

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pencemaran Air

Air merupakan kebutuhan yang sangat pokok bagi kehidupan. Semua makhluk memerlukan air, tanpa air tak ada kehidupan. Kebutuhan air bagi manusia menyangkut dua hal, yaitu : untuk kehidupan kita sebagai makhluk hayati dan air merupakan kebutuhan kita sebagai makhluk yang berbudaya. Dalam tubuh ,air merupakan alat angkut zat ke seluruh bagian tubuh. Semua proses metabolisme dalam tubuh berlangsung dalam medium air. Fungsi lain air bagi tubuh adalah pengatur suhu (Sumarwoto dalam Mahida, 1984).

Menurut Gesamp (1978) definisi pencemaran air laut adalah dimasukkannya atau masuknya zat atau energi oleh manusia baik secara langsung atau tidak langsung ke dalam lingkungan laut yang menyebabkan efek merugikan karena merusak sumber daya hayati, membahayakan kesehatan manusia, menghalangi aktifitas di laut termasuk perikanan, menurunkan mutu air laut yang digunakan dan mengurangi kenyamanan di laut. Hutagalung (1994) menyebutkan bahwa pencemaran adalah keadaan yang terjadi karena masuknya zat-zat ke tanah, air dan udara sehingga mengganggu susunan tanah, air dan udara yang mengakibatkan kerusakan lingkungan.

Suriawiria (1977) menegaskan bahwa air merupakan komponen yang paling parah akibat pencemaran. Pencemaran dapat berasal dari :

1. Sumber domestik (rumah tangga), kota, pasar, perkampungan, jalan dan sebagainya.
2. Sumber non domestik yaitu industri, pabrik, pertanian, peternakan serta sumber lain.

Berkaitan dengan sumber pencemar laut, Soegiarto (1976) mengelompokkan menjadi 2 yaitu :

1. Berasal dari laut sendiri, misal sampah dan air "ballast" dari kapal-kapal tumpahan minyak di laut baik dari kapal tangki, maupun sumber minyak dan lumpur buangan dari kegiatan pertambangan di laut.
2. Berasal dari kegiatan darat yang bisa melalui udara ("air borne") atau terbawa oleh air sungai, sistem drainase dan lain-lain.

Clark (1976) mengemukakan bahwa sumber pencemar berupa masukan secara langsung ke muara, pemasukan melalui sungai, "ballast" dari kapal, masukan daerah "off shore" dan "rain out".

Odum (1971) membagi zat pencemar menjadi dua kelompok yaitu :

1. Zat pencemar yang tahan urai (non degradable pollutants) seperti persenyawaan logam bersianida, garam-garam merkuri, phenol, DDT dan lain-lain. Persenyawaan tersebut sukar terurai atau terurai lambat sekali dalam lingkungan. Zat pencemar ini selain sukar terurai bisa terakumulasi dan juga bisa bergerak dalam siklus biogeokimia dan melalui rantai makanan.
2. Zat pencemar mudah terurai (biodegradable

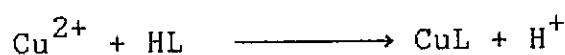
pollutants) seperti sampah-sampah domestik yang dengan mudah cepat membusuk oleh proses-proses alamiah ataupun perlakuan tertentu.

Sedangkan menurut Ryadi (1984) pencemaran secara fisik perairan dapat diindikasikan oleh lima yaitu : warna, suhu, bau dan rasa serta kekeruhan. Semua indikasi dapat dirasa oleh alat indera.

B. Logam Berat Tembaga (Cu).

Tembaga (Cu) secara alamiah adalah mikro nutrien yang esensial bagi alga dan tumbuhan tingkat tinggi, yang digunakan sebagai unsur pokok dari plastosianin, sebuah protein yang dibutuhkan dalam transpor elektron fotosintesa (Kato, 1962), dan sebagai kofaktor untuk beberapa enzim (Anonim, 1977).

Keberadaan Cu di air adalah sebagai oksida tunggal Cu (II) dan bentuk kompleks dengan berbagai variasi dari "ligan" organik. Cu juga cenderung terikat oleh partikel dan koloid, seperti : tanah liat, oksida logam cair dan organik membusuk (Morris, 1980). Organik "ligan" berada dalam keadaan asam lemah dan kompleks dari Cu dapat digambarkan dengan reaksi sebagai berikut :



dimana HL dan CuL berbentuk asam dan Cu kompleks dari "ligan" netral (Sunda dan Hanson, 1979).

Bentuk-bentuk tembaga terlarut dalam air laut adalah CuCO_3 , Cu^{++} dan CuOH^{++} . Tembaga adalah logam yang mudah diabsorpsi oleh partikel dalam bentuk larutannya, akibatnya

jumlah tembaga di laut mencapai angka 85% (Clark, 1986).

Aktifitas dari Cu pada air di alam tidak hanya ditentukan oleh konsentrasi dan tipe "ligan" organiknya tetapi juga oleh pH. Perhitungan secara termodinamik menunjukkan bahwa aktifitas ion kuprik dalam air laut yang mengandung 0,001 - 0,01 ppm dari Cu akan menjadi 0,00002 - 0,0002 ppm pada pH 8 (Morris, 1980). Aktifitas ion kuprik pada konsentrasi 0,00001 ppm akan menghambat pergerakan flagella *Gonyaulax tamarensis* (Anderson dan Morel, 1978).

Partikel tembaga dapat direduksi oleh "exudate" fitoplankton. Hal ini dikemukakan pula oleh Nielsen (1969) dalam Shuber (1984) bahwa tembaga yang bersifat racun dapat direduksi oleh membran sel dari *Chlorella pyrenoidosa*. Kamp (1971) mengemukakan bahwa *Chlorella sp* dapat melakukan detoksifikasi tembaga dan merkuri dengan mengikat logam tersebut pada metabolisme selluler yang lamban.

Penggunaan alga sebagai pengujian pencemaran logam berat dapat mendeteksi pada kadar yang rendah, sebagai contoh perak dapat dideteksi pada kadar 0,01 ppm (Hutchinson, 1973). Pada umumnya alga tanggap terhadap kenaikan kadar logam berat, seperti Cu, Ni, Ag atau Cd yaitu dengan adanya pengurangan rata-rata pertumbuhannya (Shubert, 1984).

Konsentrasi Cu pada air laut berkisar antara 0,001 - 0,01 ppm (Boyle et al, 1977). Sedangkan pada air sungai yang tidak tercemar kira-kira 0,1 ppm (Tureiken, 1969).

Absorpsi logam berat seperti Cu, Zn, Cd, Hg dan Pb

ke dalam tubuh organisme adalah melalui pengikatan protein. Absorpsi logam dapat masuk melalui kulit atau membran sel dan lapisan mukosa. Logam menempel pada permukaan sel, cairan tubuh dan jaringan internal. Hubungan antara jumlah absorpsi logam dan kandungan logam dalam air biasanya proporsional, dimana kenaikan kandungan logam dalam jaringan sesuai dengan kenaikan kandungan logam dalam air. Pada logam-logam esensial kandungannya dalam jaringan biasanya mengalami regulasi (diatur pada batas-batas konstan). Absorpsi proporsional dan regulasi juga terjadi pada *Chlorella pyrenoidosa* terhadap logam Cu dan Zn. Ekskresi logam Cu oleh fitoplankton bersamaan dengan ekskresi bahan-bahan organik pada proses detoksifikasi (Darmono, 1995). Ekskresi bahan-bahan organik tersebut adalah polipeptida (Fogg, 1966), polisakarida (Wang dan Tischer, 1973) dan hidroksamida (Murphy et al, 1976) dalam Laube et al (1980). Hal ini juga merupakan mekanisme proteksi bagi fitoplankton tersebut terhadap logam-logam yang toksik (Laube et al, 1980).

C. Bioekologi Alga *Chlorella sp*

Chlorella sp merupakan salah satu jenis alga uniseluler. Alga ini dalam klasifikasi termasuk dalam divisio Chlorophyta. Klasifikasi selengkapnya adalah sebagai berikut:

Divisi : Chlorophyta
Kelas : Chlorophyceae
Ordo : Chlorococcales

Sub Ordo : Autosporinae
Famili : Chlorellaceae
Genus : Chlorella
Species : *Chlorella sp*

(Pandey dan Trivedi, 1988)

Kata *Chlorella* berasal dari kata latin chlor, yang artinya hijau dan ella yang berarti kecil (Suseno, 1976).

Chlorella merupakan alga uniseluler. Bentuk selnya seperti bola atau bulat telur (Suseno, 1978), ada juga yang berbentuk ellips (Pandey dan Trivedi, 1988). *Chlorella sp* mempunyai diameter 5 - 10 mikron, non motil, hidup bebas tetapi ada pula yang berkelompok yang terdiri atas 4 - 16 sel seperti pada *Chlorella conglomerata* (Pandey dan Trivedi, 1988).

Chlorella berwarna hijau karena banyak mengandung klorofil a dan b juga mengandung karotin dan xantofil. Kandungan pigmen pada *Chlorella sp* lebih tinggi dibandingkan tumbuh-tumbuhan lainnya (Gupta, 1981). Bentuk klorofil bervariasi ada yang seperti topi, mangkuk dan ada yang seperti pita melengkung (Pandey dan Trivedi, 1988).

Sel *Chlorella sp* diselubungi oleh dinding sel yang terdiri dari selulosa (Kumar dan Singh, 1979). Dengan menggunakan mikroskop elektron terlihat bahwa permukaan sel terbungkus dengan dinding sel yang halus, tersusun atas selulosa. *Chlorella sp* memiliki satu inti sel yang kecil, juga cadangan makanan yang terbuat dari polisakarida. Organ sel yang lain adalah badan golgi dan mitokondria sebagai sumber energi (Picket dan Heaps, 1975)

Selain itu dalam sitoplasma sel *Chlorella* terdapat pirenoid dan lamela kloroplas (Pandey dan Trivedi, 1988). Menurut Vashista (1984) pirenoid tidak selalu ada pada tiap sel *Chlorella*.

Chlorella hidup dimana-mana (kosmopolit), di perairan tawar, air payau dan di laut (Suseno, 1976).

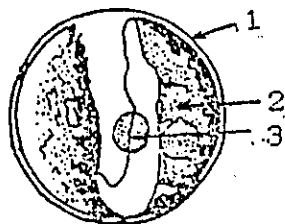
Secara lengkap Struktur dari sel *Chlorella sp* nampak pada gambar berikut :



Gambar 01. *Chlorella sp* Dilihat Dengan Mikroskop Elektron (Bilasputra dalam Vashista, 1984)

Keterangan :

1. Dinding Sel	6. Badan Golgi (Dictyosome)
2. Vakuola	7. Membran Nukleus
3. Kloroplas	8. Nukleus
4. Mitokondria	9. Lamela Kloroplas
5. Sitoplasma	

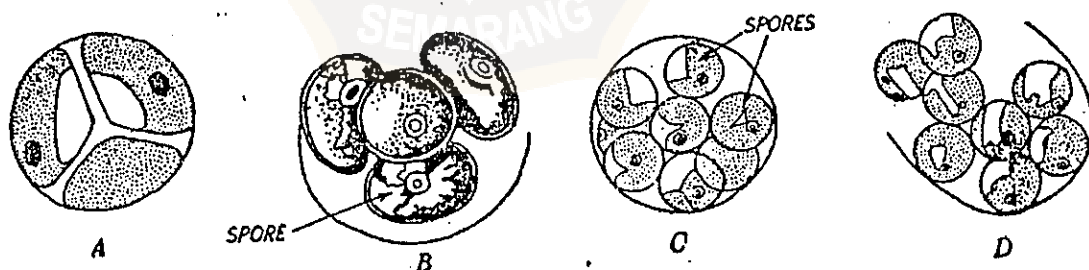


Gambar 02. *Chlorella sp* (Vashista, 1984)

Keterangan : 1. Dinding Sel
2. Kloroplas
3. Nukleus

D. Reproduksi Alga *Chlorella sp*

Reproduksi dengan asexual dan azoosporic. Sel mengandung 2, 4, 8 kadang-kadang 16 anakan protoplas. Masing-masing anakan protoplas membulat membentuk spora non motil. Autospora (Spora yang mempunyai bentuk khusus yang sama dengan sel induk) dilepaskan dengan putusnya dinding sel induk. Masing-masing autospora yang terlepas akan tumbuh menjadi individu baru (Vashista, 1984).



Gambar 03. Reproduksi *Chlorella sp* (Vashista, 1984)

Keterangan :

- A. Sel membelah menjadi 2, 4, anakan protoplas
- B-C. Terdapat 8, 16 spora
- D. Autosporogenesis

E. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kehidupan Alga *Chlorella sp*

Kehidupan alga dalam hal ini *Chlorella* berkaitan sangat erat dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kehidupan (Venkataraman, 1969). Faktor-faktor tersebut meliputi intensitas cahaya, suhu, pH medium, tersedianya CO₂ bebas, O₂ terlarut, nutrisi. Disamping ada faktor lain yang berpengaruh yaitu salinitas.

E.1. Intensitas cahaya

Cahaya merupakan sumber energi yang diikat dalam proses fotosintesis, sedangkan hasil fotosintesis digunakan untuk pertumbuhan alga (Fogg, 1965).

Intensitas cahaya mempengaruhi puncak populasi pertumbuhan *Chlorella sp* (Venkataraman, 1969). Intensitas cahaya yang diperlukan untuk fotosintesis alga yang baik berkisar antara 3000 - 30.000 lux (Fogg, 1965).

E.2. Suhu air.

Menurut Venkataraman (1969) peningkatan suhu air menyebabkan peningkatan aktifitas sel sehingga metabolisme berjalan lebih cepat. Akan tetapi suhu tinggi mengakibatkan kematian dengan cepat.

Oleh Boney (1983) dikatakan bahwa perubahan suhu akan mengakibatkan perubahan pada kelarutan gas O₂. Sedangkan suhu optimal untuk *Chlorella sp* berkisar antara 25 - 35°C (Martosudarmo dan Wulani, 1990).

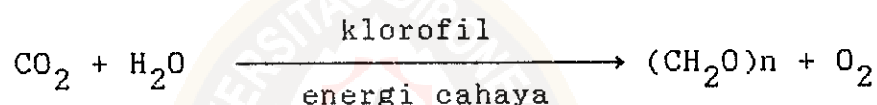
E.3. pH (Derajat keasaman).

Venkataraman (1969) menyatakan bahwa batas pH minimum bagi pertumbuhan *Chlorella sp* adalah 3 - 4. Sedangkan menurut Round (1973) pH optimum bagi pertumbuhan *Chlorella sp* antara 7 - 8.

E.4. Kandungan CO₂ bebas.

Tersedianya CO₂ bebas merupakan faktor penting untuk pertumbuhan *Chlorella sp*, karena secara langsung dipakai sebagai bahan untuk membentuk molekul-molekul organik melalui proses fotosintesis (Round, 1973).

Menurut Venkataraman (1969) proses fotosintesis dengan sederhana dinyatakan dalam persamaan kimia :



Dari persamaan tersebut di atas terlihat bahwa untuk terbentuknya zat organik maka diperlukan tersedianya CO₂ bebas.

Untuk mensuplai CO₂ bebas ke dalam media kultur alga biasa dilakukan dengan cara pengadukan, penggoyangan tabung kultur atau dengan memberikan aerasi ke dalam media kultur yang juga berfungsi untuk meratakan nutrisi dalam media kultur (Round, 1973 : Venkataraman, 1969).

E.5. Kandungan O₂ terlarut.

Oksigen diperlukan oleh alga *Chlorella sp* dalam proses respirasi. Oksigen untuk keperluan tersebut diperoleh dari hasil fotosintesis, yang sebenarnya

diproduksi O_2 ini lebih banyak dari pada yang digunakan oleh *Chlorella sp* (Martosudarmo dan Wulani, 1990).

Kelarutan O_2 dalam air dipengaruhi oleh suhu. Jika suhu naik maka kandungan O_2 terlarut dalam perairan akan berkurang, yang selanjutnya akan berakibat pada proses respirasi (Boney, 1983).

E.6. Salinitas.

Salinitas adalah jumlah atau konsentrasi total dari ion-ion yang terlarut dalam air. Salinitas ini lebih sering dinyatakan dalam ppt (part per thousand) atau ‰ (Haryadi, 1992).

Beberapa jenis fitoplankton dapat tumbuh pada salinitas yang berbeda-beda. Meskipun demikian, ada beberapa jenis yang dapat tumbuh pada tingkat salinitas tertentu saja (Martosudarmo dan Wulani, 1990). Salinitas yang optimum untuk pertumbuhan *Chlorella sp* adalah 20-24 permil (Anonim, 1985).

E.7. Nutrien

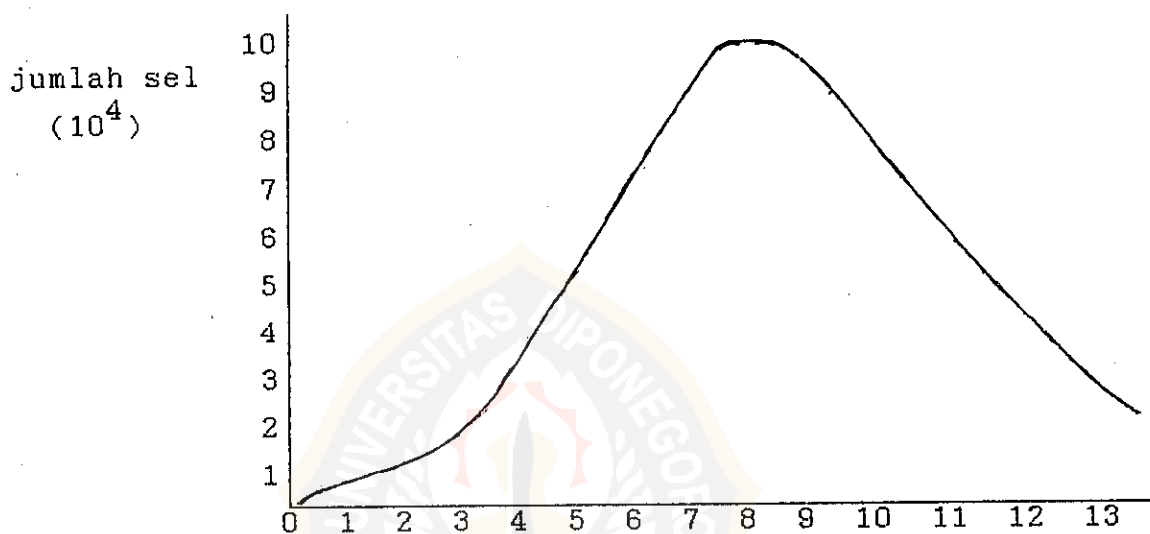
Menurut Round (1973) pada hakekatnya pertumbuhan alga memerlukan unsur tambahan, baik unsur-unsur makro seperti C, H, O, N, P, S, Mg, K dan Ca, maupun unsur-unsur mikro seperti Zn, Cu, Mn, Si, Co, Fe, V, B, Mo dan Cl.

Unsur N, Si dan P sangat penting bagi alga dalam kaitannya dengan pembentukan protein, unsur K berperan dalam metabolisme karbohidrat, unsur Mg untuk pembentukan klorofil dan unsur Fe diperlukan untuk merangsang pembentukan klorofil tersebut (Round, 1973).

Menurut Boney (1983) unsur mikro diperlukan dalam jumlah yang kecil tetapi jika kehadirannya apabila tak tercukupi akan memperlambat pertumbuhan.

F. Pertumbuhan Alga *Chlorella* sp

Menurut Kumar dan Singh (1979) pertumbuhan populasi *Chlorella* sp dapat ditunjukkan dengan kurva seperti di bawah ini :



Gambar 04. Kurva Pertumbuhan Alga (Kumar dan Singh, 1979)

Dari kurva di atas terdapat empat fase yaitu :

1. Fase Induksi / Fase Lag

Tahap ini terjadi setelah pemberian bibit ke dalam media kultur, populasi alga sementara tidak berubah (Martosudarmo dan Wulani, 1990). Menurut Fogg (1965) fase ini disebut juga sebagai fase adaptasi. Pada fase ini sel melakukan aktifitas metabolik dan fisiologis dalam mempersiapkan diri untuk melakukan pembelahan.

2. Fase Eksponensial

Fase ini ditandai dengan pembiakan sel yang cepat

dan konstan. Pada fase ini kecepatan pembelahan selnya maksimum sehingga terlihat adanya penambahan sel dan metabolisme berlangsung paling aktif.

3. Fase Stasioner

Menurut Martosudarmo (1990) fase ini terjadi bila kecepatan perkembangan sudah mulai menurun secara bertahap. Jumlah populasi konstan dalam waktu tertentu, yang mungkin sebagai akibat dari penghentian pembiakan sel-sel secara total atau adanya keseimbangan antara tingkat kematian dan tingkat pertumbuhan. Menurut Fogg (1965) fase ini terjadi karena adanya faktor pembatas, antara lain yaitu habisnya zat makanan dan makin tertimbunya bahan metabolit yang bersifat racun, sehingga menghambat atau bahkan menghentikan pertumbuhan sel.

4. Fase Kematian

Pada fase ini tingkat kematian lebih tinggi dari pada tingkat perkembangan (Martosudarmo dan Wulani, 1990). Menurut Erlina dan Hastuti (1980) fase ini merupakan fase terjadinya penurunan jumlah sel akibat lingkungan sudah tidak mendukung lagi untuk perkembangan sel.

Menurut Kumar dan Singh (1979) untuk mengetahui pertumbuhan dari populasi alga dapat digunakan cara penghitungan kepadatan sel alga. Penghitungan ini dilakukan dengan menggunakan mikroskop dan Haemocytometer, yang merupakan gelas obyek untuk penghitungan sel darah.