan emas di daerah Sekotong sehingga diindikasikan dari hasil penelitian menunjukkan adanya merkuri di lingkungan sekitar dan sangat berbahaya. Beberapa proses dapat dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan limbah merkuri di lingkungan seperti proses pengendapan sulfida, koagulasi dengan aluminium sulfat, fitoremediasi, dan adsorpsi karbon aktif.

a) Penghilangan Merkuri dengan Proses Pengendapan Sulfida

Salah satu proses penghilangan merkuri di dalam air limbah dengan cara pengendapan yang banyak digunakan adalah pengendapan sulfida. Di dalam proses ini air limbah yang mengandung merkuri ditambah dengan senyawa sulfida misalnya sodium atau natrium sulfida sehingga senyawa merkuri yang terlarut diubah menjadi merkuri sulfida yang tak larut di dalam air sesuai dengan persamaan reaksi sebagai berikut :



Sama dengan proses pengendapan yang lain, proses pengendapan sulfida memerlukan pengaturan pH dan proses flokulasi dilanjutkan dengan proses pemisahan padatan misalnya proses pengendapan atau proses penyaringan.

Pertama air limbah yang mengandung merkuri dimasukkan ke dalam reaktor berpengaduk pertama untuk pengaturan pH sampai mencapai pH yang optimum. Selanjutnya air limbah dimasukkan ke reaktor ke dua sambil diinjeksi dengan senyawa reduktor (sodium sulfida) untuk mengubah senyawa merkuri terlarut menjadi merkuri sulfida yang tidak larut di dalam air. Selanjutnya air

limbah dialirkan ke reaktor berpengaduk berikutnya sambil diinjeksi dengan larutan koagulan dan atau flokulan untuk menggumpalkan senyawa merkuri sulfida yang terbentuk menjadi gumpalan yang lebih besar sehingga lebih mudah dipisahkan dengan cara pengendapan. Dari reaktor koagulan, air limbah dialirkan ke bak *clarifier* atau bak pengendap untuk memisahkan padatan merkuri sulfida dengan air. Air limpasan dari bak pengendap merupakan air olahan, sedangkan lumpur yang terjadi diolah lebih lanjut dan diperlakukan sebagai limbah B3. Untuk mendapatkan air olahan dengan konsentrasi merkuri yang lebih rendah kadang ditambah dengan proses filtrasi atau adsorpsi dengan karbon aktif. Untuk pengendapan sulfida yang optimal diperlukan pH netral. Sedangkan, efisiensi pengendapan akan turun secara signifikan jika pH di atas 9. Dengan proses tersebut di atas konsentrasi merkuri di dalam air olah dapat mencapai 10 -100 µg/l.

b) Penghilangan Merkuri dengan Proses Fitoremediasi

Konsep fitoremediasi yang pertama kali diusulkan oleh Chany (1983) pada dasarnya adalah penggunaan tumbuhan dan asosiasi mikroba tanah untuk mengurangi konsentrasi atau pengaruh meracun bahan pencemar dalam lingkungan. Istilah 'fitoremediasi' adalah kombinasi dari dua kata yaitu, '*phyto*' (berarti tumbuhan) dan '*remidium*' (berarti memperbaiki atau membuang zat pengotor). Fitoremediasi merupakan strategi remediasi yang dikendalikan oleh sinar matahari yang murah, efisien dapat diterapkan 'in situ' serta ramah lingkungan. Fitoremediasi merupakan teknologi sederhana dan alami dengan menggunakan tanaman yang dimanfaatkan untuk penyerapan polutan yang efisien dari tanah yang tercemar.

Teknik fitoremediasi mencakup fitoekstraksi, fitofiltrasi, fitostabilisasi, fitovolatilisasi dan fitodegradasi (fitotransformasi). Dari lima teknik tersebut, teknik yang banyak digunakan adalah fitoekstraksi. Fitoekstraksi atau fitoakumulasi, fitoabsorpsi atau fitosekuestrasi, adalah penyerapan senyawa pencemar dari tanah atau air oleh akar tanaman serta translokasi dan akumulasi senyawa pencemar tersebut di dalam bagian atas tanah yaitu tajuk tanaman. Translokasi logam ke tajuk merupakan proses biokimia yang sangat penting

karena hasil panen biomasa akar umumnya tidak signifikan.

Fitoekstraksi merupakan proses penyerapan dan translokasi kontaminan oleh akar ke berbagai organ tanaman sehingga memungkinkan polutan mengendap pada biomassa. Fitostabilisasi adalah proses akar tanaman melumpuhkan polutan dengan mengumpulkan, menyerapnya di permukaan tanah dan mengendapkan polutan di zona akar. Rhizofiltrasi adalah suatu proses dimana akar tanaman menyerap polutan di zona perakaran menggunakan simbiosis antara tanaman dan mikroorganisme pada media di sekitar akar. Fitodegradasi adalah penguraian kontaminan yang diserap melalui proses metabolisme pada tanaman.

Semua jenis tumbuhan memiliki kemampuan remediasi, tetapi hanya jenis-jenis tumbuhan tertentu yang mempunyai kemampuan menyerap unsur logam berat dalam jumlah yang banyak secara kontinyu. Pemilihan jenis fitoremediasi diarahkan pada jenis tumbuhan yang memiliki sifat hiperakumulator yaitu adaptasi cepat serta mampu menyerap unsur logam berat yang tinggi dalam waktu yang cepat. Kemampuan adaptasi dan serapan polutan yang tinggi dapat diindikasikan dengan Indek Nilai Penting yang tinggi.

c) Adsorpsi Merkuri dengan Karbon Aktif Bubuk

Pada umumnya, karbon aktif diinjeksikan ke dalam air baku sebelum proses koagulasi. Melalui kontak dan pencampuran, zat polutan yang ada dalam air baku, akan teradsorpsi oleh karbon aktif. Setelah itu karbon aktif yang telah menyerap zat-zat polutan tersebut bersama dengan kotoran lain seperti lumpur, dipisahkan dengan cara koagulasi dan sedimentasi sehingga keluar berupa lumpur (*sludge*) berwarna hitam. Untuk partikel-partikel karbon aktif yang belum dapat terpisahkan oleh proses koagulasi dan sedimentasi dapat dihilangkan dengan proses filtrasi. Namun, pada praktiknya partikel-partikel karbon aktif yang sangat halus masih dapat lolos pada proses filtrasi. Pada suhu sangat rendah, proses koagulasi tidak berjalan dengan baik, sehingga partikel-partikel karbon aktif tidak dapat diendapkan, akibatnya beban filter menjadi besar. Untuk menghindari hal tersebut, dapat dilakukan dengan memberikan

koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) serta pengontrolan proses yang ketat.

Cara pembubuhan dan penggabungan karbon aktif dengan air baku dilakukan dalam tangki kontak khusus (*Contact Chamber*) yang dilengkapi dengan pengaduk, atau dapat juga disesuaikan dengan peralatan yang ada misalnya pada bak pemisah pasir (*grit chamber*) atau dapat juga dilakukan bersama-sama di tangki koagulasi, pada bak pencampur cepat (*Rapid Mixing Tank*) atau pada *clarifier (accelerator)*.

Materi bacaan:

<https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/sciencemap/article/view/3947>

<https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/sciencemap/article/view/1600>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0012825216303518?via>

[%3Dihub](#)

<file:///C:/Users/HP/Downloads/s41598-020-63488-5.pdf>

<file:///C:/Users/HP/Downloads/Dabrowskaetal2012.pdf>

[file:///C:/Users/HP/Downloads/360-Article%20Text-1580-4-10-20201109%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/360-Article%20Text-1580-4-10-20201109%20(1).pdf)

https://journals.itb.ac.id/index.php/jets/article/view/11765/pdf_52

<file:///C:/Users/HP/Downloads/fpls-11-00359.pdf>

<file:///C:/Users/HP/Downloads/a-review-on-heavy-metal-contamination-in-the-soil-worldwide.pdf>

5. Potensi pencemaran merkuri dan serapan karbon aktif

a) Potensi pencemaran merkuri (Hg) akibat penambangan emas

Dalam mendapatkan nilai potensi pencemaran logam berat khususnya merkuri, maka perlu dilakukan analisis beban pencemar merkuri dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{BPM} = Q \times \text{CBM} \quad (1)$$

Keterangan :

BPM =Beban Pencemaran Maksimum (kg/hari)

Q = Debit terukur (m³ /detik)

CBM = Konsentrasi maksimum pada baku mutu (PP No. 82/2001) (mg/l)

Kemudian dimodifikasi dengan mengganti konsentrasi limbah dengan kadar Merkuri (Hg) terukur. Cara perhitungan untuk total potensi pencemaran dapat menggunakan rumus di bawah ini:

$$PP = Q \times CM \quad (2)$$

Keterangan:

PP = Potensi Pencemaran

Q = Debit terukur (m^3 /detik)

CM = Kadar merkuri terukur (mg/l)

Total potensi pencemaran didapatkan dengan menjumlahkan seluruh potensi pencemaran pada tempat pengolahan emas tanpa izin. Kemudian dilakukan analisis data dengan membandingkan total Potensi Pencemaran kadar merkuri (Hg) dengan baku mutu air sungai berdasarkan PP RI No.82 Tahun 2001.

b) Penyerapan karbon aktif

Penggunaan merkuri yang tidak sesuai takaran akan meningkatkan polusi di sekitar tambang. Perbandingan jumlah merkuri yang dibutuhkan untuk mengekstrak 1 gram emas adalah sebesar 1 gram merkuri. Mahasiswa bisa menghitung kebutuhan merkuri yang tepat saat proses penambangan. Berat karbon aktif (BKA) efektif per volume air limbah: 100 g/l Untuk menghitung kebutuhan karbon aktif digunakan rumus berikut:

$$KA = BKA \times VL$$

Keterangan:

KA : kebutuhan karbon aktif

BKA : Berat karbon aktif efektif

VL : Volume Limbah

c) Persamaan Freundlich

Hubungan antara jumlah massa zat yang teradsorpsi oleh karbon aktif per massa karbon aktif yang diberikan, dengan konsentrasi *adsorbate* (misal zat organik), dalam air pada keadaan setimbang, secara empiris ditunjukkan oleh

persamaan Freundlich sebagai berikut (Treyball, 1980) :

$$X Y = \frac{X}{M} = kC^{1/n}$$

Keterangan:

Y = Jumlah zat teradsorpsi per jumlah massa karbon aktif.

X = Jumlah massa zat yang teradsorpsi.

M = Jumlah massa karbon aktif.

C = Konsentrasi zat polutan dalam air (disebut Adsorbate) pada keadaan setimbang.

n = Konstanta.

Mahasiswa bisa menghitung jumlah polusi yang bisa diserap oleh karbon aktif.

Materi bacaan:

<https://ejournal.portal-geominerba.com/index.php/ppsdm22/article/download/52/22/48>

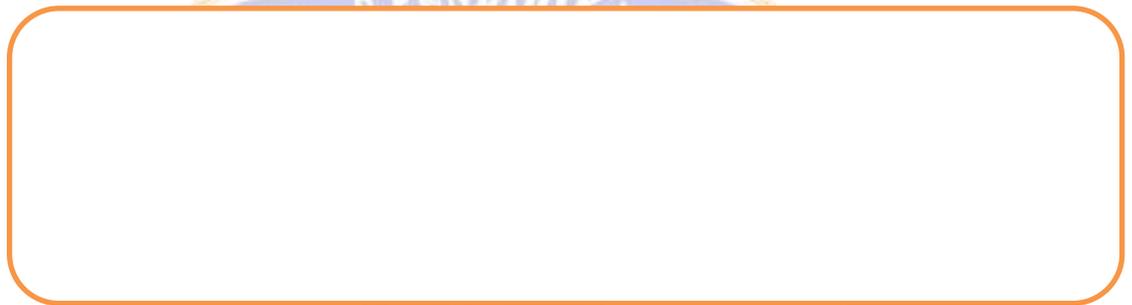
Lembar Kerja STEM

LEMBAR KERJA



1. Kebiasaan masyarakat Sekotong sebagian besar melakukan pemisahan emas di rumah. Banyak dijumpai gelondongan di rumah-rumah warga di pinggir pantai. Sepanjang Sekotong Barat, Sekotong Timur, Pelangan, Buwun Mas, banyak dijumpai gelondongan di pinggir pantai. Lumpur atau material yang diprediksi mengandung emas dimasukkan ke dalam gelondongan tersebut, lalu dicampurkan dengan merkuri sehingga emas dapat terpisah. Air dari pengolahan emas itu dibuang begitu saja di halaman. Identifikasi zat pencemar dari proses glundongan emas yang bisa mencemari lingkungan!.

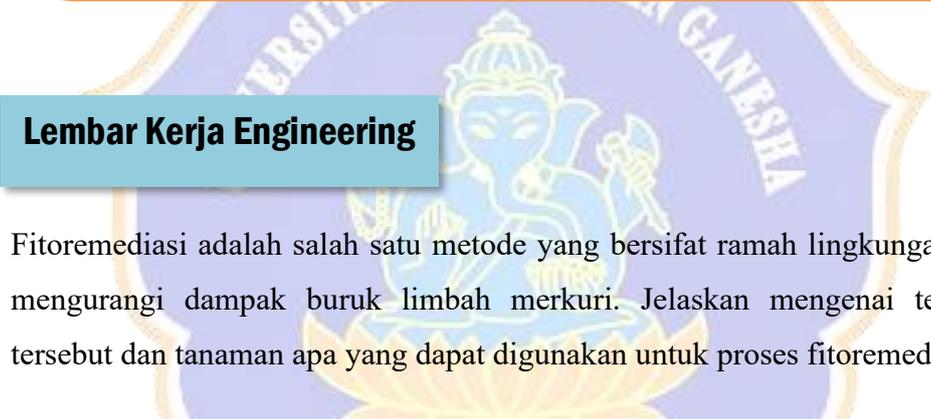
2. Gelondongan emas tradisional yang dilakukan di daerah Sekotong menggunakan alat-alat sederhana. Dampak ekonomi dari kegiatan gelondongan emas ini bisa memberikan keuntungan bagi masyarakat, tetapi dampak lingkungan menjadi perhatian serius. Munculnya dampak positif maupun negatif dari usaha pertambangan, terjadi pada tahap eksplorasi, eksploitasi termasuk pemrosesan serta penjualan hasil tambang serta pasca tambang. Analisis dampak negatif proses tambang tradisional daerah Sekotong terhadap lingkungan



3. Pengolahan limbah merkuri untuk menurunkan kadar merkuri sebelum dibuang ke lingkungan dapat menggunakan karbon aktif. Bagaimana konsep penggunaan karbon aktif untuk mengatasi limbah merkuri?



1. Penambangan di daerah Sekotong merupakan penambangan emas tradisional dengan mengandalkan alat-alat sederhana untuk mendapatkan emas. Analisis alat dan bahan yang digunakan masyarakat dalam setiap tahapan proses penambangan. Analisis alat atau bahan pengganti yang bisa digunakan untuk mengefektifkan hasil tambang.



Lembar Kerja Engineering

1. Fitoremediasi adalah salah satu metode yang bersifat ramah lingkungan untuk mengurangi dampak buruk limbah merkuri. Jelaskan mengenai teknologi tersebut dan tanaman apa yang dapat digunakan untuk proses fitoremediasi?

2. Merkuri yang digunakan untuk memisahkan emas sangat berbahaya bagi diri sendiri, keluarga, masyarakat maupun lingkungan. Buatlah desain sederhana sebuah alat untuk menyaring limbah merkuri yang bersifat ramah lingkungan.

Lembar Kerja Matematika

1. Kadar merkuri dalam air sungai di daerah Sekotong mencapai nilai ambang batas (NAB) yang disyaratkan WHO yaitu 0,001 ppm. Proses untuk mengurangi kadar merkuri di perairan digunakan karbon aktif. Berat karbon aktif efektif per volume air limbah: 100 g/l. jika ingin membersihkan merkuri pada air limbah dengan volume 100000 liter, berapa karbon aktif yang dibutuhkan?

2. Kondisi lingkungan daerah Sekotong yang terkontaminasi limbah merkuri sangat dibutuhkan proses untuk mengurangi limbah merkuri. Proses penambangan menghasilkan limbah cair yang akan mencemari perairan dan tanah serta limbah hasil pembakaran akan mencemari udara. Untuk limbah cair setelah amalgasi akan mengandung merkuri, jadi dibutuhkan upaya untuk mengolah limbah tersebut sebelum dibuang ke perairan dan tanah. Salah satu cara yang dilakukan adalah penyerapan karbon aktif. Jika berat karbon aktif efektif per volume air limbah: 100 g/l, tentukan berapa karbon aktif yang diperlukan jika limbah merkuri yang akan dibersihkan berada pada bak

lingkaran dengan diameter 30 cm dan tinggi bak 40 cm.

III. Rangkuman

Gelondongan emas daerah Sekotong merupakan gelondongan emas tradisional dan proses penambangan dilakukan tanpa izin. Proses penambangan yang dilakukan menggunakan alat dan bahan sederhana sehingga menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Beberapa zat pencemar muncul dari proses penambangan di Sekotong seperti zat pencemar merkuri. Penggunaan merkuri akan menyebabkan pencemaran air, tanah, dan udara. Penggunaan teknologi sederhana menyebabkan tidak disiapkan rancangan untuk mengatasi limbah merkuri yang dihasilkan. Teknik fitoremediasi dan karbon aktif bisa digunakan untuk mengurangi limbah merkuri yang sudah mencemari lingkungan. Proses penyerapan limbah merkuri menggunakan karbon aktif dilakukan dengan perbandingan tertentu.

IV. Evaluasi

1. Penambangan emas di daerah Sekotong akan menyebabkan pencemaran lingkungan air, tanah, dan udara. Pencemaran air di daerah tambang ditandai oleh.....
 - a. tingginya kadar emas pada sungai di daerah sekotong
 - b. sering terjadi banjir dan longsor di daerah sekotong
 - c. tingginya kandungan merkuri di perairan daerah sekotong**
 - d. suara bising saat gelondongan emas berproses
2. Masyarakat Sekotong sebagian besar melakukan pemisahan emas di rumah-rumah. Lumpur atau material yang diprediksi mengandung emas dimasukkan ke dalam gelondongan tersebut, lalu dicampurkan dengan

merkuri sehingga emas dapat terpisah. Air dari pengolahan emas itu dibuang begitu saja di halaman dan mengalir ke perairan dan tanah. Akibat dari limbah merkuri bagi tanah adalah.....

a. mempengaruhi kadar kandungan merkuri dalam tanah dan tanaman di sekitar lokasi penambangan.

b. menyuburkan tanah di daerah penambangan

c. memusnahkan biota air dan membahayakan manusia

d. mencemari lingkungan perairan dan tanah

3. Proses penggalian tanah untuk mendapatkan batu yang mengandung emas dilakukan secara terbuka sehingga berdampak terhadap kondisi tanah dan hutan. Cara alami yang dapat dilakukan untuk mempertahankan atau meningkatkan kualitas tanah adalah...

a. reboisasi dan rotasi tanaman

b. erosi dan pemupukan

c. sengkedan dan erosi

d. pemupukan dan rotasi tanaman

4. Penambangan emas oleh masyarakat dilakukan secara tradisional, dengan proses pengolahan menggunakan peralatan sederhana yang dapat memberikan penghasilan cukup bagi masyarakat sekitar, namun di sisi lain kegiatan ini dapat berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Salah satu proses yang berakibat berbahaya bagi lingkungan karena menggunakan alat sederhana adalah...

a. proses amalgamasi menggunakan alat glundungan sederhana karena dapat menyebabkan kebisingan.

b. proses pemurnian dengan cara membakar emas campuran yang ditemukan

c. proses pemisahan biji emas dari tanah

d. proses penggalian tanah yang dilakukan secara terbuka

5. Pencemaran tanah akibat gelondongan emas menghasilkan limbah yang mengganggu ekosistem dan lingkungan sekitar. Upaya apa yang harus

dilakukan oleh pengelola pabrik agar limbahnya tidak mengganggu manusia dan alam...

a. mengolah limbah sebelum dibuang

b. mengurangi penggunaan bahan kimia

c. mungurangi dan menutup glondongan illegal

d. membuang limbah sedikit demi sedikit

6. Penambangan emas tradisional di Sekotong merupakan penambangan emas tanpa izin dan dilakukan masyarakat tanpa aturan standar. Kondisi ini menyebabkan terganggunya kondisi lingkungan daerah tambang karena terjadi pencemaran seperti merkuri. Beberapa rancangan yang bisa digunakan untuk mengurangi kandungan merkuri di perairan adalah.....

a. menyiram limbah/daerah terkontaminasi merkuri dengan air yang banyak

b. menggunakan tanaman yang dimanfaatkan untuk penyerapan merkuri

c. melakukan penimbunan tanah atau air yang mengalami pencemaran merkuri

d. menggunakan zat tertentu yang dapat mengikat merkuri

7. Fitoremediasi merupakan teknologi sederhana dan alami dengan menggunakan tanaman yang dimanfaatkan untuk penyerapan polutan yang efisien dari tanah dan air yang tercemar. Beberapa tanaman berikut dapat menyerap merkuri dari tanah, penyerapan terbaik oleh tanaman.....

a. tanaman padi

b. eceng gondok

c. apu apu

d. bayam

9. Proses penyerapan limbah merkuri menggunakan karbon aktif harus ditentukan jumlah karbon aktif yang tepat untuk menyerap merkuri dari lingkungan. Jika limbah yang mengandung merkuri ditempatkan pada wadah tabung dengan diameter 10 cm dan tinggi tabung 21 cm, karbon aktif yang dibutuhkan untuk menyerap merkuri adalah.....

a. 165 g

- b. 16,5 g
- c. 1,65 g
- d. 0,165 g

Petunjuk Evaluasi hasil Pengerjaan Tes Formatif

1. Setelah selesai mengerjakan Tes Evaluasi 1 ini, jika nilai yang diperoleh sesuai dengan standar, akan diperoleh link materi berikutnya. Nilai tes evaluasi juga bisa dicocokkan dengan kunci jawaban yang telah disediakan pada bagian lampiran modul. Kemudian hitung tingkat penguasaan yang dapat dicapai dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\text{Nilai Capaian} = \frac{\text{Jumlah Jawaban Benar}}{\text{Jumlah Soal Seluruhnya}} \times 100$$

2. Jika Nilai Capaian yang diperoleh kurang dari 75 (*disesuaikan dengan KKM yang ditetapkan*), pelajari kembali materi yang belum dikuasai. Jika masih mengalami kesulitan, catat pada buku catatan bagian mana yang masih belum pahami untuk kemudian dapat mendiskusikannya bersama teman, menceritakannya kepada orang tua, atau dapat menanyakannya langsung kepada dosen pada saat jadwal kegiatan pembelajaran berlangsung.

Kegiatan III

TAHU DAN TEMPE KEKALIK

Tujuan Pembelajaran

Melalui etnosains tahu dan tempe kekalik

1. Mahasiswa mampu menganalisis pencemaran yang diakibatkan limbah pembuatan tahu dan tempe
2. Mahasiswa mampu menjelaskan tujuan teknologi sederhana yang digunakan masyarakat Kekalik selama proses pembuatan tempe
3. Mahasiswa mampu merancang alat sederhana untuk pengolahan limbah produksi tahu tempe
4. Mahasiswa mampu menghitung limbah cair yang dihasilkan dalam pembuatan tahu dan tempe
5. Mahasiswa mampu mengukur suhu, pH dan DO air sungai tempat pembuangan limbah tahu dan tempe



I. Pengantar

TAHU TEMPE KEKALIK



Kekalik merupakan salah satu sentra pengrajin tahu dan tempe di Mataram. Usaha tahu tempe yang dilakukan oleh masyarakat Kekalik adalah industri rumah tangga. Jumlah pengrajin tahu tempe di Kekalik cukup tinggi, mencapai 523 produsen. Industri rumah tangga tahu tempe merupakan salah satu industri yang banyak menggunakan dan menghasilkan air. Kondisi industri tahu tempe bisa dikatakan masih tradisional dan tidak memiliki pengelolaan limbah, pabrik tahu tempe tersebut langsung membuang limbah hasil produksinya ke sungai atau ke badan tanah. Industri rumah tangga tahu tempe sangat mencemari lingkungan perairan, sumur-sumur dan lahan di sekitar lokasi seperti yang terjadi pada industri pembuatan tahu tempe di Kekalik Mataram NTB. Usaha industri tahu tempe Kekalik belum terpantau oleh dinas terkait sebab usaha mereka tidak dilengkapi dengan dokumen usaha pengelolaan lingkungan dan pemantauan lingkungan (UKL-UPL). Semua industri rumah tangga tahu tempe belum mempunyai instalasi pengolah air limbah dan pembuangan air limbah langsung dibuang ke perairan. Keadaan ini kalau dibiarkan akan sangat mengganggu kesehatan lingkungan dan masyarakat. Proses pembuatan tahu dan tempe memiliki beberapa tahapan yang hampir sama di beberapa daerah.

a. Proses Pembuatan Tahu

Proses pembuatan tahu tempe di Kelurahan Kekalik Jaya Kecamatan Sekarbela dimulai dari pemilihan kedelai. Setelah diperoleh kedelai dengan kualitas terbaik, kedelai akan direndam selama 6-7 jam sampai kedelai empuk untuk digiling. Proses penggilingan kedelai menggunakan batu penggiling atau mesin penggiling. Kedelai yang telah digiling akan direbus sampai terbentuk bubur kedelai. Selama proses perebusan akan dilakukan pengadukan agar bubur tidak berbusa dan tumpah. Setelah proses berbusa dua kali bubur kedelai disaring dalam kondisi panas menggunakan kain blacu. Proses penyaringan harus dilakukan dengan maksimal. Kalau perlu ampas tahu diperas sekali lagi dengan menyiramkan air panas. Kalau air saringan sudah menjadi bening, maka ampas tahu ini dapat dipindahkan ke tempat lain. Pekerjaan penyaringan ini dilakukan berkali-kali hingga bubur kedelai itu habis.



Gambar 1. Penggilingan kedelai (sumber liputan6.com)

Air saringan bubur kedelai berwarna kekuning-kuningan dan akan menjadi tahu. Untuk menimbulkan tahunya, cairan tersebut harus dicampuri dengan asam cuka (1 botol asam cuka untuk dicampur dengan lebih kurang 36 liter air sari tahu) sampai muncul jonjot-jonjot (gumpalan putih). Selain asam cuka dapat juga digunakan batu tahu sebagai pengantinya. Tahu jonjot yang telah mengendap dicetak menjadi tahu sesuai ukuran yang ditentukan. Sebelum proses mencetak dilakukan, air asam yang ada di atas endapan itu harus dipisahkan ke tempat lain, tetapi jangan dibuang sebab air asam cuka itu masih dapat digunakan lagi.

Pengempaan ini dilakukan dengan cara menaruh kotak berisi adonan tahu di bawah alat pengempa yang mampu menekan tutup kotak sedemikian rupa hingga air yang tercampur dalam adonan itu terperas habis. Pengempaan ini dilakukan kurang lebih selama 1 menit sampai menjadi padat, lalu tahu dicetak atau dipotong-potong dengan ukuran 5x5 cm (ukuran standar).



Gambar 2. Penyaringan dan pembentukan tahu

b. Proses Pembuatan Tempe

Proses pembuatan tempe sama dengan pembuatan tahu dimulai dengan memilah kedelai dan mencuci kedelai dengan air bersih. Setelah bersih kedelai direndam air panas selama 12 jam dan dilakukan pencucian lagi dan diaduk-aduk sampai kulit kedelai terkelupas dan bijinya terbelah. Kedelai yang sudah bersih dikukus selama 30 menit sampai terlihat empuk dan ditebarkan dalam tampah yang bersih dan kering. Selanjutnya, ditambahkan tepung tapioka 1 sendok makan secara merata untuk 1 kg kedelai. Setelah itu, ditambahkan ragi tape (*Rhizopus oligosporus*) 1 sendok untuk untuk produksi 120 kg kedelai. Proses selanjutnya mengemas atau membungkus tempe, banyak yang menggunakan plastik atau daun pisang. Simpan dengan posisi pada permukaan datar, lapisinya dengan daun atau karbon. Inkubasi pada suhu kamar selama 2 sampai 3 kali selama 24 jam.

Manfaat yang diperoleh dari tahu tempe tidak dapat menutupi dampak negatif dari proses pembuatan tahu tempe. Industri tahu menghasilkan limbah cair tahu dan limbah padat yang mengandung protein dan bahan organik yang dibuang langsung ke lingkungan sehingga dapat menjadi sumber pencemaran lingkungan. Limbah padat yang dihasilkan berupa ampas tahu yang dimanfaatkan untuk pakan ternak dan pembuatan tempe gembus, limbah cair dari industri tahu dapat dijadikan gas

bio melalui proses an aerobik yang dapat dimanfaatkan untuk memasak. Sanitasi industri rumah tangga dalam pengelolaan tahu tempe di kelurahan Kekalik Jaya Kecamatan Sekarbela yaitu sebagai berikut:

i) Limbah cair.

Limbah cair yang dihasilkan selama pembuatan tempe, yaitu air yang digunakan dalam proses perendaman, pembersihan, dan perebusan. Dari informasi produsen limbah cair yang dihasilkan usaha produksi tahu tempe di Kekalik ini dibuang begitu saja di got depan halaman rumah.



Gambar 3. Limbah cair tahu tempe

ii) Limbah Padat

Limbah padat yang dihasilkan selama pembuatan tempe, yaitu ampas kedelai dan sisa-sisa pembungkusan kedelai (plastik). Dari informasi produsen limbah padat berupa ampas ini biasanya dijual ke peternak untuk makanan hewan ternaknya. Limbah padat dari pembuatan tahu adalah kedelai yang sudah diambil sarinya menjadi tahu atau biasa disebut ampas tahu. Jumlah limbah cair yang dihasilkan setiap 1 kg bahan baku kedelai sekitar 12 liter, sedangkan limbah padat berupa ampas tahu sekitar 1,12 kali bobot kedelai kering dengan volume 1,5 hingga 2 kali volume kering. Oleh karena itu, 1 kg bahan baku kedelai yang dijadikan tahu akan menghasilkan 1,2 kg ampas tahu.

Proses pemasaran tahu tempe disesuaikan dengan harga produksi mulai dari pembelian kedelai. Kedelai yang digunakan proses produksi tahu tempe menggunakan kedelai impor dan lokal. Setiap hari bisa menghabiskan 40-60 kg

kedelai untuk buat tahu dan tempe. Tahu dijual 1 loyang tahu berukuran tebal dengan harga Rp 50 ribu atau Rp 10 ribu/3 buah dan Rp 40 ribu untuk tahu berukuran tipis atau Rp 5 ribu/7 buah. Keuntungan buat tahu ini hitungannya, dalam 100 kg kedelai diperoleh Rp 150 kg tahu, keuntungan bersih adalah 50 kg tahu.



Gambar 4. Proses penjualan tahu dan tempe

Proses penjualan tahu dan tempe dilakukan sendiri atau para pelanggan datang ke tempat produksi untuk membeli. Kedelai yang digunakan rata-rata sehari oleh pembuat tahu tempe adalah 40 kg. Rata-rata produsen membutuhkan stok kedelai kurang lebih 4-5 ton kedelai untuk 1 bulan dengan harga kedelai 13 juta/ton. Kedelai ditempatkan pada wadah karung dengan berat 50 kg/karung. Harga 1 bungkus tempe yang dijual di pasar yaitu Rp. 5000 untuk kemasan yang besar sedangkan Rp2.500 untuk kemasan yang lebih kecil.

Materi Bacaan:

https://docs.google.com/document/d/1Km5wUP6qdqsuGNMHHxDY8wWNNTV_RbFrZ/edit

https://docs.google.com/document/d/1Umpo2VI_gmpufTp6hOQ39E5gJSKTMfM-/edit

II. Uraian Materi

1. Pencemaran akibat limbah pembuatan tahu tempe

Produksi tahu tempe di Kekalik dilakukan setiap hari sehingga menimbulkan limbah setiap hari juga. Limbah yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu tempe bisa berupa limbah cair dan padat. Limbah yang

dihasilkan dalam proses pembuatan tahu tempe dapat menyebabkan pencemaran lingkungan.

- a) Limbah cair yang dihasilkan selama pembuatan tempe yaitu air yang digunakan dalam proses perendaman, pembersihan, dan perebusan. Limbah cair adalah sisa dari suatu hasil usaha atau kegiatan yang berwujud cair yang dibuang ke lingkungan dan diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah dapat berasal dari rumah tangga (domestik) maupun industri. Limbah cair ini dibuang di saluran got dan langsung menuju sungai. Proses pembuangan limbah langsung tanpa ada pengolahan terlebih dahulu akan dapat mencemari lingkungan terutama air dan udara. Air akan mengalami perubahan jika dimasukkan zat asing (limbah tahu dan tempe) secara terus-menerus. Perubahan yang terjadi pada perairan menyebabkan terjadinya pencemaran air.

Seiring dengan peningkatan pertumbuhan penduduk, semakin meningkat pula usaha untuk memenuhi berbagai kebutuhan yang mengikutinya. Semakin variatif aktivitas manusia seperti aktivitas industri rumah tangga akan menimbulkan efek samping yang kurang baik. Industri rumah tangga tidak memiliki instalasi pengolahan limbah dan limbah dibuang langsung ke badan air. Hal ini dapat menyebabkan pencemaran air karena dalam limbah tersebut mengandung unsur toksik yang tinggi.



Gambar 5. Pembuangan limbah cair tahu dan tempe ke perairan

Limbah cair yang dihasilkan berupa padatan tersuspensi dan bahan organik terlarut yang banyak mengandung protein dan asam amino yang dapat mengganggu lingkungan khususnya kualitas fisik air di lingkungan pemukiman masyarakat. Limbah cair yang dihasilkan dari industri tahu dan tempe sebelum dibuang ke lingkungan haruslah dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Hal ini dimaksudkan agar limbah cair tersebut tidak mencemari lingkungan dan kualitas lingkungan yang sehat tetap terjaga. Limbah yang berasal dari industri olahan makanan, merupakan tempat yang subur untuk berkembangbiaknya mikroorganisme, terutama mikroba patogen. Mikroba patogen yang berkembang biak dalam air tercemar menyebabkan timbulnya berbagai penyakit terutama penyakit yang dapat menular dengan mudah. Kelestarian lingkungan bergantung pada kualitas lingkungan itu sendiri, dengan catatan dapat memberikan daya dukung yang optimal bagi kelangsungan hidup manusia, hewan, dan tumbuhan di suatu wilayah.

Limbah cair tahu dan tempe memiliki bau yang busuk, anyir, atau tidak sedap. Bau ini disebabkan oleh molekul-molekul organik seperti lipoksidase. Sifat bau limbah tersebut juga disebabkan adanya zat-zat organik yang telah terurai dalam limbah sehingga mengeluarkan gas-gas seperti sulfida amoniak, nitrogen, sulfur, dan fosfor yang berasal dari pembusukan protein yang dikandung limbah. Bau yang keluar dari dalam air dapat langsung berasal dari bahan buangan atau air limbah dari kegiatan industri, atau dapat pula berasal dari hasil degradasi bahan buangan oleh mikroba yang hidup di dalam air.

Selain itu pH air limbah tahu berada pada kisaran 4,3-5,33; pH industri tempe dan tahu yang masuk ke perairan berkisar 3,62-5,56. Air limbah tahu apabila masuk ke badan air berpotensi menurunkan pH air, dan berpengaruh terhadap biota perairan (organisme perairan). Mikroba di dalam air akan mengubah bahan organik, terutama gugus protein, secara degradasi menjadi bahan yang mudah menguap dan berbau. Kondisi ini dapat menyebabkan oksigen terlarut/*Dissolved oxygen* (DO) dalam air akan menurun dan

berdampak pada biota air. *Disolved oxygen* dibutuhkan oleh jasad hidup dalam perairan untuk pernafasan dan metabolisme.

Nilai DO rendah akan menyebabkan kadar CO₂ dalam air meningkat. Peningkatan CO₂ dalam perairan berpengaruh pada proses metabolisme yaitu masuk ke dalam darah ikan melalui insang dan oksigen berkurang dan dapat menyebabkan ikan mengalami perdarahan.

- b) Limbah Padat yang dihasilkan selama pembuatan tempe yaitu ampas kedelai dan sisa-sisa pembungkusan kedelai (plastik). Sebagian besar limbah padat berupa ampas ini biasanya dijual ke peternak untuk makanan hewan ternak. Selain itu dihasilkan juga limbah berupa plastik dan daun yang merupakan sisa pembungkusan tahu dan tempe. Limbah padat dihasilkan dari proses penyaringan dan penggumpalan, limbah ini kebanyakan dijual dan diolah menjadi tempe gembus dan pakan ternak. Limbah padat dari pembuatan tahu adalah kedelai yang sudah diambil sarinya menjadi tahu atau biasa disebut ampas tahu.

Materi Bacaan:

https://docs.google.com/document/d/1ZFPbfgYi4eyC62I_6uiXvvEpZctMBybx/edit#heading=h.gjdgxs

https://drive.google.com/file/d/187jq0t9XaN_c0PYDAMyfwbVhyhEEH7pC/view

2. Teknologi sederhana pembuatan tahu tempe di Kekalik

Industri rumah tangga pembuatan tahu dan tempe di daerah Kekalik menggunakan alat sederhana, tidak menggunakan teknologi khusus, termasuk dalam mengelola limbah. Limbah yang dihasilkan dibuang langsung ke perairan tanpa ada pengolahan terlebih dahulu. Teknologi yang digunakan masyarakat masih sederhana dan kurang efektif.

a) Proses perebusan

Perebusan dalam pembuatan tahu masih menggunakan tungku dengan bahan bakar kayu. Proses pembuatannya menggunakan proses ekstraksi panas (penyaringan dilakukan setelah bubur kedelai dimasak) yang diperkirakan memerlukan energi lebih banyak dan penggumpalannya menggunakan batu tahu atau **kecutan**. Secara umum pengolahan tahu belum memperhatikan kebersihan

dan higiene sehingga menjadikan tahu berbau sengit, mudah rusak, tidak tahan lama, serta berasa asam.

b) Proses penyaringan.

Pembuatan tahu skala rumah tangga masih dilakukan dengan cara tradisional terutama pada proses penyaringan kedelai hasil penggilingan. Tujuan proses penyaringan adalah memisahkan air kedelai dengan ampas yang tidak diperlukan. Pada proses penyaringan pekerja melakukan penyaringan dengan posisi tubuh berdiri dan bagian tangan menggoyang-goyangkan saringan. Penggoyangan saringan dilakukan pekerja dengan cara memegang bagian tepi kiri dan kanan besi yang terdapat simpul ikatan pada bagian tepi pegangan. Setelah aktivitas penggoyangan selesai dilanjutkan pemerasan sampai tersisa ampas yang tidak diperlukan. Proses tersebut dilakukan secara berulang-ulang sehingga memungkinkan terjadinya cedera di bagian tubuh seperti tangan, lengan, bahu, dan punggung dialami oleh pekerja. Risiko ini menjadi salah satu alasan perlunya dibuat alat penyaringan yang baru. Penggoyangan saringan bertujuan untuk mempercepat keluarnya air kedelai yang diinginkan, setelah itu dilakukan pemerasan yang bertujuan untuk memeras air yang masih tersisa di dalam kedelai. Alat yang digunakan dalam proses penyaringan ini sangatlah sederhana yaitu dari kain belacu yang berbentuk segi empat dan di setiap ujung diikat dengan besi, proses penyaringan ini membutuhkan waktu sekitar 5 menit.

Penerapan teknologi untuk proses penyaringan tipe drum berputar (*rotary drum*) dengan menggunakan inverter sebagai pengatur kecepatan putaran. Filtrat kedelai yang terkandung dalam bubur kedelai dipisahkan dengan cara memutar tabung penyaring sehingga partikel-partikel filtrat kedelai akan terpisah dengan ampasnya. Filtrat kedelai ini kemudian akan digunakan untuk proses pembuatan tahu selanjutnya.

c) Pemasaran

Pemasaran tahu tempe dilakukan dengan merendam tahu dalam ember dan dijual di pasar tradisional. Perendaman tahu dalam proses penjualan dapat

menurunkan kualitas tahu. Cara pemasaran yang sederhana ini menyebabkan tahu cepat mengalami perubahan rasa menjadi asam dan berlendir. Sanitasi air menjadi masalah besar dalam menentukan mutu tahu sehingga tahu harus dijual segera dan habis. Tahu yang tidak terjual menjadi masalah tersendiri dan perlu dipikirkan agar tidak basi. Sebagian produsen tahu merendam tahu menggunakan campuran formalin agar tahu menjadi lebih awet. Namun, berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Jadi diperlukan teknologi pengawetan tahu yang lebih aman.

Pasteurisasi adalah proses pemanasan untuk mematikan bakteri pathogen sehingga bahan makanan aman dikonsumsi. Tahu yang jumlah bakterinya rendah dan dibantu dengan penyimpanan suhu dingin dapat menekan pertumbuhan bakteri dalam tahu sehingga kerusakan tahu lambat dan masa simpannya menjadi lama. Pada proses pembuatan tahu menggunakan teknologi tepat guna yaitu “pasteurisasi” menggunakan uap yang dihasilkan oleh steam boiler, sehingga dihasilkan tahu yang aman dan awet.

Materi bacaan:

<https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1044862&val=15706&title=INAKTIVASI%20PANAS%20SPORA%20BACILLUS%20CEREUS%20PADA%20TAHU>

3. Rancangan alat sederhana untuk pengolahan limbah produksi tahu tempe

Pembuangan limbah tahu tempe terus menjadi masalah bagi lingkungan dan belum ada upaya untuk mengatasinya. Sosialisai pada masyarakat tentang dampak limbah bagi lingkungan dan upaya untuk mengurangi pencemaran lingkungan sangat perlu dilakukan. Limbah cair yang dihasilkan dari industri tahu dan tempe sebelum dibuang ke lingkungan haruslah dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Hal ini dimaksudkan agar limbah cair tersebut tidak mencemari lingkungan dan kualitas lingkungan yang sehat tetap terjaga. Limbah yang berasal dari industri olahan makanan, merupakan tempat yang subur untuk berkembangbiaknya mikroorganisme, terutama mikroba pathogen. Mikroba patogen yang berkembang biak dalam air tercemar menyebabkan timbulnya berbagai penyakit dan semuanya

merupakan penyakit yang dapat menular dengan mudah. Kelestarian lingkungan tergantung pada kualitas lingkungan itu sendiri, dengan catatan dapat memberikan daya dukung yang optimal bagi kelangsungan hidup manusia, hewan, dan tumbuhan di suatu wilayah.



Gambar 6. Desain IPAL sederhana limbah cair tahu tempe

Alternatif pengolahan limbah yang bisa dilakukan adalah dengan menggunakan saringan yang diprevarasi dengan campuran pasir, arang sekam padi, dan kapur. Campuran media tersebut yang selanjutnya dalam penelitian ini disebut sebagai metode teknologi tepat guna. Kelebihan atau potensi masing-masing material adalah sebagai berikut: 1. Pasir berfungsi sebagai material penyaring partikel-partikel yang ada dalam sumber air yang keruh secara fisik akan tertahan oleh lapisan pasir. 2. Arang sekam padi berfungsi menyerap zat yang mengotori air, juga menyerap bau serta warna sehingga menghasilkan air jernih. 3. Kain katun berfungsi membersihkan air dari kotoran dan organisme yang ada di dalam air keruh. 4. Kapur bekerja mengatur keasaman air agar menjadi netral (pH 7 - 8).

Materi bacaan:

<https://media.neliti.com/media/publications/258532-pengolahan-limbah-tahu-dan-tempe-dengan-5dd569b2.pdf>

<https://ojs.stiperkutim.ac.id/index.php/jpt/article/view/312/213>

4. Menghitung limbah cair yang dihasilkan dalam pembuatan tahu tempe

Penggunaan air untuk mengolah 1 kg kedelai menjadi 1 kg tempe adalah 13,3 liter air bersih dan menghasilkan air limbah sebanyak 12 liter. Sebagian industri memanfaatkan kembali air limbah sisa proses perebusan untuk tambahan pakan ternak dan air limbah dari proses produksi yang lainnya akan langsung dibuang menuju saluran drainase setempat.

Materi bacaan:

https://drive.google.com/file/d/1PAhj04kLGe3ly_n3efuwnizSj-HaHKEs/view

5. Menghitung suhu, pH dan oksigen terlarut (DO) limbah cair tahu tempe.

Kegiatan industri tahu tempe sebagai monitor terhadap kualitas limbah cair tersebut apakah telah layak dan diperbolehkan untuk dibuang pada badan air, maka hendaklah sesuai dengan baku mutu limbah cair dari Menteri Negara Lingkungan Hidup dan kebijakan daerah setempat dimana industri tersebut berada. Parameter limbah cair yang harus diperhatikan dan diuji sebelum dibuang ke lingkungan, yaitu pH (*Potential of Hydrogen*), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), DO (*Dissolved Oxygen*), padatan tersuspensi (TSS) dan kekeruhan air, dan Warna.

Derajat keasaman/pH merupakan variabel penting dalam analisis kualitas air. Parameter pH digunakan untuk menyatakan tingkat keasamaan atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda. Besar dan kecilnya nilai pH suatu limbah dipengaruhi oleh bahan-bahan kimia yang terkandung. Karena itu pH air limbah akan berbeda-beda sesuai kandungan senyawa kimianya. Pengolahan air limbah baik secara biologis maupun kimiawi, dapat berjalan dengan baik jika dilakukan pada pH yang tepat. Air murni bersifat netral, dengan pH-nya pada suhu 25 °C ditetapkan sebesar 7,0. Larutan dengan pH kurang dari tujuh disebut bersifat asam, dan larutan dengan pH lebih dari tujuh dikatakan bersifat basa atau alkali. Pengukuran pH sangatlah penting dalam bidang yang terkait dengan kehidupan atau industri pengolahan kimia.

DO (*Dissolved Oxygen*) atau sering disebut dengan oksigen terlarut adalah banyaknya oksigen yang terkandung di dalam air dan diukur dalam satuan ppm.

Oksigen yang terlarut ini dipergunakan sebagai tanda derajat pengotor air baku. Oksigen adalah salah satu unsur kimia yang sangat penting sebagai penunjang utama kehidupan berbagai organisme. Oksigen dimanfaatkan oleh organisme perairan untuk proses respirasi dan menguraikan zat organik menjadi zat an-organik oleh mikro organisme. Oksigen terlarut dalam air berasal dari difusi udara dan hasil fotosintesis organisme berklorofil yang hidup dalam suatu perairan dan dibutuhkan oleh organisme untuk mengoksidasi zat hara yang masuk ke dalam tubuhnya. Semakin besar oksigen yang terlarut, maka menunjukkan derajat pengotoran yang relatif kecil. Rendahnya nilai oksigen terlarut berarti beban pencemaran meningkat sehingga koagulan yang bekerja untuk mengendapkan koloida harus bereaksi dahulu dengan polutan dalam air menyebabkan konsumsi bertambah.

Materi bacaan:

https://www.researchgate.net/profile/Ristyana-Listyaningrum/publication/361636418_Analisis_Kandungan_DO_BOD_COD_TS_TDS_TSS_dan_Analisis_Karakteristik_Fisikokimia_Limbah_Cair_Industri_Tahu_di_UMKM_Daerah_Imogiri_Barat_Yogyakarta_Ristyana_Listyaningrum/links/62bd5f6993242c74cad9caff/Analisis-Kandungan-DO-BOD-COD-TS-TDS-TSS-dan-Analisis-Karakteristik-Fisikokimia-Limbah-Cair-Industri-Tahu-di-UMKM-Daerah-Imogiri-Barat-Yogyakarta-Ristyana-Listyaningrum.pdf

Lembar Kerja STEM

LEMBAR KERJA

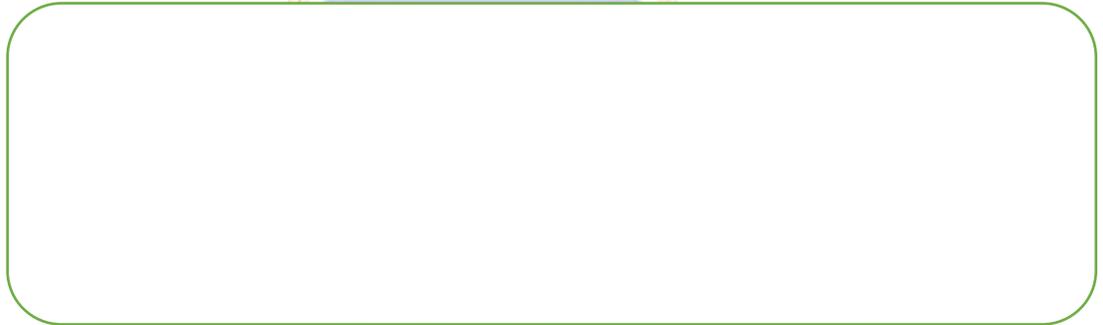


Lembar Kerja Sains

1. Pembuatan tahu tempe yang dilakukan masyarakat dalam industri rumah tangga menghasilkan sisa produksi yang bisa dikatakan limbah. Identifikasi dan analisis limbah yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu tempe.

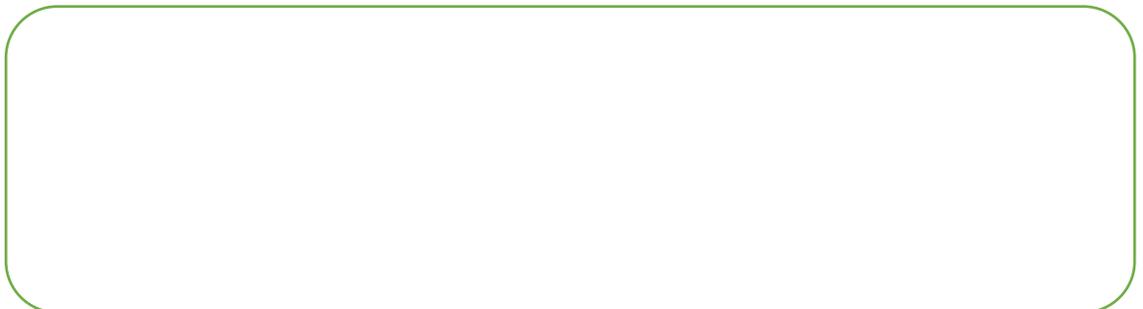


2. Analisis dampak limbah tahu tempe yang dihasilkan bagi lingkungan sekitar.

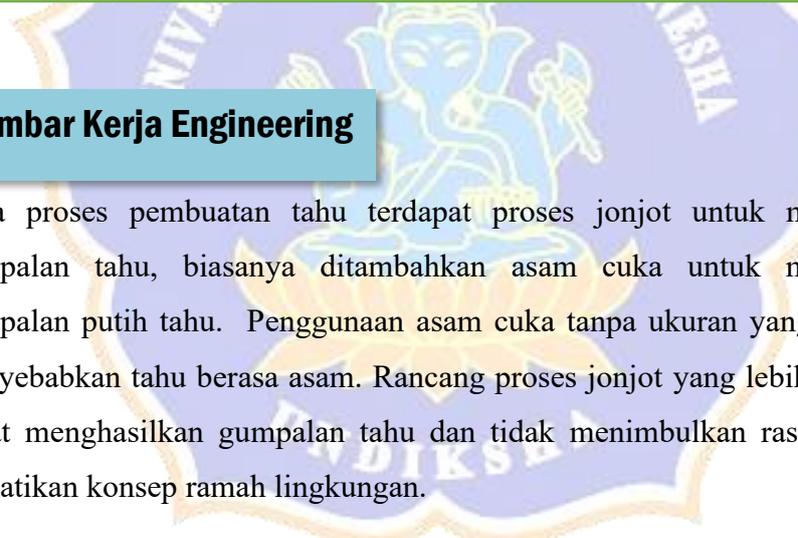


Lembar Kerja Teknologi

1. Proses penyaringan pada pembuatan tahu membutuhkan waktu dan tenaga yang cukup karena prosesnya masih sederhana dengan mengandalkan tenaga manusia. Jika kalian tertarik membuat tahu buatlah teknologi yang lebih efektif untuk memaksimalkan penyaringan bubur tahu (kajian pustaka)



2. Tahu sebagai salah satu bahan makanan yang dibutuhkan manusia memiliki tingkat penyimpanan yang rendah atau cepet basi. Para pedagang tahu hanya merendam tahu dengan air biasa dalam proses penjualan. Diperlukan teknologi yang dapat meningkatkan keawetan tahu. Beberapa kasus industri tahu menggunakan formalin untuk mengawetkan tahu akibatnya bisa berbahaya bagi konsumen. Teknologi pengawetan yang aman digunakan adalah pasteurisasi. Jelaskan proses pasteurisasi pada pembuatan tahu.

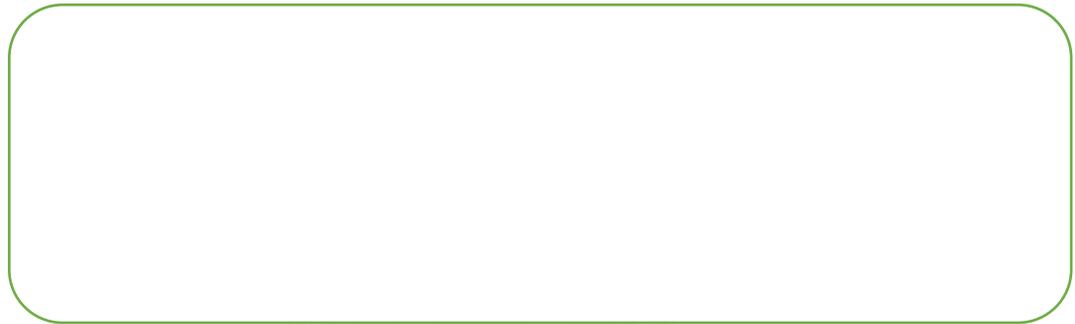


Lembar Kerja Engineering

1. Pada proses pembuatan tahu terdapat proses jonjot untuk memunculkan gumpalan tahu, biasanya ditambahkan asam cuka untuk memunculkan gumpalan putih tahu. Penggunaan asam cuka tanpa ukuran yang tepat dapat menyebabkan tahu berasa asam. Rancang proses jonjot yang lebih efektif agar cepat menghasilkan gumpalan tahu dan tidak menimbulkan rasa asam serta perhatikan konsep ramah lingkungan.

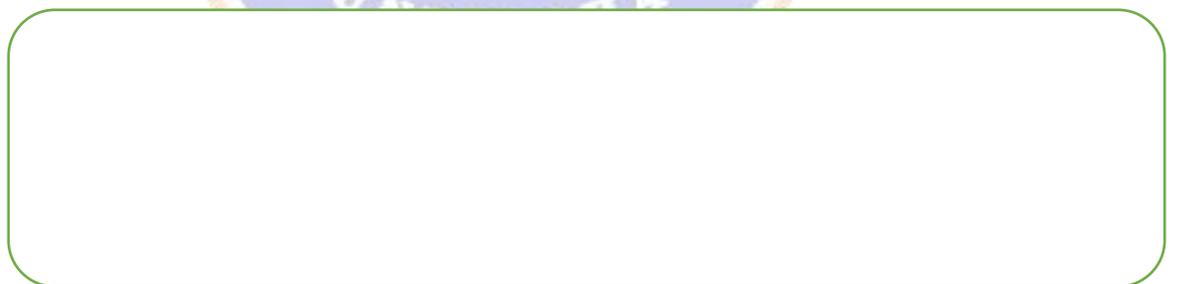
2. Kondisi lingkungan sekitar industri tahu tempe sangat identik dengan bau tidak sedap karena limbah dibuang langsung ke saluran air di sekitar pemukiman

penduduk. Selain mengganggu penciuman, limbah cair industri tahu tempe juga akan berpengaruh pada kondisi perairan seperti sungai. Rancanglah inovasi untuk mengatasi atau mengurangi dampak negatif dari limbah tahu tempe bagi lingkungan.



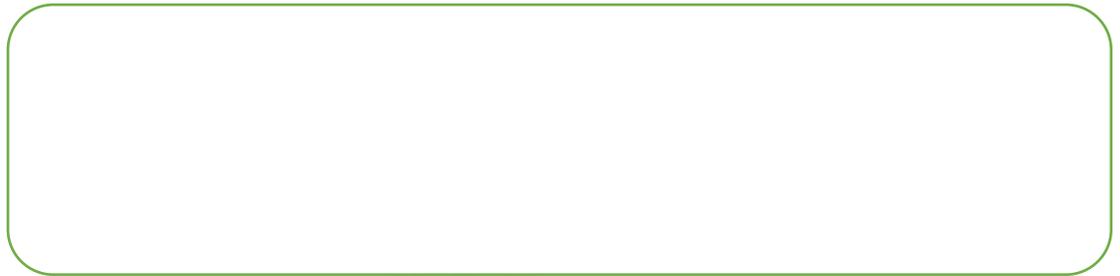
Lembar Kerja Matematika

1. Proses pembuatan tahu dan tempe merupakan salah satu industri rumah tangga yang menghasilkan limbah cair cukup banyak, karena proses pembuatan tahu tempe banyak membutuhkan air. Limbah yang dihasilkan berupa limbah cair dan limbah padat. Jumlah limbah cair dan padat yang dihasilkan Industri tempe Kekalik dapat diperkirakan sesuai dengan jumlah bahan baku kedelai. Hitung jumlah limbah cair dan padat yang dihasilkan oleh lima industri tahu tempe, jika dalam satu industri menggunakan 10 kg kedelai.



2. Proses jonjot pembuatan tahu menggunakan asam cuka untuk menggumpalkan susu kedelai menjadi tahu. Industri tahu dan tempe Kekalik tidak menggunakan ukuran yang tepat dalam penggunaan cuka, sehingga sangat besar kemungkinan tahu berasa asam. Pemberian asam cuka tidak ada ukuran pasti tetapi sambil

mencampur diperhatikan dalam campuran itu telah timbul jonjot-jonjot (gumpalan putih) atau belum. Kalau sudah tampak, itu berarti asam cukanya sudah cukup. Hitunglah takaran penggunaan asam cuka yang tepat untuk menggumpalkan tahu (observasi dan *literatur review*)



III. Rangkuman

Industri tahu tempe sebagian besar merupakan industri rumah tangga seperti terlihat di kelurahan Kekalik Jaya Kota Mataram NTB. Sebagai industri rumah tangga proses pembuatan tahu tempe masih menggunakan alat sederhana. Proses pembuatan tahu tempe sangat identik dengan air karena prosesnya membutuhkan air yang sangat banyak sehingga akan menghasilkan limbah cair yang banyak juga. Selain limbah cair dihasilkan juga limbah padat. Saat ini yang menjadi masalah pembuangan limbah yang cukup banyak dengan frekuensi yang sering dibuang ke sungai di sekitar industri. Kondisi ini menyebabkan terjadinya pencemaran air, udara, dan tanah. Pembuangan limbah cair ke sungai akan mengganggu biota air bahkan bisa mematikan. Proses perebusan kedelai pada pembuatan tahu menggunakan kayu bakar dapat mencemari lingkungan sekitar. Pembuangan limbah padat ke sekitar akan menyebabkan pencemaran tanah. Kondisi ini memerlukan aturan untuk menertibkan pengelolaan limbah industri tahu tempe Kekalik. Selain itu diperlukan juga rancangan sederhana untuk mengolah limbah cair tahu tempe sebelum dibuang ke lingkungan. Jumlah limbah cair yang dihasilkan pada industri tahu tempe dapat diperkirakan dari jumlah bahan baku, sehingga proses pengelolaan limbah dapat ditangani dengan baik.

IV. Evaluasi

1. Tahu adalah jenis makanan yang memiliki nilai gizi, mengandung protein dengan bahan dasar kacang kedelai. Pengolahan tahu akan menghasilkan buangan berupa limbah. Limbah tahu mengandung buangan dari tahu yang mengandung bahan organik dan gas seperti oksigen terlarut (O_2), hidrogen sulfida (H_2S), karbondioksida (CO_2), dan amoniak (NH_3). Berikut ini zat yang dapat menyebabkan sungai mengeluarkan bau busuk adalah
 - a. oksigen dan hydrogen sulfida
 - b. amoniak dan karbondioksida
 - c. hydrogen sulfida dan amoniak**
 - d. oksigen dan karbon dioksida
2. Tahu merupakan sumber protein nabati yang sangat besar perannya untuk memenuhi kebutuhan gizi masyarakat. Selain memiliki nilai gizi yang tinggi tahu juga dapat dijangkau oleh masyarakat dengan perekonomian menengah ke bawah karena harganya yang relatif murah. Limbah dari produksi tahu berupa ampas padat dan ampas cair masih jarang dimanfaatkan, sehingga terbuang sia-sia, berikut ini pemanfaatn limbah tahu menggunakan bioteknologi konvensional adalah
 - a. biogas dan poc
 - b. tempe gembus dan oncom
 - c. biogas dan tempe gembus**
 - d. poc dan oncom
3. Seorang pengrajin tahu dan tempe membuang limbahnya ke sungai di dekat tempat usahanya. Keadaan sungai yang benar sehubungan dengan masuknya limbah tersebut adalah...
 - f. permukaan sungai ditutupi eceng gondok
 - g. air sungai mengandung logam berat
 - h. kandungan oksigen sangat tinggi
 - i. nilai do rendah**

4. Pada proses pembuatan tahu setelah proses penyaringan ada penambahan asam cuka (CH_3COOH), pemberian asam cuka harus dengan takaran yang tepat karena berdampak bagi kesehatan. Apa tujuan penambahan asam cuka pada pembuatan tahu?
- memberi cita rasa asam pada tahu
 - menggumpalkan sari tahu menjadi tahu**
 - mematikan mikroba pada tahu
 - mengawetkan tahu
5. Pengertian dari limbah cair yang tepat adalah...
- buangan berbentuk cair yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungannya karena tidak mempunyai nilai ekonomi**
 - buangan berbentuk cair yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu di kehendaki lingkungannya karena mempunyai nilai ekonomi
 - buangan yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu dikehendaki lingkungannya karena tidak mempunyai nilai ekonomi
 - buangan yang kehadirannya pada suatu dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungannya karena mempunyai nilai ekonomi
6. Pada proses pengolahan limbah cair tahu tempe, polutan-polutan organik dalam limbah akan diuraikan menjadi senyawa biokimia oleh mikroorganismen menjadi senyawa sederhana dibawah ini, kecuali..
- H_2O
 - CO_2
 - CH_4
 - N_2**
7. Limbah yang dihasilkan oleh industri tahu dan tempe dapat mengganggu kenyamanan lingkungan, di antaranya timbulnya bau yang tidak sedap akibat pembusukan sisa bahan produksi. Tindakan tepat yang dapat dilakukan agar lingkungan tetap nyaman dan masyarakat mendapat keuntungan dari limbah tersebut adalah
- mengubur limbah dalam tanah

- b. mengolah limbah menjadi biogas
c. menjadikan limbah sebagai pakan ternak
d. mengolah limbah agar dihasilkan air yang netral tanpa bau
8. Kedelai yang digunakan rata-rata sehari oleh satu industri tahu tempe adalah 40 kg. Di daerah Kekalik terdapat banyak industri tahu tempe, jika dihitung limbah cair yang dihasilkan oleh 5 industri tahu tempe.....
- a) 2400 L**
b) 240 L
c) 24 L
d) 42 L
9. Kegiatan laboratorium di balai kesehatan lingkungan sedang melakukan pemeriksaan limbah cair industri tahu. Salah satu tahapan pemeriksaan parameter adalah tahap penyaringan sampel limbah cair tahu menggunakan kertas saring, parameter yang sedang diperiksa petugas tersebut adalah....
- a) BOD
b) COD
c) TSS
d) DO
10. Sungai Ancar yang berada di Kekalik Kota Mataram merupakan sungai tempat pembuangan limbah cair tahu tempe. Sebagian besar masyarakat di pinggir sungai merupakan industri tahu tempe. Untuk mengetahui kondisi perairan sungai, perlu dilakukan pengujian salah satunya adalah mengukur oksigen terlarut (DO). Proses pengambilan sampel air sungai dilakukan dengan cara....
- a) mengisi botol sampai $\frac{1}{2}$ penuh lalu digoyang-goyang
b) mengisi botol sampai penuh lalu digoyang-goyang
c) mengisi botol sampel sampai setengah penuh
d) mengisi botol sampai penuh

Petunjuk Evaluasi hasil Pengerjaan Tes Formatif

1. Setelah selesai mengerjakan Tes Evaluasi 1 ini, jika nilai yang diperoleh sesuai dengan standar, akan diperoleh link materi berikutnya. Nilai tes evaluasi juga bisa dicocokkan dengan kunci jawaban yang telah disediakan pada bagian lampiran

modul. Kemudian hitung tingkat penguasaan yang dapat dicapai dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\text{Nilai Capaian} = \frac{\text{Jumlah Jawaban Benar}}{\text{Jumlah Soal Seluruhnya}} \times 100$$

2. Jika Nilai Capaian yang diperoleh kurang dari 75 (*disesuaikan dengan KKM yang ditetapkan*), pelajari kembali materi yang belum dikuasai. Jika masih mengalami kesulitan, catat pada buku catatan bagian mana yang masih belum pahami untuk kemudian dapat mendiskusikannya bersama teman, menceritakannya kepada orang tua, atau dapat menanyakannya langsung kepada dosen pada saat jadwal kegiatan pembelajaran berlangsung.



KEGIATAN IV
GERABAH BANYUMULEK DI PULAU LOMBOK

Tujuan Pembelajaran

Melalui etnosains Gerabah Banyumulek:

1. Mahasiswa mampu mengidentifikasi lapisan tanah yang digunakan untuk pembuatan gerabah.
2. Mahasiswa mampu menganalisis pencemaran lingkungan dari proses pembuatan gerabah
3. Mahasiswa mampu mengidentifikasi teknologi sederhana masyarakat dalam pembuatan gerabah Banyumulek.
4. Mahasiswa mampu merancang pembuatan gerabah dengan meminimalkan pencemaran lingkungan
6. Mahasiswa mampu membuat komposisi campuran gerabah dengan tepat
7. Mahasiswa mampu menghitung komposisi pewarnaan alami



I. Pengantar

GERABAH BANYUMULEK



Kerajinan gerabah di pulau Lombok berada di beberapa daerah, yaitu Banyumulek kabupaten Lombok Barat, Penakak kabupaten Lombok Timur dan beberapa daerah lain. Asal-usul gerabah dibuat untuk memenuhi kebutuhan alat makan dan minum, seiring perkembangan zaman gerabah saat ini digunakan untuk kebutuhan rumah tangga dan kelengkapan ibadah. Gerabah beralih fungsi menjadi aksesoris/karya seni untuk diperjual-belikan dan diwariskan oleh nenek moyang kepada generasi berikutnya. Gerabah yang terkenal di pulau Lombok adalah kerajinan gerabah di desa Banyumulek.

Masyarakat desa Banyumulek pada awalnya memproduksi gerabah hanya untuk keperluan rumah tangga atau perabot dapur sesuai dengan asal muasalnya. Namun seiring dengan perkembangan dan pergeseran zaman, desain, fungsi, dan nilai komersil gerabah Banyumulek atau Lombok pun turut bergeser. Saat ini hampir 95 % hasil kerajinan gerabah berfungsi sebagai aksesoris, dekorasi atau barang seni semata jika dilihat dari barang fungsional. Perkembangan gerabah

juga menyebar di daerah lain, seperti daerah Penakak Lombok Timur dan beberapa daerah di Lombok Tengah. Yang membedakan produksi gerabah tiap daerah adalah jenis tanah. Tanah di daerah Banyuwulek berwarna hitam dan di daerah Penakak memiliki warna coklat.

Proses pembuatan gerabah Banyuwulek masih menggunakan alat-alat sederhana, seperti: 1) pendorosan adalah alat berbentuk lingkaran dengan diameter 30 sampai dengan 40 cm dan terbuat dari bahan kayu atau besi; 2) ayakan adalah alat khusus untuk menyaring tanah penghalus untuk melincinkan gerabah; 3) batu licin atau besi untuk menghaluskan gerabah yang telah dibuat; 4) Jaring penggosok, digunakan sebagai penghalus terakhir sebelum dijemur pada panas yang khusus.

Bahan dalam proses pembuatan gerabah berasal dari lingkungan, seperti:

- 1). Tanah **malit**/ tanah liat/lempung merupakan bahan utama dalam pembuatan gerabah dan diperoleh dengan membeli pada masyarakat dengan harga 30 ribu rupiah untuk satu karung ukuran 50 Kg. Tanah liat yang bagus adalah tanah yang tidak terlalu banyak mengandung bebatuan ataupun ranting akar semak rerumputan. Posisinya berada pada kedalaman sekitar dua meter. Persyaratan tanah liat yang bagus untuk dijadikan sebagai gerabah adalah plastisitas, homogen, bebas dari gelembung udara, memiliki kemampuan dibentuk. Plastisitas terkait dengan fungsi sebagai pengikat dalam proses pembentukan sehingga tidak mudah retak, berubah bentuk atau runtuh. Tanah liat harus terbebas dari gelembung udara, karena dapat menyebabkan kesulitan pada waktu proses pembentukan dan dapat menyebabkan retak atau pecah pada waktu proses pengeringan dan pembakaran.
- 2) Tanah sari/ tanah kedaung merupakan tanah yang digunakan sebagai campuran dalam pembuatan gerabah. Tanah sari merupakan tanah liat dengan tekstur dan warna yang berbeda, pembuat gerabah membeli tanah sari dengan harga 12 ribu rupiah dalam 1 karung ukuran 20 kg.
- 3) Tanah olaf dibuat dari tanah sari yang berwarna kuning direndam minyak tanah dan minyak goreng sebagai penghalus.

- 5) Tenggorokan atau dedak, sisa memotong kayu yang digunakan untuk memberikan warna hitam pada gerabah
- 6) Bebua atau ampas kelapa digunakan untuk memberikan corak warna pada gerabah
- 7) Air kulit asam dimasak dan disaring digunakan untuk membentuk merah bermotif
- 8) Jerami dan daun pisang kering sebagai bahan bakar dalam proses pembakaran gerabah

Proses pembuatan gerabah dibagi menjadi beberapa tahap yaitu:

1) Tahap persiapan,

Pada tahap persiapan ada beberapa tahap yang dilakukan. yaitu :

- a. Mempersiapkan bahan baku tanah liat (*clay*) dan menjemur
- b. Mempersiapkan bahan campurannya
- c. Mempersiapkan alat pengolahan bahan.

2) Tahap pengolahan bahan.

Pada tahap ini bahan diolah sesuai dengan alat pengolahan bahan yang dimiliki. Alat pengolahan bahan yang dimiliki sebagian besar masih bertahan dengan peralatan tradisional yang dianggap masih efektif. Pengolahan bahan ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu pengolahan bahan secara kering dan basah. Pada umumnya pengolahan bahan gerabah yang diterapkan merupakan pengolahan bahan secara kering. Teknik ini dianggap lebih efektif dibandingkan dengan pengolahan bahan secara basah, karena waktu, tenaga, dan biaya yang diperlukan lebih sedikit. Pengolahan bahan dengan teknik basah biasanya dilakukan jika memiliki peralatan yang lebih maju. Pengolahan secara basah ini akan lebih banyak memerlukan peralatan daripada pengolahan secara kering. Misalnya bak perendam tanah, alat pengaduk (*mixer*), alat penyerap air dan lain-lain.

Pengolahan bahan secara kering dilakukan mulai dari memotong tanah liat seperti kubus, dijemur 2-3 hari dan dihancurkan agar cepet kering. Hasil tumbukan akan menghasilkan tanah liat yang bersih. Selanjutnya tanah liat dicampur dengan bahan lain menggunakan takaran sederhana bak, dengan

komposisi bahan 1 dan bahan 2 adalah 4:1. Tanah yang telah bercampur ditambahkan air sampai bahan kalis. Campuran air sesuai dengan kebutuhan.

Bahan yang telah dicampur siap untuk dibentuk menggunakan tangan atau alat pendorosan tradisional serta alat-alat sederhana seperti alat pemukul, batu bulat/licin, kain kecil/jaring. Pembentukan gerabah ini juga dapat dilihat dari dua tahapan yaitu tahap pembentukan awal (badan gerabah) dan tahap pemberian dekorasi/ornamen. Pembuatan gerabah ini dilakukan terpisah-pisah. Dalam pembuatan ceret maling, dibuat bagian tutup dulu secara bersamaan setelah itu bagian badan ceret. Pembuatan gerabah dominan menerapkan teknik putar walaupun dengan peralatan yang sederhana. Teknik pijit adalah teknik dasar membuat gerabah sebelum dikenal teknik putar sederhana.



Gambar 1. Proses pembentukan gerabah

Setelah gerabah selesai dibentuk dilanjutkan dengan pengeringan tanpa matahari. Tahap ini dilakukan 2 kali yang pertama mengeringkan gerabah yang telah dibentuk tanpa terkena matahari langsung. Proses ini dilakukan sebelum gerabah dihaluskan kembali. Selanjutnya dilakukan pelicinan dengan olesan tanah olaf dan digosok batu licin. Tanah olaf merupakan campuran tanah liat yang lebih halus dengan air, minyak goreng, dan minyak tanah. Proses pengolesan dilakukan secara sederhana menggunakan kain bekas. Setelah itu dijemur dan digosok menggunakan jaring bekas untuk menghaluskan kembali.



Gambar 2. Proses mengeringkan gerabah

Gerabah yang telah halus dijemur di bawah sinar matahari langsung selama 1 sampai dengan 2 hari menyesuaikan kondisi cuaca. Gerabah dijemur sampai kering dan langsung dibakar. Proses pembakaran dilakukan menggunakan bahan alami seperti daun pisang kering dan jerami, proses pembakaran dilakukan di halaman rumah. Proses pembakaran dilakukan selama 2 jam tergantung kebutuhan. Gerabah dibakar hingga berwarna merah tanda matang dan dilakukan proses pewarnaan alami yang dipakai turun-temurun oleh pengerajin Banyumulek. Pewarnaan dilakukan menggunakan kulit asam. Kulit asam direbus terlebih dahulu dan disaring. Air asam tersebut disemprotkan pada permukaan gerabah, di waktu masih panas. Pewarnaan menggunakan kulit asam akan memberikan warna belang kecoklatan. Pewarnaan menggunakan rumput kering, bekas gergaji, atau dedak dengan cara menggulingkan gerabah yang panas di atas rumput kering atau bekas gergaji beberapa menit, akan mengubah warna merah gerabah menjadi hitam. Jika menginginkan motif percikan bunga dilakukan dengan memberikan **bebua** (ampas kelapa) pada gerabah yang sedang panas.

Agar tampilan gerabah lebih maksimal dan menarik dilihat, ditambahkan ornamen-ornamen dan *punishing* agar lebih menarik. Banyak jenis ornamen lain untuk mempercantik tampilan gerabah, tergantung dari pesanan. Proses *finishing* dilakukan pengolesan gerabah dengan *aqua lacquer* atau *mowilex*. Gerabah dipasarkan setelah proses *finishing* selesai. Dari proses di atas dapat

diidentifikasi gerabah menjadi 3 jenis, yaitu; 1) gerabah kasar dengan proses tanpa perlu ada tahap pelicinan; 2) gerabah yang telah dilicinkan dan diberi aksan warna menggunakan bahan alami; 3) gerabah yang diberikan ornamen dan lainnya.



Gambar 3. Proses pembakaran gerabah

Gerabah yang sudah selesai dijual pada pengepul, yang akan menjualnya pada distributor di desa Banyumulek. Distributor menyalurkan gerabah ke *art shop* di Bali, menjualnya ke *art shop* terdekat, dan pengrajin menjual dengan cara dipikul di desa atau kota sekitar.

Permasalahan dalam pemasaran gerabah di desa Banyumulek adalah kebiasaan pengrajin menjual gerabahnya setengah jadi, dengan harga yang sangat murah dan pembayarannya tidak tunai, atau sistem dihutang. Kondisi ini yang menyebabkan kelompok pasar seni dibangun, dengan harapan bahwa semua pengrajin yang ada di desa Banyumulek bisa memasukkan barangnya dengan harga sedikit lebih mahal dan dengan pembayaran dengan tunai atau lunas.

Materi bacaan:

https://docs.google.com/document/d/16MDKQhZ4Ex_dCu_lFkdMIN4cRyyi0km2/edit

II. Uraian Materi

1. Lapisan tanah yang digunakan untuk pembuatan gerabah.

Pembuatan gerabah di Banyumulek menggunakan bahan dasar tanah liat. Berdasarkan mineralogi tanah liat atau lempung mengandung; Kaolinit $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{H}_2\text{O}))$, Illit $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2)$, Smektit $(\text{AlMg})_4\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_{10}$, Klorit. Pengambilan tanah liat dilakukan masyarakat secara terus menerus agar produksi gerabah tetap berjalan. Proses pengambilan tanah dilakukan tanpa melihat kondisi tanah setempat, dikhawatirkan dapat menyebabkan terjadinya longsor dan erosi tanah.

Pembagian lapisan tanah berdasarkan penampakan fisik warna dan tekstur dibagi menjadi 4 lapisan yaitu:

- a) lapisan tanah atas merupakan bagian penting bagi kehidupan tumbuh-tumbuhan karena banyak mengandung mineral dan unsur hara, lapisan tanah ini sering disebut *top soil*.
- b) lapisan tengah terletak tepat di bagian bawah *top soil*, ketebalannya sekitar 50 cm hingga 1 m. jenis lapisan tanah ini disebut tanah liat. tanah ini terbentuk dari campuran pelapukan lapisan bawah dengan *materials top soil* yang terbawa air kemudian mengendap.
- c) lapisan tanah bawah. tanah ini warnanya lebih cerah dan padat dibanding bagian atas. lapisan bawah memiliki tingkat ketebalan kurang lebih 50 hingga 60 sentimeter. Umumnya lapisan tanah bawah sering disebut tanah cadas atau tanah keras. pada lapisan ini, kegiatan jasad hidup (tubuh makhluk hidup yang masih berfungsi dan menunjukkan tanda-tanda kehidupan) sudah mulai berkurang
- d) lapisan batuan induk merupakan batuan asal dari tanah. Warnanya kemerah-merahan atau kelabu agak putih. Lapisan ini bisa dipecah dan cukup mudah diubah. Batuan induk sulit ditembus akar tumbuhan dan air. Tanah ini tidak mengandung humus. Umumnya terdapat di bagian dinding tebing terjal daerah pegunungan.

Pengambilan tanah liat akan berdampak pada tanah lapisan atas sehingga berpengaruh terhadap struktur tanah dan rawan terjadinya longsor atau erosi tanah. Materi bacaan:

<https://ptbudie.wordpress.com/2010/05/31/mineral-lempung/>

2. Pencemaran lingkungan dari proses pembuatan gerabah

Pembuatan gerabah Banyumulek sebagian besar bersifat tradisional menimbulkan berbagai permasalahan bagi lingkungan. Beberapa tahapan pembuatan gerabah yang berdampak negatif bagi lingkungan:

a) Proses pengambilan tanah liat dan tanah kedaung

Tanah liat dan tanah kedaung merupakan bahan baku pembuatan gerabah. Tanah liat diambil dengan cara menggali secara langsung ke dalam tanah yang mengandung banyak tanah liat yang baik. Jutaan hektar lahan sawah dan tegal (kebun) produktif di Indonesia Sebagian besar telah mengalami degradasi kesuburan, alih fungsi dan bahkan kondisinya terbengkalai (tidak dapat dimanfaatkan lagi) akibat dari kegiatan penambangan tanah liat, pasir batu dan lempung/tanah urug yang tidak memperhatikan kaidah-kaidah penambangan yang baik dan benar (*good mining practices*). Proses pengambilan tanah liat secara terus-menerus di daerah pembuatan gerabah akan menyebabkan kerusakan lingkungan.



Gambar 4. Daerah penggalian tanah liat

b) Proses pembakaran

Proses pembakaran menggunakan bahan alami seperti daun pisang kering dan jerami, dilakukan di halaman rumah. Proses pembakaran dilakukan selama 2 jam tergantung kebutuhan. Tanda gerabah sudah selesai dibakar adalah

gerabah berwarna merah. Proses pembakaran gerabah menghasilkan asap yang dapat mencemari udara dan berpengaruh terhadap lingkungan dan masyarakat sekitar. Pembakaran jerami dan daun pisang kering akan menyumbang gas karbon monoksida ke udara.

Setiap dusun di desa Banyumulek telah disediakan tempat pembakaran gerabah oleh pihak desa namun tempat pembakaran tersebut sangat dekat dengan pemukiman warga bahkan sebagian berada di tengah-tengah dusun sehingga asap dari bakaran gerabah tersebut menyebar hingga masuk ke rumah warga. Hasil penelitian menunjukkan paparan polusi dalam ruangan meningkatkan risiko kejadian ISPA pada balita. Tingkat polusi udara yang dihasilkan bahan bakar kayu jauh lebih tinggi dibandingkan bahan bakar menggunakan gas. Sebagian besar masyarakat Banyumulek mengatakan sangat terganggu dengan asap hasil pembakaran gerabah tersebut dan tidak jarang anak mereka mengalami gejala ISPA seperti flu, batuk hingga sesak nafas dan terdiagnosa ISPA.

Materi bacaan:

https://docs.google.com/document/d/1YAAsoQgVy7GMfuI1ce096NaY-AgzFJ_5/edit

https://docs.google.com/document/d/1oWj_dXsyAx4pxlXukgOz0Tl8urLgJAOV/edit

3. Teknologi sederhana masyarakat dalam pembuatan gerabah Banyumulek.

Proses pembuatan gerabah Banyumulek masih menggunakan teknologi sederhana, mulai dari proses pembentukan, pembakaran sampai dengan pewarnaan.

a) Proses pembentukan

Proses pembentukan gerabah masih menggunakan keahlian tangan dan alat sederhana yang disebut pendorosan. Alat untuk menghaluskan dan melicinkan dibuat sederhana yaitu batu licin dan bekas jaring. Batu licin diambil batu yang

paling licin dan halus dari sungai. Untuk proses pelicinan masyarakat menggunakan pencampuran minyak goreng dan minyak tanah yang dicampurkan pada tanah pengoles sebagai bahan pelicin. Menurut masyarakat minyak goreng dapat menjadi perekat tanah dan minyak tanah dapat mengikat api saat proses pembakaran.

b) Proses pembakaran

Proses pembakaran tidak membutuhkan alat khusus. Gerabah yang dibakar disusun dan ditutup menggunakan daun kering dan jerami. Penggunaan jerami dan daun kering bertujuan agar hasil pembakaran lebih baik. Proses pembakaran dilakukan di halaman rumah masing-masing karena tidak ada tempat khusus untuk pembakaran keramik.

c) Proses pewarnaan

Gerabah standar yang dihasilkan di Banyumulek menggunakan bahan pewarna alami. Cara pewarnaan alami yang dipakai oleh pengrajin Banyumulek adalah:

- i) pewarnaan menggunakan kulit asam. Kulit asam direbus terlebih dahulu dan disaring. Air asam tersebut disemprotkan pada permukaan gerabah, saat gerabah masih panas. Pewarnaan menggunakan kulit asam akan memberikan warna belang kecoklatan.
- ii) pewarnaan menggunakan rumput kering, bekas gergaji, atau dedak, dengan cara menggulingkan gerabah yang panas di atas rumput kering atau bekas gergaji beberapa menit. Mengubah warna merah gerabah menjadi hitam.
- iii) pewarnaan gerabah bermotif percikan bunga dilakukan dengan cara memberikam **bebua** pada gerabah yang sedang panas.

Beberapa zat warna yang digunakan adalah bahan alami sehingga aman untuk lingkungan. Cara mewarnai alami merupakan kebiasaan turun-temurun yang masih dilakukan oleh pembuat gerabah.

4. Pembuatan gerabah dengan meminimalkan pencemaran lingkungan

Keseluruhan proses pembuatan gerabah di desa Banyumulek menggunakan rancangan sederhana. Pengrajin gerabah menghasilkan berbagai jenis gerabah seperti genteng, cobek, patung, dan lainnya yang merupakan warisan, rekayasa

produk. Pengrajin gerabah merancang prosedur yang merupakan warisan pengeringan gerabah sebelum dibakar. Pengrajin gerabah mengevaluasi proses pencetakan gerabah, proses pengeringan, dan proses pembakaran.

- i) Proses pengambilan bahan tanah liat diambil dengan alat dan cara sederhana tanpa memikirkan akibat dari pengambilan tanah liat secara terus-menerus.
- ii) Proses pencampuran bahan juga dilakukan dengan menggunakan takaran bak saja tanpa ada kepastian komposisi campuran.
- iii) Proses pembentukan menggunakan alat pendorosan yang diputar menggunakan tangan serta dilengkapi dengan alat-alat sederhana yang ada di sekitar
- iv) Proses pewarnaan menggunakan bahan-bahan alami yang diproses dengan rancangan sederhana
- v) Proses pembakaran dilakukan secara sederhana tanpa memikirkan dampak dari pembakaran bagi lingkungan sekitar.

Pembuatan gerabah dengan rancangan sederhana tanpa memikirkan dampak negatif bagi lingkungan sudah dilakukan secara turun-temurun oleh masyarakat pengrajin gerabah. Daerah yang dijadikan tempat pengambilan tanah liat yang diambil tanpa adanya aturan akan menyebabkan lahan kritis dan erosi tanah.

Beberapa rancangan yang bisa dilakukan untuk mengurangi dampak negatif bagi lingkungan adalah:

1) Tahap penggalian tanah.

Pada tahap ini diperlukan aturan bagi para penggali tanah untuk mengurangi dampak proses penggalian tanah. Ada beberapa cara yang bisa digunakan untuk mencegah terjadinya lahan kritis dan erosi tanah dengan konsevasi lahan, yaitu:

- a) pada lahan yang mengalami tingkat erosi sangat berat disarankan dapat ditanami dengan kacang tanah karena tanaman kacang tanah selain mengurangi laju erosi juga dapat memperbaiki struktur tanah dengan mengikat nitrogen dan menambah bahan organik.
- b) pada lahan yang mengalami tingkat erosi berat disarankan dapat ditanami dengan tanaman tebu dan akar tanaman dapat menyerap air dan menambah bahan organik ke dalam tanah.

- c) pada lahan yang mengalami tingkat erosi moderat disarankan penanaman dengan tanaman ubi jalar karena sifat fisik tanah di daerah penelitian memiliki tanah yang subur dan akar tanaman dapat menyerap air dengan unsur hara yang baik.
 - d) pada lahan yang mengalami tingkat erosi ringan dan normal disarankan dapat ditanami dengan tanaman padi karena dapat di tambah nitrogen dari udara dan sisa tanaman dapat dijadikan sebagai bahan organik.
- 2) Tahap pembakaran. Pada tahap ini dirancang proses pembakaran lebih aman bagi lingkungan seperti penggunaan oven berbahan gas dan pembuatan tungku khusus untuk pembakaran dengan cerobong asap yang tinggi. Penggunaan tungku pembakaran khusus juga dapat mengalirkan panas secara merata ke seluruh permukaannya.

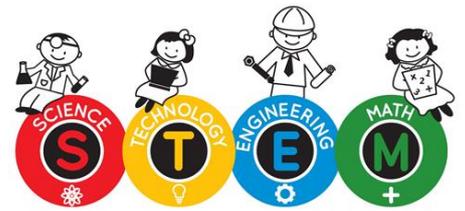
5. Komposisi campuran gerabah

Pembuatan gerabah di Desa Banyumulek menggunakan perbandingan sederhana. Pengrajin menentukan perbandingan bahan baku untuk campuran lempung atau tanah liat. Takaran yang digunakan untuk menentukan perbandingan adalah takaran bak. Diperlukan komposisi setiap bahan dengan tepat untuk menghasilkan gerabah dengan kualitas terbaik. Komposisi campuran tanah liat dan tanah sari adalah 3 bak berbanding 1 bak (3:1). Jika tanah liat yang digunakan 3 karung maka dibutuhkan tanah sari 1 karung. Jika tanah liat yang digunakan 30 kg maka dibutuhkan tanah sari 10 kg.

Dalam proses pembentukan dibutuhkan perbandingan diameter alas dan tutup, pengrajin tidak mempunyai patokan khusus. Terdapat banyak sekali jenis-jenis kendi dan mempunyai ciri-ciri tertentu. Pada kendi leher panjang, masing-masing pengrajin menentukan ukuran yang berbeda, namun ukuran tersebut tidak terlalu jauh. Pada kendi Maling, tinggi kendi berbeda, jika tinggi kendi semakin besar maka diameter alas juga akan semakin besar. Hal ini sangat berpengaruh terhadap keseimbangan kendi.

Materi Bacaan:

LEMBAR KERJA



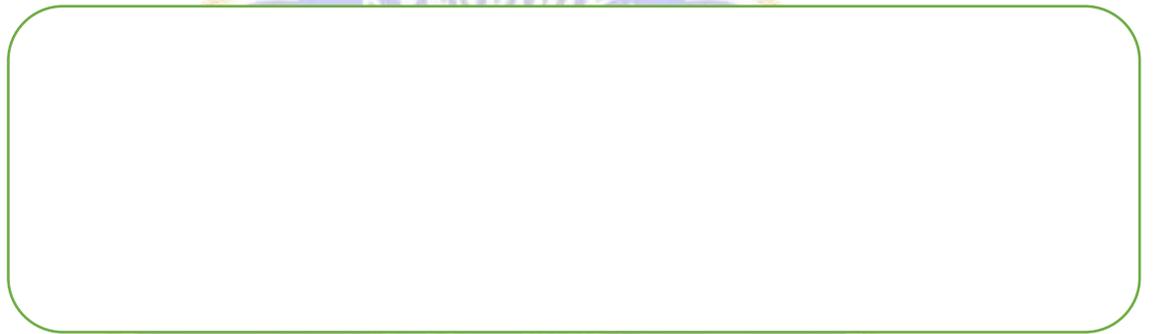
Lembar Kerja Sains

1. Pengrajin gerabah menggunakan tanah lempung sebagai bahan dasar. Tanah lempung yang biasanya digunakan berasal dari area persawahan. Jelaskan kandungan kimia dari tanah lempung, serta tuliskan rumus kimia dari unsur dan senyawa yang terkandung dalam tanah lempung.

2. Proses pembakaran pada pembuatan gerabah menggunakan daun pisang kering, batok kelapa dan jerami. Jelaskan dampak pembakaran tersebut bagi lingkungan terutama udara.

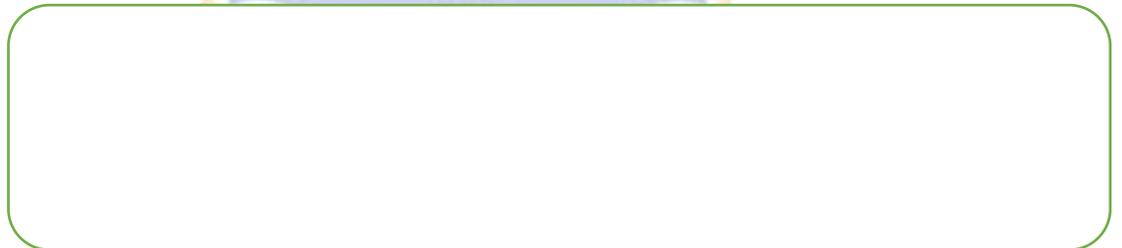
Lembar Kerja Teknologi

1. Pembakaran gerabah menggunakan jerami, daun pisang kering, dan batok kelapa akan menimbulkan pencemaran bagi masyarakat sekitar. Jelaskan cara sederhana untuk mengurangi pencemaran udara tersebut.

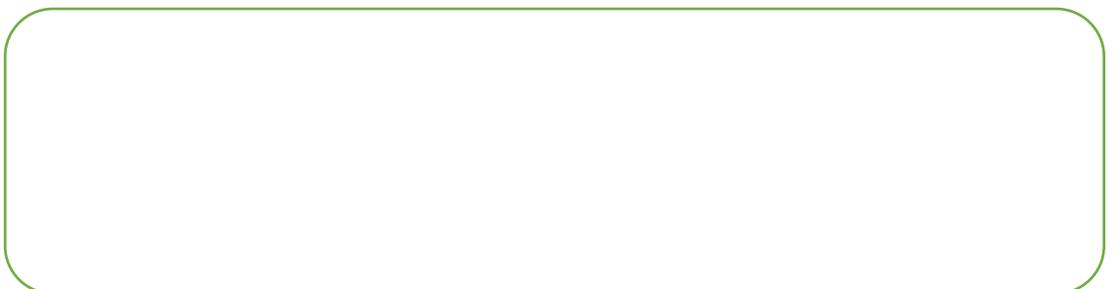


Lembar Kerja Engineering

1. Proses pembuatan gerabah dengan rancangan sederhana. Evaluasi rancangan proses pengeringan dan pewarnaan gerabah serta dampaknya bagi lingkungan.

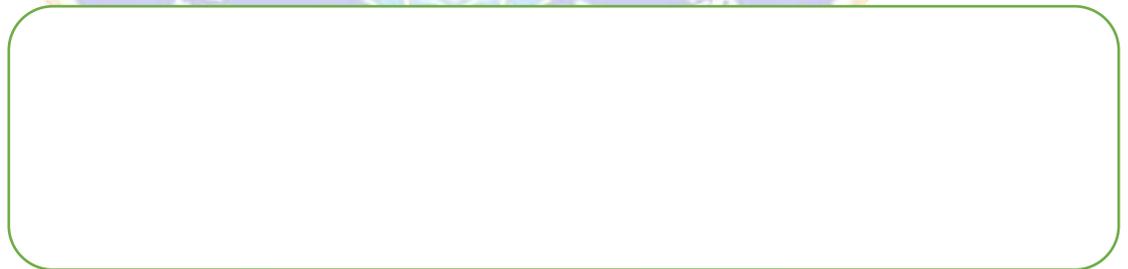


2. Rancanglah pembuatan gerabah lengkap sampai akhir agar proses pembuatan lebih efektif serta ramah lingkungan (*litertur rievew*).



Lembar Kerja Matematika

1. Pembuatan gerabah menggunakan bahan baku tanah liat yang dicampur dengan tanah sari dan air. Saat ini masyarakat Banyumulek membuat gerabah dengan mencampurkan bahan-bahan tersebut dengan takaran sederhana tanpa komposisi yang jelas. Hitung komposisi yang tepat setiap bahan jika tanah liat yang digunakan 50 kg setiap hari agar menghasilkan gerabah yang berkualitas baik, berapa tanah sari harus disiapkan untuk 5 hari?.



IV. Rangkuman

Salah satu etnosains di Pulau Lombok yang terkenal adalah gerabah Banyumulek. Proses pembuatan gerabah masih tradisional mulai dari mencari bahan baku sampai dengan proses pemasaran. Proses pembuatan gerabah yang sederhana dilakukan masyarakat tanpa melihat dampaknya. Rusaknya kondisi tanah dan kesuburan tanah disebabkan proses penggalian tanah liat tanpa aturan yang tepat. Pencemaran udara karena proses pembakaran gerabah yang dilakukan secara tradisional di halaman rumah. Kondisi terganggunya lingkungan dapat dikurangi dengan reklamasi secara berkala pada tempat

penggalian tanah liat. Pembuatan tungku pembakaran dengan cerobong asap yang tinggi dapat mengurangi pencemaran bagi masyarakat sekitar.

V. Evaluasi

- Tanah liat yang digunakan dalam pembuatan gerabah diambil oleh masyarakat dengan cara menggali tanah. Tanah memiliki lapisan-lapisan dengan fungsi masing-masing, tanah liat pada lapisan tanah berada pada lapisan...
 - a. lapisan top soil
 - b. lapisan tanah atas
 - c. lapisan tanah bawah
 - d. lapisan tanah tengah**
- Gerabah Banyumulek menjadi salah satu ikon pulau Lombok. Penggunaan tanah liat sebagai bahan utama menyebabkan penggalian tanah liat dilakukan secara terus-menerus pada area persawahan. Pengambilan tanah liat dilakukan masyarakat agar produksi gerabah tetap berjalan dapat menyebabkan.....
 - f. degradasi kesuburan sawah**
 - g. banjir sawah
 - h. meningkatkan kesuburan
 - i. menyehatkan tanah
- Gerabah merupakan industri kerajinan yang menghasilkan barang berbahan dasar tanah liat seperti alat dapur, pot bunga, batu bata, dll. Proses pembuatan gerabah memiliki beberapa tahapan salah satunya tahap pembakaran. Tahap ini, gerabah akan dibakar menggunakan kayu atau sekam sehingga gerabah dalam tungku pembakaran akan terasa panas. Proses pembakaran yang dilakukan sebagian besar di halaman rumah akan mengakibatkan....
 - a. udara tercemar asap hasil pembakaran**
 - b. masyarakat mengeluh munculnya berbagai macam penyakit
 - c. kondisi rumah yang kotor
 - d. panas meningkat
- Pembakaran gerabah menggunakan jerami dan daun kering dilakukan sangat sering. Hasil dari pembakaran yang dapat mencemari lingkungan adalah...

- a. **CO (karbon monoksida)**
 - b. N₂ (Nitrogen)
 - c. H₂O (Air)
 - d. Mg (Magnesium)
- Penambahan limbah abu pembakaran pada proses pewarnaan menghasilkan gerabah yang lebih mengkilap, sehingga penggunaan limbah abu pembakaran, sangat potensial sebagai pewarna dan pengkilap alami gerabah. Permukaan gerabah yang mengkilap disebabkan kandungan.....
 - a. **Silika-alumina aktif**
 - b. Hemiselulosa
 - c. Minyak
 - d. Air
 - Kulit biji asam mengandung metabolit sekunder yaitu *phlobatanin*. Tanin pada tanaman diklasifikasikan sebagai tanin terhidrolisis dan tanin terkondensasi. Tanin terkondensasi, banyak terdapat pada buah-buahan, biji-bijian dan tanaman pangan, sementara tanin terhidrolisis terdapat pada bahan non-pangan, sehingga tanin pada kulit biji asam tergolong tanin terkondensasi. Tanin alami larut dalam air dan memberikan warna pada air, warna larutan tanin bervariasi dari warna terang sampai warna merah gelap atau coklat, karena setiap tanin memiliki warna yang khas tergantung sumbernya. Gerabah yang diwarnai dengan campuran kulit biji asam dicampur limbah abu pembakaran menghasilkan warna
 - a. coklat tua
 - b. coklat tua dan mengkilap
 - c. merah maron
 - d. **merah maroon alami dan mengkilat.**
 - Pewarnaan menggunakan kulit biji asam diawali dengan preparasi kulit biji asam. Kulit biji asam kering sebanyak 100 g ditambah dengan 100 g limbah abu pembakaran halus dicampur dengan 2 L air kemudian dimasak selama 30 menit. Jika tersedia 220 g kulit biji asam kering dan akan dibuat sebagai pewarna alami

berapa gram limbah abu pembakaran dan air yang dibutuhkan untuk membuat zat warna yang tepat

- a. **200 g dan 4 L**
 - b. 100 g dan 2 L
 - c. 200 g dan 4 L
 - d. 220 g dan 2 L
- Tahap penggalian tanah pada proses pembuatan gerabah menyebabkan terjadinya degradasi kesuburan. Desa Banyumulek telah membuat gerabah dalam jangka waktu yang lama sehingga menyebabkan kerusakan berat. Rancangan reklamasi tanah yang harus dilakukan pada lahan desa Banyumulek adalah...
 - a. lahan ditanami dengan kacang tanah karena tanaman kacang tanah selain mengurangi laju erosi juga dapat memperbaiki struktur tanah dengan mengikat nitrogen dan menambah bahan organik.
 - b. lahan ditanami dengan tanaman tebu dan tanaman ini perakarannya bisa dapat menyerap air dan menambah bahan organik ke dalam tanah.**
 - c. lahan ditanami dengan tanaman ubi jalar karena sifat fisik tanah di daerah penelitian subur dan tanaman ini perakarannya dapat menyerap air dengan unsur hara yang baik.
 - d. lahan ditanami dengan tanaman padi karena dapat menambah nitrogen dari udara dan sisa tanaman dapat dijadikan sebagai bahan organik.
 - Pembuatan gerabah dengan tanah liat memerlukan campuran tanah sari. Tanah sari adalah tanah liat dengan tekstur yang lebih halus dan warna berbeda. Komposisi campuran tanah liat dan tanah sari untuk menghasilkan gerabah yang baik adalah 3:1. Jika pengrajin pembuatan gerabah dalam satu hari menghabiskan 3 karung tanah liat dengan berat 1 karung adalah 30 kg, tanah sari yang dibutuhkan adalah...
 - a. 30 kg**
 - b. 50 kg
 - c. 60 kg
 - d. 90 kg

- Setiap dusun di desa Banyumulek telah disediakan tempat pembakaran gerabah oleh pihak desa namun tempat pembakaran tersebut sangat dekat dengan pemukiman warga bahkan sebagian berada di tengah-tengah dusun, sehingga asap dari bakaran gerabah tersebut menyebar hingga masuk kerumah warga, dan ada beberapa warga yang melakukan pembakaran gerabah di halaman rumah mereka. Hasil penelitian menunjukkan tingkat penyakit ISPA masyarakat sekitar sangat tinggi, hal ini dapat dijadikan indikator terjadinya.....
 - a. pencemaran lingkungan sekitar
 - b. pencemaran air
 - c. pencemaran tanah
 - d. **pencemaran udara**

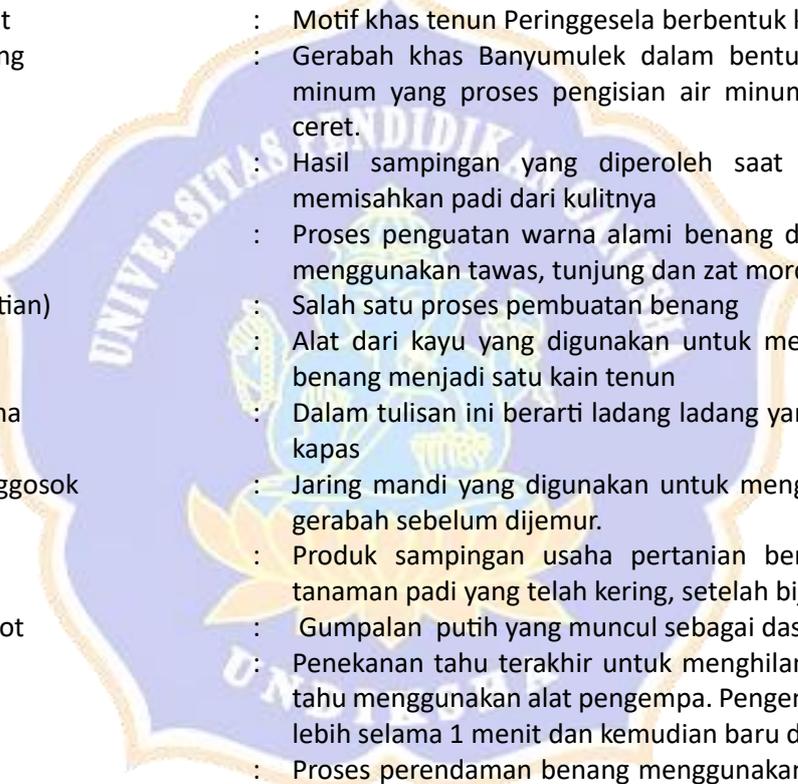
Petunjuk Evaluasi hasil Pengerjaan Tes Formatif

1. Setelah selesai mengerjakan Tes Evaluasi 1 ini, silahkan cocokkan jawaban Ananda dengan kunci jawaban yang telah disediakan pada bagian lampiran Modul ini. Kemudian hitung tingkat penguasaan yang dapat di capai dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\text{Nilai Capaian} = \frac{\text{Jumlah Jawaban Benar}}{\text{Jumlah Soal Seluruhnya}} \times 100$$

2. Jika Nilai Capaian yang diperoleh kurang dari 75 (*disesuaikan dengan KKM yang ditetapkan*), pelajari kembali materi yang belum dikuasai. Jika masih mengalami kesulitan, catat pada buku catatan bagian mana yang masih belum pahami untuk kemudian dapat mendiskusikannya bersama teman, menceritakannya kepada orang tua, atau dapat menanyakannya langsung kepada Dosen pada saat jadwal kegiatan pembelajaran berlangsung.
3. Jika tingkat penguasaan yang diperoleh lebih dari atau sama dengan 75%, silahkan lanjutkan ke Kegiatan Belajar selanjutnya

GLOSARIUM



Ayakan	: Alat khusus untuk menyaring tanah penghalus untuk melincinkan gerabah
Batu licin	: batu kali kecil dan licin yang digunakan untuk menggosok gerabah sebelum dijemur.
Bebua atau ampas kelapa	: Limbah atau sisa kelapa parut yang telah diambil santannya
Belak Topat	: Motif khas tenun Peringgesela berbentuk ketupat
Ceret maling	: Gerabah khas Banyumulek dalam bentuk tempat menyimpan air minum yang proses pengisian air minumnya lewat bagian bawah ceret.
Dedak	: Hasil sampingan yang diperoleh saat penggilingan padi atau memisahkan padi dari kulitnya
Fiksasi	: Proses penguatan warna alami benang dengan merendam benang menggunakan tawas, tunjung dan zat mordan lainnya
Ganti (gentian)	: Salah satu proses pembuatan benang
Gedogan	: Alat dari kayu yang digunakan untuk menenun menyusun benang benang menjadi satu kain tenun
Huma-huma	: Dalam tulisan ini berarti ladang ladang yang ditumbuhi liar tanaman kapas
Jaring penggosok	: Jaring mandi yang digunakan untuk menggosok dan menghaluskan gerabah sebelum dijemur.
Jerami	: Produk sampingan usaha pertanian berupa tangkai dan batang tanaman padi yang telah kering, setelah biji padi dipisahkan
Jonjot-jonjot	: Gumpalan putih yang muncul sebagai dasar terbentuknya tahu
Kempa	: Penekanan tahu terakhir untuk menghilangkan air dan membentuk tahu menggunakan alat pengempa. Pengempaan ini dilakukan kurang lebih selama 1 menit dan kemudian baru dibuka
Mordan	: Proses perendaman benang menggunakan air untuk menghilangkan kotoran sisa produksi
Pendorosan	: Alat sederhana untuk membentuk gerabah, alat berbentuk lingkaran dengan diameter 30 sampai dengan 40 cm dan terbuat dari bahan kayu atau besi
Petuk, saka, dan kanjian	: Langkah langkah proses pewarnaan benang alami
Prane	: Alat untuk membuat motif tenun, alatnya terbuat dari bahan kayu
Pucuk rebung, Sari menanti	: Motif tenun khas desa Peringgesela
Reragian	: Motif jaman dulu yang dirancang khusus dan memiliki makna dan khasiat tertentu
Sesek	: Kain tenun yang diperoleh dari kegiatan menenun masyarakat lombok yang mengeluarkan kata seksek
Tanah sari/ tanah kedaung	: Jenis tanah liat yang dengan tekstur halus dan warna lebih orange

Tanah olaf	: Campuran tanah liat dan tanah sari yang diberi air, minyak goreng dan minyak tanah.
Tenggorokan	: Limbah hasil penyerutan kayu
Tegalan	: Jenis habitat yang ditemukan di daerah dataran tinggi di padang rumput beriklim sedang, sabana dan semak belukar dan bioma padang pegunungan dan semak belukar, ditandai dengan vegetasi tumbuh rendah di tanah masam dan saat ini, umumnya berarti lahan perbukitan yang tidak digarap

DAFTAR PUSTAKA

- Alfin, A., Delianis, P., Ali, R., 2023. Pewarna Alami Limbah Mangrove Dengan Fiksasi Air Kelapa, Asam Jawa Dan Tawas. *Journal of Marine Research*. Vol 12(3).
- A. Zulus, "Rancang Bangun Monitoring pH Air Menggunakan Soil Moisture Sensor di SMK N 1 Tebing Tinggi Kabupaten Empat Lawang,," *JUSIKOM.*, pp. vol.2, no.1, pp. 37-43, 2017.
- Claude E. B., Craig S. T., & Rawee V., 2011. Interpretation of pH, Acidity, and Alkalinity in Aquaculture and Fisheries. *North American Journal of Aquaculture Publication details*, Vol 73 (4).
- Fibria, K., Religia, A., Endah, R. S. D., 2019. Potensi Gunung Ungaran di Desa Ngesrep Balong, Limbangan Kabupaten Kendal Jawa Tengah sebagai Penghasil Tumbuhan Pewarna Alami Kain Batik. *Life Science* 8 (2)
- Hamzani, S., & Syarifudin, A. 2020. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Pada Reaktor Anaerobik Sistem Biakan Tersuspensi. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 5(3), 52–56.
- Imelda, H., 2022. Pemanfaatan Karbon Aktif Untuk Mereduksi Bahaya Merkuri Dan Sianida Pada Pertambangan Emas Rakyat. *Jurnal GEOMINERBA* Vol.7 (1)

- Mardhia, D., & Abdullah, V. 2018. Studi Analisis Kualitas Air Sungai Brangbiji Sumbawa Besar. *Jurnal Biologi Tropis*, 18(2), 182–189. <https://doi.org/10.29303/jbt.v18i2.860>
- M. Simanjuntak, 2007. Oksigen Terlarut dan Apparent Oxygen Utilization di Perairan Teluk Klabat, Pulau Bangka, *Ilmu Kelautan*. Vol.12 (2)
- Ninik, J., 2020. Kajian Tentang Tenun Sesek dari Desa Peringgesela, Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat, *KELUWIH: Jurnal Sains dan Teknologi*, Vol. 1(1).
- Nusa, I. S.2007. Pengolahan Air Minum Dengan Karbon Aktif Bubuk. *JAI* Vol.3 (2).
- Martini, S., Yuliwati, D., Kharismadewi, D. 2020. Pembuatan Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri . *Distilasi*, Vol. 5.
- Purnomo, D. W., Magandhi, M., Hellmanto, H., & Joko Ridhowitono. 2015. Jenis-Jenis Tumbuhan Reklamasi Potensial Untuk Fitoremediasi di Kawasan Bekas Tambang Emas. 1, 496–500. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m010320>
- Ratnawati, R., & Faizah. 2020. Phytoremediation of mercury contaminated soil with the addition of compost. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 52(1), 66–80. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2020.52.1.5>
- Riang, A., & Agus, W. 2018. Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Metode Aerasi Untuk Menurunkan Kadar BOD. *Journal of Nursing and Public Health*. Vol 6 (1)
- Ristyana, L. 2022. Analisis Kandungan DO, BOD, COD, TS, TDS, TSS dan Analisis Karakteristik Fisikokimia Limbah Cair Industri Tahu di UMKM Daerah Imogiri Barat Yogyakarta.
- Su, C., Jiang, L., & Zhang, W. 2014. A Review on Heavy Metal Contamination in the Soil Worldwide : Situation , Impact and Remediation Techniques. 3(2), 24–38.
- Sukono, G. A. B., Hikmawan, F. R., Evitasari, E., & Satriawan, D. 2020. Mekanisme Fitoremediasi: Review. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 2(2), 40–47. <https://doi.org/10.35970/jppl.v2i2.360>
- Tri, W., & Sriyani., 2008. Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka Dengan Metode Elektroflokulasi., *Prosiding Seminar Nasional Teknoin Bidang Teknik kimia dan Tekstil, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Bidang Teknik kimia dan Tekstil, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhamadiyah Surakarta*. vol
- Vithanage, M., Dabrowska, B. B., Mukherjee, A. B., Sandhi, A., & Bhattacharya, P. 2012. Arsenic Uptake by Plants and Possible Phytoremediation Applications:

- A Brief Overview. *Environmental Chemistry Letters*, 10(3), 217–224. <https://doi.org/10.1007/s10311-011-0349-8>
- Yan, A., Wang, Y., Tan, S. N., Mohd Yusof, M. L., Ghosh, S., & Chen, Z. 2020. Phytoremediation: A Promising Approach for Revegetation of Heavy Metal Polluted Land. *Frontiers in Plant Science*, 11(April), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00359>
- Zgorelec, Z., Bilandzija, N., Knez, K., Galic, M., & Zuzul, S. 2020. Cadmium and Mercury phytostabilization from soil using *Miscanthus × giganteus*. *Scientific Reports*, 10(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63488-5>

