

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ekologi dalam Islam

Ekologi merupakan ilmu tentang hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan sesamanya dan dengan benda-benda tidak hidup di sekitarnya. Ekologi juga merupakan ilmu dasar untuk mempertanyakan dan memahami bagaimana alam bekerja, bagaimana keberadaan makhluk hidup dalam sistem kehidupan, bagaimana individu-individu dalam spesies itu beradaptasi dan mengalami pertumbuhan sebagai bagian dari populasi atau komunitas. Semuanya ini berlangsung dalam suatu proses yang mengikuti tatanan, prinsip dan ketentuan alam yang rumit, tetapi cukup teratur, yang dengan ekologi dapat berusaha untuk memahaminya (Winarno, 1992).

Islam merupakan agama utama yang memainkan sebuah peran penting pada konservasi dan pendidikan di dalam manajemen sumber daya alam. Hal tersebut ditujukan untuk menggali ilmu pengetahuan tentang keragaman hayati dengan cara memanfaatkan pengetahuan lokal, membangun kepercayaan diri masyarakat serta berbagi dan bertukar informasi melalui "pendidikan konservasi, yaitu pendidikan rasa tanggung-jawab terhadap lingkungan secara berkelanjutan yang mengajarkan keseimbangan antara kebutuhan manusia dan kelangsungan hidup makhluk lainnya. Manusia sebagai komponen populasi mempunyai peranan yang besar dalam memanfaatkan, mengelola dan mengendalikan fenomena yang terjadi di alam. Maka

manusia bertanggung jawab terhadap keberlanjutan ekosistem karena manusia diciptakan sebagai khalifah (Nahdi, 2008).

2.1.1 Pentingnya Menjaga Kelestarian Lingkungan

Lingkungan hidup merupakan anugerah yang diberikan oleh Allah SWT. kepada seluruh makhluk ciptaan-Nya untuk dimanfaatkan secara baik. Lingkungan harus dijaga dan dilestarikan sebagai wujud kepedulian untuk memmanifestasikan rasa cinta dan sayang terhadap ciptaan Allah SWT. Agama Islam mengajarkan tentang pemeliharaan lingkungan hidup yang harus diimplementasikan dalam sikap dan perilaku manusia untuk tidak membuat kerusakan di bumi (Suriyani dan Kotijah, 2013).

Allah telah memperingatkan manusia agar tidak membuat kerusakan di muka bumi dalam al-Qur'an surat al-A'raaf/7 ayat 56:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

"Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah Amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik" (Qs. al-A'raaf /7 : 56).

Menurut Al-Jazairi (2007), menyatakan bahwa kata (ولا تفسدوا في الأرض) "Wala laa tufsiduu fil ardh" mengandung arti jangan berbuat kerusakan di muka bumi dengan berbuat syirik dan maksiat setelah adanya islah (perbaikan) melalui tauhid dan ketaatan. Kemaksiatan ini mencakup segala perkara yang haram, seperti

membunuh manusia dan hewan, merusak tanaman, merusak pikiran, dan segala perbuatan dosa-dosa besar lainnya.

Ayat di atas menjelaskan tentang larangan untuk merusak bumi. Pengrusakan merupakan salah satu bentuk pelampauan batas. Alam raya telah diciptakan Allah SWT. dalam keadaan yang sangat harmonis, serasi, dan memenuhi kebutuhan makhluk. Allah telah menjadikannya baik, bahkan memerintahkan hamba-hamba-Nya untuk memperbaikinya. Merusak setelah diperbaiki, jauh lebih buruk daripada merusaknya sebelum diperbaiki, atau pada saat dia buruk. Karena itu, ayat ini secara tegas menngaris bawah larangan tersebut, walaupun tentunya memperparah kerusakan atau merusak yang baik juga amat tercela (Shihab, 2002).

Tatanan lingkungan hidup (ekosistem) yang diciptakan Allah itu mempunyai hukum keseimbangan (equilibrium). Hubungan timbal balik antara manusia dengan komponen-kompenen alam harus berlangsung dalam batas keseimbangan. Apabila terjadi gangguan terhadap keseimbangan dalam lingkungan hidup (ekosistem), maka akan mengakibatkan adanya kerusakan lingkungan fisik, ekonomi, sosial dan budaya (Suriyani dan Kotijah, 2013).

Jumlah logam berat dalam suatu lingkungan bisa berkurang atau bertambah, hal ini tidak terlepas dari aktivitas manusia yang dapat mencemari lingkungan dan akhirnya merugikan manusia itu sendiri. Allah telah menciptakan unsur logam berat dengan kadar yang seimbang di alam. Seperti yang telah tercantum dalam surat al-Mulk/67 ayat 3 :

الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَوَاتٍ طِبَاقًا مَّا تَرَىٰ فِي خَلْقِ الرَّحْمَنِ مِن تَفَوُّتٍ فَارْجِعِ الْبَصَرَ هَلْ تَرَىٰ
مِن فُطُورٍ ﴿٦٧﴾

"Yang telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. kamu sekali-kali tidak melihat pada ciptaan Tuhan yang Maha Pemurah sesuatu yang tidak seimbang. Maka lihatlah berulang-ulang, Adakah kamu Lihat sesuatu yang tidak seimbang?" (Qs. al- Mulk/67 : 3).

Menurut Shihab (2002) dalam *Tafsir Al-Mishbah*, kata (تفاوت) *tafaawut* pada mulanya berarti kejauhan. Dua hal yang berjauhan mengesankan ketidakserasian atau ketidakseimbangan. Bahwa Allah menciptakan langit bahkan seluruh makhluk dalam keadaan seimbang sebagai rahmat, karena seandainya ciptaan-Nya tidak seimbang, maka tentulah akan terjadi kekacauan antara yang satu dengan lainnya yang akan mengganggu kenyamanan hidup manusia di bumi ini. Demikian Allah mengatur rincian ciptaan-ciptaan-Nya sehingga masing-masing menuju kepada tujuannya.

Kerusakan lingkungan di darat dan lautan akibat perbuatan manusia seperti halnya peristiwa menyemburnya lumpur lapindo yang pembuangannya dialirkan ke laut yang itu semua akan menimbulkan dampak terhadap ekosistem perairan. Hal tersebut telah dijelaskan dalam al-Qur'an surat al-Ruum/30 ayat 41:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ



"Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar) "(Qs. Al-Ruum/30: 41).

Menurut Shihab (2002) dalam Tafsir Al-Mishbah, kata (ظهر) *zhahara* pada mulanya berarti terjadinya sesuatu di permukaan bumi secara nampak dan terang serta diketahui dengan jelas. Kata (الفساد) *al-fasaad* adalah keluarnya sesuatu dari keseimbangan, baik sedikit maupun banyak di daratan dan di lautan sehingga kekurangan manfaat. Laut tercemar, sehingga biota mati dan hasil laut berkurang. Daratan semakin panas sehingga terjadi kemarau panjang. Hal tersebut menyebabkan keseimbangan lingkungan menjadi kacau.

Alam raya telah diciptakan Allah dalam satu sistem yang sangat serasi dan sesuai dengan kehidupan manusia. Tetapi mereka melakukan kegiatan buruk yang merusak, sehingga terjadi kepincangan dan ketidakseimbangan dalam sistem kerja alam. Ketiadaan keseimbangan di darat dan di laut, mengakibatkan siksaan pada manusia. Allah menciptakan semua makhluk saling berkaitan, sehingga lahir keserasian dan keseimbangan. Apabila terjadi gangguan pada keharmonisan dan keseimbangan, maka kerusakan terjadi yang pasti berdampak pada seluruh bagian alam termasuk manusia (Shihab, 2002).

2.1.2 Konsep Kembali Ke Alam

Menurut Ali (2009) dalam *Tafsir Yusuf Ali*, kalimah (لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ) “*La'allahum Yarji'un*” mengandung makna bahwa tujuan terakhir keadilan Tuhan dan hukuman-Nya ialah memperbaiki manusia dari kerusakan dan mengembalikannya kepada asalnya seperti ketika diciptakan. Dalam konteks Ekologi hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan komponen alam harus

berlangsung dalam batas keseimbangan agar tetap terjaga kelestariannya. Agama Islam telah mengajarkan tentang pemeliharaan lingkungan hidup yang sesuai dengan konsep kembali ke alam (لَعَلَّهم يرجعون) yaitu penyadaran manusia akan tugasnya sebagai hamba Allah, bahwa alam semesta dengan segala isinya adalah kepunyaan Allah. Untuk itu manusia dilarang melakukan pengrusakan sebagai wujud ketundukan dan kepatuhan kepada-Nya (Suriyani dan Kotijah, 2013).

Green technology atau teknologi hijau merupakan sebuah upaya pengembangan dan implementasi yang memadukan disiplin ilmu teknik, sistem produk dan sistem proses untuk memenuhi kebutuhan manusia yang berkelanjutan. Peningkatan kesejahteraan tidak hanya memperhatikan kondisi sekarang tetapi juga harus memperhatikan lingkungan dan kepentingan generasi yang akan datang. Penerapan teknologi hijau berarti memperhatikan aspek nilai tambah, aspek keuntungan secara ekonomis dan keuntungan terhadap sosial dan lingkungan (Susanto, 2013).

Green technology merupakan cara untuk melaksanakan teknologi hijau dalam pengurusan dan cara untuk menyelesaikan aktivitas-aktivitas manusia yang memberi kesan negatif kepada alam sekitar dalam dunia Islam. Islam menyuruh manusia untuk berbuat baik kepada alam dan tidak menyalahgunakan amanah yang telah diembankan kepada manusia, agar bertanggung jawab dalam melindungi dan mengekalkan ciptaan Allah yang seimbang (Yusof *et al*, 2013).

Demikianlah tuntunan Allah bagaimana seharusnya sikap manusia terhadap lingkungan hidupnya dan Allah telah menjanjikan pahala yang tiada taranya bagi

yang senantiasa memelihara dan melestarikan lingkungan hidup serta tidak membuat kerusakan. Jika semua manusia bersikap terhadap lingkungan hidup sesuai tuntunan Allah dapat dipastikan bahwa manusia tidak akan ditimpa malapetaka akibat ulahnya sendiri (Romly, 2003; Nadlirin, 2010).

2.2 Lingkungan Perairan

Menurut Rachmawatie (2009), menyatakan bahwa wilayah pesisir di Indonesia sangat potensial, karena merupakan lokasi perdagangan, transportasi, perikanan tangkap, budidaya perairan, industri, pertambangan dan pariwisata. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kondisi lingkungan pesisir di antaranya pertumbuhan penduduk, kegiatan-kegiatan manusia, sedimentasi, ketersediaan air bersih dan pencemaran. Baik buruknya suatu perairan dipengaruhi oleh kegiatan di sekitarnya. Sering kali kegiatan yang ada dapat menurunkan kualitas air yang pada akhirnya akan mengganggu kehidupan biota air. Banyak cara yang digunakan untuk memantau kualitas air, baik secara kimia, fisika, atau biologis (Wardhana, 1999).

Muara sungai Porong adalah area pembuangan lumpur Lapindo. Masukan buangan ke dalam muara sungai akan mengakibatkan terjadinya perubahan faktor fisika, kimia, dan biologi di dalam perairan. Perubahan ini dapat mempengaruhi keberadaan bahan-bahan yang esensial dalam perairan sehingga dapat mengganggu lingkungan perairan dan mempengaruhi struktur komunitas Benthik (Insafitri, 2010).

Air di dalam al-Qur'an disebut sebagai sumber kehidupan. Allah menciptakan segala sesuatu seperti manusia, hewan dan tumbuh-tumbuhan dari air, yang mana kehidupan makhluk tersebut dapat terjaga dengan air. Alqur'an menegaskan bahwa posisi vital air dalam bumi yang menjadi pembeda dengan planet - planet lainnya di Tata Surya (solar system). Air di bumi membungkus sekitar 71 persen dari permukaan yang ada sehingga bumi menjadi planet biru. Keberadaan air yang sangat vital itu, membuat proteksi islam atas air dari pencemaran sangat tegas (Abdullah, 2010).

2.3 Peristiwa Lumpur Lapindo



Gambar 2.3 Semburan Lumpur Panas Lapindo (Herawati, 2007).

Semburan dan luapan lumpur panas di Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo yang terjadi sejak tanggal 29 Mei 2006 hingga saat ini masih terus berlanjut dan belum ada tanda-tanda bahwa fenomena alam ini akan berhenti dalam waktu dekat. Sesuai dengan Prepres 14/2007 beserta perubahannya, luapan Lumpur Sidoarjo

harus dialirkan ke Laut Selat Madura melalui Kali Porong. Besarnya volume lumpur yang keluar dari pusat semburan sangat besar pada tahun 2006 menyebabkan kepanikan yang tak kunjung usai, sehingga dengan rapid assesment ditentukan bahwa lumpur harus di buang ke Laut Selat Madura melalui Kali Porong (Harnanto, 2011).

Menurut Haeruman (1984) dalam Parawita, dkk (2009), adanya pembuangan Lumpur Lapindo yang dialirkan ke laut melalui Muara Sungai Porong diperkirakan akan mempengaruhi perubahan pada kualitas dan kuantitas air. Kesalahan akibat perbuatan manusia itu, bisa jadi karena kurang memahami alam, kurang memiliki kesadaran lingkungan atau justru karena keserakahan manusia itu sendiri. Kerusakan akibat kesalahan manusia itu dapat menimbulkan malapetaka, bencana yang dasyat dan marabahaya mengerikan yang mengancam kehidupan dan kelestarian alam (Rossidy, 2008).

Menurut Harnanto (2011), Lumpur Lapindo Sidoarjo mengandung CaO sebesar 1,78-2,67%, Al₂O₃ sebesar 17,96-19,96%, SiO₂ sebesar 44,49-49,72%, Fe₂O₃ sebesar 4,95-6,02% dan kandungan unsur logam berat lain (Cu, Pb dan Zn) yang ekstrim. Hasil penelitian Badan Pengkajian dan Pengembangan Teknologi (BPPT) juga menemukan bahwa kandungan bahan kimia lumpur yang menyembur di Porong, Sidoarjo, itu antara lain *phenol*, sejenis alkohol yang sangat mudah terbakar, dan senyawa *chlor* yang berpotensi menjadi racun jika menjadi gas klorida. Kandungan sulfur (belerang) pada lumpur Lapindo yang cukup banyak baik yang berbentuk gas (seperti gas H₂S atau hidrogen sulfida) diprediksi akan menimbulkan efek negatif terhadap LASTON (Bowoputro dkk, 2009).

2.4 Logam Berat

2.4.1 Pengertian Logam Berat

Logam berat merupakan unsur esensial yang sangat dibutuhkan setiap makhluk hidup, namun beberapa di antaranya (dalam kadar tertentu) bersifat racun. Logam berat Cu merupakan unsur logam berat yang bersifat esensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun jika jumlahnya berlebih dapat menimbulkan efek racun. Sedangkan logam berat Pb termasuk salah satu golongan logam berat non-esensial sehingga jika masuk ke dalam tubuh organisme hidup akan dapat bersifat racun (Juniawan, 2013).

2.4.2 Logam Timbal (Pb)

Menurut Juniawan (2013), timbal (Pb) merupakan salah satu golongan logam berat non-esensial sehingga jika masuk ke dalam tubuh organisme hidup akan dapat bersifat racun. Keracunan logam berat yang ditimbulkan oleh persenyawaan logam Pb dapat terjadi karena masuknya persenyawaan logam tersebut ke dalam tubuh. Proses masuknya Pb ke dalam tubuh dapat melalui beberapa jalur, diantaranya makanan dan minuman, udara dan penetrasi atau perembesan pada selaput atau lapisan kulit. Konsentrasi Pb yang mencapai 188 mg/L dapat membunuh ikan-ikan yang terdapat di badan perairan (Febryanto, 2011).

Timbal merupakan logam berat beracun yang dapat dideteksi secara praktis pada seluruh benda mati di lingkungan dan seluruh sistem biologis. Logam ini merupakan racun yang mudah terakumulasi dan akan mengalami peningkatan jumlah

dalam tubuh, hingga akhirnya mencapai suatu titik dimana telah terjadi kerusakan sistem tubuh. Timbal juga terdapat di udara bebas sebagai akibat dari penggunaan bahan bakar kendaraan dan industri yang tidak bebas timbal (Fachrullah, 2011).

2.4.3 Sifat Timbal (Pb)

Menurut Sunu (2011), timbal (Pb) merupakan logam yang amat beracun, tidak dapat dimusnahkan serta tidak terurai menjadi zat lain. Oleh karena itu, apabila timbal terlepas ke lingkungan akan menjadi ancaman bagi makhluk hidup. Timbal banyak digunakan untuk berbagai keperluan industri. Hal tersebut dikarenakan, timbal (Pb) mempunyai sifat-sifat antara lain:

- 1) Merupakan logam yang lunak sehingga mudah diubah menjadi berbagai bentuk.
- 2) Mempunyai titik cair yang rendah sehingga bila digunakan dalam bentuk cair dibutuhkan teknik yang cukup sederhana
- 3) Mempunyai densitas lebih tinggi di bandingkan dengan logam lainnya, kecuali merkuri dan emas (Sunu, 2001).

Timbal juga mempunyai sifat-sifat sebagai berikut (Palar, 1994):

- 1) Merupakan logam yang tahan terhadap peristiwa korosi atau karat, sehingga timbal sering digunakan sebagai bahan lapisan pelindung.
- 2) Merupakan penghantar listrik yang baik.
- 3) Mempunyai titik lebur rendah, hanya 327,5°C

2.4.4 Toksisitas Logam Berat

Toksisitas timbal pada berbagai organ diperantarai melalui beberapa mekanisme meliputi inaktivasi enzim dan makromolekul lain melalui ikatan dengan sulfhidril, phosphate dan carboxyl dan interaksi dengan kation, terutama kalsium, zinc dan besi. Proses patologis dapat terjadi di membran sel dan mitokondria, fungsi dan sintesis neurotransmitter, sintesis heme, status redox selular dan metabolisme nukleotida. Efek buruk dapat timbul pada syaraf, ginjal, saluran cerna, hematopoesis, reproduksi dan system kardiovaskular (Viramedika, 2008).

Timbal atau timah hitam biasanya digunakan dalam produksi baterai, solder, dan alloy. Senyawa organolead adalah tetraetil dan tetrametil timbal juga digunakan antiknock dan lubrikans pada bensin. Unsur ini sangat berbahaya terhadap kesehatan manusia karena cenderung untuk berakumulasi dalam jaringan tubuh manusia dan dapat meracuni sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi. Timbal dapat juga terakumulasi pada tulang (Waluyo, 2009). Menurut Manahan (2002) menyatakan bahwa, Pb merupakan logam berat non esensial yang harus diberi perhatian serius keberadaannya di lingkungan akuatik karena sifat toksisitasnya yang tinggi terhadap organisme. Pb memiliki resiko membahayakan bila memasuki lingkungan yang berkondisi meningkatkan kelarutannya.

Menurut Darmono (2001), timbal merupakan suatu logam toksik yang bersifat kumulatif, toksisitasnya mempengaruhi organ antara lain yaitu :

1. Timbal mempengaruhi sistem hemopoietik (darah), dengan memperlambat pematangan normal sel darah merah (eritrosit) dalam sumsum tulang yang

menyebabkan terjadinya anemia, menghambat produksi Hb, dan mempengaruhi kelangsungan hidup sel darah merah.

2. Timbal mempengaruhi sistem syaraf, dengan menimbulkan kerusakan pada otak.
3. Timbal mempengaruhi sistem ginjal, dapat mengakibatkan kerusakan pada ginjal yaitu terjadinya kelebihan asam amino dalam urine.
4. Timbal mempengaruhi sistem Gastrointestinal, dapat mengakibatkan kurangnya nafsu makan, gangguan pencernaan, gangguan epigastrik setelah makan, sembelit dan diare.
5. Timbal mempengaruhi sistem Kardiovascular, dapat mengakibatkan kerusakan miokardial.
6. Timbal mempengaruhi sistem Reproduksi dan Endokrin, dapat mengakibatkan efek reproduktif meliputi berkurangnya tingkat kesuburan bagi wanita maupun pria yang terkontaminasi timbal, logam tersebut juga dapat melewati placenta sehingga dapat menyebabkan kelainan pada janin berupa cacat pada bayi dan menimbulkan berat badan lahir rendah serta prematur. Timbal juga dapat menyebabkan kelainan pada fungsi tiroid dengan mencegah masuknya iodin.

2.5 Baku Mutu Air

Meningkatnya berbagai usaha atau kegiatan yang menimbulkan pencemaran air, pencemaran udara, kerusakan lahan atau tanah, dan meningkatnya pengaduan masyarakat terkait adanya dugaan pencemaran dan perusakan lingkungan hidup pada

pemerintah provinsi, diperlukan pengelolaan lingkungan hidup yang optimal agar masyarakat mendapatkan lingkungan hidup yang baik dan sehat. Oleh karena itu, pemerintah provinsi perlu memberikan pelayanan dasar sesuai dengan standar pelayanan minimal bidang lingkungan hidup (Witoelar, 2008).

Tabel 2.5 Baku Mutu Kualitas Air DAS Berdasarkan PP.No.82 Tahun 2001

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu
A	FISIKA		
1	Zat Terlarut/ TDS	mg/l	1000
2	Zat Tersuspensi	mg/l	50
3	Suhu	°C	deviasi 3
B	KIMIA		
1	pH	-	6-9
2	Oksigen Terlarut (DO)	mg/l	4
3	BOD	mg/l	3
4	COD	mg/l	25
5	Nitrat/ NO ₃	mg/l	10
6	Fosfat/ PO ₄	mg/l	0,2
7	Raksa (Hg)	mg/l	2
8	Arsen (As)	mg/l	1
9	Kadmium (Cd)	mg/l	0,01
10	Tembaga (Cu)	mg/l	0,02
11	Timbal (Pb)	mg/l	0,03
12	Seng (Zn)	mg/l	0,05
C	MIKROBIOLOGI		
1	Total Coli	koloni/100 ml	5000
D	KIMIA ORGANIK		
1	Minyak dan Lemak	µg/l	1000
2	Fenol	µg/l	1

Sumber: (Witoelar, 2008).

2.6 Pencemaran Lingkungan Perairan

Pencemaran terhadap badan air salah satunya adalah tergantung dari sumber pencemar yang dapat memasuki badan air. Sumber pencemar badan air dapat berupa sumber domestik yang merupakan sampah yang sehari-hari dihasilkan akibat kegiatan

manusia secara langsung seperti sampah rumah tangga, dan sumber non domestik yang merupakan sampah yang sehari-hari dihasilkan akibat kegiatan manusia, tetapi secara langsung seperti sampah dari pabrik. Baik secara langsung maupun tidak langsung kedua pencemar tersebut mempengaruhi kualitas air (Waluyo, 2009).

Dua faktor lingkungan yang mempengaruhi kehidupan makhluk hidup yaitu faktor biotik dan abiotik. Faktor biotik adalah organisme dan mikroorganisme, sedangkan faktor abiotik antara lain meliputi; tanah, air, cahaya, suhu, kelembaban, pH, angin, iklim, mineral, dan lain-lain. Faktor-faktor itu semua dalam keadaan seimbang atau dalam suatu ukuran yang memang ditetapkan oleh Allah. Keseimbangan itu harus selalu dijaga agar kelangsungan kehidupan dapat dipertahankan (Rossidy, 2008).

Kesalahan dalam memperlakukan alam akan mengganggu keseimbangan dan menyebabkan kerusakan yang mengancam kehidupan. Hubungan yang tidak harmonis antara manusia dengan alam sekitar sehingga terjadi kerusakan alam. Kerusakan tersebut akibat dari perbuatan manusia itu sendiri. Kerusakan di darat dapat berupa pencemaran lingkungan, baik pencemaran air, udara, maupun tanah yang semuanya akibat ulah tangan-tangan jahil manusia (Rossidy, 2008).

2.7 Bioremediasi Logam Berat

Pencemaran lingkungan oleh logam berat merupakan masalah yang perlu ditangani secara serius. Salah satu alternatif pemisahan logam dari air buangan industri dengan biaya lebih murah adalah dengan menggunakan alga sebagai

penyerap. Alga mempunyai kemampuan mengikat ion logam yang cukup tinggi, (Hastuti, 2006).

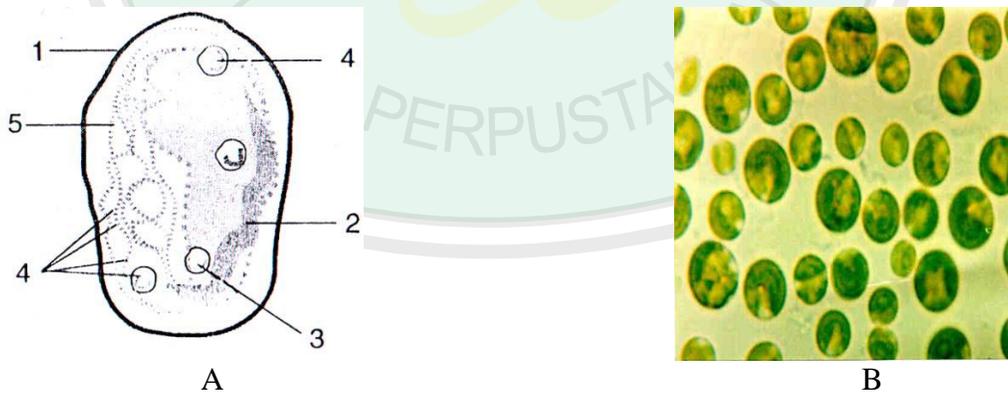
Metode alternatif yang dapat digunakan untuk penanggulangan limbah logam berat adalah dengan bioremediasi. Bioremediasi adalah pemulihan lingkungan menggunakan makhluk hidup, seperti tanaman dan mikroorganisme. Bioremediasi dinilai lebih ekonomis dibandingkan proses fisika dan kimia. Mikroorganisme seperti bakteri, fungi dan alga dapat hidup di daerah tercemar logam berat dan dapat menyerap, menyimpan, mendetoksifikasi, atau menghilangkan logam berat. Proses penyerapan logam berat secara umum oleh mikroorganisme disebut biosorpsi. Biosorpsi logam berat oleh mikroorganisme dapat terjadi melalui dua proses, yaitu secara pasif (adsorpsi) dan secara aktif (absorpsi) (Fatriyah, 2007).

Manusia sebagai *Khalifah* diemiliki peran utama bumi memiliki peran utama dalam menjaga keseimbangan dan kelestarian alam. Agar dapat memainkan peranannya dengan baik maka ia perlu mempelajari tentang interaksi antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Dengan demikian manusia dapat mengetahui cara untuk menjaga keseimbangan dan kelestariannya, atau bahkan menanggulangi jika terjadi kerusakan (Rossidy, 2008).

2.8 *Chlorella* sp.

2.8.1 Struktur Morfologi *Chlorella* sp.

Chlorella sp. adalah salah satu jenis mikroalga yang mengandung klorofil serta pigmen lainnya untuk melakukan fotosintesis. Kata *Chlorella* berasal dari bahasa latin yaitu “Chloros” yang berarti hijau dan “ella” yang berarti kecil. Bentuk sel *Chlorella* bulat atau bulat telur, merupakan alga bersel tunggal (uniseluler) dan kadang-kadang bergerombol. Dinding selnya keras terdiri dari selulosa dan pektin. Sel ini memiliki protoplasma yang berbentuk cawan. *Chlorella* dapat bergerak tetapi sangat lambat sehingga pengamatan seakan-akan tidak bergerak. *Chlorella* bersifat kosmopolit yang dapat tumbuh dimana-mana, kecuali pada tempat yang sangat kritis bagi kehidupan. *Chlorella* masih dapat bertahan hidup pada suhu 40 °C. Kisaran suhu 25– 30 °C merupakan suhu yang optimal untuk pertumbuhan (Alim dan Kurniastuty, 1995).



Gambar 2.7 Struktur morfologi dan koloni *Chlorella* sp. (Alim dan Kurniastuty,1995).

Keterangan:

A: Struktur Morfologi *Chlorella* sp., yang terdiri dari:

1. Dinding sel

2. Kloroplas
3. Inti
4. Inklusi
5. Sitoplasma

B : Koloni *Chlorella* sp.

Chlorella sp. adalah alga uniselular yang berwarna hijau dan berukuran mikroskopis, berbentuk bulat, tidak mempunyai flagella sehingga tidak dapat bergerak aktif, dinding selnya terdiri dari selulosa dan pektin, tiap-tiap selnya terdapat satu buah inti sel dan satu kloroplast. *Chlorella* sp. merupakan alga yang kosmopolit, terdapat di air payau, air laut dan air tawar. *Chlorella* sp. memiliki kemampuan menyerap logam yang terlarut dalam air yang digunakan untuk membantu metabolisme ganggang hijau tersebut (Kumar dan Singh, 1976; Dewi, 2009).

2.8.2 Klasifikasi *Chlorella* sp.

Menurut Bougis (1979), *Chlorella* sp. merupakan alga hijau yang diklasifikasikan sebagai berikut:

Filum : Chlorophyta

Kelas : Chlorophyceae

Ordo : Chlorococcales

Famili : Chlorellaceae

Genus : *Chlorella*

Spesies : *Chlorella* sp.

2.8.3 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella* sp.

Menurut Bold dan Wynne (1985); Prabowo (2009), pertumbuhan *Chlorella* sp. dalam kultur dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain medium, nutrisi atau unsur hara, cahaya, temperatur, pH, dan salinitas. Cahaya merupakan sumber energi untuk melakukan fotosintesis. Cahaya matahari yang diperlukan oleh *Chlorella* sp. dapat digantikan dengan lampu TL atau tungsten. Berdasarkan habitat hidupnya *Chlorella* sp. dapat dibedakan menjadi *Chlorella* air tawar dan *Chlorella* air laut. *Chlorella* air tawar dapat hidup dengan kadar salinitas hingga 5 ppt, sementara *Chlorella* air laut dapat mentolerir salinitas antara 33-40 ppt. Kultur *Chlorella* sp. diperlukan temperatur antara 25-35°C (Taw, 1990; Prabowo, 2009).

Ekstrak Tauge merupakan salah satu sumber media alami yang dapat digunakan untuk media pertumbuhan mikroalga. Media tersebut mengandung unsur makro dan mikro, vitamin, mineral serta asam amino yang dibutuhkan bagi pertumbuhan mikroalga. Kisaran pH media kultur yang sesuai bagi *Chlorella* bergantung pada jenis media. pH yang sesuai untuk pertumbuhan *Chlorella* berkisar antara 4,5-9,3. Intensitas cahaya untuk *Chlorella* berkisar antara 1000-4000 lux (Prihantini, 2005).

Nutrisi yang diperlukan alga dalam jumlah besar adalah karbon, nitrogen, fosfor, sulfur, natrium, magnesium, kalsium. Sedangkan unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah relatif sedikit adalah besi, tembaga (Cu), mangan (Mn), seng (Zn), silikon (Si), boron (B), molibdenum (Mo), vanadium (V) dan kobalt (Co) (Chumadi, dkk. 1992).

2.8.4 Fase Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella* sp.

Pertumbuhan mikroalga secara umum dapat dibagi menjadi lima fase yang meliputi fase lag (adaptasi atau istirahat), fase eksponensial, fase penurunan kecepatan pertumbuhan (deklinasi), fase stasioner dan fase kematian. Fase lag penambahan jumlah densitas mikroalga sangat rendah atau bahkan dapat dikatakan belum ada penambahan densitas. Hal tersebut disebabkan karena sel-sel mikroalga masih dalam proses adaptasi secara fisiologis terhadap media tumbuh sehingga metabolisme untuk tumbuh menjadi lamban (Fachrullah, 2011).

Menurut Fachrullah (2011), fase eksponensial terjadi penambahan kepadatan sel mikroalga (N) dalam waktu (t) dengan kecepatan tumbuh (μ). Fase penurunan kecepatan tumbuh pembelahan sel mulai melambat karena kondisi fisik dan kimia kultur mulai membatasi pertumbuhan. Fase stasioner, faktor pembatas dan kecepatan pertumbuhan bersifat setimbang karena jumlah sel yang membelah dan yang mati sama. Fase kematian, kualitas fisik dan kimia kultur berada pada titik dimana sel tidak mampu lagi mengalami pembelahan.

Chlorella sp. mempunyai waktu generasi yang sangat cepat. Oleh karena itu dalam waktu yang relatif singkat, perbanyakan sel akan terjadi secara cepat, terutama jika tersedianya cahaya dan sumber energi yang cukup. Pola pertumbuhan berdasarkan jumlah sel dapat dikelompokkan menjadi lima fase yaitu fase tunda (lag phase), fase pertumbuhan logaritmik (log phase), fase penurunan laju pertumbuhan, fase stasioner dan fase kematian. Kelima fase tersebut dapat ditunjukkan dengan kurva jumlah sel vs waktu (Wijoseno, 2011).

2.8.5 Adsorpsi Logam Berat oleh *Chlorella* sp.

Proses adsorpsi atau penyerapan adalah suatu proses penyerapan dimana suatu molekul gas atau larutan yang disebut adsorbat terikat di dalam suatu padatan yang disebut adsorben. Proses adsorpsi ion logam pada alga melalui mekanisme pengikatan ion-ion logam oleh alga berlangsung melalui beberapa cara, seperti pertukaran ion, pembentukan kompleks dan adsorpsi (Fatriyah, 2007).

Proses adsorpsi terjadi dengan dua cara, pertama yaitu adsorpsi secara fisis yaitu terbentuknya ikatan antara adsorben dan adsorbat dengan gaya *Van der waals* yang bergantung pada jarak antar molekul dalam hal ini dinding sel bertindak sebagai adsorben dan logam sebagai adsorbat. Selain itu terjadi adsorpsi secara kimia melalui terbentuknya ikatan dengan sejumlah gugus kimia (hidroksil, karboksil, karbonil, dan gugus amino) yang terdapat dipermukaan sel mikroalga dan kedua adalah terjadinya pertukaran ion monovalen dan divalen seperti Na, Mg, dan Ca pada dinding sel digantikan oleh ion-ion logam berat (Kurniawan dan Aunurohim, 2014).

Menurut Dewi dan Gultom (2009), *Chlorella* sp. dapat tumbuh dan berkembang biak pada air yang tercemar, selain itu algae mempunyai kemampuan untuk menyerap logam-logam berat termasuk Cu dengan cara melakukan penyerapan melalui permukaan selnya, karena adanya proses adsorpsi. Pengambilan ion logam berat oleh *Chlorella* sp. secara selektif disebabkan oleh adanya ikatan yang kuat antara pasangan ion logam berat dan komponen sel, khususnya protein (Nakajima *et al.*, 1981).

Adsorpsi terjadi melalui dua proses, yakni pertukaran ion dan pengikatan ion logam berat oleh gugus fungsi yang terdapat pada permukaan sel. Dinding sel mikroalga umumnya terdiri atas selulosa yang memiliki gugus fungsional seperti hidroksil yang dapat berikatan dengan logam berat (Kauner dkk, 1997; Fauziyah, 2011).

Molekul-molekul kecil yang utama dalam tanaman, alga, dan jamur dirujuk sebagai peptida kaya sistein yang disebut fitokhelatin. Fitokhelatin berfungsi sebagai pembentuk kompleks dengan logam berat dalam tumbuhan dan sekaligus berfungsi sebagai bahan detoksifikasi tumbuhan terhadap logam berat. Jika tumbuhan tidak mampu mensintesis fitokhelatin, pertumbuhan akan terhambat dan dapat berujung pada kematian. Fitokhelatin disintesis dari suatu turunan tripeptida (*glutation*) yang tersusun dari glutamat, sistein, dan glisin. *Glutation* terdapat hampir pada seluruh sel. Jika dalam lingkungannya termediasi oleh ion-ion logam, maka *glutation* akan membentuk fitokhelatin sebagai peptida pengkhat logam, yang akan mengikat ion logam membentuk fitokhelatin-M yang selanjutnya akan diteruskan dan disimpan ke vakuola (Grill *et al.*, 1985).

2.9 Spektrofotometer Serapan Atom

Spektrofotometer serapan atom adalah suatu metode pengukuran kuantitatif suatu unsur yang terdapat dalam suatu cuplikan berdasarkan cahaya pada panjang gelombang tertentu oleh atom-atom bentuk gas dalam keadaan dasar (Sony, 2009). Spektrofotometer serapan atom digunakan untuk analisis kuantitatif unsur-unsur

logam dalam jumlah renik karena mempunyai kepakaan tinggi. Cara analisis dengan alat ini akan mendapatkan kadar total unsur dalam cuplikan. Analisis suatu logam tertentu dapat dilakukan dengan campuran unsur-unsur lain tanpa dilakukan pemisahan terlebih dahulu (Triani, 2006).

Jika cahaya dengan panjang gelombang resonansi dilewatkan nyala yanag mengandung atom-atom bersangkutan, maka sebagian cahaya itu akan diserap. Jauhnya penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom keadaan dasar yang berada dalam nyala. Hal ini merupakan dasar penentuan kuantitatif logam-logam dengan menggunakan SSA (Sony, 2009).