

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Limbah

2.1.1 Pengertian Limbah

Limbah merupakan suatu konsep buatan manusia dan merupakan hasil konsekuensi dari kegiatan yang dilakukan oleh manusia (Sunarsih, 2018). Menurut Rizalia dan Arumsari (2019) limbah merupakan hasil buangan dari satu kegiatan yang dilakukan oleh manusia apabila tidak diolah akan menyebabkan polusi. Pengertian lain limbah menurut Lismiatun et al. (2021) adalah suatu buangan yang suatu saat keberadaannya tidak dikehendaki di lingkungan. Limbah merupakan buangan dari proses produksi tertentu yang tidak dikehendaki di lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis (Sitorus et al., 2021). Limbah adalah hasil sisa produksi yang apabila dibuang di perairan akan menyebabkan perubahan pada unsur abiotik perairan (Tarigan, Lasut, dan Tilaar, 2013).

Berdasarkan istilah-istilah yang disebutkan, maka pengertian limbah adalah hasil dari kegiatan manusia berupa zat sisa atau buangan yang apabila diolah dengan tepat akan menjadi produk baru dan bernilai jual, sedangkan apabila dibiarkan saja tanpa diolah dengan tepat akan memberikan dampak negatif di lingkungan. Dampak bagi lingkungan yaitu menyebabkan perubahan pada unsur abiotik perairan.

2.1.2 Limbah Tepung Beras

Proses pembuatan tepung beras akan menghasilkan zat sisa berupa limbah. Pembuatan tepung beras akan menghasilkan limbah padat dan limbah cair. Limbah padat tepung beras berasal dari tepung yang berserakan di lantai, sampah domestik

dan karung kemasan yang tercecer. Limbah cair tepung beras dapat bersumber dari proses pencucian beras, pencucian alat produksi, pencucian lantai tempat produksi, toilet dan kamar mandi (Kapedal, 2005).

Dalam 1 hari dapat diproduksi sekitar 2 ton tepung beras, sehingga limbah air cucian beras yang dihasilkan \pm 2 ton. Limbah tepung beras sebelum dibuang perlu diolah dahulu di instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Hasil proses IPAL menghasilkan lumpur dan air buangan. Lumpur akan dibiarkan mengendap hingga tiba waktunya untuk didistribusikan ke peternakan, sedangkan air limbah akan dibuang ke perairan di lingkungan setempat. Kandungan air limbah tepung beras yang dibuang berupa sisa padatan beras (Kapedal, 2005). Kandungan lain yaitu berupa karbohidrat, kalsium, kalium, nitrogen, forfor, magnesium, sulfur, besi dan vitamin B1 (G.M et al., 2013).

Dampak dari limbah padat yang tidak segera ditangani bila dibiarkan terlalu lama ditambah kondisi lingkungan yang lembab akan menimbulkan jamur, selain itu akan mengganggu nilai estetika yang ditimbulkan dari timbunan limbah padat yang dibiarkan tanpa diolah (Firdayati dan Handajani, 2005). Dampak limbah cair untuk lingkungan yaitu menimbulkan bau yang tidak sedap. Bau tidak sedap timbul karena adanya proses degradasi secara anaerobik oleh bakteri, bila ini terjadi secara terus-menerus tanpa adanya penanganan maka dapat mengganggu pernafasan warga setempat. Dampak lain limbah cair bagi lingkungan sekitar yaitu dapat meresap ke dalam sumur sumber air bersih milik warga, akibatnya sumur yang seharusnya dapat dimanfaatkan untuk kehidupan sehari-hari menjadi tercemar karena sudah terkontaminasi limbah cair. Limah cair juga dapat menyebabkan kualitas air menjadi buruk, bila tidak segera ditangani akan berpengaruh pula pada

biota di dalamnya. Biota dalam perairan dapat terganggu karena komponen abiotik perairan seperti oksigen terlarut, pH, suhu dan lain sebagainya telah mengalami perubahan akibat masuknya unsur pencemar limbah cair, selain itu bila tidak segera diberikan tindakan biota dalam perairan dapat mati hal ini akan merusak ekosistem perairan (Kholif, 2020).

2.1.3 Dampak Limbah bagi Perairan

Limbah yang dibuang di perairan memiliki sumber pencemar yang berbeda. Menurut Pusat Data dan Analisis Tempo (2020) menyebutkan bahwa sebagian limbah di perairan disumbang oleh limbah pabrik/industri. Limbah pabrik yang dialirkan ke perairan beberapa sudah melewati proses instalasi pengolahan akhir limbah, namun ada pula beberapa pabrik yang masih belum mematuhi peraturan untuk melakukan proses pengolahan limbah dan memiliki IPAL yang sesuai. Sumber lain limbah di perairan juga dapat diperoleh dari area persawahan. Kholif (2020) menjelaskan bahwa keberadaan limbah domestik juga menjadi sumber penyumbang limbah di perairan karena maraknya pemukiman yang padat dengan kondisi sanitasi yang buruk. Limbah yang berasal dari berbagai macam sumber bila masuk ke badan perairan akan mengakibatkan pencemaran air.

Dampak dari perairan yang sudah tercemar akan memiliki warna yang berbeda dari kondisi normal, bau yang tidak sedap serta terdapat busa. Dampak lain pencemaran yaitu mampu mengubah komponen abiotik perairan seperti penurunan kadar oksigen terlarut, peningkatan nilai pH, dan peningkatan suhu. Bila perubahan komponen abiotik sudah melewati batas wajar yang ditentukan akan berpengaruh terhadap komponen biotiknya. Akibat dari kejadian tersebut akan membahayakan kehidupan beberapa biota yang hidup di perairan karena mereka belum mampu

beradaptasi dengan lingkungan yang komponen abiotiknya sudah berubah (Batu, 2017). Pendapat lain oleh Kholif (2020) menyatakan bahwa dampak adanya limbah bagi perairan adalah menghilangkan unsur estetika perairan.

2.2 Sifat Fisika-Kimia Perairan

2.2.1 Pengertian dan Macam-macam Sifat Fisika-Kimia Perairan

Perairan memiliki karakteristik atau sifat-sifat yang dapat menunjang kehidupan makhluk hidup di dalamnya. Sifat-sifat perairan terbagi menjadi 3 yaitu sifat fisika/fisis, sifat kimia dan sifat biologi. Sifat fisika, kimia dan biologi juga dapat disebut sebagai faktor abiotik dan biotik perairan. Istilah dari sifat fisika perairan adalah penampilan fisik dari perairan yang ada akibat dari kontinuitas unsur fisika seperti sedimen atau padatan tersuspensi (Kafle, 2020). Sifat fisika air biasanya berkaitan dengan suhu, kekeruhan, warna, rasa dan bau (Shmeis, 2018). Sifat kimia perairan adalah karakteristik kimia dari perairan yang ada akibat dari masuknya senyawa kimia seperti nitrogen, pestisida, logam, dan sebagainya (Kafle, 2020). Sifat kimia perairan meliputi pH, oksigen terlarut, dan nutrient.

Sifat fisika perairan yang diukur menggunakan parameter fisika yaitu seperti suhu, TSS dan TDS. Sifat kimia perairan yang diukur menggunakan parameter kimia seperti pH, DO dan BOD₅. Berikut merupakan penjabaran tentang parameter-parameter tersebut.

a. Suhu

Suhu perairan merupakan faktor abiotik perairan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton. Suhu mampu mempercepat proses fotosintesis fitoplankton bila mengalami kenaikan suhu yang masih

berada dalam batas toleransi (Asriyani dan Yuliana, 2019). Prosesnya adalah suhu akan mempengaruhi reaksi enzimatik dari proses fotosintesis sehingga mampu mempercepat laju fotosintesis. Suhu di perairan dapat dipengaruhi oleh cahaya matahari, pertemuan arus dari kekeruhan dan transfer panas dari atmosfer (Ma'rifat dkk, 2020).

b. TSS

Total suspended solid (TSS) merupakan padatan terlarut di perairan, apabila tersaring akan menghasilkan residu (I. L. Tarigan, 2019). TSS mampu menyebabkan kekeruhan di perairan karena tidak mudah larut dan tidak langsung mengalami pengendapan. Yang masuk ke dalam TSS adalah seperti tanah liat, lumpur, logam, bakteri, jamur dan sebagainya. TSS mampu menyebabkan kekeruhan sehingga mampu menghalangi intensitas cahaya matahari yang masuk ke perairan (Tumpu et al., 2021).

c. TDS

Total dissolved solid (TDS) merupakan zat terlarut yang terdiri atas zat-zat organik maupun anorganik (I. L. Tarigan, 2019). Unsur-unsur kimia yang termasuk dalam TDS seperti kalsium, nitrat, fosfat, natrium dan klorida. Sumber utama dari TDS di perairan adalah berasal dari limbah rumah tangga, industri dan pertanian (Tumpu et al., 2021).

d. pH

pH (Derajat keasaman) adalah faktor abiotik yang mampu menentukan produktivitas suatu perairan. pH merupakan kepekatan dari ion-ion hidrogen yang lepas di perairan. pH yang umumnya masih dapat ditoleransi oleh fitoplankton berkisar 6,5-8,0. pH perairan yang cenderung basa ataupun asam

menyebabkan metabolisme perairan terganggu sehingga proses kehidupannya terganggu (Asriyani dan Yuliana, 2019).

e. DO

Oksigen terlarut (DO) adalah oksigen terlarut di perairan yang bekerja sebagai akseptor elektron pada reaksi respirasi. Oksigen di perairan dipengaruhi oleh BOD, keberadaan fitoplankton, penutupan vegetasi, arus angin dan ukuran badan air. Oksigen terlarut di perairan dibutuhkan oleh makhluk hidup perairan salah satunya adalah fitoplankton (I. L. Tarigan, 2019).

f. BOD₅

Kebutuhan oksigen biologi atau *biochemical oxygen demand* merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme di perairan untuk dapat memecah bahan organik. BOD₅ merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme selama 5 hari, biasanya ini dilakukan selama pengukuran uji BOD. Perairan yang bersih akan mengandung BOD lebih sedikit daripada perairan yang tercemar (Tumpu et al., 2021).

2.2.2 Analisis Sifat Fisika-Kimia Perairan dengan Parameter Fisika-Kimia

Pengamatan air limbah yang mencemari perairan dapat diamati berdasarkan tiga sifat yang terkandung di dalamnya yaitu sifat fisika, kimia dan biologi (Kholif, 2020). Untuk dapat mengetahui kondisi perairan yang tercemar limbah maka diperlukan sampel perairan tersebut yang kemudian sampelnya diuji berdasarkan sifat fisika, kimia dan biologi, kemudian hasilnya dicocokkan dengan nilai baku mutu perairan sesuai standar yang diatur pemerintah. Ada berbagai macam parameter sifat fisika air berdasarkan PP RI No 82 tahun 2001 ialah meliputi *Total Suspended Solid* (TSS), *Total Dissolved Solid* (TDS), dan temperatur. Parameter

sifat kimia air meliputi *Biochemical Oxygen Demand* (BOD_5), *Chemical Oxygen Demand* (COD), pH, *Dissolved Oxygen* (DO), Nitrogen, Fosfat, Arsen, Cobalt, Besi, Klorida, Sianida dan sebagainya. Parameter mikrobiologi meliputi fecal coliform dan total coliform. Menurut Sitorus et al. (2021) sifat Biologi air yang dapat dijadikan parameter adalah mikroorganisme bakteri dan protozoa. Parameter-parameter sifat tersebut yang dijadikan oleh peneliti untuk mengukur kualitas suatu perairan.

Analisis kualitas suatu perairan yang tercemar limbah bila diamati berdasarkan parameter TSS memiliki standar baku mutu untuk sungai tercemar yang diatur dalam PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air sebesar 50 mg/L (Kelas 1 dan 2) dan 400 mg/L (Kelas 3 dan 4). Keterangan baku mutu air kelas 1 diperuntukkan untuk air minum, kelas 2 digunakan untuk sarana rekreasi air, budidaya ikan air tawar, peternakan, dan pengairan tanaman, kelas 3 digunakan untuk budidaya ikan air tawar, peternakan, dan pengairan tanaman, lalu kelas 4 digunakan untuk pengairan tanaman. Hasil nilai parameter TSS yang berkisar pada standar baku mutu maka masih dapat menunjang kehidupan di perairan (Hanisa, Nugraha, dan Sarminingsih, 2017). Apabila nilai TSS sudah melebihi standar baku mutu maka akan memberikan dampak pada kehidupan di perairan. Agustira et al. (2013) menyatakan bahwa padatan tersuspensi yang berlebihan dapat menyebabkan kekeruhan pekat pada air sehingga intensitas cahaya yang masuk ke dalam perairan menjadi berkurang. Hal ini berdampak pula pada organisme produsen yang proses kehidupannya dapat terganggu. Sumber dari padatan tersuspensi menurut Asrini et al. (2017) dapat diperoleh dari lumpur, pasir halus, tanah liat dari dampak erosi tanah dan jasad-

jasad renik. Menurut Kapedal (2005) padatan tersuspensi dapat diperoleh dari limbah yang mengandung unsur padatan.

Analisis berdasarkan parameter TDS pada perairan tercemar limbah memiliki standar baku mutu sebesar 1000 mg/L (Kelas 1-3) dan 2000 mg/L (Kelas 4). Apabila jumlah padatan terlarut diperairan melebihi keseluruhan jumlah standar baku mutu yang ditentukan maka dapat menyebabkan peningkatan organisme yaitu bakteri. Padatan terlarut yang berada di perairan dapat berupa senyawa organik maupun anorganik (Agustira et al., 2013). Bakteri akan memanfaatkan senyawa organik untuk tumbuh dan berkembang, bila jumlah bakteri banyak akan menyebabkan kadar oksigen berkurang sehingga akan berdampak pula pada kehidupan makhluk hidup lainnya (Barus, 2020). Fakta lain menyebutkan bahwa senyawa organik juga dimanfaatkan oleh fitoplankton untuk diabsorpsi lalu diubah menjadi karbon untuk kepentingan fotosintesis (Husma, 2017).

Analisis berdasarkan parameter *Dissolved Oxygen* (DO) atau oksigen terlarut memiliki standar baku mutu sebesar 6 mg/L (kelas 1), 4 mg/L (kelas 2), 3 mg/L (kelas 3), 0 mg/L (kelas 4). Nilai oksigen terlarut yang tinggi menunjukkan bahwa kualitas perairan baik, namun nilai oksigen terlarut yang rendah menunjukkan adanya pencemaran, hal ini dibuktikan dengan adanya bakteri yang mengambil oksigen terlarut untuk mengelola senyawa organik dari sumber pencemar (limbah) (Barus, 2020). Selain itu, oksigen terlarut yang sedikit dapat diakibatkan oleh keberadaan fitoplankton yang terbatas sehingga oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis terbatas (Mayagitha et al., 2014).

Analisis berdasarkan parameter *Biochemical Oxygen Demand* (BOD₅) memiliki standar baku mutu air sebesar 2 mg/L (kelas 1), 3 mg/L (kelas 2), 6 mg/L

(kelas 3) dan 12 mg/L (kelas 4). Bila melebihi standar baku mutu mengindikasikan bahwa jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan bakteri tinggi. Kadar BOD₅ yang tinggi menunjukkan bahwa jumlah senyawa organik tinggi (Yudo, 2010 dalam Asrini et al., 2017). Bakteri yang terlalu banyak mengambil oksigen dapat mengganggu kehidupan makhluk hidup lainnya yang sama-sama memerlukan oksigen di perairan.

Analisis berdasarkan parameter suhu dan pH perairan yaitu nilai suhu sebesar standar deviasi 3 (kelas 1-4) dan pH sebesar 6-9 (Kelas 1-3) dan 5-9 (kelas 4). Standar deviasi 3 dari temperature alami sungai yaitu berkisar 26-32 derajat celcius. Suhu dan pH yang tidak sesuai dengan standar baku mutu akan mengganggu proses kehidupan dari makhluk hidup di perairan, salah satunya mengganggu proses metabolisme fitoplankton (Lantang dan Pakidi, 2015).

2.2.3 Hubungan Sifat Fisika-Kimia dengan Keanekaragaman Fitoplankton

Keberadaan dan keanekaragaman fitoplankton terdapat hubungan sebab-akibat dengan sifat fisika-kimia di perairan, artinya keberadaan fitoplankton di perairan dipengaruhi oleh sifat dari lingkungan yaitu sifat fisika dan kimia air (Sofarini, 2012). Sifat fisika perairan yang mempengaruhi keberadaan dan keanekaragaman fitoplankton adalah kecerahan perairan, kecepatan arus, suhu, padatan terlarut, dan padatan tersuspensi. Sifat kimia perairan yang mempengaruhi keberadaan dan keanekaragaman fitoplankton ialah oksigen terlarut, pH dan nutrient.

Sifat fisika berupa padatan tersuspensi akan berdampak terhadap kecerahan air, artinya semakin tinggi padatan tersuspensi dalam perairan maka kecerahan air rendah, begitupula sebaliknya. Hal ini memberikan pengaruh pada jumlah intensitas

cahaya matahari yang masuk ke perairan, padahal cahaya matahari diperlukan untuk proses fotosintesis fitoplankton (Mayagitha et al., 2014). Sifat fisika lain yakni padatan terlarut berupa senyawa anorganik atau organik dijadikan sebagai nutrient oleh fitoplankton sebagai sumber carbon. Sumber carbon kemudian diolah untuk membantu proses fotosintesis fitoplankton (Husma, 2017). Namun, keberadaan padatan terlarut juga dapat menjadi ancaman bagi fitoplankton, hal itu akan berhubungan dengan faktor lain yaitu oksigen terlarut (DO) dan mikroorganisme yang memanfaatkan oksigen terlarut (BOD₅).

Sifat kimia oksigen terlarut mempengaruhi keberadaan dan keanekaragaman fitoplankton. Menurut Barus (2020) jumlah oksigen yang mengalami penurunan mengindikasikan terdapat pencemaran senyawa organik. Bakteri memerlukan oksigen untuk mengolah senyawa organik agar dapat bertahan hidup. Hal ini berhubungan dengan faktor keberadaan bakteri yang menggunakan oksigen tinggi maka dapat mengancam keberadaan dan keanekaragaman fitoplankton karena fitoplankton juga memerlukan oksigen untuk melakukan respirasi (Nurdiana, 2020).

Sifat fisika suhu berpengaruh terhadap keanekaragaman fitoplankton karena fitoplankton dapat bertahan hidup di suhu optimal yaitu 26-32 °C, bila tak sesuai menyebabkan fitoplankton tidak dapat bertahan hidup dan keanekaragamannya terganggu (Lantang dan Pakidi, 2015). Sifat kimia yaitu pH berpengaruh terhadap keberadaan dan keanekaragaman fitoplankton. pH optimal yang disukai oleh fitoplankton adalah 7-8,5 dan jika melebihi atau kurang akan memberikan pengaruh terhadap proses metabolisme yang dilakukan fitoplankton menjadi tidak sesuai dengan semestinya (Lantang dan Pakidi, 2015).

2.3 Fitoplankton

2.2.1 Pengertian Fitoplankton

Fitoplankton merupakan produsen di perairan yang berperan sebagai pemasok oksigen terlarut di perairan serta sebagai sumber makanan bagi konsumen tingkat satu yaitu plankton (Retnaningdyah, 2019). Menurut Sulastri (2014) fitoplankton merupakan komponen primer perairan karena berperan sebagai produsen dalam mendukung aktivitas dan produktivitas perikanan. Pengertian lain oleh Liwutang et al. (2013) menyebutkan bahwa fitoplankton merupakan organisme yang jumlahnya sedikit apabila terletak di perairan dalam karena intensitas cahaya matahari yang masuk terbatas, sehingga fitoplankton sering ditemukan di permukaan perairan. Pendapat lain oleh Sirait et al. (2018) menyatakan bahwa fitoplankton merupakan organisme yang dijadikan sebagai indikator kualitas perairan dan tingkat kesuburan perairan yang masuk ke dalam kategori parameter biologi. Menurut Fachrul et al. (2017) fitoplankton ialah organisme yang proses metabolisme dan respirasi tidak dapat dilakukan dalam kondisi keasaman yang terlalu asam atau basa.

Penjabaran mengenai fitoplankton yang bervariasi dapat diambil pengertian yaitu fitoplankton merupakan organisme yang berperan sebagai produsen primer di perairan karena mampu menghasilkan oksigen dan dijadikan sebagai sumber makanan bagi organisme di atasnya, selain itu mereka dapat dijadikan sebagai indikator kualitas perairan dan kesuburan perairan. Kehidupan fitoplankton di perairan dipengaruhi oleh faktor abiotik (kualitas air) dan biotik. Faktor abiotik

meliputi intensitas cahaya dan kualitas air, sedangkan faktor biotik meliputi zooplankton, ikan, bakteri, virus dan fungi (Retnaningdyah, 2019).

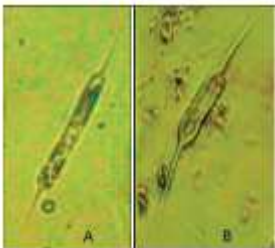
2.2.2 Jenis-jenis Fitoplankton

Secara umum fitoplankton dibagi dalam 13 kelas yang meliputi Cyanophyceae, Rhodophyceae, Cryptophyceae, Chrysophyceae, Bacillariophyceae, Raphidophyceae, Xanthophyceae, Eustigma-tophyceae, Prymnesiophyceae, Euglenophyceae, Prasinophyceae, Chlorophyceae, dan Dinophyceae (Durkin, Van Mooy, Dyhrman, dan Buesseler, 2016). Menurut Sulastri (2014) umumnya fitoplankton yang tersebar dan hidup di perairan di Indonesia terdiri atas beberapa divisi seperti alga coklat keemasan (Chrysophyta), alga biru hijau (Cyanophyta), alga hijau (Chlorophyta), diatom (Bacillariophyta), Pyrrophyta, dan Euglenophyta. Berikut beberapa penjabaran tentang kelompok fitoplankton yang menyebar di perairan di Indonesia oleh (Sulastri, 2014).

1. Chrysophyta

Chrysophyta merupakan mikroalga yang memiliki pigmen warna kuning kehijauan atau kecoklatan karena didominasi oleh pigmen karotenoid. Cadangan makanan dari mikroalga ini adalah minyak dibandingkan zat tepung. Morfologi bentuk dari chrysophyta terdiri atas koloni, sel tunggal, filamen bercabang, berakar, dan tipe sel tidak bergerak. Berikut merupakan Tabel 2.1 contoh genus dari Chrysophyta.

Tabel 2.1 Contoh jenis fitoplankton Chrysophyta

Gambar	Karakteristik
	<ul style="list-style-type: none"> -Memiliki pigmen berwarna kuning kecoklatan -Berbentuk silinder lurus dan terdapat duri memanjang pada kedua ujung selnya -Sifat hidupnya soliter

Sumber : Sulastrri (2014)

Keterangan: *Centrictactus belanophorus* (A),
Centrictactus sp (B)

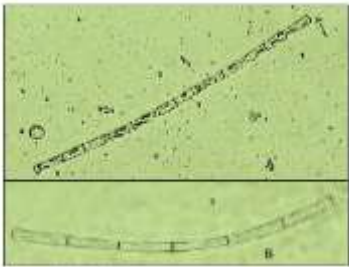
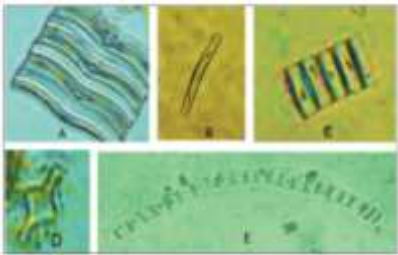
Gambar 2.1 Gambar Contoh Fitoplankton

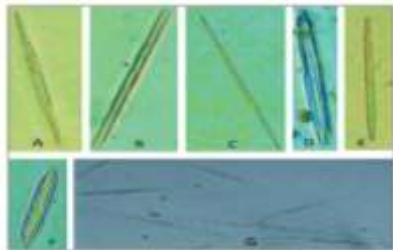
Dst.

2. Bacillariophyta

Bacillariophyta atau diatom adalah fitoplankton yang memiliki dinding sel dari silikat atau *frustule*. Diatom terbagi menjadi 2 kelompok yaitu *centric diatom* dan *pennate diatom*. *Centric diatom* memiliki bentuk valve radian dengan jari-jari simetris. *Pennate diatom* memiliki bentuk valve seperti jarum yang memiliki dua sisi simetris.

Tabel 2.2 Contoh jenis fitoplankton Bacillariophyta

Gambar	Karakteristik
	<p style="text-align: center;">Centric Diatom</p> <ul style="list-style-type: none"> -Memiliki bentuk silinder dan <i>valve</i> berbentuk radal (melingkar) -Sel berbentuk segi empat dengan panjang yang lebih besar daripada lebar -Sel membentuk filament atau rangkaian memanjang
<p>Sumber : Sulastrri (2014) Keterangan: <i>Aulacoseria sp</i> (A), <i>Aulacoseria sp.</i> (B)</p> <p>Gambar 2.2 Gambar Contoh Fitoplankton</p>	<p style="text-align: center;">Pennate Diatom</p> <p>(A)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Memiliki bentuk valve linear atau <i>lanceolate</i> dan <i>raphe cekung</i> -Memiliki sel soliter atau tersusun rangkaian yang pendek <p>(B)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Memiliki bentuk linear atau <i>lanceolate</i> -Sel membentuk rangkaian seperti pita <p>(C, E)</p>
	
<p>Sumber : Sulastrri (2014) Keterangan: <i>Achnanthes linearis</i> (A), <i>Achnanthes sp.</i> (B), <i>Fragilaria sp</i> (C), <i>Tabellaria sp.</i> (D), <i>Fragilaria sp.</i> (E)</p>	

Gambar 2.3 Gambar Contoh Fitoplankton

Sumber : Sulastrri (2014)

Keterangan: *Synedra ulna* (A), *Diatoma elongatum* (B), *Synedra ulna* (C), *Synedra sp.* (D), *Synedra ulna* (E), *Synedra ulna* (F)

Gambar 2.4 Gambar Contoh Fitoplankton

Sumber : Sulastrri (2014)

Keterangan: *Pinnularia viridis* (A), *Pinnularia sp.* (B), *Pinnularia sp.* (C), *Pinnularia interrupta*. (D), *Pinnularia achrosphaeria*. (E)

Gambar 2.5 Gambar Contoh Fitoplankton

Dst.

- Memiliki bentuk koloni
- Ada yang berbentuk seperti pita dan zig-zags

(A), (C), (D), (E), (F)

- Memiliki sel yang bersifat tunggal/koloni
- Sel umumnya linear atau *lanceolate*
- Sel individu berbentuk sempit, panjang, dan berbentuk jarum

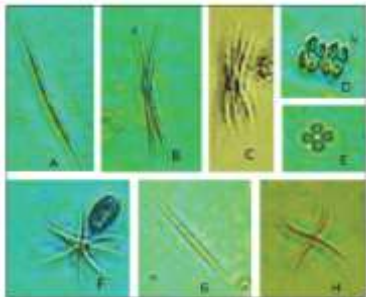
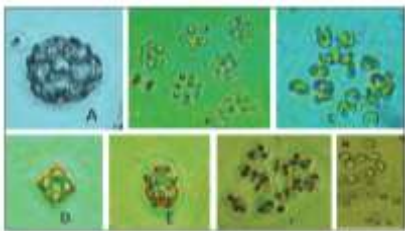
(B)

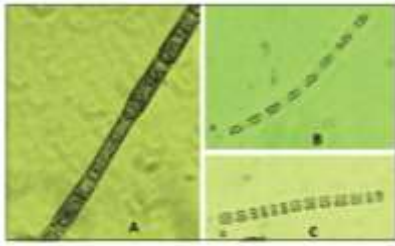
- Memiliki bentuk zig-zag atau seperti pita berkoloni atau seperti bentuk pita berfilamen
- Memiliki aksis yang melingkar
- Memiliki bentuk linear, lanceolate, atau elips
- Bentuk dari ujung membulat atau rostrae
- Valve melebar kearah tepi

3. Chlorophyta

Chlorophyta merupakan mikroalga yang sifatnya memiliki kesamaan dengan tanaman tingkat tinggi karena struktur selnya terdiri atas kloroplas, DNA serta beberapa jenis memiliki flagellate (Setiarto, 2020). Mikroalga ini memiliki bentuk koloni maupun sel tunggal sederhana dan berbentuk filamen.

Tabel 2.3 Contoh jenis fitoplankton Chlorophyta

Gambar	Karakteristik
	<p>(A, B, C, F, G, H)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sel soliter/bergabung membentuk spiral -Sel individu berbentuk jarum yang kedua ujung meruncing
<p>Sumber : Sulastrri (2014) Keterangan: <i>Ankistrodesmus falcatus</i> (A, F, G, H), <i>Ankistrodesmus spiralis</i> (B,C), <i>Crucigenia sp.</i> (D), <i>Tetrastrum sp.</i> (E)</p>	<p>(D)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sel berkoloni yang terdiri atas 4 sampai 8 sel atau 16 sel -Rangkaian ikatan sel rata seperti lempengan
<p>Gambar 2.6 Gambar Contoh Fitoplankton</p>	<p>(E)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sel individu berbentuk oval -Sel berkoloni terdiri atas 4 sel yang bergabung membentuk lempeng/segi empat
	<p>(A,B,D,E)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sel berkoloni -bentuk seperti bola, piramida atau polygonal -terdiri atas 4 sampai 36,64 atau 128 sel -Sekeliling sel terdapat tonjolan yang tumpul
<p>Sumber : Sulastrri (2014) Keterangan: <i>Coleastrum cambricum</i> (A,E); <i>Coleastrum sp</i> (B); <i>Coleastrum proboscideum</i> (D); <i>Kirchneriella lunaris</i> (C); <i>Kirchneriella obesa</i> (G); <i>Dictyosphaerium sp.</i> (F)</p>	<p>(F)</p> <ul style="list-style-type: none"> -sel membentuk koloni membulat atau tidak teratur -terdiri atas 4-64 sel yang dilekatkan oleh mucilage
<p>Gambar 2.7 Gambar Contoh Fitoplankton</p>	<p>(C,G)</p> <ul style="list-style-type: none"> -sel membentuk koloni membulat, ovoid (bulat telur) atau tidak teratur terdiri atas 4-16 sel yang dibungkus oleh mucilage -Tiap sel diisi kloroplas



Sumber : Sulastrri (2014)

Keterangan: *Pithiphora sp* (A), *Ulothrix sp.* (B),
Ulothrix sp. (C)

Gambar 2.8 Gambar Contoh Fitoplankton

(A)

- Filamen bercabang
- Berbentuk silinder dan membesar seperti tong
- Dinding tebal

(B,C)

- Sel tidak bercabang
- Berbentuk silinder
- Dinding tebal atau tipis
- dalam sel terdapat kloroplas bentuk parietal yang mengisi $\frac{3}{4}$ sel atau keseluruhan sel

Dst.

4. Cyanophyta

Cyanophyta merupakan alga biru-hijau atau umumnya disebut cyanobacteria. Fitoplankton ini memiliki pigmen klorofil-a phycyanin dan phycoerythrin.

Tabel 2. 4 Contoh jenis fitoplankton Cyanophyta

Gambar	Karakteristik
Five microscopic images of cyanobacteria. Image A shows a long, thin filament. Image B shows a shorter filament with a central structure. Image C shows a shorter filament with a central structure. Image D shows a shorter filament with a central structure. Image E shows a shorter filament with a central structure.	<p>(A, B, C, D, E)</p> <ul style="list-style-type: none"> -memiliki filamen yang menyatu dengan mucilage -filamen terdiri atas sel yang berbentuk oval -Dalam trichom terdapat akinet

Sumber : Sulastrri (2014)

Keterangan: *Anabaena affinis* (A), *Anabaena sp.* (B),
Anabaena aphanizomenon (C), *Anabaena sp.* (D),
Anabaena sp. (E)

Gambar 2.9 Gambar Contoh Fitoplankton



Sumber : Sulastris (2014)

Keterangan: *Nodularia sp.* (A), *Cyindrospermopsis raciborskii* (B), *Cyindrospermopsis sp.* (C)

Gambar 2.10 Gambar Contoh Fitoplankton

(A)

-Memiliki trichom soliter berbentuk lurus atau sedikit membelok

-Trichom menyatu dengan mucilage

-Sel individu berukuran pendek dan tidak melebihi lebarnya

(B,C)

-Memiliki trichom soliter berbentuk lurus, menggulung, atau bengkok

Dst.

5. Pyrrophyta

Pyrrophyta terdiri atas jenis-jenis kelas Dinopyceae atau dinoflagelata.

Dinoflaelata memiliki flagella yang digunakan untuk berenang.

Tabel 2.5 Contoh jenis fitoplankton Pyrrophyta

Gambar	Karakteristik
	<p>(A,B,C,E)</p> <p>-Sel berbentuk bulat atau bulat telur</p> <p>-Permukaan dorsal berbentuk cembung, ventral berbentuk cekung</p> <p>(D)</p> <p>-Sel memiliki tanduk satu di bagian anterior dan 2 atau 3 di posterior</p>

Keterangan: *Peridinium sp.* (A), *Peridinium cinctum* (B,C,E), *Ceratium herudinella* (D)


Gambar 2.11 Gambar Contoh Fitoplankton.

Dst.

6. Euglenophyta

Fitoplankton sel tunggal yang memiliki kloroplas hijau terang dan beberapa ada yang gelap. Kloroplas terdiri atas pigmen klorofil a dan b serta karotenoid. Beberapa jenis ada yang memiliki flagella yang tertanam dalam kerongkongan anterior.

Tabel 2.6 Contoh jenis fitoplankton Euglenophyta

Gambar	Karakteristik
	<p>(A,B,E)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sel tunggal bentuk silinder bergelombang/oval -Bentuk badan meruncing (posterior), bentuk kerongkongan (anterior) -Sel berwarna hijau karena ada kloroplas dan beberapa sel berwarna merah karena ada karotenoid <p>(C,D,F,G)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sel soliter bentuk oval dan sebagian spiral -Bagian anterior membulat dan anterior memiliki ekor dengan bentuk variasi (lurus, bengkok, panjang dan pendek)
<p>Sumber: Saraswati (2017)</p> <p>Keterangan: <i>Euglena acus</i> (A), <i>Euglena sp.</i> (B), <i>Phacus orbicularis var. caudatus</i> (C,F), <i>P.longicauda</i> (D), <i>Euglena sp.</i> (E), <i>Phacus chloroplastes</i> (G),</p> <p>Gambar 2.12 Gambar Contoh Fitoplankton.</p>	
Dst.	

2.2.3 Manfaat Fitoplankton

Fitoplankton hidup diperairan sungai, rawa atau laut bukan tanpa alasan. Fitoplankton memiliki peran diperairan sebagai penghasil produk biomassa (Husma, 2017). Produk biomassa dihasilkan dari proses fotosintesis yang dilakukan oleh fitoplankton. Selama proses fotosintesis, fitoplankton membutuhkan larutan nutrient di perairan dan cahaya matahari sehingga mereka membentuk molekul-molekul karbon yang kompleks. Produk biomassa yang dihasilkan fitoplankton memberikan manfaat bagus untuk perairan beserta makhluk hidup penghuninya.

Manfaat lain fitoplankton yaitu mampu mendaur ulang nutrient-nutrient primer. Mereka mampu mengabsorpsi nutrient-nutrient primer di perairan seperti urea, amoniak, nitrat, phospat, potassium, dan metal (besi, magnesium, zink,

tembaga) sebagai sumber carbon. Sumber carbon kemudian diolah untuk membantu proses fotosintesis.

Mikroalga atau fitoplankton mengandung nutrisi seperti mikro nutrient, minyak, dan makro nutrient (protein, karbohidrat dan asam lemak esensial). Selain itu mereka juga mengandung pigmen esensial yang diperlukan oleh ikan dan invertebrate untuk memberikan pewarnaan dan kesehatan. Pigmen esensial fitoplankton meliputi astaxanthin, zeaxanthin, chlorophyll, phycocyanin, dst (Husma, 2017). Selain bermanfaat bagi perairan dan makhluk hidup yang hidup di sana, fitoplankton juga memberikan manfaat bagi manusia. Beberapa jenis fitoplankton salah satunya adalah spirulina dimanfaatkan menjadi makanan kesehatan oleh manusia. Pemanfaatannya lainnya adalah fitoplankton dijadikan sebagai produk minyak, produk bahan kimia, produk obat-obatan, produk polisakarida.

2.2.4 Syarat-syarat Hasil Penelitian sebagai Sumber Belajar

Sumber belajar berasal dari dua kata yaitu sumber dan belajar. Sumber memiliki makna yang berarti awal mula atau asal atau bahan, sedangkan belajar merupakan suatu kegiatan untuk mencari pengalaman sebanyak-banyaknya. Maka, sumber belajar merupakan bahan yang dibuat untuk memfasilitasi siswa memperoleh pengalaman sebanyak-banyaknya (Santrianawati, 2018). Pendapat lain mengenai sumber belajar ialah sistem yang diciptakan secara sengaja yang terdiri atas kumpulan bahan atau sebuah situasi sehingga mampu menunjang kegiatan belajar siswa secara individu (Prastowo, 2018).

Hasil penelitian yang diperoleh oleh peneliti dapat dimanfaatkan menjadi sumber belajar, namun pemanfaatan hasil penelitian sebagai sumber belajar harus

memenuhi beberapa syarat. Syarat-syarat hasil penelitian yang dijadikan sebagai sumber belajar menurut Suhardi (2012) dalam (Munajah dan Susilo, 2015) ada enam yaitu: (1) kejelasan potensi; (2) kejelasan tujuan; (3) kejelasan sasaran; (4) kejelasan informasi yang diungkap; (5) kejelasan pedoman eksplorasi; dan (6) kejelasan perolehan yang diharapkan.

Syarat kejelasan potensi yaitu fakta-fakta dan konsep-konsep dari hasil penelitian harus dicapai dalam kurikulum dengan mempertimbangkan ketersediaan objek dan permasalahan, syarat kejelasan tujuan yaitu hasil penelitian harus sesuai dengan kompetensi dasar (KD) pada kurikulum 2013, syarat kejelasan sasaran yaitu subjek penelitian dan objek penelitian, syarat kejelasan informasi yang diungkap yaitu proses dan produk penelitian harus disesuaikan dengan kurikulum, syarat kejelasan pedoman eksplorasi yaitu meliputi prosedur kerja dalam penelitian berupa sampel penelitian, alat dan bahan, cara kerja, pengolahan data dan kesimpulan, serta syarat kejelasan perolehan yang diharapkan yaitu proses dan produk penelitian dapat digunakan sebagai sumber belajar dengan melihat aspek tujuan belajar (perolehan kognitif, afektif dan psikomotorik).

Tabel 2.7. Syarat dan Deskripsi Syarat Pemanfaatan Hasil Penelitian sebagai Sumber Belajar

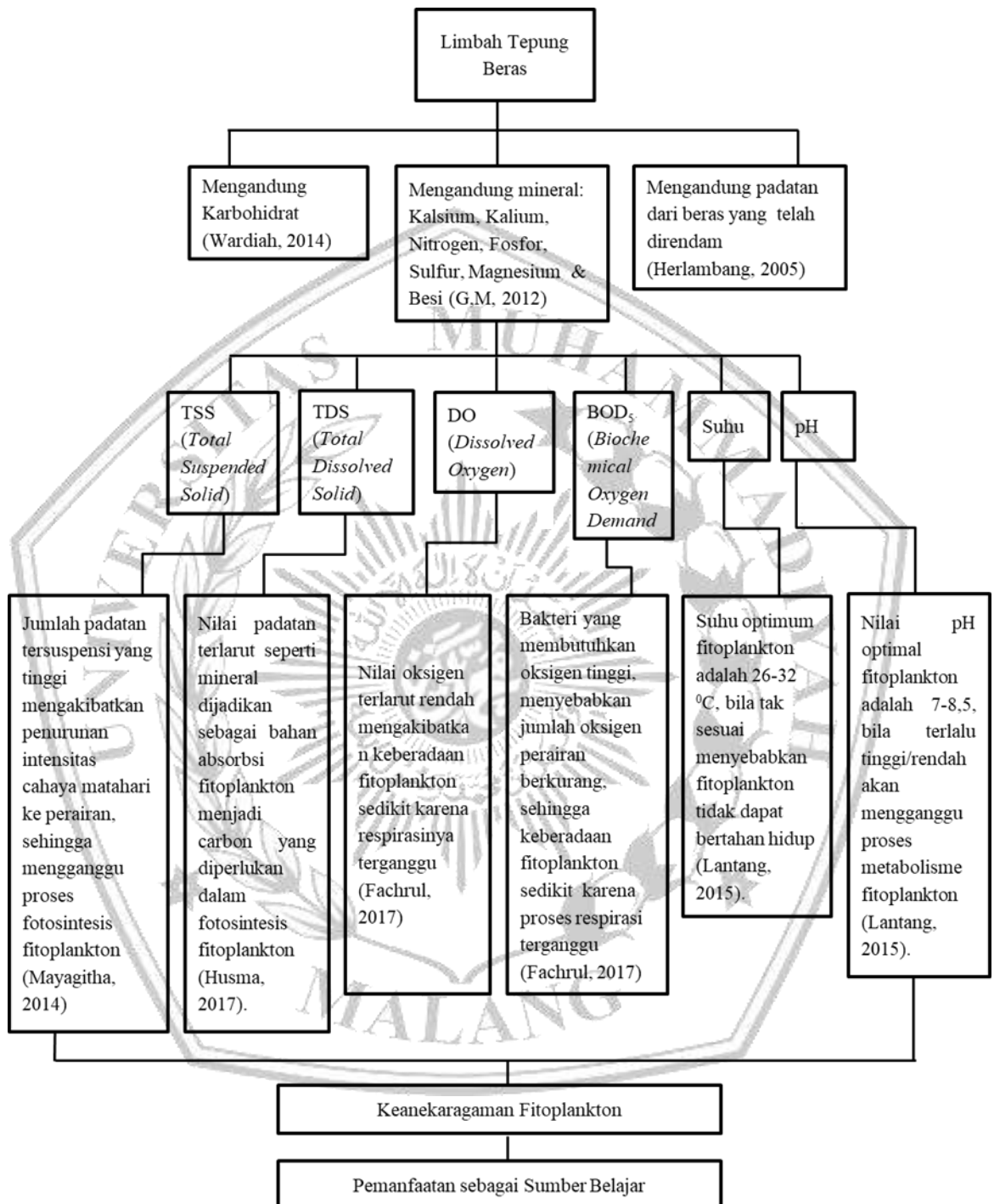
No	Syarat Pemanfaatan Hasil Penelitian sebagai sumber Belajar	Deskripsi Syarat
1.	Kejelasan Potensi	Fakta-fakta dan konsep-konsep dari hasil penelitian harus dicapai dalam kurikulum dengan mempertimbangkan ketersediaan objek dan permasalahan.
2.	Kejelasan Tujuan	Hasil penelitian harus sesuai dengan kompetensi dasar (KD) pada kurikulum 2013.
3.	Kejelasan Sasaran	Kejelasan sasaran kejelasan penelitian adalah objek dan subjek penelitian.
4.	Kejelasan Informasi yang Diungkap	Kejelasan informasi yang diungkap yaitu proses dan produk penelitian harus disesuaikan dengan kurikulum.
5.	Kejelasan Pedoman Eksplorasi	Kejelasan pedoman eksplorasi yaitu meliputi prosedur kerja dalam penelitian berupa sampel

6. Kejelasan Perolehan yang Diharapkan	penelitian, alat dan bahan, cara kerja, pengolahan data dan kesimpulan. Kejelasan perolehan yang diharapkan yaitu proses dan produk penelitian dapat digunakan sebagai sumber belajar dengan melihat aspek tujuan belajar (perolehan kognitif, afektif dan psikomotorik)
--	---



2.4 Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual dalam penelitian ini dapat dilihat pada bagan 1 berikut.



Bagan 2.1. Kerangka Konseptual

2.5 Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah dan studi pustaka di atas dapat dirumuskan hipotesis dalam penelitian ini adalah:

1. Terdapat hubungan sebab-akibat antara sifat fisika-kimia Sungai Kwangen Kabupaten Mojokerto yang tercemar limbah tepung beras dengan keanekaragaman fitoplankton.

