

II. TINJAUAN PUSTAKA

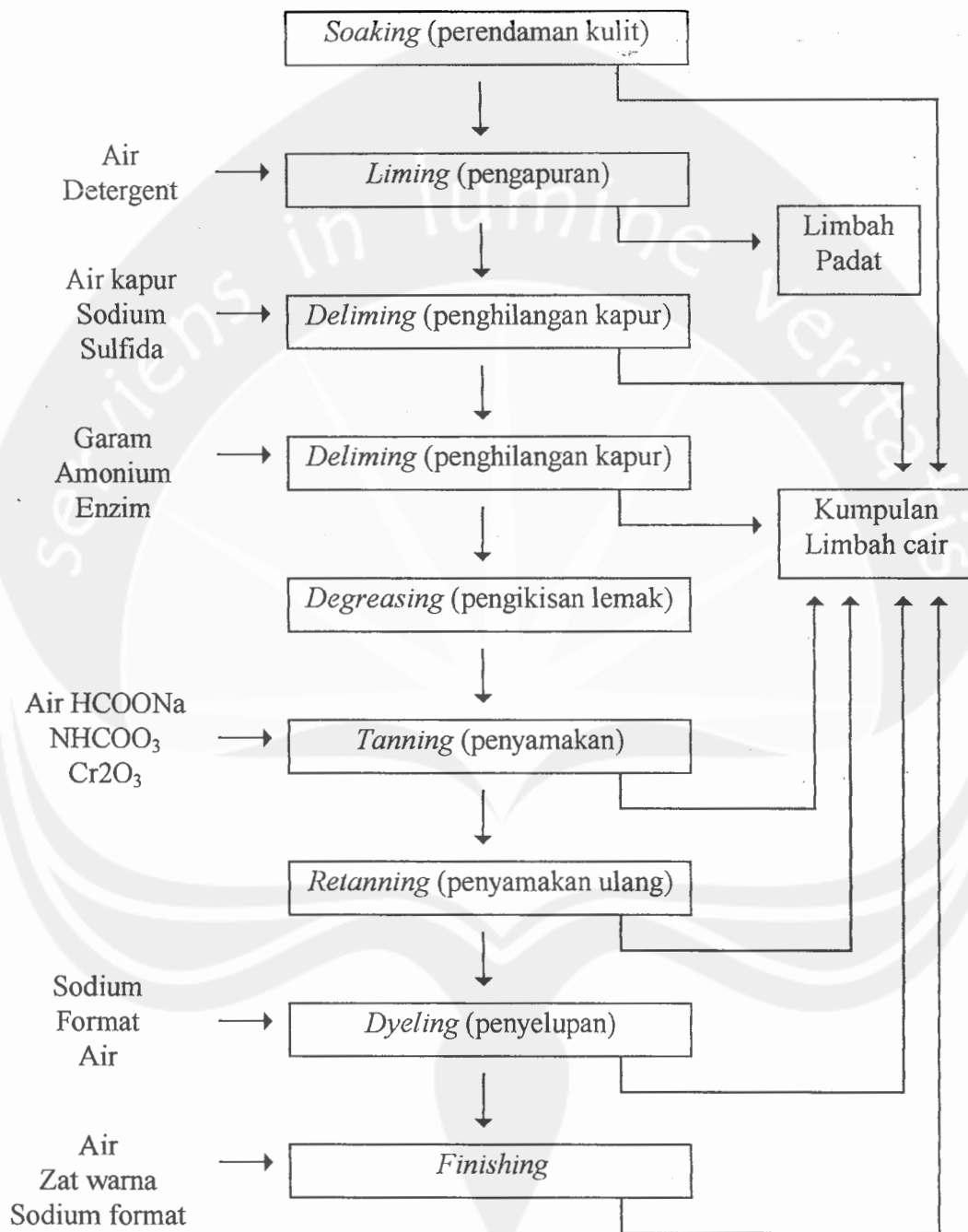
A. Tahapan Proses Penyamakan Kulit

Limbah cair adalah sampah cair dari suatu lingkungan masyarakat dan terutama terdiri dari air yang telah dipergunakan dan hampir 1% dari padanya berupa benda padat yang terdiri dari zat organik (Mahida, 1985). Menurut pendapat Sastrodimedjo (1985), limbah cair merupakan air kotor yang dialirkan melalui saluran yang terdiri dari satu atau campuran buangan yang meliputi kombinasi buangan rumah tangga, industri, serta air tanah atau air permukaan yang dapat masuk ke dalam larutan tersebut.

Dari kedua pengertian di atas dapat disimpulkan bahwa limbah cair merupakan sisa dari kegiatan manusia yang berupa cairan, sedangkan industri penyamakan kulit merupakan suatu industri dari kegiatan pengolahan kulit yang semula daya gunanya kurang (kulit segar dilepas dari tubuh hewan/kulit mentah) menjadi kulit yang berdaya guna tinggi (kulit tersamak), seperti diagram dibawah ini :

Kulit mentah + Bahan penyamak \longrightarrow Kulit tersamak/*Leather*
(*skin*) (*tanning agent*)

Kegiatan industri penyamakan yang menggunakan teknologi penyamak merupakan tahapan proses yang tidak boleh dipisahkan satu dengan yang berikutnya, seperti pada gambar berikut:



Gambar1. Diagram Alir Proses Penyamakan Kulit (Anonim, 1986).

1. Soaking (perendaman)

Proses perendama ini diperlukan untuk mempermudah waktu pengulitan/pelepasan dimana proses ini berlangsung dalam drum yang berisi air dan detergent. Kegunaannya adalah untuk pencucian dari sisa garam, darah, bulu dan kotoran lainnya. Limbah yang dihasilkan berupa limbah cair.

2. Liming (pengapuran)

Bertujuan untuk membengkakkan kulit agar bulunya rontok, mengurangi protein yang perlu dalam proses penyamakan. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat.

3. Deliming (pembuangan kapur)

Dimaksudkan untuk menghilangkan kadar kapur yang ada dengan cara mencuci kulit dengan air bersih, kemudian dimasukkan dalam Chrom yang berisi larutan Amonium Sulfat 1,5% dari berat kulit. Asam Format sebanyak 1% dari berat kulit, kemudian drum diputar selama 3-4 jam. Limbah yang dihasilkan berupa limbah cair.

4. Pickling (pengasaman)

Bertujuan untuk mengasamkan kulit agar pH-nya sesuai dengan bahan penyamak, mengawetkan secara asam proses kulit sebelum matang dan untuk seleksi berdasarkan kualitas dengan cara kulit dimasukkan dalam drum yang berisi air garam dapur (NaCl) sebanyak 15% dari berat kulit sebelum deliming, asam sulfat (H_2SO_4) sebanyak 1% dari berat kulit. Kemudian diputar selama 8-10 jam.

5. Tanning (penyamakan)

Dilakukan untuk pengawetan kulit agar tahan panas, bakteridan zat kimia. Bahan kulit dimasukkan dalam drum yang berisi larutan air, sebanyak 7-8% dari berat kulit setelah pengasaman, sodium format (HCOONa) sebanyak 1,5 % dari berat kulit, kemudian drum diputar selama 8 jam. Limbah yang dihasilkan berupa limbah cair.

6. Retanning (penyamakan ulang)

Dalam proses ini dimaksudkan untuk merubah kulit mentah yang mempunyai sifat labil menjadi kulit tersamak yang stabil terhadap pengaruh mikro organisme dan pengaruh alam. Limbah yang dihasilkan berupa limbah cair.

7. Dyeling (pengecatan)

Dimaksudkan untuk memberikan warna dasar pada kulit. Sebelum pencelupan, kulit disentralisir dengan sodium format sebanyak 1% dari berat kulit, kemudian didiamkan selama ± 3 jam dengan pH 7, kemudian dimasukkan zat warna sambil diputar selam 2 jam. Limbah yang dihasilkan berupa limbah cair.

8. Finishing (penyelesaian)

Dimaksudkan untuk menetralkan kulit dengan direndam dengan sodium format dan diamkan selama ± 3 jam, kemudian kulit dimasukkan dalam drum yang berisi air, lalu diputar selama 15 menit agar kulit menjadi lemas. Setelah itu dilakukan proses pengecatan. Limbah yang dihasilkan berupa limbah cair.

B. Karakteristik Industri Penyamakan Kulit

Sumber limbah cair pabrik penyamakan berasal dari larutan yang digunakan unit pemrosesan yaitu: perendaman kulit, penghilangan bulu, pemberian kapur, perendaman amonia, pengasaman, penyamakan, bekas cuci, tetesan, serta tumpahan (Anonim, 1994). Penghilangan bulu dengan kapur dan sulfida biasanya merupakan penyumbang utama beban pencemaran dalam pabrik penyamakan.

Limbah dengan COD yang tinggi berasal dari cairan bekas perendaman, cairan kapur dan cairan penyamakan nabati. Cairan samak chrom mengandung chrom trivalen kadar tinggi. Perendaman amonia meninggalkan banyak campuran nitrogen-amonia dan sedikit bahan organik. Limbah cair dari penghilangan bulu mengandung bulu dan sulfida (Anonim, 1994).

Karakteristik limbah berbau anyir dan busuk dalam proses perendaman, diakibatkan adanya pembusukan daging dan adanya gas Hidrogen sulfida yang berasal dari Natrium sulfida yang berwarna kuning, coklat dan keruh, sedangkan warna hijau kebiruan menandakan adanya chrom (Anonim, 1983).

B. 1. Parameter pencemaran lingkungan

Suatu komponen lingkungan dapat dikatakan tercemar apabila mengandung zat pengotor atau pencemar pada konsentrasi tertentu. Zat pencemar tersebut antara lain :

a. Zat tersuspensi

Zat tersuspensi lazimnya terdiri dari zat organik dan zat anorganik yang melayang di dalam air. Secara fisik, zat tersuspensi ini sebagai penyebab kekeruhan di dalam air, disamping itu zat tersuspensi merupakan penyebab tingginya parameter pencemaran lain seperti halnya COD. Apabila zat tersuspensi tersebut merupakan zat organik *biodegradable*, maka parameter BOD juga akan tinggi. Pada proses disinfeksi, zat tersuspensi ini sebagai penyebab tidak efektifnya proses tersebut, karena mikroorganisme dapat tinggal di dalam zat tersuspensi, sehingga kontak antara sisa Chlor (disinfektan) dengan mikroorganisme tidak terjadi (Mahida, 1992).

Limbah cair yang mempunyai kandungan zat tersuspensi tinggi, tidak boleh dibuang ke dalam badan air karena disamping akan menyebabkan terjadinya pendangkalan, juga menghambat jangkauan sinar matahari ke dalam dasar badan air, sehingga proses fotosintesa terhambat. Hal ini akan mengakibatkan terganggunya proses rantai makanan bagi kehidupan air. Zat tersuspensi yang terlalu tinggi di dalam badan air akan menyerap panas matahari sehingga O_2 terlarut akan semakin rendah (Wardhana, 1995).

b. Chemical Oxygen Demand (COD)

Uji COD yaitu suatu uji yang menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan, misalnya kalium dikromat, untuk mengoksidasi bahan - bahan organik yang terdapat di dalam air (Fardiaz, 1992).

Pengukuran kebutuhan oksigen kimiawi (COD) juga digunakan secara luas sebagai suatu tolok ukur kekuatan pencemaran baik dalam air limbah

domestik maupun sampah industri. Uji coba ini digunakan untuk mengukur oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik pada cuplikan (Mahida, 1992).

Senyawa organik yang dinyatakan sebagai COD ialah senyawa yang resisten terhadap perombakan mikrobia, misalnya senyawa-senyawa *humic*, *aromatic polymer*, sisa-sisa tumbuhan dan hewan serta senyawa-senyawa organik yang berasal dari tanah (Anonim, 1980).

Pengukuran COD suatu perairan, dapat dipergunakan untuk menentukan tercemar atau tidaknya perairan tersebut, dengan cara membandingkan dengan kriteria yang sudah ada. Buangan industri yang dapat menaikkan COD adalah industri tekstil, kimia, logam (Terangna dan Suyatna, 1980)

c. Warna, bau dan rasa

Warna, bau dan rasa air limbah dipengaruhi oleh zat-zat yang terdapat di dalamnya seperti hasil buangan rumah sakit, zat organik, mikroorganisme dan sisa metabolisme, gas terlarut dan proses produksi (Winarno dan Fardiaz, 1974).

d. Oksigen terlarut (DO)

Oksigen merupakan faktor yang sangat penting untuk respirasi makhluk hidup. Oksigen yang terlarut dalam air sangat penting bagi kelangsungan kehidupan aquatik, yaitu sebagai komponen utama dalam metabolisme (Wardoyo, 1981).

Dissolved oxygen adalah oksigen yang terlarut dalam air, yang dapat berasal dari hasil fotosintesa fitoplankton maupun hasil absorpsi atmosfer udara. Kelarutan oksigen di perairan bervariasi antara 7-14 ppm. Tinggi rendahnya

kelarutan ini dipengaruhi oleh suhu, tekanan parsial gas-gas yang berada di udara dan perairan, kadar garam dan adanya unsur-unsur atau senyawa yang mudah teroksidasi yang terkandung di dalamnya (Ibrahim, 1982). Pada umumnya oksigen terlarut dalam suatu perairan dinyatakan dalam mg/l (ppm).

Kandungan oksigen terlarut dibawah 3 ppm akan membahayakan organisme perairan karena dapat mengakibatkan kematian. Sebaliknya, apabila kandungan oksigen terlarut lebih dari 5 ppm akan menguntungkan organisme perairan (Dix, 1981).

e. Chrom

Pada industri penyamakan kulit, senyawa Chrom (Cr) merupakan bahan penyamak kulit yang banyak digunakan, sehingga di dalam limbah penyamakan kulit banyak terdapat kandungan Chrom yang merupakan salah satu logam beracun. Ada empat macam ion Chrom yang dibedakan berdasarkan valensinya, yaitu Cr_{2+} , Cr_{3+} , Cr_{5+} , dan Cr_{6+} . Makin besar valensi Chrom makin toksis logam tersebut. Pada manusia Chrom penyebab kanker paru-paru, uap chrom menimbulkan iritasi pada mata, hidung dan tenggorokan (Duffus, 1980).

B. 2. Baku Mutu Limbah Cair

Baku mutu limbah cair industri adalah batas maksimum limbah cair yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan. Adapun baku mutu limbah cair untuk industri penyamakan kulit : Kep. 51/MENLH/10/1995 adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Baku mutu limbah cair untuk industri penyamakan kulit.

Parameter	Proses Penyamakan Menggunakan Chrom	
	Kadar Maksimum ml/L	Beban Pencemaran Maks kg/ton
BOD	50	2
COD	110	4,4
TSS	60	2,4
Cr	0,60	0,024
Minyak dan lemak	5	0,2
N total (sbg N)	10	0,4
Amonia total (sbg N)	0,5	0,02
Sulfida	0,8	0,032
pH 6,0 - 9,0		
Debit limbah cair mak 40 m ³ /ton		

Sumber : Wardhana (1995).

C. Pengolahan Limbah Cair Secara Biologi

Prinsip dasar pengolahan limbah cair adalah menghilangkan atau mengurangi kontaminan yang terdapat di dalam limbah cair, sehingga hasil olahan dapat dimanfaatkan kembali atau tidak mengganggu lingkungan apabila dibuang ke tanah atau ke badan air penerima. Tingkat pengolahan limbah tergantung dari kondisi awal kualitas limbah dan persyaratan efisien hasil olahan limbah, sesuai dengan karakteristiknya baik kimia maupun biologi. Unit pengolahannya dikelompokkan juga dalam unit pengolahan fisika, kimia dan biologi. Pada umumnya limbah mempunyai karakteristik tersebut, sehingga pengolahannya juga melibatkan gabungan antara cara pengolahan fisika, kimia dan biologi (Mahida, 1985).

Pengolahan limbah secara biologi bertujuan untuk mengumpulkan dan menghilangkan padatan yang tidak dapat terendapkan dan untuk menstabilkan

bahan - bahan organik. Hal ini dapat tercapai dengan aktivitas mikroorganismenya.

Pada prinsipnya pengolahan limbah cair secara biologi dibedakan dalam dua macam proses, yaitu :

1. Proses aerob

Di dalam proses aerob, mikrobia akan melakukan aktivitas pada lingkungan yang aerob, yaitu memerlukan adanya suplai oksigen ke dalam limbah cair. Proses ini diaplikasikan dalam penanganan untuk stabilisasi limbah cair. Dalam proses aerob ini mikrobia dapat diperlakukan dalam keadaan terdistribusi bebas dalam limbah cair, atau dalam keadaan melekat menjadi suatu bentuk lapisan biologis (*biological film*) (Wibowo, 1997).

2. Proses anaerob

Di dalam proses anaerob, mikrobia tidak memerlukan suplai oksigen ataupun nitrat sebagai aseptor elektron. Pada kondisi ini mikrobia dapat menggunakan senyawa karbon organik sebagai aseptor elektron. Sistem penanggulangan limbah secara anaerob paling banyak diaplikasikan adalah *sludge digestion* (Wibowo, 1997).

Proses anaerobik ini mampu memberikan stabilisasi bahan organik, disebabkan oleh perubahan biologis dalam bahan organik menjadi metan dan karbondioksida (Kasmidjo, 1997). Adapun mikroorganismenya yang berperan aktif dalam proses pemurnian limbah secara biologis terutama adalah kelompok bakteri, jamur, protozoa dan ganggang (Wibowo, 1997).

D. *Chlorella* sp.

Kata *Chlorella* sp. berasal dari bahasa latin, dengan asal kata *chloros* yang berarti hijau dan *ella* yang berarti kecil (Suseno, 1976). *Chlorella* sp. juga termasuk salah satu jenis algae hijau (green algae), tidak mempunyai akar, batang ataupun daun sebenarnya (Steenblock, 1996).

Menurut Isnansetyo dan Kurniastuty (1995), bentuk sel *Chlorella* sp. bulat atau bulat telur, merupakan algae bersel tunggal (unicellular), tetapi kadang - kadang dijumpai bergerombol. Diameter selnya berkisar antara 2 - 8 mikron, berwarna hijau karena klorofil merupakan pigmen yang dominan, dinding selnya keras terdiri dari selulosa dan pektin. Sel ini mempunyai protoplasma yang berbentuk cawan. *Chlorella* sp. dapat bergerak tetapi sangat lambat, sehingga pada pengamatan seakan - akan tidak bergerak.

Alga dalam pertumbuhannya mendapatkan nutrien dari proses dekomposisi (penguraian) oleh mikroorganisme, sehingga dalam kolam oksidasi terjadi daur pendek antara bakteri aerob dan alga fotosintetik. Dalam hal ini bakteri mendapatkan oksigen dari hasil proses fotosintesis (Evans dan William, 1975).

Chlorella sp. adalah jenis algae yang selain dapat digunakan sebagai obat, juga dibudidayakan sebagai makanan udang. Spesies plankton ini mempunyai kandungan nutrisi sebagai berikut :

1. Protein 60,5 %
2. Karbohidrat 20,1 %

3. Lemak 11 %

Chlorella sp. juga mengandung vitamin, mineral, serat makanan, asam nukleat, asam amino, dan berbagai macam enzim (Steenblock, 1996).

Chlorella sp. adalah salah satu fitoplankton yang baik untuk makanan rotifer (*Brachionus plicatilis*), suatu zooplankton yang bisa dipelihara secara masal untuk makanan larva ikan kakap putih, kakap merah, kerapu dan binatang laut lainnya, selain itu juga dapat diberikan langsung pada larva teripang dan larva tiram mutiara. *Chlorella* sp. juga dapat berfungsi sebagai “green water” pada pemeliharaan berbagai jenis larva. Bahkan kini banyak digunakan dalam sistem pengolahan dan penanggulangan air limbah. *Chlorella* sp. ternyata sudah dapat dikonsumsi manusia dan sangat mudah didapatkan di pasaran dengan berbagai macam bentuk seperti tablet, sirup, permen, shampo, sabun, hand and body lotion, sebagai makanan, kesehatan atau kosmetik (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

Adapun kedudukan taksonomi *Chlorella* sp. adalah sebagai berikut :

Divisio	: Chlorophyta
Class	: Chlorophyceae
Ordo	: Chlorococcales
Familia	: Chlorellaceae
Genus	: Chlorella
Spesies	: <i>Chlorella</i> sp. (Vashishta, 1979).

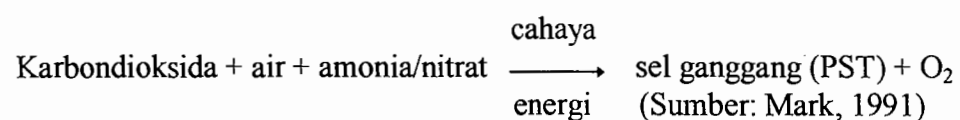
D. 1. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan *Chlorella* sp.

Menurut Mujiman (1995), perkembangbiakan *Chlorella* sp. terjadi secara aseksual yaitu pembelahan sel, sel induknya membelah menjadi 2 buah sel anak. Tahapan pertumbuhan sel *Chlorella* sp. dapat dibagi dalam empat tingkat yaitu pertumbuhan, tingkat pemasakan dini, tingkat pemasakan akhir dan tingkat pelepasan sel. Setelah sel muda dewasa pada tahap tertentu membelah menjadi 2, 4, 8 dan akan memisahkan diri dari sel induknya (Sutamiharja *et al.*, 1974).

Keberhasilan kultur *Chlorella* sp. dengan kondisi yang berbeda dari habitat asalnya sangat tergantung dari sifat biologis dan perubahan bertingkat dari kondisi yang baru, karena perubahan yang mendadak dan jauh berbeda dari kondisi asalnya akan menghambat atau mematikan sel *Chlorella* sp. (Herianti dan Kusniastuty, 1983).

Pertumbuhan mikroalga sangat erat kaitannya dengan ketersediaan hara makro dan mikro serta dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan antara lain : cahaya, suhu, tekanan osmose, pH air, selain itu faktor genetik merupakan faktor internal yang sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat pertumbuhan mikroalga (Isnansetyo dan Kurniastuti, 1995).

Pertumbuhan *Chlorella* sp. menurut reaksi adalah :



Menurut Nakamura dan Hills (1978), Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan *Chlorella* sp. adalah sebagai berikut :

a. Cahaya

Chlorella sp. tidak dapat tumbuh tanpa adanya cahaya karena *Chlorella* sp. merupakan organisme fotosintetik. Pertumbuhan *Chlorella* sp. sangat erat hubungannya dengan intensitas cahaya di tempat *Chlorella* sp. tersebut tumbuh. Aktifitas fotosintesis *Chlorella* sp. umumnya maksimum pada intensitas cahaya 5.000-10.000 lux (intensitas cahaya lampu neon/TL 40 watt adalah 40.000 lux).

Menurut Kabinawa dkk. (1993) intensitas cahaya 2.000 lux sudah cukup untuk pertumbuhan *Chlorella* sp. Jika intensitas cahaya rendah, maka akan menyebabkan hasil yang diperoleh rendah. Sebaliknya jika intensitas cahaya sangat tinggi (lebih dari 30.000 lux) akan menyebabkan terjadinya pemucatan sehingga akan menurunkan produktivitas sel.

Menurut Seputro (1992), jika *Chlorella* sp. disinari berganti dengan sinar merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu lalu diteliti kegiatan fotosintesis dalam hubungan dengan masing-masing sinar, maka hasil fotosintesis tertinggi diperoleh pada sinar nila dan merah.

b. Unsur-unsur hara

Untuk mencapai kenaikan produktifitas pertumbuhan populasi mikroalga yang tinggi, diperlukan persediaan nutrien yang optimal (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). Pada kultur mikroalga dibutuhkan berbagai senyawa organik.

Nitrogen dan karbon merupakan nutrisi yang utama yang dibutuhkan mikroalga (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). Untuk pertumbuhan *Chlorella* sp. membutuhkan C, H, O, N, S, P, K, Mg, Mn, Zn, Cu, Ca, dan Na (Buri, 1997). Setiap unsur hara mempunyai ciri-ciri khusus yang tercermin pada pertumbuhan dan kepadatan yang dicapai tanpa mengesampingkan pengaruh kondisi lingkungan. Unsur N, P, dan S penting untuk pembentukan protein, unsur K berfungsi dalam pembentukan klorofil, sedangkan Ca berperan dalam pembentukan dinding sel (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

c. Derajat keasaman (pH)

Di alam, strain *Chlorella* sp. tumbuh lebih baik di air asam daripada di air basa (alkalin). Strain yang biasa hidup di air asam jika dikultur di medium alkali menyebabkan perbanyakan sel menjadi lambat tetapi ukuran sel tidak menurun. Strain yang dapat tumbuh baik dalam air dengan pH tinggi jarang ditemukan di air tawar, tetapi sering ditemukan di air payau. Derajat keasaman (pH) medium yang baik untuk pertumbuhan *Chlorella* sp. adalah 5-8,5. Jika pH lebih besar dari 8,5 menyebabkan sel menjadi lemah dan lama kelamaan akan mati (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

Derajat keasaman air juga akan mempengaruhi keadaan zat hara di dalam medium. Jika pH lebih besar daripada 7 maka fosfat akan berubah menjadi bentuk fosfat yang tidak bisa diserap oleh *Chlorella* sp. (dalam bentuk PO_4). Jika pH tidak terlalu asam, (5,6-6,5) maka fosfat akan bertahan dalam bentuk H_2PO_4^- yang dapat digunakan oleh *Chlorella* sp. Jika larutan terlalu asam maka fosfat

bersama besi atau aluminium akan membentuk kompleks yang tidak dapat larut (Nakamura dan Hills, 1978).

d. Temperatur

Mikroalga masih dapat bertahan hidup pada temperatur 40° C tetapi tidak tumbuh. Kisaran suhu 25°C hingga 30°C merupakan kisaran suhu optimum untuk pertumbuhan mikroalga (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

e. Karbondioksida

Dalam kultur murni *Chlorella* sp. mengkonsumsi karbondioksida udara 3%-5%. Untuk skala besar keperluan CO₂ dapat dipenuhi dengan alat generator gas. Alat ini dapat mensuplai CO₂ dengan efektif, namun biaya yang harus dikeluarkan untuk operasionalnya terlalu besar dan perlu dipertimbangkan. Air buangan dapat dimanfaatkan sebagai sumber CO₂. Untuk skala kecil atau skala laboratorium, penyediaan CO₂ dapat dilakukan dengan menggoyang-goyangkan media kultur atau dengan aerasi (Nakamura dan Hills, 1978).

D.2. Sifat *Chlorella* sp.

Steenblock (1996), menyatakan bahwa dinding sel merupakan alasan utama dari keunikan *Chlorella* sp. Dinding sel tersebut membantu mengeluarkan hidrokarbon, dan racun logam berat dari tubuh manusia dan membantu meningkatkan daya tahan tubuh. Oleh karena kemampuannya menetralkan racun tersebut, maka *Chlorella* sp. disebut mempunyai daya detoksifikasi. Namun ternyata daya detoksifikasi tersebut tidak hanya terhadap logam atau logam berat saja, melainkan juga terhadap pestisida, insektisida, PCB (Polychlorbiphenyl) yang kemungkinan masuk ke dalam tubuh manusia.

Menurut Unus (1993), kemampuan penyerapan logam-logam berat oleh tumbuhan akuatik, salah satunya adalah *Chlorella* sp. menjadi penting apabila dipandang dari dua segi. Pertama, proses absorpsi merupakan suatu keuntungan karena pengambilan logam-logam berat melalui ekstraksi lebih mudah dilakukan oleh tumbuhan. Kedua, absorpsi merupakan suatu hal yang merugikan apabila logam-logam berat tersebut terbawa ke dalam rantai makanan hewan dan manusia.

E. Hipotesis

Diduga dengan penambahan biakan *Chlorella* sp. pada limbah penyamakan kulit dengan konsentrasi tertentu akan menurunkan kadar COD dan Chrom serta akan menaikkan DO limbah.