

# LAMPIRAN



Lampiran 1 Surat Izin Pengambilan Data



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
FAKULTAS MATEMATIKAN DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
JURUSAN FISIKA DAN PENGAJARAN IPA  
Jalan Udayana Singaraja-Bali 81116 Tlp. (0362) 22570 . (0362) 25735  
Laman: [www.undiksha.ac.id](http://www.undiksha.ac.id)

Nomor : 121/UN48.9.10/TU/2024 Singaraja, 10 September 2024

Lampiran :-  
Perihal : Izin Pengambilan Data ke Sekolah

Kepada Kepala Sekolah SMP Negeri 2 Manggis

Yth :  
di  
Tempat

Dengan hormat, dalam rangka menyelesaikan tugas akhir Skripsi Mahasiswa, bersama ini dimohon bantuannya untuk memberikan informasi atau data yang diperlukan kepada mahasiswa berikut.

Nama : I Putu Tegar Pradnyan Adinata  
NIM : 2013071032  
Program Studi : S1 Pendidikan IPA

Demikian surat ini disampaikan, atas perkenan dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

a.n. Dekan  
Ketua Jurusan Fisika dan Pengajaran  
IPA



**NI MADE PUJANI**  
NIP 196311041988032001

## Lampiran 2 Surat Permohonan Judges



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
JURUSAN FISIKA DAN PENGAJARAN IPA  
Jalan Udayana Singaraja-Bali 81116 Tlp. (0362) 22570 . (0362) 25735  
Laman: [www.undiksha.ac.id](http://www.undiksha.ac.id)

---

Nomor : 112 /UN.48.9.10/ TU/2024 10 September 2024  
Lampiran : -  
Perihal : Permohonan mejadi judges

Yth. Bapak / Ibu 1. Ibu Luh Mitha Priyanka, S.Pd., M.Pd  
2. Bapak Putu Prima Juniartina, S.Pd., M.Pd

di  
Singaraja

Dengan hormat, terkait rencana pelaksanaan penelitian skripsi S1, Maka mohon kesediannya menjadi Judges untuk perangkat instrument penelitian mahasiswa atas nama:

Nama : I Putu Tegar Pradnyan Adinata  
NIM : 2013071032

Judul Skripsi: Pengembangan Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran  
Lingkungan Untuk Meningkatkan Minat Baca Siswa di  
SMP Negeri 2 Manggis

Demikian surat ini, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika dan Pengajaran IPA

Koorprodi S1 Pendidikan IPA



NI MADE PUJANI  
NIP.196311071988032001



PUTU PRIMA JUNIARTINA  
NIP. 198806142015041001

Lampiran 3 *Storyboard* Komik

No	Visual	Keterangan
1.	<div data-bbox="632 506 753 562" style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 10px;">Judul</div> <div data-bbox="576 602 833 665" style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 10px;">Jejaring tema</div> <div data-bbox="616 687 780 745" style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 10px;">Gambar</div> <div data-bbox="579 777 820 835" style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Nama Pembuat</div>	<p><b>1. Halaman Sampul</b></p> <p>Pada halaman ini pengguna dapat melihat informasi awal tentang komik IPA terpadu yang berisi judul komik, jejaring tema dan nama pembuat.</p>
2.	<div data-bbox="616 994 780 1052" style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 10px;">Gambar</div> <div data-bbox="557 1146 855 1256" style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Keterangan Karakter Tokoh</div>	<p><b>2. Halaman Pengenalan tokoh</b></p> <p>Pada halaman ini pengguna dapat mengetahui tokoh- tokoh yang berada pada komik digital ini dan mengetahui setiap watak tokohnya.</p>
3.	<div data-bbox="569 1426 868 1536" style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Keterangan Daftar isi komik</div>	<p><b>3. Halaman Daftar Isi Komik</b></p> <p>Pada Halaman ini pengguna dapat mengetahui Daftar isi komik.</p>

4.	<div data-bbox="576 226 874 338" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 20px;">           Pengenalan singkat terkait isi materi         </div> <div data-bbox="549 405 906 591" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Gambaran jejaring tema pencemaran lingkungan dengan model         </div>	<p><b>4. Halaman gambaran singkat terkait isi pada komik</b></p> <p>Pada Halaman ini pengguna dapat mengetahui gambaran materi singkat terkait pencemaran lingkungan dan jejaring tema pencemaran lingkungan dengan model connected</p>
5.	<div data-bbox="612 842 756 913" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 20px;">           Gambar         </div> <div data-bbox="539 947 834 1059" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Capaian Pembelajaran         </div>	<p><b>5. Halaman Capaian Pembelajaran</b></p> <p>Pada Halaman ini pengguna dapat mengetahui capaian pembelajaran yang harus dicapai siswa</p>
6.	<div data-bbox="515 1323 863 1391" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Tujuan Pembelajaran         </div>	<p><b>6. Halaman Tujuan Pembelajaran</b></p> <p>Pada Halaman ini pengguna dapat mengetahui tujuan pembelajaran pada materi pencemaran lingkungan</p>

7.	<div data-bbox="529 244 880 477" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>Slide 1-slide 65</p> </div> <div data-bbox="529 315 880 477" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Alur cerita komik pada tema pencemaran lingkungan</p> </div>	<p><b>7. Halaman Penyajian Alur Cerita</b></p> <p>Pada halaman ini, pengguna dapat membaca dan mengetahui alur cerita yang dibuat, alur cerita pada komik ini berisi 70 slide tekspercakapan yang diurutkan dari setiap tokoh yang mendapatkan giliran berbicara.</p>
8.	<div data-bbox="529 1061 873 1126" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>Slide 66-70</p> </div> <div data-bbox="529 1144 863 1384" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Berisi rangkuman materi dan quis terkait materi pencemaran</p> </div>	<p><b>8. Halaman rangkuman materi Dan quis terkait materi pencemaran lingkungan</b></p> <p>Pada halaman ini, pengguna dapat merangkum materi pencemaran lingkungan dan dapat mengerjakan quis pada link yang sudah tersedia</p>

## Lampiran 4 RPP Pencemaran Lingkungan

### **RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN (RPP)**

Satuan Pendidikan: SMP/MTs

Mata Pelajaran : IPA

Kelas/Semester : VII/Genap

Materi Pokok : Pencemaran Lingkungan

Topik Materi : Parameter Pencemaran Lingkungan, Dampak serta

Upaya Penanggulangan Alokasi Waktu: 2 x 40 menit (2 kali pertemuan)

---

#### **A.KOMPETENSI INTI**

1. Menghargai dan menghayati ajaran agama yang dianutnya.
2. Menghargai dan menghayati perilaku jujur, disiplin, santun, percaya diri, peduli, dan bertanggung jawab dalam berinteraksi secara efektif sesuai dengan perkembangan anak di lingkungan, keluarga, sekolah, masyarakat dan lingkungan alam sekitar, bangsa, negara, dan kawasan regional.
3. Memahami dan menerapkan pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif pada tingkat teknis dan spesifik sederhana berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budayadengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, dan kenegaraan terkait fenomena dan kejadian tampak mata.
4. Menunjukkan keterampilan menalar, mengolah, dan menyaji secara kreatif, produktif, kritis, mandiri, kolaboratif, dan komunikatif, dalamranah konkret dan ranah abstrak sesuai dengan yang dipelajari di sekolah dan sumber lain yang sama dalam sudut pandang teori.

#### **B.KOMPETENSI DASAR**

- 3.6 menganalisis konsep pencemaran, berbagai parameter pencemaran, dampak dan upaya penanggulangan.

## **C.INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI**

3.6.1 Menjelaskan parameter pencemaran lingkungan

3.6.2 Menjelaskan dampak pencemaran tanah

3.6.3 Menjelaskan upaya penanggulangan pencemaran lingkungan

4.5.2 Menyajikan hasil pengamatan, inferensi, dan mengomunikasikan hasil

## **D.TUJUAN PEMBELAJARAN**

3.5.1.1 Siswa dapat menjelaskan konsep pencemaran lingkungan

3.5.1.2 Siswa dapat menjelaskan parameter pencemaran air, tanah dan udara.

3.5.2.1 Siswa dapat menjelaskan dampak pencemaran lingkungan

3.5.2.2 Siswa dapat menjelaskan upaya penanggulangan pencemaran lingkungan.

## **E.MATERI PEMBELAJARAN**

### **2.1 Parameter Pencemaran Air**

Pencemaran air merupakan kondisi air yang mengimpang dari sifat-sifat air dari keadaan normal. Kualitas air menentukan kehidupan di perairan laut ataupun sungai. Apabila perairan tercemar, maka keseimbangan ekosistem di dalamnya juga akan terganggu. Air dapat tercemar oleh komponen-komponen anorganik, di antaranya berbagai logam berat yang berbahaya. Komponen-komponen logam berat ini berasal dari kegiatan industri. Kegiatan industri yang melibatkan penggunaan logam berat, antara lain industri tekstil, pelapisan logam, cat/tinta warna, percetakan, bahanagrokimia, dan lain-lain. Beberapa logam berat ternyata telah mencemari airdi negara kita, melebihi batas yang berbahaya bagi kehidupan (Wisnu,1995). Berikut merupakan paramater pencemaran air dikaji secara fisika, kimia dan biologi sebagai berikut:

1. Parameter fisik meliputi pengukuran tentang warna, rasa, bau, suhu, kekeruhan, dan radioaktivitas. Mengambil contoh dari jenis standar kualitas air minum baik yang bersifat nasional maupun internasional. Standar kualitas air minum bagi Indonesia terdapat dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 01/Birkhumas/I?1975 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas airm minum dan Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 01-3553-1996. Adapun parameter penilaian kualitas air minum yang tercantum pada berbagai peraturan tentang standar kualitas air minumadalah sebagai berikut:

- a. Pengaruh adanya unsur-unsur tersebut dalam air
- b. Sumber unsur-unsur tersebut
- c. Beberapa sifat yang perlu diketahui dari unsur tersebut
- d. Efek yang ditimbulkan terhadap kesehatan manusia
- e. Alasan mengapa unsur tersebut dicantumkan dalam standar kualitas

Dalam standar persyaratan fisis air minum tampak adanya lima unsur persyaratan meliputi; suhu, warna, bau, rasa dan kekeruhan. Dalam tinjauan berikut akan dijabarkan pengertian lebih lanjut mengenai unsur-unsur tersebut, khususnya dalam hubungan dicantumkannya unsur – unsur tersebut dalam standar persyaratan kualitas.

#### 1) Suhu

Suhu air sebaiknya sejuk atau tidak panas, agar tidak terjadi pelarutan zat kimia pada saluran/pipa yang dapat membahayakan kesehatan, menghambat reaksi-reaksi biokimia di dalam saluran/pipa, mikroorganisme patogen tidak mudah berkembang biak, dan bila diminum dapat menghilangkan dahaga.

Suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang (latitude), ketinggian dari permukaan laut (altitude), waktu, sirkulasi udara, penutupan awan, aliran, serta kedalaman. Perubahan suhu mempengaruhi proses fisika, kimia, dan biologi badan air. Suhu berperan dalam mengendalikan kondisi ekosistem perairan.

Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi, volatilisasi, serta menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air (gas O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan sebagainya) (Haslam, 1995 dalam Effendi, 2003). Peningkatan suhu juga menyebabkan terjadinya peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba. Kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan fitoplankton di perairan adalah 20°C–30°C.

Pada umumnya, suhu dinyatakan dengan satuan derajat Celcius ( $^{\circ}\text{C}$ ) atau derajat Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ). Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002, diketahui bahwa temperatur maksimum yang diperbolehkan dalam air minum sebesar  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ . Pengukuran suhu pada contoh air dapat dilakukan menggunakan termometer.

## 2) Warna

Air minum sebaiknya tidak berwarna untuk alasan estetika dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun mikroorganisme yang berwarna. Warna dapat menghambat penetrasi cahaya ke dalam air. Warna pada air disebabkan oleh adanya partikel hasil pembusukan bahan organik, ion-ion metal alam (besi dan mangan), plankton, humus, buangan industri, dan tanaman air. Adanya oksida besi menyebabkan air berwarna kemerahan, sedangkan oksida mangan menyebabkan air berwarna kecoklatan atau kehitaman. Kadar besi sebanyak 0,3 mg/l dan kadar mangan sebanyak 0,05 mg/l sudah cukup dapat menimbulkan warna pada perairan (peavy et al., 1985 dalam Effendi, 2003). Kalsium karbonat yang berasal dari daerah berkapur menimbulkan warna kehijauan pada perairan. Bahan-bahan organik, misalnya tanin, lignin, dan asam humus yang berasal dari dekomposisi tumbuhan yang telah mati menimbulkan warna kecoklatan.

## 3) Bau

Air minum yang berbau, selain tidak estetis juga tidak disukai oleh masyarakat. Bau air dapat memberi petunjuk terhadap kualitas air, misalnya bau amis dapat disebabkan oleh adanya algae dalam air tersebut. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002, diketahui bahwa syarat air minum yang dapat dikonsumsi manusia adalah tidak berbau.

## 4) Rasa

Air minum biasanya tidak memberikan rasa (tawar). Air yang berasa menunjukkan kehadiran berbagai zat yang dapat

membahayakan kesehatan. Efek yang dapat ditimbulkan terhadap kesehatan manusia tergantung pada penyebab timbulnya rasa. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002, diketahui bahwa syarat air minum yang dapat dikonsumsi manusia adalah tidak berasa.

#### 5) Kekeruhan

Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air. Kekeruhan disebabkan adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (misalnya lumpur dan pasir halus), maupun bahan anorganik dan organik yang berupa plankton dan mikroorganisme lain (APHA, 1976; Davis dan Cornwell, 1991 dalam Effendi 2003). Zat anorganik yang menyebabkan kekeruhan dapat berasal dari pelapukan batuan dan logam, sedangkan zat organik berasal dari lapukan hewan dan tumbuhan. Bakteri dapat dikategorikan sebagai materi organik tersuspensi yang menambah kekeruhan air. Padatan tersuspensi berkorelasi positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi nilai padatan tersuspensi, semakin tinggi nilai kekeruhan. Akan tetapi, tingginya padatan terlarut tidak selalu diikuti dengan tingginya kekeruhan. Tingginya nilai kekeruhan dapat mempersulit usaha penyaringan dan mengurangi efektivitas desinfeksi pada proses penjernihan air. Secara optis, kekeruhan merupakan suatu kondisi yang mengakibatkan cahaya dalam air didispersikan atau diserap dalam suatu contoh air.

#### 2. Paramater Kimia

Parameter kimia dilakukan untuk mengetahui kadar CO<sub>2</sub>, pH, keasaman, kadar logam, dan logam berat. Sebagai contoh berikut disajikan pengukuran pH air, kadar CO<sub>2</sub>, dan oksigen terlarut.

##### a. Pengukuran pH air

Air sungai dalam kondisi alami yang belum tercemar memiliki rentangan pH 6,5 – 8,5. Karena pencemaran, pH air dapat menjadi lebih rendah dari 6,5 atau lebih tinggi dari 8,5. Bahan-bahan organik

biasanya menyebabkan kondisi air menjadi lebih asam. Kapur menyebabkan kondisi air menjadi alkali (basa). jadi, perubahan pH air tergantung kepada macam bahan pencemarnya. Perubahan nilai pH mempunyai arti penting bagi kehidupan air. Nilai pH yang rendah (sangat asam) atau tinggi (sangat basa) tidak cocok untuk kehidupan kebanyakan organisme. Untuk setiap perubahan satu unit skala pH (dari 7 ke 6 atau dari 5 ke 4) dikatakan keasaman naik 10 kali. Jika terjadi sebaliknya, keasaman turun 10 kali. Keasaman air dapat diukur dengan sederhana yaitu dengan mencelupkan kertas lakmus ke dalam air untuk melihat perubahan warnanya.

b. Pengukuran Kadar Oksigen Terlarut

Kadar oksigen terlarut dalam air yang alami berkisar 5 – 7 ppm (part per million atau satu per sejuta; 1ml oksigen yang larut dalam 1 liter air dikatakan memiliki kadar oksigen 1 ppm). Penurunan kadar oksigen terlarut dapat disebabkan oleh tiga hal:

1. Proses oksidasi (pembongkaran) bahan-bahan organik
  2. Proses reduksi oleh zat-zat yang dihasilkan bakteri anaerob daridasar perairan.
  3. Proses pernapasan organisme yang hidup di dalam air.
3. Parameter Biologi

Di alam terdapat hewan-hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme yang peka dan ada pula yang tahan terhadap kondisi lingkungan tertentu. Organisme yang peka akan mati karena pencemaran dan organisme yang tahan akan tetap hidup. Siput air dan Planaria merupakan contoh hewan yang peka pencemaran. Sungai yang mengandung siput air dan planaria menunjukkan sungai tersebut belum mengalami pencemaran. Sebaliknya, cacing Tubifex (cacing merah) merupakan cacing yang tahan hidup dan bahkan berkembang baik di lingkungan yang kaya bahan organik, meskipun spesies hewan yang lain telah mati. Ini berarti keberadaab cacing tersebut dapat dijadikan indikator adanya pencemaran zat organik. Organisme yang dapat dijadikan petunjuk pencemaran dikenal sebagai indikator biologis. dengan oksigen akhir (setelah 5 hari).  
Indikator

biologis terkadang lebih dapat dipercaya daripada indikator kimia. Pabrik yang membuang limbah ke sungai dapat mengaturpembuangan limbahnya ketika akan dikontrol oleh pihak yang berwenang. Pengukuran secara kimia pada limbah pabrik tersebut selalu menunjukkan tidak adanya pencemaran. Tetapi tidak demikian dengan makluk hidup yang menghuni ekosistem air secara terus menerus. Disungai itu terdapat hewan-hewan, mikroorganismen, bentos, mikroinvertebrata, ganggang, yang dapat dijadikan indikator biologis. Adapun beberapa organisme yang menyebabkan penyakit atau gangguan Kesehatan sebagai berikut:

1. Adanya Patogenic Organisme di dalam air
  - A. Bakteri
    - a. Virus Kolera  
Penyebab penyakit kolera dan penularannya melalui air, makanan dan lalat
    - b. *Salmonella typhi*  
Penyebab penyakit demam typhoid dan penularannya dapat melalui air dan makanan
    - c. *Sigheilla dysentriae*  
Penyebab penyakit dysentrie basiler dan penularannya dapat melalui air dengan cara focal oral, juga melalui kontak dengan susu, makanan dengan bantuan lalat.
    - d. *Salmonella pratyphi*  
Penyebab penyakit demam para typhoid dan penularannya dapat melalui air, juga dengan focal oral.
  - B *Protozea*  
Penyebab penyakit disentri amuba (*Amebic Dysentry*) dan penularan dapat melalui air, juga melalui makanan dengan bantuan lalat
  - C Virus  
Penyebab penyakit hepatitis infectius (*infectius hepatitis*) dan penularannya dapat melalui air, susu, makanan (termasuk kerang dan kepiting)
2. Adanya Non Patogenic Organisme  
Beberapa non-patogenic organisme yang hidup dalam air akan menimbulkan

gangguan dan kerugian bagi manusia. Diantaranya adalah:

a. *Actinomyces (moldlike bacteria)*

Terdapat di dalam air yang kotor, dan dalam sistem distribusi air. Menyebabkan timbulnya rasa dan bau yang tidak diharapkan. Merupakan problem setempat. Dan sporanya dapat menembus saringan air.

b. *Algae*

Terdapat di dalam genangan air kotor. Menyebabkan timbulnya rasa dan bau yang tidak diharapkan. Adanya algae dipengaruhi oleh musim, dengan jumlah yang berlebihan dapat menghambat pekerjaan filter pada sistem penyaringan air.

c. *Coliform bacteria (Bacteri Coli)*

Terutama terdapat dalam air permukaan, dan air yang tercemar oleh kotoran manusia. Coliform bakteri dalam sistem air minum digunakan sebagai indikator (petunjuk) untuk mengetahui apakah air telah tercemar oleh tinja manusia atau kotoran hewan.

d. *Fecal Streptococci*

Bakteri ini terdapat dalam air yang telah tercemar oleh kotoran manusia, kotoran hewan. Digunakan sebagai indikator pencemaran air oleh kotoran hewan/manusia.

e. Iron Bacteria

Terdapat di dalam air tanah dan air permukaan yang mengandung besi. Menimbulkan warna yang berlendir, menyebabkan clogging pada pipa saringan di dalam sumur. Kadar besi : 0,1-01, mg/l air dapat merangsang pertumbuhan bakteri besi.

f. Free Living Worms (cacing yang hidup bebas)

Kira-kira ada 7 species dari cacing Nematoda ini ditemukan di dalam air yang telah diolah. Akibat yang ditimbulkan oleh cacing ini, ialah : adanya bau dan pandangan yang menjijikkan, sehingga air tersebut akan ditolak oleh konsumen. Dapat menembus Saringan Pasir Lambat (SPL), tetapi tidak menembus saringan

Pasir *Cepatn*(SPC). Resisten terhadap chlorine atau sisa chlor dengan dosis biasa.

## 2. Dampak Pencemaran Air bagi Ekosistem

Pencemaran air berdampak luas, misalnya dapat meracuni sumber air minum, meracuni makanan hewan, ketidakseimbangan ekosistem sungai dan danau, pengrusakan hutan akibat hujan asam, dan sebagainya. Di badan air, sungai dan danau, nitrogen dan fosfat (dari kegiatan pertanian) telah menyebabkan pertumbuhan tanaman air yang di luar kendali (eutrofikasi berlebihan). Ledakan pertumbuhan ini menyebabkan oksigen, yang seharusnya digunakan bersama oleh seluruh hewan/tumbuhan air, menjadi berkurang. Ketika tanaman air tersebut mati, dekomposisi mereka menyedot lebih banyak oksigen. Sebagai akibatnya, ikan akan mati, dan aktivitas bakteri menurun. Dampak pencemaran air pada umumnya dibagi atas 4 kelompok, yaitu:

### 1. Dampak terhadap kehidupan biota air

Banyaknya zat pencemaran pada air limbah akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen terlarut dalam air tersebut. Sehingga mengakibatkan kehidupan dalam air membutuhkan oksigen terganggu serta mengurangi perkembangannya. Akibat matinya bakteri-bakteri, maka proses penjernihan air secara alamiah yang seharusnya terjadi pada air limbah juga terhambat. Panas dari industri juga akan membawa dampak bagi kematian organisme, apabila air limbah tidak didinginkan terlebih dahulu.

### 2. Dampak terhadap kualitas air tanah

Pencemaran air tanah oleh tinja yang biasa diukur dengan faecal coliform telah terjadi dalam skala yang luas, hal ini dibuktikan oleh suatu survey sumur dangkal di Jakarta. Banyak penelitian yang mengindikasikan terjadinya pencemaran tersebut.

### 3. Dampak terhadap Kesehatan

Peran air sebagai pembawa penyakit menular bermacam-macam antara lain:

- a. Air sebagai media untuk hidup mikroba patogen
- b. Air sebagai sarang insekta penyebar penyakit
- c. Jumlah air yang tersedia tidak cukup, sehingga manusia bersangkutan tak dapat membersihkan diri
- d. Air sebagai media untuk hidup vector penyakit

### 4. Dampak terhadap estetika lingkungan

Dengan semakin banyaknya zat organik yang dibuang ke lingkungan perairan, maka perairan tersebut akan semakin tercemar yang biasanya ditandai dengan bau yang menyengat disamping tumpukan yang dapat mengurangi estetika lingkungan. Masalah limbah minyak atau lemak juga dapat mengurangi estetika lingkungan.

### 2.3 Penanggulangan Pencemaran air

Pengolahan limbah bertujuan untuk menetralkan air dari bahan-bahan tersuspensi dan terapung, menguraikan bahan (yakni bahan organik yang dapat terurai oleh aktivitas makhluk hidup), meminimalkan bakteri patogen, serta memerhatikan estetika dan lingkungan. Pengolahan air limbah dapat dilakukan sebagai berikut (Sulistiyorini, 2009). Cara Cara Penanggulangan Pencemaran Air adalah sebagai berikut :

#### 1. Pembuatan Kolam Stabilisasi

Dalam kolam stabilisasi, air limbah diolah secara alamiah untuk menetralkan zat-zat pencemar sebelum air limbah dialirkan ke sungai. Kolam stabilisasi yang umum digunakan adalah kolam pengendapan, kolam (pengolahan air limbah yang tercemar bahan organik pekat), dan kolam (pemusnahan mikroorganisme patogen). Kolam ini dapat digunakan oleh semua kalangan karena mudah memilikinya dan murah harganya.

## 2. IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah)

Pengolahan air limbah ini menggunakan alat-alat khusus. Pengolahan ini dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu (pengolahan pertama), (pengolahan kedua), dan (pengolahan lanjutan). merupakan pengolahan pertama yang bertujuan untuk memisahkan zat padat dan zat cair dengan menggunakan filter (saringan) dan bak sedimentasi. merupakan pengolahan kedua yang bertujuan untuk mengoagulasikan, menghilangkan koloid, dan menstabilisasikan zat organik dalam limbah. merupakan lanjutan dari pengolahan kedua, yaitu penghilangan nutrisi atau unsur hara, khususnya nitrat dan fosfat, serta penambahan klor untuk memusnahkan mikroorganisme patogen.

## 3. Pengelolaan Excreta (Limbah Rumah Tangga)

Dalam meminimalisasi sampah hasil limbah rumah tangga khususnya, dapat dilakukan upaya pengurangan sampah. Hal ini sebagaimana disebutkan oleh Kistinnah (2009) bahwa cara menangani limbah cair dan padat diharapkan tidak menyebabkan polusi dengan prinsip ekologi yang dikenal dengan istilah 4R, yaitu:

### a. *Recycle* (Pendaaurulangan)

Proses misalnya untuk sampah yang dapat terurai dijadikan kompos. Kompos ini dipadukan dengan pemeliharaan cacing tanah, sehingga dapat diperoleh hasil yang baik. Cacing tanah dapat menyuburkan tanah dan kompos digunakan untuk pupuk.

### b. *Reuse* (Penggunaan Ulang)

Proses dilakukan untuk sampah yang tidak dapat terurai dan dapat dimanfaatkan ulang. Misalnya botol bekas sirup dapat digunakan lagi untuk menyimpan air minum.

### b. *Reduce*

Reduce adalah melakukan pengurangan bahan/penghematan. Contohnya jika akan berbelanja ke pasar atau supermarket, sebaiknya dari rumah membawa tas. Janganlah meminta tas plastik dari toko atau supermarket kalau akhirnya

hanya dibuang saja.

c. *Repair*

Repair artinya melakukan pemeliharaan. Contohnya membuang sampah tidak sembarangan, terutama tidak membuang sampah di perairan.

## 2.4 Parameter Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah merupakan suatu keadaan dimana terdapatnya bahan kimia yang dibuat oleh manusia atau terjadinya perubahan lingkungan secara alami pada tanah. Pencemaran tanah merupakan suatu keadaan dimana terdapatnya bahan kimia yang dibuat oleh manusia atau terjadinya perubahan lingkungan secara alami pada tanah.

Pencemaran tanah adalah suatu keadaan di mana bahan kimia buatan manusia masuk dan merubah lingkungan tanah alami. Pencemaran ini biasanya dapat terjadi salah satunya karena bahan kimia industri atau fasilitas komersial, yang langsung dibuang ke tanah secara tidak memenuhi syarat (illegal dumping). Ketika suatu zat berbahaya atau beracun telah mencemari permukaan tanah, maka ia dapat menguap, tersapu air hujan atau masuk ke dalam tanah. Pencemaran yang masuk ke dalam tanah kemudian terendap sebagai zat kimia beracun di tanah. Zat beracun di tanah tersebut dapat berdampak langsung kepada manusia ketika bersentuhan atau dapat mencemari air tanah dan udara di atasnya. Bahan kimia yang paling umum yang menyebabkan pencemaran tanah meliputi hidrokarbon dari minyak bumi, bahan pelarut, pestisida, timbal, dan logam berat lainnya. Kejadian ini merupakan fenomena yang berhubungan dengan proses industrialisasi dan intensitas penggunaan bahan kimia. Berikut merupakan parameter pencemaran tanah dikaji secara fisika, kimia dan biologi sebagai berikut:

1. Parameter fisik meliputi pengukuran tentang temperatur, warna, rasa, bau, kejernihan dan kandungan bahan radiokatif. Komponen-komponen bahan penyebab pencemaran tanah diperoleh dari sumber-sumber bahan pencemar salah satunya yaitu berupa logam-logam berat yang dihasilkan dari limbah pertambangan seperti Hg, Zn, Pb, Cd yang dapat mencemari tanah. Namun yang berperan banyak dalam proses pencemaran tanah akibat pertambangan emas

yaitu merkuri (Hg).

a. Tekstur Tanah

Tekstur tanah merupakan perbandingan dari partikel debu, pasir, serta lempung dalam suatu massa tanah. Tekstur tanah ini sangat mempengaruhi kemampuan tanah dalam hal daya serap air, ketersediaan air dalam tanah, infiltrasi dan juga laju pergerakan air.

b. Struktur Tanah

Struktur tanah adalah susunan atau pengikatan dari butir-butir tanah yang membentuk agregat tanah dalam berbagai bentuk, ukuran serta kemantapannya. Di lahan yang berupa rawa atau gurun, struktur tanah ini kurang atau tidak terbentuk dikarenakan butiran tanahnya yang sifatnya tunggal atau tidak terikat satu sama lain.

Selain itu, struktur tanah ini juga bisa berubah dari struktur tanah aslinya dikarenakan tindakan manusia. Misalnya saja, kegiatan para petani dalam melakukan pembajakan, pemupukan, serta pengolahan tanah yang bisa mengubah struktur tanah aslinya.

c. Konsistensi Tanah

Konsistensi tanah merupakan sifat fisik tanah yang menunjukkan besar kecilnya gaya kohesi dan adhesi tanah pada berbagai kelembapan. Sederhananya, konsistensi tanah bisa dipahami sebagai reaksi tanah ketika terdapat tekanan, seperti gejala gelincir, kegemburan, keliatan dan juga kelekatan tanah. Konsistensi tanah ini dipengaruhi oleh tekstur tanah, kadar bahan organik dari tanah, kadar koloid dan juga lengas tanah.

d. Warna Tanah

Warna tanah merupakan suatu hal yang bisa menjadi petunjuk dari beberapa sifat tanah lain. Penyebab umum dari adanya perbedaan warna permukaan tanah ini adalah karena adanya perbedaan kandungan bahan organik dalam tanah. Semakin tinggi kandungan bahan organik, maka tanah akan semakin gelap warnanya.

e. Suhu Tanah

Suhu tanah merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap

kegiatan mikrobiologi dan perkecambahan dari biji tanaman. Secara umum, semakin tinggi suhu suatu tanah hingga mencapai batasan tertentu, maka semakin meningkat pula kegiatan mikrobiologi dan perkecambahan yang bisa terjadi.

2. Sifat Kimia Tanah. Sifat kimia tanah ini meliputi beberapa hal yakni bahan organik, unsur hara dan juga pH tanah.

a. Bahan Organik

Bahan organik tanah ini terdiri dari sisa -sisa tanaman serta hewan yang ada di dalam tanah, pupuk hijau, pupuk kandang, kompos, kotoran dan lendir cacing, serangga, serta binatang -binatang besar lain. Kandungan bahan organik tanah bisa dikenali dari warna tanahnya. Tanah yang di dalamnya mengandung bahan organik tinggi relatif akan memiliki efek warna tanah coklat hingga hitam

b. Unsur Hara

Unsur hara merupakan unsur -unsur kimia yang diperlukan oleh tanaman untuk tumbuh. Unsur hara yang disediakan oleh tanah ini dimanfaatkan oleh tanaman sebagai bahan makanan atau nutrisi. Sebab, tanaman juga membutuhkan unsur hara (esensial), di samping kebutuhan akan oksigen dan karbondioksida.

c. pH Tanah

pH tanah merupakan sifat kimia tanah menunjukkan derajat keasaman dari tanah. pH tanah ini bisa disebut normal jika nilainya berkisar 6,6 hingga 7,5. Pada pH tanah inilah, seluruh unsur hara tanah yang penting, seperti nitrogen tersedia dengan baik.

Sedangkan bila tanah pada kondisi sangat asam dengan pH kurang dari 4,0,

maka reaksi kimia dalam tanah bisa menyebabkan unsur-unsur dalam tanah seperti unsur Al, Mn dan Fe jadi memiliki konsentrasi tinggi. Akibatnya, hal ini justru bisa bersifat meracuni.

### 3. Sifat Biologi Tanah.

Sifat biologi tanah ini dibentuk oleh zat padat tanah yang berupa partikel-partikel tanah, bahan-bahan organik serta organisme tanah. Sifat biologi tanah dipengaruhi oleh beberapa unsur, meliputi :

#### a. Total mikroorganisme tanah

Ini merupakan jumlah total dari mikroorganisme yang ada dalam tanah yang berpengaruh terhadap tingkat kesuburan tanah. Ketersediaan mikroorganisme dalam jumlah yang tinggi menunjukkan adanya keseimbangan komponen di dalam tanah. Komponen yang dimaksud antara lain seperti suplai makanan, energi serta temperatur yang cukup.

#### b. Jumlah fungsi atau jamur tanah

Jumlah fungsi atau jamur tanah merupakan ketersediaan dari fungsi di dalam tanah yang berperan dalam membantu dekomposisi bahan organik pada tanah yang bersifat asam.

#### c. Total respirasi tanah

Total respirasi tanah merupakan pengukuran dari respirasi tanah yang akan menentukan tingkat aktivitas mikroorganisme tanah. Jika tingkat sirkulasi tanah semakin tinggi, maka jumlah organisme tanah juga akan semakin banyak.

#### d. Jumlah bakteri pelarut fosfat (P)

Jumlah bakteri pelarut fosfat ini merupakan bakteri tanah yang berperan dalam mempengaruhi perubahan organik dengan caramelarutkan kandungan fosfat yang ada dalam tanah.

### 2.5 Dampak yang Ditimbulkan Dari Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah akibat pertambangan dapat memberikan dampak bagi keadaan tanah tersebut sehingga tanah tidak bisa dimanfaatkan lagi. Adanya zat merkuri tersebut yang dapat menimbulkan pencemaran tanah / gangguan

terhadap bio tanah, tumbuhan, merusak struktur permukaan dan tekstur tanah. Selain itu pada berbagai bidang dampak yang ditimbulkan akibat pencemaran tanah, diantaranya adalah:

a. Pada kesehatan

Proses penambangan dan ekstraksi mineral terutama emas yang menggunakan berbagai bahan kimia terutama Merkuri (Hg) dapat merusak lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan penambang dan juga makhluk hidup lainnya (makhluk mikro dan makro). Dampak pencemaran tanah terhadap kesehatan tergantung pada tipe polutan, jalur masuk ke dalam tubuh dan kerentanan populasi yang terkena. Merkuri (air raksa) dikenal dapat menyebabkan kerusakan ginjal, beberapa bahkan tidak dapat diobati. Terdapat beberapa macam dampak kesehatan yang tampak seperti sakit kepala, pusing, letih, iritasi mata dan ruam kulit untuk paparan bahan kimia tersebut. Pada dosis yang besar, pencemaran tanah dapat menyebabkan kematian.

b. Pada Ekosistem

Pencemaran tanah juga dapat memberikan dampak terhadap ekosistem. Perubahan kimiawi tanah yang radikal dapat timbul dari adanya bahan kimia beracun/berbahaya bahkan pada dosis yang rendah sekalipun. Perubahan ini dapat menyebabkan perubahan metabolisme dari mikroorganisme endemik dan antropoda yang hidup di lingkungan tanah tersebut. Akibatnya bahkan dapat memusnahkan beberapa spesies primer dari rantai makanan, yang dapat memberi akibat yang besar terhadap predator atau tingkatan lain dari rantai makanan tersebut. Bahkan jika efek kimia pada bentuk kehidupan terbawah tersebut rendah, bagian bawah piramida makanan dapat menelan bahan kimia asing yang lama-kelamaan akan terkonsentrasi pada makhluk-makhluk penghuni piramida atas. Banyak dari efek-efek ini terlihat pada saat ini, seperti konsentrasi DDT pada burung menyebabkan rapuhnya cangkang telur, meningkatnya tingkat kematian anakan dan kemungkinan hilangnya spesies tersebut. Dampak pada pertanian terutama perubahan metabolisme tanaman yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan hasil pertanian. Hal ini dapat menyebabkan dampak lanjutan pada konservasi tanaman di mana tanaman tidak mampu menahan lapisan tanah dari erosi. Beberapa bahan pencemaran ini

memiliki waktu paruh yang panjang dan pada kasus lain bahan kimia derivatif akan terbentuk dari bahan pencemar tanah utama.

## 2.6 Langkah Penanganan untuk Mengurangi Dampak Pencemaran Tanah

Ada beberapa langkah penanganan untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh pencemaran tanah, diantaranya:

### a. Remediasi.

Remediasi adalah suatu kegiatan untuk membersihkan permukaan tanah yang tercemar. Ada dua jenis remediasi tanah, yaitu in-situ (atau on-site) dan exsitu (atau off-site). Pembersihan on-site adalah pembersihan di lokasi. Dimana pembersihan ini lebih murah dan lebih mudah, terdiri dari pembersihan, venting (injeksi), dan bioremediasi. Pembersihan off-site meliputi penggalian tanah yang tercemar dan kemudian dibawa ke daerah yang aman. Setelah itu di daerah aman, tanah tersebut dibersihkan dari zat pencemar. Caranya yaitu, tanah tersebut disimpan di bak/tanki yang kedap, kemudian zat pembersih dipompakan ke bak/tangki tersebut. Selanjutnya zat pencemar dipompakan keluar dari bak yang kemudian diolah dengan instalasi pengolah air limbah. Pembersihan off-site ini jauh lebih mahal dan rumit.

### b. Bioremediasi.

Bioremediasi adalah proses pembersihan pencemaran tanah dengan menggunakan mikroorganisme (jamur, bakteri). Bioremediasi ini bertujuan untuk memecah atau mendegradasi zat pencemar menjadi bahan yang kurang beracun atau tidak beracun (karbon dioksida dan air).

### c. Fitoremediasi.

Fitoremediasi adalah teknologi pembersihan, penghilangan atau pengurangan polutan berbahaya, seperti logam berat dalam tanah dengan menggunakan bantuan tanaman (hiperakumulator plant). Terdapat beberapa keunggulan dari karakteristik tanaman hiperakumulator yaitu, mampu menyerap lebih dari 10.000 ppm Mn, Zn, Ni; menyerap lebih dari 1.000 ppm untuk Cu dan Se; dan menyerap lebih dari 100 ppm untuk Cd, Cr,

Pb, dan Co. Sedangkan cara untuk menurunkan kandungan merkuri pada tanah yaitu dengan menambahkan bahan organik berupa bokashirinyu. Pemanfaatan bahan organik ini dilakukan untuk memaksimalkan penggunaan bahan organik dengan tujuan untuk meningkatkan kesuburan tanah serta dapat mengikat merkuri dalam tanah. Selain itu untuk menurunkan kadar merkuri dalam tanah dapat juga dilakukan dengan mencampurkan pupuk organik.

## 2.7 Parameter pencemar udara

### 4. Kimia:

#### a. Partikulat

Partikel adalah pencemar udara yang dapat berada bersama-sama dengan bahan atau bentuk pencemar lainnya. Partikel dapat diartikan secara murni atau sempit sebagai bahan pencemar udara yang berbentuk padatan. Namun dalam pengertian yang lebih luas, dalam kaitannya dengan masalah pencemaran lingkungan, pencemar partikel dapat meliputi berbagai macam bentuk, mulai dari bentuk yang sederhana sampai dengan bentuk yang rumit atau kompleks yang kesemuanya merupakan bentuk pencemaran udara.

Sumber pencemaran partikel dapat berasal dari peristiwa alami dan dapat juga berasal dari aktivitas manusia. Pencemaran partikel yang berasal dari alam, adalah sebagai berikut: a. Debu tanah/pasir halus yang terbang terbawa oleh angin kencang. b. Abu dan bahan-bahan vulkanik yang terlempar ke udara akibat letusan gunung berapi. c. Semburan uap airpanas di sekitar daerah sumber panas bumi di daerah pegunungan.

### 5. Fisika:

#### a. Suhu

Salah satu karakteristik atmosfer yang penting adalah kestabilan atmosfer itu sendiri yaitu kecenderungan untuk memperbanyak atau menahan pergerakan udara vertikal. Pada kondisi stabil pergerakan udara ditahan atau tidak banyak terjadi pergerakan vertikal. Kondisi ini dipengaruhi oleh distribusi suhu udara secara vertikal.

Suhu udara menurun  $\pm 1^\circ\text{C}$  per kenaikan ketinggian 100 meter, namun pada

malam hari lapisan udara yang dekat dengan permukaan bumi mengalami pendinginan terlebih dahulu sehingga suhu pada lapisan udara di lapisan bawah dapat lebih rendah daripada atasnya. Kondisi meteorologi itu disebut inversi yaitu suhu udara meningkat menurut ketinggian lapisan udara, yang memerlukan pada kondisi stabil dan tekanan tinggi. Gradien tekanan pada kondisi tersebut menjadi lemah sehingga angin menjadi lambat yang menyebabkan penurunan penyebaran zat pencemar secara horisontal. Sementara itu tidak terjadi perpindahan udara vertikal yang menyebabkan penurunan zat pencemar secara vertikal dan meningkatkan akumulasi lokal. Hal ini dapat berakibat buruk bagi kesehatan manusia. Namun inversi dapat menghilang setelah pagi hari ketika radiasi matahari menyinari permukaan bumi.

Suhu dapat menyebabkan polutan dalam atmosfer yang lebih rendah dan tidak menyebar. Peningkatan suhu dapat menjadi katalisator atau membantu mempercepat reaksi kimia perubahan suatu polutan udara. Pada musim kemarau dimana keadaan udara lebih kering dengan suhu cenderung meningkat serta angin yang bertiup lambat dibanding dengan keadaan hujan maka polutan udara pada keadaan musim kemarau cenderung tinggi karena tidak terjadi pengenceran polutan di udara.

Suhu yang menurun pada permukaan bumi dapat menyebabkan peningkatan kelembaban udara relatif sehingga akan meningkatkan efek korosif bahan pencemar. Sedangkan pada suhu yang meningkat akan meningkatkan pula reaksi suatu bahan kimia. Inversi suhu dapat mengakibatkan polusi yang serius karena inversi dapat menyebabkan polutan terkumpul di dalam atmosfer yang lebih rendah dan tidak menyebar. Selain hal itu suhu udara yang tinggi akan menyebabkan udara makin renggang sehingga konsentrasi pencemar menjadi makin rendah dan sebaliknya pada suhu yang dingin keadaan udara makin padat sehingga konsentrasi pencemar di udara makin tinggi. Suhu udara yang tinggi akan menyebabkan bahan pencemar dalam udara berbentuk partikel menjadi kering dan ringan sehingga bertahan lebih lama di udara, terutama pada musim kemarau dimana hujan jarang turun.

#### 6. Biologi:

#### a. Mikrobiologi

Kualitas Mikrobiologi Mikroorganisme dapat berasal dari lingkungan luar (seperti serbuk sari, jamur, dan spora) dan dapat pula berasal dari dalam ruangan (seperti serangga, jamur, pada ruang yang lembab, kutu binatang peliharaan, bakteri). Mikroorganisme dapat menyebabkan menyebabkan reaksi alergi pernapasan seperti infeksi pada pernapasan. Problem kesehatan yang luas disebabkan oleh mikroorganisme dalam lingkungan ruang sulit untuk diperkirakan, namun pengaruh kesehatan diketahui cukup besar yang disebabkan oleh penyebaran beberapa organisme. Udara disatu ruangan dalam rumah yang bersih, mungkin saja masih terdapat ratusan partikel-partikel biologi yang beraneka ragam dan teknologi tidak dapat menghitung keberadaan mereka semua. Mikrobiologi istilah lainnya adalah mikroorganisme atau mikroba.

Lamanya mikroba berada di udara tergantung dari kecepatan angin serta kelembaban udara, sedangkan banyaknya sangat ditentukan oleh aktivitas atau keadaan lingkungan yang ada. Flora mikroba yang ada di udara bersifat sementara dan beragam. Udara bukan merupakan medium tempat mikroba tumbuh, tetapi merupakan pembawa bahan partikulat, debu, dan tetesan air yang semuanya sangat mungkin dimuati mikroba. Jumlah dan tipe mikroba yang mencemari udara ditentukan oleh sumber pencemaran di dalam lingkungan, misalnya dari saluran manusia disemprotkan melalui batuk dan bersin. Kandungan udara di dalam dan di luar ruangan akan berbeda. Tingkat pencemaran di dalam ruangan oleh mikroba dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti laju ventilasi, padatnya orang, sifat, dan taraf kegiatan orang yang menempati ruangan tersebut. Mikroba terhembuskan dalam bentuk percikan dari hidung dan mulut selama bersin, batuk, dan bercakap-cakap.

### 2.8 Dampak Pencemaran Udara

Kimia:

#### a. Hujan asam

Air hujan secara alami relatif bersifat asam ( $\text{pH} < 7$ ). Hal ini disebabkan karena secara alami udara mengandung gas yang bisa bereaksi dengan air

membentuk senyawa baru yang bersifat asam, antara lain gas  $\text{CO}_2$ , gas  $\text{NO}_2$ , dan gas  $\text{SO}_2$ . Gas  $\text{CO}_2$  bereaksi dengan air membentuk asam karbonat ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), gas  $\text{NO}_2$  membentuk asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ), gas  $\text{SO}_2$  membentuk asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Hujan asam adalah hujan yang banyak mengandung senyawa asam akibat reaksi bahan pencemar udara dengan air hujan pH-nya kecil dari 5,5. Hujan asam terjadi sebagai akibat meningkatnya konsentrasi gas  $\text{CO}_2$ , gas  $\text{NO}_2$ , dan gas  $\text{SO}_2$  di atmosfer. Gas  $\text{CO}_2$  terbentuk dari pembakaran bahan bakar yang mengandung karbon, antara lain seperti batu bara, premim, solar, dan kayu. Gas  $\text{NO}_2$ , diantaranya terbentuk saat terjadi pembakaran suhu tinggi yang menyebabkan bereaksinya unsur Nitrogen dan Oksigen di titik pembakaran. Gas  $\text{SO}_2$ , antara lain terbentuk dari pembakaran bahan bakar yang mengandung sulfur, antara lain bahan bakar fosil.

Fisika:

a. Pemanasan global

Pemanasan global (global warming) mulai menjadi topik yang sering didiskusikan sejak awal Abad XX. Hal tersebut menarik karena telah dirasakan di berbagai belahan bumi. Data mengenai hal tersebut juga telah banyak dikemukakan dalam berbagai buku dan media komunikasi lainnya. Terdapat beberapa teori yang dapat menjelaskan fenomena pemanasan global, antara lain adalah semakin berkurangnya permukaan bumi yang ditutup oleh vegetasi dan perairan, yang terjadi akibat konversi hutan dan rawa menjadi lahan permukiman. Hal ini mengakibatkan energi matahari yang sampai ke permukaan bumi tidak dimanfaatkan oleh vegetasi atau menguapkan air, tetapi dipantulkan kembali dalam bentuk panas. Teori lain yang dianggap pengaruhnya paling signifikan adalah fenomena “rumah kaca”.

Istilah rumah kaca digunakan dalam dunia pertanian, yaitu rumah yang dibuat dengan atap dan dinding terbuat dari kaca untuk melakukan penelitian di bidang pertanian. Masalah yang terjadi dalam rumah kaca adalah ketika sinar matahari mengenai rumah kaca, maka suhu udara dalam rumah kaca jauh lebih tinggi dari suhu udara di luarnya. Fenomena ini juga dapat terjadi ketika kita memarkir mobil di tempat yang terkena sinar matahari langsung, maka ketika

kita membuka pintu mobil akan terasa udara dalam kabin jauh lebih panas dari pada di luar mobil. Kondisi ini terjadi karena sinar matahari yang terdiri dari gelombang pendek mampu menembus kaca masuk ke dalam rumah kaca. Setelah sampai di dalam rumah kaca, sinar matahari tersebut sebagian dipantulkan kembali dalam bentuk gelombang yang lebih panjang, yakni panas. Sinar matahari yang dipantulkan tadi dan berubah menjadi gelombang panjang tidak mampu lagi menembus atap atau dinding kaca sehingga terkurung dan terakumulasi dalam rumah kaca.

Fenomena rumah kaca juga terjadi dalam skala global, yakni pada bumi yang kita tempati ini. Bumi kita secara alami diselimuti oleh berbagai jenis unsur dan senyawa kimia yang berbentuk gas, antara lain  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $NO_2$ . Sebagian dari gas tersebut ada yang bersifat seperti kaca (selanjutnya disebut sebagai gas rumah kaca) dalam konteks menahan sinar matahari. Hal ini sebenarnya sangat diperlukan untuk menjaga agar Bumi kita tidak mengalami penurunan suhu yang berlebihan pada malam hari. Beberapa dekade terakhir konsentrasi gas yang bersifat seperti kaca tadi semakin meningkat. Gas-gas yang mengalami peningkatan secara signifikan adalah gas Karbon Dioksida ( $CO_2$ ) dan gas metan ( $CH_4$ ). Akibat dari hal tersebut adalah semakin banyak panas yang terkurung di sekitar permukaan bumi, sehingga suhu bumi meningkat.

Beberapa dekade terakhir konsentrasi gas yang bersifat seperti kaca tadi semakin meningkat. Gas-gas yang mengalami peningkatan secara signifikan adalah gas Karbon Dioksida ( $CO_2$ ) dan gas metan ( $CH_4$ ). Dari pemantauan yang dilakukan oleh berbagai stasiun pemantauan atmosfer global dapat diperoleh kecenderungan peningkatan konsentrasi beberapa gas rumah kaca, antara lain Karbon Dioksida dan Metan. Akibat dari peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer adalah semakin banyak panas yang terkurung di sekitar permukaan bumi, sehingga suhu bumi meningkat.

Biologi:

a. Kerusakan ekosistem

Ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terbentuk akibat hubungan timbal balik yang tidak dapat dipisahkan antara makhluk hidup dengan

lingkungannya. Ekosistem dapat juga dikatakan sebagai suatu tatanan kesatuan secara utuh serta menyeluruh antara unsur lingkungan hidup yang saling mempengaruhi. Ekosistem merupakan penggabungan dari unit biosistem yang melibatkan hubungan interaksi timbal balik antara organisme serta lingkungan fisik sehingga aliran energi menuju struktur biotik tertentu sehingga terjadi siklus materi antara organisme dan anorganisme. Matahari adalah sumber dari semua energi yang ada dalam ekosistem.

Sebuah ekosistem dibentuk oleh unsur abiotik dan unsur biotik. Unsur abiotik atau komponen tak hidup merupakan komponen fisik dan kimia yang medium atau substrat sebagai tempat berlangsungnya kehidupan atau lingkungan tempat hidup. Sebagian besar dari komponen abiotik memiliki beragam variasi dalam ruang dan waktu. Komponen abiotik berupa bahan organik, senyawa anorganik, serta faktor yang memengaruhi eksistensi dan distribusi organisme. Gangguan ekosistem akibat pencemaran udara adalah terjadinya salah satu unsur ekosistem. Gangguan tersebut berawal dari gangguan terhadap unsur abiotik sebagai faktor pembatas yang berakhir pada gangguan unsur abiotik yang berpengaruh pada aliran energi dan siklus materi. Gangguan terhadap unsur abiotik dapat terjadi antara lain pada suhu, air, tanah, udara. Gangguan pada unsur biotik dapat terjadi tingkat produsen, konsumen atau pengurai.

#### 1) Gangguan terhadap komponen abiotik ekosistem

Pencemaran udara dapat menjadi awal kerusakan komponen abiotik dari ekosistem. Bahan-bahan kimia, atau energi yang masuk ke dalam udara ambien akan merubah sifat fisik dan kimia udara. Gangguan fisik yang terjadi dapat berupa perubahan intensitas sinar matahari yang masuk ke dalam ekosistem, perubahan suhu udara, dan perubahan kelembaban udara. Perubahan kimia udara yang dapat terjadi antara lain adalah perubahan pH, dan perubahan komposisi kimia udara.

Perubahan suhu pada ekosistem merupakan dampak dari efek rumah kaca yang terjadi secara global, akibat peningkatan konsentrasi gas rumah kaca seperti  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$  di atmosfer. Perubahan suhu ekosistem dapat berpengaruh

terhadap eksistensi dan vitalitas berbagai komponen biotik yang memiliki batas toleransi terhadap perubahan suhu yang sempit, (disebut dengan organisme stenotermal).

## 2) Gangguan terhadap flora

Flora memiliki reaksi yang besar dalam menerima pengaruh perubahan atau gangguan akibat polusi udara dan perubahan lingkungan. Hal ini terjadi karena banyak faktor yang berpengaruh, diantaranya spesies tanaman, umur, keseimbangan nutrisi, kondisi tanaman, temperatur, kelembaban dan penyinaran. Beberapa contoh kerusakan yang terjadi pada gangguan nutrisi dan gangguan atraksional biologis adalah terjadinya penurunan tingkatan kandungan enzim, gangguan pada respon fisiologis adalah perubahan pada sistem fotosintesa, sedang gangguan yang nampak secara visual adalah chlorosis (perusakan zat hijau daun/menguning), flecking (daun bintik-bintik), reduced crop yield (penurunan hasil panen).

## 3) Gangguan terhadap fauna

Dampak negatif pencemaran udara terhadap fauna (hewan) tidak berbeda jauh dengan dampak-dampak lain seperti terhadap manusia dan tumbuhan. Dampak terhadap hewan dapat terjadi secara langsung dan tidak langsung. Dampak secara langsung terjadi bila ada interaksi melalui sistem pernafasan sebagaimana terjadi pada manusia. Dampak tidak langsung terjadi melalui suatu perantara, baik tumbuhan atau perairan yang berfungsi sebagai bahan makanan hewan. Terjadinya emisi zat-zat pencemar ke atmosfer (udara) seperti partikulat,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , HF dan lain-lain yang kemudian berinteraksi dengan tumbuhan dan perairan baik melalui proses pengendapan ataupun penempelan, akan berpengaruh langsung terhadap vegetasi dan biota perairan hingga dapat menjalar pada hewan-hewan melalui rantai makanan yang telah terkontaminasi zat pencemar tersebut. Pengaruh Oksida Nitrogen ( $\text{NO}_x$ ) pada dosis tinggi terhadap hewan berupa terjadinya gejala paralisis sistem syaraf dan konvulsi.

Peningkatan suhu air sebagai akibat dari pemanasan global akan menyebabkan terganggunya kehidupan organisme yang rentan terhadap perubahan suhu (stenothermal). Salah satu contoh hewan stenothermal adalah Ikan antartika *Trematomus Bernacchi*. Ikan jenis ini hanya hidup di perairan

antartika yang suhunya berkisar - 2<sup>0</sup> sampai 2<sup>0</sup> celsius, bila suhu air naik ke 0<sup>0</sup>C maka laju metabolisme ikan ini akan naik sedangkan bila suhu air 1,9<sup>0</sup>C ikan ini tidak dapat bergerak karena lesu oleh hawa panas.

## 2.8 Upaya Penanggulangan Pencemaran Udara

Kimia:

### a. Hujan asam

Air hujan secara alami relatif bersifat asam ( $\text{pH} < 7$ ). Hal ini disebabkan karena secara alami udara mengandung gas yang bisa bereaksi dengan air membentuk senyawa baru yang bersifat asam, antara lain gas  $\text{CO}_2$ , gas  $\text{NO}_2$ , dan gas  $\text{SO}_2$ . Gas  $\text{CO}_2$  bereaksi dengan air membentuk asam karbonat ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), gas  $\text{NO}_2$  membentuk asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ), gas  $\text{SO}_2$  membentuk asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Hujan asam adalah hujan yang banyak mengandung senyawa asam akibat reaksi bahan pencemar udara dengan air hujan pH-nya kecil dari 5,5. Hujan asam terjadi sebagai akibat meningkatnya konsentrasi gas  $\text{CO}_2$ , gas  $\text{NO}_2$ , dan gas  $\text{SO}_2$  di atmosfer. Gas  $\text{CO}_2$  terbentuk dari pembakaran bahan bakar yang mengandung karbon, antara lain seperti batu bara, premim, solar, dan kayu. Gas  $\text{NO}_2$ , diantaranya terbentuk saat terjadi pembakaran suhu tinggi yang menyebabkan bereaksinya unsur Nitrogen dan Oksigen di titik pembakaran. Gas  $\text{SO}_2$ , antara lain terbentuk dari pembakaran bahan bakar yang mengandung sulfur, antara lain bahan bakar fosil.

Fisika:

### a. Pemanasan global

Pemanasan global (global warming) mulai menjadi topik yang sering didiskusikan sejak awal Abad XX. Hal tersebut menarik karena telah dirasakan di berbagai belahan bumi. Data mengenai hal tersebut juga telah banyak dikemukakan dalam berbagai buku dan media komunikasi lainnya. Terdapat beberapa teori yang dapat menjelaskan fenomena pemanasan global, antara lain adalah semakin berkurangnya permukaan bumi yang ditutup oleh vegetasi dan perairan, yang terjadi akibat konversi hutan dan rawa menjadi lahan permukiman. Hal ini mengakibatkan energi matahari yang sampai ke permukaan

bumi tidak dimanfaatkan oleh vegetasi atau menguapkan air, tetapi dipantulkan kembali dalam bentuk panas. Teori lain yang dianggap pengaruhnya paling signifikan adalah fenomena “rumah kaca”.

Istilah rumah kaca digunakan dalam dunia pertanian, yaitu rumah yang dibuat dengan atap dan dinding terbuat dari kaca untuk melakukan penelitian di bidang pertanian. Masalah yang terjadi dalam rumah kaca adalah ketika sinar matahari mengenai rumah kaca, maka suhu udara dalam rumah kaca jauh lebih tinggi dari suhu udara di luarnya. Fenomena ini juga dapat terjadi ketika kita memarkir mobil di tempat yang terkena sinar matahari langsung, maka ketika kita membuka pintu mobil akan terasa udara dalam kabin jauh lebih panas dari pada di luar mobil. Kondisi ini terjadi karena sinar matahari yang terdiri dari gelombang pendek mampu menembus kaca masuk ke dalam rumah kaca. Setelah sampai di dalam rumah kaca, sinar matahari tersebut sebagian dipantulkan kembali dalam bentuk gelombang yang lebih panjang, yakni panas. Sinar matahari yang dipantulkan tadi dan berubah menjadi gelombang panjang tidak mampu lagi menembus atap atau dinding kaca sehingga terkurung dan terakumulasi dalam rumah kaca.

Fenomena rumah kaca juga terjadi dalam skala global, yakni pada bumi yang kita tempati ini. Bumi kita secara alami diselimuti oleh berbagai jenis unsur dan senyawa kimia yang berbentuk gas, antara lain  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $NO_2$ . Sebagian dari gas tersebut ada yang bersifat seperti kaca (selanjutnya disebut sebagai gas rumah kaca) dalam konteks menahan sinar matahari. Hal ini sebenarnya sangat diperlukan untuk menjaga agar Bumi kita tidak mengalami penurunan suhu yang berlebihan pada malam hari. Beberapa dekade terakhir konsentrasi gas yang bersifat seperti kaca tadi semakin meningkat. Gas-gas yang mengalami peningkatan secara signifikan adalah gas Karbon Dioksida ( $CO_2$ ) dan gas metan ( $CH_4$ ). Akibat dari hal tersebut adalah semakin banyak panas yang terkurung di sekitar permukaan bumi, sehingga suhu bumi meningkat.

Beberapa dekade terakhir konsentrasi gas yang bersifat seperti kaca tadi semakin meningkat. Gas-gas yang mengalami peningkatan secara signifikan adalah gas Karbon Dioksida ( $CO_2$ ) dan gas metan ( $CH_4$ ). Dari pemantauan yang

dilakukan oleh berbagai stasiun pemantauan atmosfer global dapat diperoleh kecenderungan peningkatan konsentrasi beberapa gas rumah kaca, antara lain Karbon Dioksida dan Metan. Akibat daripeningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer adalah semakin banyak panas yang terkurung di sekitar permukaan bumi, sehingga suhu bumi meningkat.

Biologi:

a. Kerusakan ekosistem

Ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terbentuk akibat hubungan timbal balik yang tidak dapat terpisahkan antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Ekosistem dapat juga dikatakan sebagai suatu tatanan kesatuan secara utuh serta menyeluruh antara unsur lingkungan hidup yang saling mempengaruhi. Ekosistem merupakan penggabungan dari unit biosistem yang melibatkan hubungan interaksi timbal balik antara organisme serta lingkungan fisik sehingga aliran energi menuju struktur biotik tertentu sehingga terjadi siklus materi antara organisme dan anorganisme. Matahari adalah sumber dari semua energi yang ada dalam ekosistem.

Sebuah ekosistem dibentuk oleh unsur abiotik dan unsur biotik. Unsur abiotik atau komponen tak hidup merupakan komponen fisik dan kimia yang medium atau substrat sebagai tempat berlangsungnya kehidupan atau lingkungan tempat hidup. Sebagian besar dari komponen abiotik memiliki beragam variasi dalam ruang dan waktu. Komponen abiotik berupa bahan organik, senyawa anorganik, serta faktor yang memengaruhi eksistensi dan distribusi organisme. Gangguan ekosistem akibat pencemaran udara adalah terjadinya salah satu unsur ekosistem. Gangguan tersebut berawal dari gangguan terhadap unsur abiotik sebagai faktor pembatas yang berakhir pada gangguan unsur abiotis yang berpengaruh pada aliran energi dan siklus materi. Gangguan terhadap unsur abiotik dapat terjadi antara lain pada suhu, air, tanah, udara. Gangguan pada unsur biotik dapat terjadi tingkat produsen, konsumen atau pengurai.

1) Gangguan terhadap komponen abiotik ekosistem

Pencemaran udara dapat menjadi awal kerusakan komponen abiotik dari

ekosistem. Bahan-bahan kimia, atau energi yang masuk ke dalam udara ambien akan merubah sifat fisik dan kimia udara. Gangguan fisik yang terjadi dapat berupa perubahan intensitas sinar matahari yang masuk ke dalam ekosistem, perubahan suhu udara, dan perubahan kelembaban udara. Perubahan kimia udara yang dapat terjadi antara lain adalah perubahan pH, dan perubahan komposisi kimia udara.

Perubahan suhu pada ekosistem merupakan dampak dari efek rumah kaca yang terjadi secara global, akibat peningkatan konsentrasi gas rumah kaca seperti CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> di atmosfer. Perubahan suhu ekosistem dapat berpengaruh terhadap eksistensi dan vitalitas berbagai komponen biotik yang memiliki batas toleransi terhadap perubahan suhu yang sempit, (disebut dengan organisme stenotermal).

## 2) Gangguan terhadap flora

Flora memiliki reaksi yang besar dalam menerima pengaruh perubahan atau gangguan akibat polusi udara dan perubahan lingkungan. Hal ini terjadi karena banyak faktor yang berpengaruh, diantaranya spesies tanaman, umur, keseimbangan nutrisi, kondisi tanaman, temperatur, kelembaban dan penyinaran. Beberapa contoh kerusakan yang terjadi pada gangguan nutrisi dan gangguan atraksional biologis adalah terjadinya penurunan tingkatan kandungan enzim, gangguan pada respon fisiologis adalah perubahan pada sistem fotosintesa, sedang gangguan yang nampak secara visual adalah chlorosis (perusakan zat hijau daun/menguning), flecking (daun bintik-bintik), reduced crop yield (penurunan hasil panen).

## 3) Gangguan terhadap fauna

Dampak negatif pencemaran udara terhadap fauna (hewan) tidak berbeda jauh dengan dampak-dampak lain seperti terhadap manusia dan tumbuhan. Dampak terhadap hewan dapat terjadi secara langsung dan tidak langsung. Dampak secara langsung terjadi bila ada interaksi melalui sistem pernafasan sebagaimana terjadi pada manusia. Dampak tidak langsung terjadi melalui suatu perantara, baik tumbuhan atau perairan yang berfungsi sebagai bahan makanan hewan. Terjadinya emisi zat-zat pencemar ke atmosfer (udara) seperti partikulat, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, HF dan lain-lain yang kemudian berinteraksi dengan

tumbuhan dan perairan baik melalui proses pengendapan ataupun penempelan, akan berpengaruh langsung terhadap vegetasi dan biota perairan hingga dapat menjalar pada hewan-hewan melalui rantai makanan yang telah terkontaminasi zat pencemar tersebut. Pengaruh Oksida Nitrogen (NOx) pada dosis tinggi terhadap hewan berupa terjadinya gejala paralisis sistem syaraf dan konvulsi.

Peningkatan suhu air sebagai akibat dari pemanasan global akan menyebabkan terganggunya kehidupan organisme yang rentan terhadap perubahan suhu (stenothermal). Salah satu contoh hewan stenothermal adalah Ikan antartika *Trematomus Bernacchi*. Ikan jenis ini hanya hidup di perairan antartika yang suhunya berkisar - 2<sup>0</sup> sampai 2<sup>0</sup> celsius, bila suhu air naik ke 0<sup>0</sup>C maka laju metabolisme ikan ini akan naik sedangkan bila suhu air 1,9<sup>0</sup>C ikan ini tidak dapat bergerak karena lesu oleh hawa panas.

## 2.8 Upaya Penanggulangan Pencemaran Udara

### ➤ Kimia:

Gas adsorbers

Adsorpsi adalah suatu proses yang sangat berguna untuk mengendalikan emisi udara dari gas-gas yang berbahaya, gas berbau, gas beracun dan radioaktif. Proses ini melibatkan molekul-molekul gas yang akan melekat pada permukaan zat padat. Van der Waal's force, gaya tarik menarik ion-ion, ikatan kimia sekunder dan kondensasi kapiler. Semuanya memegang peranan penting dalam adsorpsi gas pada permukaan bendapadat. Mekanisme kerja adsorpsi dapat dibedakan dalam tiga tahap, yaitu:

- a) Adsorbent bergerak menuju permukaan bahan padat
- b) Terjadi ikatan secara fisik antara bahan padat dan molekul gas.
- c) Adsorbent akan dipisahkan dengan molekul gas dengan jalan pemanasan (steam), pencucian air garam yang panas dan cara lainnya.

Di dalam design system adsorbent bahwa peningkatan efisiensi pemisahan sering diperoleh jika kondisi antara tekanan yang tinggi dengan suhu yang rendah dipelihara. Efisiensi yang tinggi dari adsorber banyak dihubungkan dengan berbagai masalah. Harga peralatan yang mahal, korosi dan kontaminan particulate dari peralatan.

➤ Fisika:

Hemat energi dengan mematikan kipas angin, lampu, penyejuk udara saat bepergian ke luar rumah, sejumlah besar bahan fosil dibakar untuk menghasilkan listrik. Dengan mengurangi pemakaian listrik, berarti turut mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan menyelamatkan udara.

➤ Biologi:

Reduce, reuse, dan recycle.

### **A. PENDEKATAN DAN METODE PEMBELAJARAN**

- a. Pendekatan Pembelajaran : Saintifik
- b. Model Pembelajaran : Discovery learning
- c. Metode Pembelajaran : Diskusi kelas dan presentasi

### **B. MEDIA, ALAT DAN BAHAN PEMBELAJARAN**

Sumber belajar

Komik IPA terpadu tema pencemaran lingkungan



### C. LANGKAH-LANGKAH KEGIATAN PEMBELAJARAN

#### 5. Pertemuan 1. (3x40 menit)

Kegiatan	Langkah Kegiatan	Deskripsi Kegiatan	Alokasi Waktu
Pendahuluan	Langkah 1. Menentukan tujuan pembelajaran	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Guru membuka pelajaran dengan mengucapkan salam, berdoa, melakukan presensi siswa</li><li>2. Guru menyampikan KI, KD, dan tujuan pembelajaran</li><li>3. Guru menyampaikan tema yang akan dipelajari dan menanyakan beberapahal yang terkait dengan tema dan materi yang akan dibahas. Gurumenjelaskan pokok kegiatanyang harus dilakukan. Guru menjelaskan pentingnya topik dan hasil belajar.</li><li>4. Guru mengarahkan siswa untuk</li></ol>	20 menit

		<p>membentuk kelompok dan berkumpul sesuai kelompok</p> <p>5. Guru memberikan pertanyaan yang kontekstual kepada siswa mengenai pencemaran “anak-anak, apakah kalian pernah merasakan lingkungan disekitar kalian tercemar ?</p> <p>6. Pencemaran apa yang sering kalian jumpai sehingga mengganggu Kesehatan dan organisme lain disekitar?</p> <p>7. Siswa menjawab pertanyaan dengan mengandalkan pengetahuan awal.</p>	
Kegiatan Inti	Langkah 2. Penelitian informasi latar belakang pembelajaran	<p>Mengamati:</p> <p>7. Guru menyampaikan materi Pembelajaran tentang pencemaran</p>	50 menit

		<p>lingkungan</p> <p>Siswa menyimak pelajaran yang disampaikan guru.</p> <p>Guru meminta siswa untuk membuka link Komik IPA terpadu .</p>	
	<p>Langkah 3.</p> <p>Membantu siswa mempersiapkan diri untuk berdiskusi</p>	<p>Menanya:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Siswa memberikan pertanyaan yang muncul dibenaknya setelah mencermati Komik kepada guru</li> <li>2. Siswa melakukan diskusi untuk menjawab pertanyaan tersebut</li> <li>3. Siswa melakukan diskusi dan mencari informasi dengan kooperatif learning</li> <li>4. Guru menunjuk salah satu siswa untuk menjawab pertanyaan tersebut guna mengetahui pengetahuan awal siswa.</li> </ol>	

<p>Kegiatan Penutup</p>	<p>Langkah 4. Menutup pembelajaran</p>	<p>Menyimpulkan</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Siswamenyampaikan kesimpulan mengenai kegiatan pembelajaran yang sudah dilakukan</li> <li>2. Guru memberikan evaluasi kepadasiswa</li> <li>3. Siswa mengajukan pertanyaan apabila masih terdapat beberapa hal yangbelum diketahui</li> <li>4. Guru memberikan kesimpulan mengenai pembelajaran yang sudah dilakukan</li> <li>5. Guru menyampikan sisa topik materi dari tema teknologi dalam kehidupan akan disampaikan pada pertemuan selanjutnya</li> <li>6. Guru meminta siswa untuk mempelajari topik selanjutnya</li> </ol>	
-------------------------	--	--	--

**Pertemuan 2 (2 x 40 menit)**

<b>Kegiatan</b>	<b>Langkah Kegiatan</b>	<b>Deskripsi Kegiatan</b>	<b>Alokasi Waktu</b>
Pendahuluan	Langkah 1. Kegiatan awal	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Guru membuka pelajaran dengan mengucapkan salam, berdoa, melakukan presensi siswa</li><li>2. Guru menyampikan KI, KD, dan tujuan pembelajaran</li><li>3. Guru menyampaikan tema yang akan dipelajari dan menanyakan beberapa hal yang terkait dengan tema dan materi yang akan dibahas. Guru menjelaskan pokok kegiatan yang harus dilakukan.</li><li>4. Guru menjelaskan pentingnya topik dan hasil belajar.</li></ol>	20 menit

		5. Guru mengarahkan siswa untuk membentuk kelompok dan berkumpul sesuai kelompoknya	
	Langkah 2. Memulai pembelajaran	<p><b>Orientasi:</b> Siswa mencermati Komik IPA Terpadu pada LKS yang telah diberikan</p> <p><b>Merumuskan Masalah:</b> Siswa merumuskan masalah sesuai dengan fenomena pada LKS</p> <p><b>Mengajukan Hipotesis:</b> Siswa mengajukan hipotesis sesuai dengan rumusan masalah pada LKS</p> <p><b>Mengumpulkan Data:</b> Guru mengarahkan siswa untuk</p>	60 menit

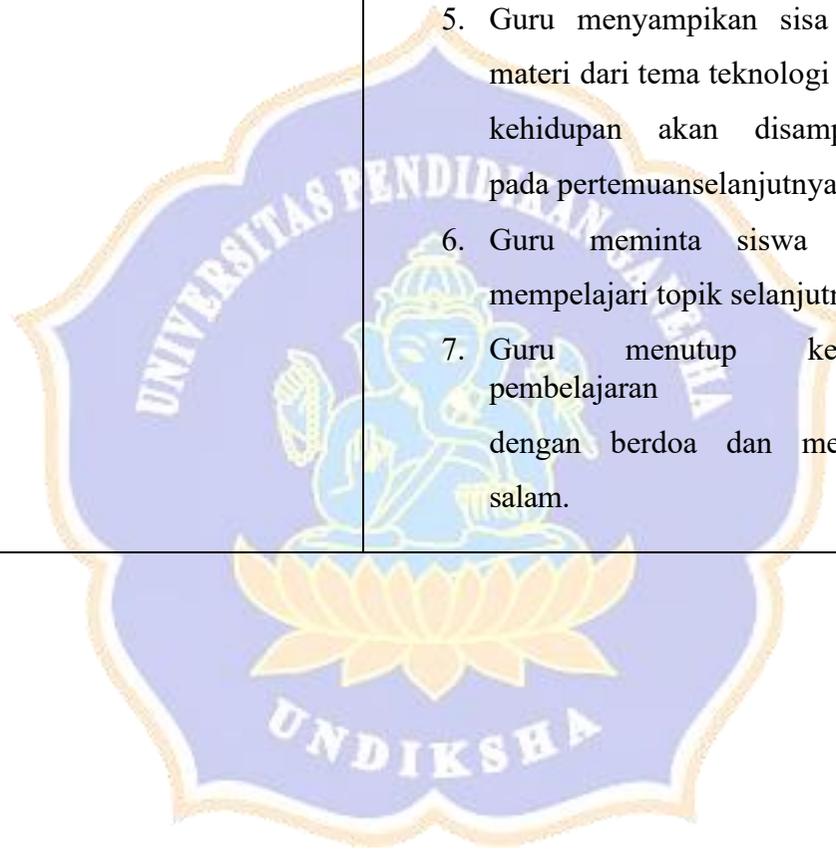
		<p><b>Menguji Hipotesis:</b></p> <p>Siswa menguji hipotesis pada LKS</p> <p><b>Merumuskan kesimpulan:</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>Siswa merumuskan kesimpulan mengenai hasil pengamatan yang telah dilakukan</li><li>Siswa melaporkan hasil pengamatan ke depan kelas</li><li>mengumpulkan data dengan mempelajari Komik IPA terpadu</li></ol>	
--	--	--	--



	<p>Langkah 3. Menutup diskusi</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Siswa menyampaikan kesimpulan mengenai kegiatan pembelajaran yang sudah dilakukan</li><li>2. Guru memberikan evaluasi kepadasiswa</li><li>3. Siswa mengajukan pertanyaan apabila masih terdapat beberapa hal yang belum dimengerti.</li><li>4. Guru memberikan kesimpulan</li></ol>	
--	---------------------------------------	--	--



		<p>mengenai pembelajaran yang sudah dilakukan</p> <ol style="list-style-type: none"><li>5. Guru menyampikan sisa topik materi dari tema teknologi dalam kehidupan akan disampaikan pada pertemuan selanjutnya</li><li>6. Guru meminta siswa untuk mempelajari topik selanjutnya.</li><li>7. Guru menutup kegiatan pembelajaran dengan berdoa dan memberi salam.</li></ol>	
--	--	---	--



#### D. Sumber Belajar

1. Lember Kerja Siswa (LKS)
2. Komik IPA terpadu

#### ASESMEN

Jenis Penilaian	Teknik Penilaian	Bentuk Instrumen
Kognitif	Tes	Pilihan Ganda
Afektif	Non tes	Lembar Observasi
Psikomotorik	Unjuk kerja	Lembar Observasi

##### 1. Penilaian Kognitif

No	Kompetensi Dasar	Materi	Indikator soal	Tingkatan Kognitif Bloom	Bentuk Soal
1	3.4 Menganalisis konsep suhu, pemuaian, kalor, perpindahan kalo dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari termasuk mekanisme menjaga kestabilan suhutubuh pada Manusia dan hewan.	Suhu	Dapat menganalisis titik didih	C4	Pilihan Ganda

2	3.8 Menganalisis terjadinya pencemaran lingkungan dan dampaknya bagi ekosistem	Pencemaran lingkungan	Dapat menganalisis pencemaran lingkungan	C4	Pilihan Ganda
3	3.9 Menganalisis perubahan iklim dan dampaknya bagi ekosistem	Pemanasan global	Dapat menganalisis pemanasan global	C4	Pilihan Ganda

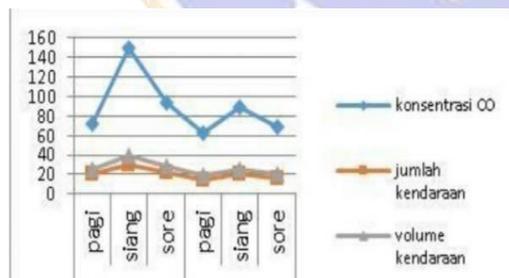
Contoh soal:

- 1) Pada saat siswa melakukan percobaan mendidihkan air, mereka mengamati suhunya terus tetap, mereka menjadi bingung dan merasa ada sesuatu yang salah. Beberapa dari mereka kemudian mengubah letak api dan tungkunya yang dikira menjadi penyebab suhu tidak naik lagi. Ciri-ciri dari air yang mendidih adalah, kecuali...
  - a. Suhu 100°C pada tekanan 1 atm
  - b. Banyak gelembung bermunculan
  - c. Air mulai menguap
  - d. Suhu 100°C pada tekanan 10 atm
  
- 2) Perhatikan gambar dibawah berikut:

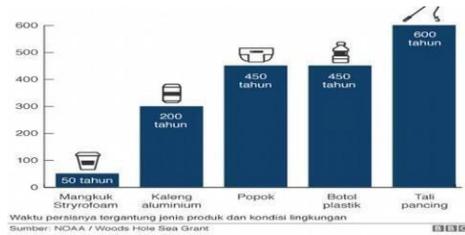


Gambar diatas Andi sedang melakukan kegiatan mencuci baju, terlihat air yang tercecer langsung terbuang menuju saluran pembuangan air tanpa adanya penyaringan sebelumnya. Kegiatan Andi tersebut dapat menimbulkan pencemaran dan berdampak pada ekosistem, analisislah apa yang berdampak dari kegiatan Andi tersebut ....

- a. Pencemaran Air dan Tanah
  - b. Pencemaran Udara dan Air
  - c. Pencemaran Tanah dan Udara
  - d. Pencemaran Air
- 3) Perhatikan grafik 1 dan 2 berikut!



Grafik 1. Konsentrasi CO<sub>2</sub>

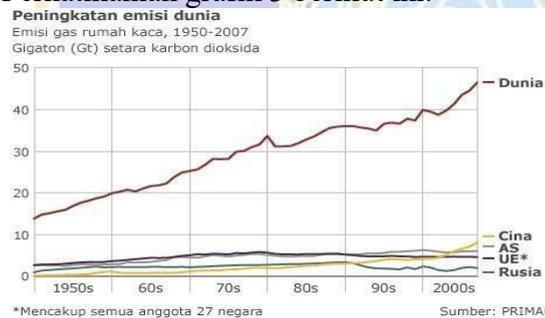


grafik

3). lamanya penguraian beberapa produk Grafik kedua tersebut, permasalahan apakah yang dapat terjadi?

- Kemacetan Kendaraan
- Pencemaran udara dan pencemaran tanah
- Penyebab perbedaan tingkat produk
- Penyebab perbedaan jumlah volume

4) Perhatikanlah grafik 3 berikut ini:



Jika dilihat dari data grafik tersebut fenomena yang dapat terjadi adalah

....

- Kekeringan
- Pemanasan global
- Perubahan musim yang ekstrim
- Kemarau diberbagai belahan dunia

## 2. Penilaian Afektif

No	Kompetensi Dasar	Indikator	Butir Pernyataan Perilaku	Jumlah Butir
1	Menunjukkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (toleransi, gotong royong), santun, dan percaya diri dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam dalam jangkauan pergaulan dan keberadaannya.	1. Menunjukkan perilaku tanggung jawab	1 dan 2	2
		2. Menunjukkan perilaku peduli (toleransi)	3	1
		3. Menunjukkan Perilaku jujur	4	1

No	Prilaku yang diamati	Skor			
		4	3	2	1
1	Tugas disetorkan tepat waktu	Tugas disetorkan sebelum tenggat waktu	Tugas dikumpulkan tepat waktu	Tugas terlambat dikumpulkan	Tidak membuat tugas

No	Prilaku yang diamati	Skor			
		4	3	2	1
2	Pengerjaan tugas yang diberikan	Tugas dibuat dengan rapi dan mengikuti instruksi	Tugas dibuat kurang rapi dan kurang mengikuti instruksi	Tugas dibuat asal-asalan	Tidak membuat tugas
3	Toleransi saat umat lain beribadah	Ikut menghantarkan teman yang berbeda agama beribadah di tempat ibadahnya dan bersikap sopan	Ikut menghantarkan teman dan berbicara dengan suara yang keras	Tidak ikut menghantarkan teman beribadah karena memiliki kesibukan	Tidak peduli dengan teman
4	Tidak mencontek saat ulangan	Mengerjakan ulangan dengan tepat, cepat, dan tidak terpengaruh dengan orang lain dan selesai sebelum jam.	Mengerjakan ulangan dengan tepat namun menunggu jawaban teman dan mengumpulkan tepat waktu	Mengerjakan ulangan dengan menunggu jawaban teman dan mengumpulkan dengan terlambat	Tidak mengerjakan namun mendapatkan jawaban dari teman

3. Penilaian Psikomotor

No	Aspek yang dinilai	Skor Penilaian		
		1	2	3
1	Merumuskan pertanyaan/masalah			
2	Melakukan pengamatan data			
3	Menafsirkan data			
4	Mengkomunikasikan			

1. Rubrik penilaian

Aspek yang dinilai	Penilaian		
	1	2	3
Merumuskan pertanyaan/masalah	Masalah dirumuskan tidak	Perumusan masalah dilakukan dengan bantuan guru	Perumusan masalah dilakukan secara mandiri (individual antar kelompok)
Pengamatan	Pengamatan cermat tidak	Pengamatan cermat, tetapi mengandung interpretasi (tafsiran terhadap pengamatan)	Pengamatan cermat dan bebas interpretasi

Aspek yang dinilai	Penilaian		
	1	2	3
Menafsirkan data	Tidak melakukan penafsiran data	Melakukan analisis data, namun tidak melakukan upaya mengaitkan antar variabel.	Melakukan analisis dan mencoba mengaitkan antar variabel yang diselidiki (atau bentuk lain, misalnya mengklasifikasi)
Mengkomunikasikan	Dilakukan secara lisan	Lisan dan tertulis, namun tidak dipadukan	Memadukan hasil tertulis sebagai bagian dari penyajian secara lisan



Lampiran 5 Hasil validasi

**LEMBAR PENILAIAN VALIDASI**  
**PENGEMBANGAN KOMIK IPA TERPADU PADA TEMA PENCEMARAN**  
**LINGKUNGAN UNTUK MENINGKATKAN MINAT BACA SISWA**  
**DI SMP N 2 MANGGIS**

Judul Penelitian : Pengembangan Komik IPA Terpadu Pada  
Tema Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Minat  
Baca Siswa di SMP N 2 Manggis  
Materi Pokok : Pencemaran Lingkungan  
Sasaran Penelitian : Peserta Didik Kelas VII

---

Kepada Yth,  
Bapak/Ibu, sebagai validator  
di Singaraja

Dengan hormat,

Dalam pengembangan Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Minat Baca Siswa di SMP N 2 Manggis, saya memohon Bapak/Ibu berkenan untuk memberikan penilaian, saran, masukan, dan komentar terhadap media pembelajaran IPA ini. Penilaian, saran, dan komentar Ibu akan sangat bermanfaat untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas media pembelajaran IPA ini. Saran, masukan, dan komentar yang Bapak/Ibu berikan dapat dituliskan pada lembar angket (terlampir) dengan mengikuti petunjuk yang telah disediakan.

Besar harapan saya agar Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian secara lebih seksama dan apa adanya. Atas perkenaan dan bantuan Bapak/Ibu, saya sampaikan terima kasih.

Singaraja, 15 Juli 2024  
Mahasiswa Peneliti,

I Putu Tegar Pradnyan Adinata  
NIM 2013071032

**ANGKET VALIDASI  
(AHLI MATERI)**

Judul Penelitian : Pengembangan Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Minat Baca Siswa di SMP N 2 Manggis

Penyusun : I Putu Tegar Pradnyan Adinata

Prodi : Pendidikan IPA

---

**A. Tujuan**

Tujuan penggunaan instrumen ini adalah untuk mengetahui tingkat validitas Pengembangan Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Minat Baca Siswa

**B. Petunjuk Pengisian Angket**

1. Berikan penilaian pada masing-masing aspek dengan memberi tanda centang (√) pada kolom penilaian sesuai dengan pendapat Bapak/Ibu.
2. Dimohonkan Bapak/Ibu untuk memberikan saran, masukan dan komentar terhadap Pengembangan Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Minat Baca Siswa.
3. Penilaian terdiri dari 4 kriteria, yaitu:
  - 1 = Sangat kurang Baik
  - 2 = Kurang Baik
  - 3 = Baik
  - 4 = Sangat Baik
4. Penelitian mengucapkan terima kasih atas ketersediaan Bapak/Ibu karena telah mengisi lembar validasi Pengembangan Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Minat Baca Siswa.

KISI KISI LEMBAR PENILAIAN

(AHLI MATERI)

IDENTITAS

Nama : *Dwi Prama Juliantina*  
NIP : *1998061420504101*  
Instansi : *UNDIKSHA*

Kreteria	Indikator	No butir	Total butir
I. Aspek Kesesuaian Materi	A. Kesesuaian materi dengan Tujuan dan Capaian pembelajaran	1,2,3,4,5,6,7,8,9,	9
	B. Keakuratan materi	10,11,12	3
	C. Kemuktahiran materi	13,14	2
	D. Kesesuaian Penggunaan Bahasa	15,16	2
II. Aspek Kelayakan Tampilan	A. Teknik Penyajian	17,18,19,20	4
	B. Penyajian pembelajaran	21,22,23,24	4
	C. Penyajian Evaluasi	25,26	2
Jumlah			26

### Instrumen Angket Validitas Ahli Materi Pembelajaran

#### A. Aspek Kelayakan Isi

No.	Indikator	Butir Pertanyaan	Skor			
			1	2	3	4
1.	Kesesuaian Materi	1. Kelengkapan Materi pada komik				✓
		2. Materi sesuai dengan tujuan pembelajaran				✓
		3. Materi sesuai dengan Capaian pembelajaran				✓
		4. Komik sesuai dengan karakteristik siswa				✓
		5. Komik sesuai dengan tingkat perkembangan kognitif siswa				✓
		6. Keluasan Materi				✓
		7. Kedalaman Materi				✓
		8. Proses pembuatan media pembelajaran disajikan sesuai dengan keterpaduan IPA Terpadu dengan model connected			✓	
		9. Ketepatan Materi dengan keterpaduan IPA Terpadu model Connected				✓
2.	Keakuratan Materi	10. Keakuratan konsep dan definisi				✓
		11. Keakuratan contoh ilustrasi gambar pada komik				✓
		12. Keakuratan data dan fakta Pada komik				✓
3	Kemuktahiran materi	13. Gambar dan ilustrasi terdapat dalam kehidupan sehari hari				✓
		14. Menggunakan contoh kasus yang terdapat dalam kehidupan sehari hari				✓

No	Indikator	Butir Pertanyaan	Skor			
			1	2	3	4
4	Kesesuaian Penggunaan Bahasa	15. Penulisan kata pada komik sesuai dengan pedoman umum Bahasa Indonesia				✓
		16. Kesesuaian penggunaan Bahasa yang mudah dipahami siswa				✓

### B. Aspek Kelayakan Penyajian

No.	Aspek	Butir Pertanyaan	Skor			
			1	2	3	4
1.	Teknik Penyajian	17. Pemahaman terhadap pesan atau informasi melalui Gambar ilustrasi pada komik				✓
		18. Kemudahan menggunakan E- komik				✓
		19. E- komik dapat membantu siswa memahami materi				✓
		20. Penyajian pada E-komik dapat membangkitkan motivasi siswa				✓
2.	Penyajian Pembelajaran	21. Penyampaian materi yang sistematis				✓
		22. Keteraturan antar ilustrasi gambar dengan materi				✓
		23. E-Komik mudah diakses dan aman saat dioperasikan				✓
		24. Memberikan siswa dapat belajar secara mandiri				✓
3.	Evaluasi	25. Memberikan soal evaluasi untuk menguji pemahaman siswa			✓	
		26. Soal yang disajikan sesuai dengan indikator				✓

Kisi kisi lembar penilaian

( AHLI MEDIA )

IDENTITAS

Nama : *Purno Prisma Juviana M.S. S.Pd.M.pd.*  
NIP : *198106142005041001*  
Instansi : *UIN Ar-Raniry*

Kreteria	Indikator	No Butir	Total Butir
I. Aspek Kelayakan Kegrampilan	A. Ukuran Komik	1,2	2
	B. Desain Gambar	3,4,5,6,7,8	6
	C. Desain Isi Komik	9,10,11,12,13,14	6
Jumlah			14

**Kisi Kisi Instrumen Ahli Media Pembelajaran**

No.	Indikator	Butir Pertanyaan	Skor				
			1	2	3	4	
1.	Ukuran Komik	1. Tampilan Komik Jelas				✓	
		2. Tampilan layar serasi dan seimbang				✓	
2.	Desain Gambar komik	3. Penampilan unsur tata letak gambar ilustrasi pada sampul muka memiliki warna yang sesuai				✓	
		4. Penggunaan gambar ilustrasi sesuai				✓	
		5. Ketepatan Penggunaan Jenis Huruf pada kotak teks dialog sesuai				✓	
		6. Kualitas Gambar Baik				✓	
		7. Kesesuaian penggunaan Bahasa pada setiap dialog				✓	
		8. Kesesuaian gambar karakter pada setiap dialog, peristiwa				✓	
		Konsistensi Tata Letak					
3.	Desain Isi Komik	9. Penempatan unsur tata letak tokoh pada komik konsisten				✓	
		10. Pemisahan antar kotak dialog teks pada komik jelas				✓	
		Kesesuaian gambar ilustrasi Komik dengan materi					
		11. Kesesuaian pemilihan warna				✓	
		12. Penempatan Hiasan atau contoh pemahaman materi tidak mengganggu teks, angka, dialog percakapan antar tokoh komik				✓	
		13. Penempatan keterangan gambar tidak mengganggu pemahaman siswa				✓	
		14. Penggunaan Variasi huruf sesuai ( <i>bold, calibri, extrabold</i> ) sesuai dan tidak berlebihan				✓	

C. Saran, masukan dan komentar

- Cermati materinya agar kedalaman materinya lebih baik
- Di beberapa bagian komik perhatian ke kata-kata tersebut dan lebih telus.

D. Kesimpulan

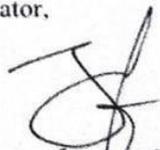
Media Pembelajaran Berbasis Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Minat Baca Siswa \*):

1. Valid tanpa revisi
2.  Valid dengan revisi
3. Tidak valid

\*) Lingkari salah satu

Singaraja, 30 - 9 - 2024

Validator,

  
PURNI PRIMA JUNIARTHA, Spd. M.Pd.  
NIP. 19870614 2015 021 001

**ANGKET VALIDASI  
( AHLI MATERI )**

Judul Penelitian : Pengembangan Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Minat Baca Siswa di SMP N 2 Manggis

Penyusun : I Putu Tegar Pradnyan Adinata

Prodi : Pendidikan IPA

---

**A. Tujuan**

Tujuan penggunaan instrumen ini adalah untuk mengetahui tingkat validitas Pengembangan Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Minat Baca Siswa

**B. Petunjuk Pengisian Angket**

1. Berikan penilaian pada masing-masing aspek dengan memberi tanda centang (√) pada kolom penilaian sesuai dengan pendapat Bapak/Ibu.
2. Dimohonkan Bapak/Ibu untuk memberikan saran, masukan dan komentar terhadap Pengembangan Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Minat Baca Siswa.
3. Penilaian terdiri dari 4 kriteria, yaitu:
  - 1 = Sangat kurang Baik
  - 2 = Kurang Baik
  - 3 = Baik
  - 4 = Sangat Baik
4. Penelitian mengucapkan terima kasih atas ketersediaan Bapak/Ibu karena telah mengisi lembar validasi Pengembangan Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Minat Baca Siswa.

**KISI KISI LEMBAR PENILAIAN**

**( AHLI MATERI )**

**IDENTITAS**

**Nama** : Luh Mitha Priyanka, S.Pd, M.Pd.  
**NIP** : 19930562019032021  
**Instansi** : Universitas Pendidikan Ganesha

<b>Kreteria</b>	<b>Indikator</b>	<b>No butir</b>	<b>Total butir</b>
I. Aspek Kesesuaian Materi	A. Kesesuaian materi dengan Tujuan dan Capaian pembelajaran	1,2,3,4,5,6, 7,8,9,	9
	B. Keakuratan materi	10,11,12	3
	C. Kemuktahiran materi	13,14	2
	D. Kesesuaian Penggunaan Bahasa	15,16	2
II. Aspek Kelayakan Tampilan	A. Teknik Penyajian	17,18,19,20	4
	B. Penyajian pembelajaran	21,22,23,24	4
	C. Penyajian Evaluasi	25,26	2
<b>Jumlah</b>			<b>26</b>

**Instrumen Angket Validitas Ahli Materi Pembelajaran**

**A. Aspek Kelayakan Isi**

No.	Indikator	Butir Pertanyaan	Skor			
			1	2	3	4
1.	Kesesuaian Materi	1. Kelengkapan Materi pada komik			✓	
		2. Materi sesuai dengan tujuan pembelajaran			✓	
		3. Materi sesuai dengan Capaian pembelajaran			✓	
		4. Komik sesuai dengan karakteristik siswa				✓
		5. Komik sesuai dengan tingkat perkembangan kognitif siswa				✓
		6. Keluasan Materi			✓	
		7. Kedalaman Materi			✓	
		8. Proses pembuatan media pembelajaran disajikan sesuai dengan keterpaduan IPA Terpadu dengan model connected			✓	
		9. Ketepatan Materi dengan keterpaduan IPA Terpadu model Connected			✓	
2.	Keakuratan Materi	10. Keakuratan konsep dan definisi			✓	
		11. Keakuratan contoh ilustrasi gambar pada komik				✓
		12. Keakuratan data dan fakta Pada komik				✓
3	Kemuktahiran materi	13. Gambar dan ilustrasi terdapat dalam kehidupan sehari hari				✓
		14. Menggunakan contoh kasus yang terdapat dalam kehidupan sehari hari				✓

No	Indikator	Butir Pertanyaan	Skor			
			1	2	3	4
4	Kesesuaian Penggunaan Bahasa	15. Penulisan kata pada komik sesuai dengan pedoman umum Bahasa Indonesia			✓	
		16. Kesesuaian penggunaan Bahasa yang mudah dipahami siswa				✓

### B. Aspek Kelayakan Penyajian

No.	Aspek	Butir Pertanyaan	Skor			
			1	2	3	4
1.	Teknik Penyajian	17. Pemahaman terhadap pesan atau informasi melalui Gambar ilustrasi pada komik			✓	
		18. Kemudahan menggunakan E- komik			✓	
		19. E- komik dapat membantu siswa memahami materi			✓	
		20. Penyajian pada E-komik dapat membangkitkan motivasi siswa			✓	
2.	Penyajian Pembelajaran	21. Penyampaian materi yang sistematis			✓	
		22. Keteraturan antar ilustrasi gambar dengan materi			✓	
		23. E-Komik mudah diakses dan aman saat dioperasikan				✓
		24. Memberikan siswa dapat belajar secara mandiri			✓	
3.	Evaluasi	25. Memberikan soal evaluasi untuk menguji pemahaman siswa			✓	
		26. Soal yang disajikan sesuai dengan indikator			✓	

**Kisi kisi lembar penilaian**

**(AHLI MEDIA)**

**IDENTITAS**

Nama : Luh Mitha Priyanfa. S. Pd., M. Pd.  
NIP : 99310862019032021  
Instansi : Universitas Pendidikan Ganesha

<b>Kreteria</b>	<b>Indikator</b>	<b>No Butir</b>	<b>Total Butir</b>
I. Aspek Kelayakan Kegrafikan	A. Ukuran Komik	1,2	2
	B. Desain Gambar	3,4,5,6,7,8	6
	C. Desain Isi Komik	9,10,11,12,13,14	6
Jumlah		14	

**Kisi Kisi Instrumen Ahli Media Pembelajaran**

No.	Indikator	Butir Pertanyaan	Skor			
			1	2	3	4
1.	Ukuran Komik	1. Tampilan Komik Jelas			✓	
		2. Tampilan layar serasi dan seimbang			✓	
2.	Desain Gambar komik	3. Penampilan unsur tata letak gambar ilustrasi pada sampul muka memiliki warna yang sesuai				✓
		4. Penggunaan gambar ilustrasi sesuai			✓	
		5. Ketepatan Penggunaan Jenis Huruf pada kotak teks dialog sesuai			✓	
		6. Kualitas Gambar Baik				✓
		7. Kesesuaian penggunaan Bahasa pada setiap dialog			✓	
		8. Kesesuaian gambar karakter pada setiap dialog, peristiwa				✓
3.	Desain Isi Komik	Konsistensi Tata Letak				
		9. Penempatan unsur tata letak tokoh pada komik konsisten			✓	
		10. Pemisahan antar kotak dialog teks pada komik jelas			✓	
		Kesesuaian gambar ilustrasi Komik dengan materi				
		11. Kesesuaian pemilihan warna			✓	
		12. Penempatan Hiasan atau contoh pemahaman materi tidak mengganggu teks, angka, dialog percakapan antar tokoh komik				✓
		13. Penempatan keterangan gambar tidak mengganggu pemahaman siswa				✓
		14. Penggunaan Variasi huruf sesuai ( <i>bold, calibri, extrabold</i> ) sesuai dan tidak berlebihan				✓

C. **Saran, masukan dan komentar**

- ① Daftar isi apa maksudnya 4, 5, 6, 7, 8, dst...?
- ② Halaman 1, kata pengantar, pencemaran lingkungan, huruf kapital, diperhatikan kembali.
- ③ Halaman Judul bisa dilengkapi dengan jejerannya
- ④ Tujuan pembelajaran lengkapi dengan komponen ATCD
- ⑤ Dalam satu halaman cermati kembali sistematika komik yang dibuat  
Ada beberapa halaman kosong dan alur membacanya masih membingungkan
- ⑥ Secara umum sudah baik, namun perlu perbaikan format komik dan ke dalam materi

D. **Kesimpulan**

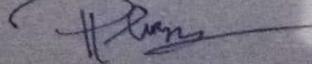
Media Pembelajaran Berbasis Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Minat Baca Siswa \*):

1. Valid tanpa revisi
2. Valid dengan revisi
3. Tidak valid

\*) Lingkari salah satu

Singaraja, <sup>10</sup> September 2024

Validator,



Luh Miha Priyanka, S.Pd., M.Pd.

NIP. 199310062019032001

## Lampiran 6 Lembar kepraktisan

### LEMBAR KEPRAKTISAN KOMIK GURU

#### PENGEMBANGAN KOMIK IPA TERPADU PADA TEMA PENCEMARAN LINGKUNGAN UNTUK MENINGKATKAN MINAT BACA SISWA DI SMP N 2 MANGGIS

Judul Penelitian : Pengembangan Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran  
Lingkungan Untuk Meningkatkan Minat Baca Siswa  
di SMP N 2 Manggis

Mata Pelajaran : IPA

Nama Guru : 1 Ketut Hariawan

Asal Sekolah : SMP N 2 Manggis

---

#### A. Tujuan

Tujuan penggunaan instrumen ini adalah untuk menilai kepraktisan Komik  
IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran Lingkungan

#### B. Petunjuk Penelitian

1. Berikan penilaian pada masing-masing aspek dengan memberi tanda centang (✓) pada kolom penilaian sesuai dengan pendapat kalian.
2. Dimohonkan siswa untuk memberikan saran dan komentar terhadap Media Pembelajaran Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Minat Baca Siswa
3. Penilaian terdiri dari 4 kriteria,  
dengan keterangan yaitu:  
SS = Sangat Setuju  
S = Setuju  
KS = Kurang Setuju  
TS = Tidak Setuju
4. Penelitian mengucapkan terima kasih atas ketersediaan Bapak/Ibu karena telah mengisi lembar keterbacaan Media Pembelajaran Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Minat Baca Siswa

**A. Kisi Kisi Penilaian Kepraktisan komik Guru**

Indikator	Butir Pertanyaan	Skor			
		1	2	3	4
		TS	KS	S	SS
<b>A.Ketertarikan</b>	1. Tampilan Media pembelajaran komik ini menarik			✓	
	2. Media pembelajaran komik ini membuat siswa lebih bersemangat dalam belajar IPA				✓
	3. Dengan menggunakan konten ini dapat membuat belajar IPA tidak membosankan			✓	
	4. Media pembelajaran komik ini mendukung siswa untuk menguasai pelajaran IPA, khususnya Materi pencemaran lingkungan			✓	
	5. Adanya keterkaitan materi dengan lingkungan sekitar membuat media komik ini mudah dipahami			✓	
	6. Dengan adanya ilustrasi dapat memberikan motivasi siswa untuk mempelajari materi			✓	
<b>B.Materi.</b>	7. Kesesuaian materi yang disajikan dalam komik sesuai dengan kebutuhan siswa			✓	
	8. Materi yang disajikan dalam Media pembelajaran ini mudah di pahami siswa			✓	
	9. Mencakup materi yang ada di kurikulum Merdeka yang sesuai batasan penulis			✓	
	10. Materi yang disajikan dalam Media pembelajaran relevan dengan materi pencemaran lingkungan dengan menggunakan model Connected			✓	
	11. Media pembelajaran Komik ini mendorong Siswa untuk lebih memperhatikan keadaan lingkungan sekitar			✓	
	12. Penjabaran materi dalam Media pembelajaran Komik ini sesuai dengan Tujuan Pembelajaran				✓

Indikator	Butir Pertanyaan	Skor			
		1	2	3	4
		TS	KS	S	SS
C. Bahasa	13. Bahasa yang digunakan dalam Media pembelajaran Komik ini sederhana dan mudah dimengerti				✓
	14. Huruf yang digunakan sederhana dan mudah dibaca				✓
	15. Pemilihan kata dan penggunaan kalimat sesuai dengan kemampuan Bahasa siswa tingkat SMP			✓	

**Saran dan komentar**

Media Pembelajaran ini perlu dikembangkan lagi, tidak terbatas hanya pada materi pencemaran lingkungan, tetapi pada materi yang lain.

.....

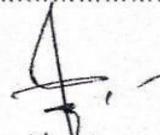
.....

.....

.....

Manggis, ..... 2024

Guru,



I Ketut Hariawan, S.Pd. M.Pd

Nip: 197102111997021005

**LEMBAR KETERBACAAN E-KOMIK**  
**PENGEMBANGAN KOMIK IPA TERPADU PADA TEMA PENCEMARAN**  
**LINGKUNGAN UNTUK SISWA KELAS VII SMP**

Judul Penelitian : Pengembangan Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran Lingkungan Untuk siswa kelas VII SMP

Mata Pelajaran : IPA

Peneliti : I Putu Tegar Pradnyan Adinata

---

**A. Tujuan**

Tujuan penggunaan instrumen ini adalah untuk mengetahui minat baca Media Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran Lingkungan

**B. Petunjuk Penelitian**

1. Berikan penilaian pada masing-masing aspek dengan memberi tanda centang (√) pada kolom penilaian sesuai dengan pendapat kalian.
2. Dimohonkan siswa untuk memberikan saran dan komentar terhadap Pengembangan Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran Lingkungan Untuk Siswa kelas VII SMP
3. Penilaian terdiri dari 4 kriteria, dengan keterangan yaitu:
  - ST = Sangat Terbaca
  - T = Terbaca
  - KT = Kurang Terbaca
  - STT = Sangat Tidak Terbaca
4. Peneliti mengucapkan terima kasih atas ketersediaan siswa kelas VII SMP N 2 Manggis karena telah mengisi lembar keterbacaan Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran Lingkungan Untuk siswa kelas VII SMP

### C. Penilaian

Indikator	Butir Pertanyaan	Alternatif Pilihan			
		TS	KS	S	SS
<b>A.Ketertarikan</b>	1. Tampilan Media pembelajaran komik ini menarik	0	0	25	15
	2. Media Komik ini membuat saya lebih bersemangat dalam belajar IPA	0	3	33	12
	3. Dengan menggunakan media pembelajaran ini dapat membuat belajar IPA tidak membosankan	0	2	25	16
	4. Media komik ini mendukung saya untuk menguasai pelajaran IPA, khususnya materi pencemaran lingkungan	0	1	27	8
	5. Adanya kata motivasi dalam Media komik ini berpengaruh terhadap sikap dan belajar saya	0	4	22	5
	6. Dengan adanya ilustrasi dapat Memberikan motivasi untuk mempelajari materi Pencemaran lingkungan	0	1	34	9
<b>B.Materi.</b>	1. Penyampaian materi dalam Media pembelajaran komik ini berkaitan dengan kehidupan sehari-hari	0	4	25	12
	2. Materi yang disajikan dalam Media pembelajaran ini mudah saya pahami	0	7	14	6
	3. Dalam Media pembelajaran ini terdapat beberapa bagian untuk saya menemukan konsep sendiri	0	4	23	6
	4. Penyajian materi dalam Media pembelajaran ini mendorong saya untuk berdiskusi dengan teman yang lain	0	6	24	4
	5. Media pembelajaran Komik ini mendorong saya untuk lebih memperhatikan keadaan lingkungan sekitar	0	4	21	7
	6. Media pembelajaran Komik ini memuat materi pencemaran yang ada pada lingkungan sekitar saya ketahui	0	1	22	6

<b>C.Bahasa.</b>	1. Kalimat dan paragraph yang digunakan dalam Media pembelajaran Komik ini jelas dan mudah dipahami	0	17	12	7
	2. Bahasa yang digunakan dalam Media pembelajaran Komik ini sederhana dan mudah dimengerti	0	15	22	8

#### **D. Saran dan komentar**

- Secara keseluruhan isi komik dalam penyampaian dan materi sudah sangat bagus sehingga mudah dimengerti
- Komik sudah bagus dan mudah dipahami
- Untuk tokohnya saya suka dengan ekspresinya dan alur ceritanya mudah dimengerti dan dipahami
- Penyajian komik tersebut sudah cukup baik menggunakan gambar yang menarik dan mudah dipahami bahasa yang digunakan juga sudah cukup baik, komik tersebut dapat memberikan motivasi untuk lebih menjaga lingkungan agar tidak tercemar
- Komik ini saya lebih paham mengenai materi pencemaran lingkungan, saran saya agar lebih diperbaiki tentang grafik dari komik tersebut
- Alur komik cukup menarik dan mudah dipahami, sedikit saran agar memperhatikan kembali kata kata yang salah dalam dialog komik tersebut

LEMBAR KETERBACAAN E-KOMIK

PENGEMBANGAN KOMIK IPA TERPADU PADA TEMA PENCEMARAN  
LINGKUNGAN UNTUK MENINGKATKAN MINAT BACA SISWA  
DI SMP N 2 MANGGIS

Judul Penelitian : Pengembangan Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran  
Lingkungan Untuk Meningkatkan Minat Baca Siswa di  
SMP N 2 Manggis

Mata Pelajaran : IPA

Nama : Ni Luh Gede Rahayu Ginantari

Kelas : VII 13

No. Absen : 40

---

**A. Tujuan**

Tujuan penggunaan instrumen ini adalah untuk mengetahui minat baca  
Media Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran Lingkungan

**B. Petunjuk Penelitian**

1. Berikan penilaian pada masing-masing aspek dengan memberi tanda centang (✓) pada kolom penilaian sesuai dengan pendapat kalian.
2. Dimohonkan siswa untuk memberikan saran dan komentar terhadap Media Pembelajaran Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Minat Baca Siswa
3. Penilaian terdiri dari 4 kriteria, dengan keterangan yaitu:
  - 1 = Sangat Kurang Baik
  - 2 = Kurang Baik
  - 3 = Baik
  - 4 = Sangat Baik
4. Penelitian mengucapkan terima kasih atas ketersediaan Anak-Anak karena telah mengisi lembar keterbacaan Media Pembelajaran Komik IPA Terpadu Pada Tema Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Minat Baca Siswa

**Kisi Kisi Angket Keterbacaan E-Komik**

Kreteria	No Butir	Total Butir
Tampilan	1,2,3,4,5	5
Materi	6,7,8,9,10	5
Bahasa	11,12,13,14	4
<b>Jumlah</b>		<b>14</b>

**Instrumen Angket Keterbacaan E-Komik**

Indikator	Butir Pertanyaan	Skor			
		1	2	3	4
<b>A.Tampilan</b>	1. Tampilan Media pembelajaran komik ini menarik				✓
	2. Media Komik ini disajikan dengan jelas dan tidak buram			✓	
	3. Pada porsi gambar yang disajikan sudah sesuai				✓
	4. Kemudahan memahami alur cerita melalui penggunaan Bahasa pada komik tersebut				✓
	5. Dengan adanya ilustrasi dapat Memberikan motivasi untuk mempelajari materi Pencemaran lingkungan				✓
<b>B.Materi.</b>	6. Penyampaian materi dalam Media pembelajaran komik ini berkaitan dengan kehidupan sehari-hari				✓
	7. Materi yang disajikan dalam Media pembelajaran ini mudah dipahami			✓	
	8. Dalam Media pembelajaran ini terdapat beberapa bagian untuk menemukan konsep sendiri				✓
	9. Penyajian materi dalam Media pembelajaran komik ini mendorong untuk berdiskusi dengan teman yang lain			✓	
	10. Media pembelajaran Komik ini mendorong untuk lebih memperhatikan keadaan lingkungan sekitar				✓

Indikator	Butir Pertanyaan	Skor			
		1	2	3	4
C.Bahasa.	11. Kalimat dan paragraph yang digunakan dalam Media pembelajaran Komik ini jelas dan mudah dipahami				✓
	12. Bahasa yang digunakan dalam Media pembelajaran Komik ini sederhana dan mudah dimengerti				✓
	13. Penggunaan dialog atau teks yang menarik dan mengarah kepada pemahaman konsep				✓
	14. Penggunaan Bahasa yang komunikatif				✓

**Saran dan komentar**

dari komik ini saya bisa menjadi lebih paham tentang pencemaran lingkungan, saran saya adalah lebih perbaiki tentang grafis dari komik ini, terimakasih.

Selasa, 29-10 - 2024

Peserta didik,

Ni Luh Gede Rahayu Ginantari.

Lampiran 7 Surat Keterangan Mengambilan data

  
PEMERINTAH KABUPATEN KARANGASEM  
DINAS PENDIDIKAN KEPEMUDAAN DAN OLAH RAGA  
SATUAN PENDIDIKAN  
SMP NEGERI 2 MANGGIS  
NSS : 201220805037 NIS : 200230 NPSN : 50102810  
Akreditasi A, Email : [smpnegeri2manggis@gmail.com](mailto:smpnegeri2manggis@gmail.com) atau [manggisdua@yahoo.co.id](mailto:manggisdua@yahoo.co.id)  
Jln. Raya Selumbang, Karangasem, Bali KP. 80871 Telp. 0363-41356

---

**SURAT KETERANGAN**  
No.421/235/Dikdas/SMP N2 Mgs

Yang bertanda tangan dibawah ini :

N a m a	: Drs. I Nengah Darma
N I P	: 19660220 199903 1 002
Pangkat Gol. Ruang	: Pembina.,IV/b / Guru Madya
Jabatan	: Kepala Sekolah
Unit Kerja	: SMP Negeri 2 Manggis

Dengan ini menerangkan :

Nama	: I Putu Tegar Pradnyan Adinata
NIM	: 2013071032
Prodi	: Pendidikan IPA
Institusi	: Universitas Pendidikan Ganesha

Memang benar telah melaksanakan penelitian dengan Judul :  
**Pengembangan Komik IPA terpadu pada Tema Pencemaran Lingkungan untuk meningkatkan minat baca siswa di SMP Negeri 2 Manggis.**

Demikian Surat keterangan ini dibuat dengan sebenarnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Manggis, 1 Nopember 2024  
Kepala SMP Negeri 2 Manggis

  
Drs. I Nengah Darma  
NIP. 19660220 199903 1 002

Lampiran 8 Dokumentasi Penelitian





## RIWAYAT HIDUP



I Putu Tegar Pradnyan Adiata. Penulis lahir dari pasangan suami istri Bapak I Ketut Sumerta dan Ibu Ni Nyoman Candri. Penulis berkebangsaan Indonesia dan beragama Hindu. Kini Penulis beralamat di banjar Tengah Desa Selumbung, Kecamatan Manggis, Kabupaten Karangasem, Provinsi Bali.

Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri 1 Selumbung dan lulus pada tahun 2014. Kemudian penulis melanjutkan di SMP Negeri 2 Manggis dan lulus pada tahun 2017. Pada tahun 2020, Penulis lulus dari SMA Negeri 1 Manggis. Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan kuliah S1 Pendidikan IPA di Universitas Pendidikan Ganesha. Mulai tahun 2020 sampai dengan penulisan skripsi ini, penulis masih terdaftar sebagai mahasiswa Program S1 Pendidikan IPA di Universitas Pendidikan Ganesha