
MONOGRAF

**DEGRADASI NITRAT LIMBAH
DOMESTIK DENGAN ALGA
HIJAU (*Chlorella* sp)**

Munawar Ali

Monograf

DEGRADASI NITRAT LIMBAH DOMESTIK DENGAN
ALGA HIJAU (Chlorella sp)

Penyusun

Munawar Ali

Staf Pengajar Program Studi Teknik Lingkungan
FTSP - UPN "Veteran" Jawa Timur Surabaya

Editor

Muhammad Mirwan.

Penerbit

Upn veteran jatim

Cetakan

I. Surabaya, 2013

Perpustakaan Nasional Indonesia
Munawar Ali
Monograf Degradasi Nitrat Limbah/
Munawar Ali -Cet.1-
Surabaya, UPN "Veteran" Jawa Timur,
2010.
X + 49 halaman;
ISBN :

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat ALLAH Subhanahu Wata'ala atas nikmat dan karunia yang telah banyak diberikan, dan sholawat serta salam untuk junjungan Nabi akhir zaman Muhammad Rasulillahi Sollallahu Alaihi Wasallam. Beliau telah memberikan arahan dan petunjuk pada jalan yang benar dan Beliau juga sebagai sentral inspirasi berfikir dan berbuat dalam mengisi disemua lini kehidupan. Atas hal tersebut, sehingga penulisan buku monograf ini dapat dirampungkan berjudul **DEGRADASI NITRAT LIMBAH DOMISTIK DENGAN ALGA HIJAU (*Chlorella sp*)**

Buku monograf ini merupakan hasil studi di laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur Surabaya. Penyusunan buku monograf ini dapat terselesaikan atas dukungan dari staf dosen serta bantuan dari tenaga laboratorium dan mahasiswa yang terlibat secara aktif.

Akhirnya, terlepas dari kekurangan yang ada penulis berharap mudah-mudahan buku monograf ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan akan datang.

Surabaya, Juni 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATAPENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
I. PENDAHULUAN	1
II. LIMBAH DOMESTIK	3
2.1. Unsur Nitrogen.....	4
2.2. Siklus Nitrogen	6
2.3. Sumber – sumber Nitrogen	8
2.4 Nitrat	9
2.5. Bakteri	11
2. 6. Organisme Alga	13
2. 6. 1 Klasifikasi Alga	19
2. 6. 2 Laju Pertumbuhan Alga	19
2. 6. 3 Faktor – faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Alga	20
2. 7. Proses Fotosintesis	23
2. 8. Derajat Keasaman (pH)	24
2. 9. Chlorella sp	26

III. DEGRADASI NITRAT	29
IV. ANALISA DEGRADASI NITRAT	32
4. 1 Pengaruh pH Terhadap Penyerapan Nitrat (NO_3^-) Dalam Limbah Domestik Dengan menggunakan Alga Hijau (<i>Chlorella sp</i>).	33
4. 2 Pengaruh Waktu Tinggal Terhadap Penyerapan Nitrat (NO_3^-) Dalam Limbah Domestik dengan menggunakan Alga Hijau (<i>Chlorella sp</i>).	36
V. PENUTUP	40
DAFTAR PUSTAKA	42
Lampiran	44

DAFTAR GAMBAR

	Halamar
Gambar 1. Berbagai Macam Alga Perang / Coklat	16
Gambar 2 Alga Merah	18
Gambar 3. Diatome Dan Reproduksiya	19
Gambar 4. Chlorella sp	26
Gambar 5. Asimilasi Nitrat Oleh Alga Hijau (<i>Chlorella sp</i>)	30
Gambar 6. Hubungan penyerapan nitrat (%) dengan pH pada berbagai waktu Tinggal	35
Gambar 7. Hubungan penyerapan nitrat (%) dengan waktu tinggal (jam) pada Berbagai pH.	37

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Karakteristik air limbah domestik di Indonesia	4
Tabel 2. Kemampuan penyerapan nitrat (NO_3^-) dalam limbah domestik oleh alga hijau (<i>Chlorella sp</i>) dengan memvariasikan pH dan waktu tinggal.	33

I . PENDAHULUAN

Limbah merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia, terutama limbah domestik yang merupakan hasil samping dari kegiatan aktivitas manusia. Peningkatan konsentrasi nitrat (NO_3^-) di dalam badan air karena air limbah adalah salah satu masalah pencemaran badan air. Pengolahan limbah secara konvensional baik secara kimiawi maupun biologis telah banyak diterapkan, namun pengolahan tersebut memiliki beberapa kelemahan antara lain biaya yang dibutuhkan untuk bahan kimia maupun desain bangunan relatif mahal. Hasil samping dari pengolahan tersebut berupa lumpur yang masih membutuhkan pengolahan lebih lanjut.

Saat ini mulai dikembangkan metode pengolahan limbah secara alamiah yang lebih sederhana dengan memanfaatkan tanaman air / organisme air. Pengolahan dengan metode ini dapat digunakan sebagai alternatif pengolahan yang lebih murah dibandingkan pengolahan secara konvensional. Alga hijau (*Chlorella sp*) merupakan tumbuhan yang dapat dijadikan alternatif pengolahan limbah karena selain biaya pengolahan lebih rendah, pengolahan ini tidak menghasilkan lumpur yang membutuhkan pengolahan lebih lanjut.

Hasil samping dari pengolahan ini berupa alga itu sendiri yang langsung dapat dimanfaatkan sebagai pakan alami budidaya ikan. Penelitian pemanfaatan alga untuk mengolah limbah domestik

yang memiliki konsentrasi nitrat (NO_3^-) yang tinggi belum dikembangkan, padahal konsentrasi nitrat (NO_3^-) yang tinggi dapat mempengaruhi kualitas air dan mengganggu kehidupan biota air didalamnya. Disisi lain nitrat (NO_3^-) merupakan nutrisi yang dibutuhkan oleh setiap organisme air khususnya alga hijau (*Chlorella sp*) dalam melakukan biosintesa.

II. LIMBAH DOMESTIK

Limbah domestik adalah limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga. Sifat dari limbah domestik dipengaruhi oleh kandungan yang ada pada limbah tersebut. Karakteristik air limbah digolongkan atas sifat fisik, kimia dan biologi.

Sifat fisik meliputi beberapa aspek antara lain : suhu, kekeruhan dan padatan terlarut. Sifat kimia antara lain adalah : pH, BOD, COD, DO, Fosfor, Nitrogen, lemak dan minyak. Beberapa sifat kimia limbah domestik dapat merusak lingkungan dengan berbagai cara. Bahan kimia terlarut dapat menghabiskan oksigen dalam limbah serta menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap. Selain itu, bahan organik akan berbahaya bila bahan yang terkandung adalah bahan beracun. Sedangkan sifat biologi limbah ditandai dengan kandungan mikroorganisme, namun ada juga diantaranya berupa mikroorganisme dari hewan dan tumbuhan tingkat rendah. Mikroorganisme yang umum ditemukan dalam air limbah antara lain dari golongan bakteri, jamur, ganggang, protozoa, virus dan crustacea.

Kekuatan air limbah domestik dipengaruhi oleh besarnya konsumsi air bersih, sedangkan kandungan pH dalam air limbah domestik umumnya berada dalam range netral, yang dikarenakan adanya kandungan buffer air pada air limbah domestik (Handyastuti, 2003)

Karakteristik air limbah domestik di Indonesia adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Karakteristik air limbah domestik di Indonesia.

Parameter (mg / l)	Konsentrasi		
	Lemah	Medium	Kuat
Total zat padat (TS)	350	750	1200
Total zat padat terlarut (TDS)	250	500	850
Total zat padat tersuspensi (TSS)	100	220	350
BOD5	40	220	400
COD	250	500	1000
Total N	20	40	85
Total P	4	8	15
Cl-	30	50	100
Alkalinitas	50	100	200
Lemak	50	100	150

Sumber : Handyastuti, 2003

2. 1. Unsur Nitrogen

Nitrogen dapat ditemui di setiap badan air dalam bermacam – macam bentuk, yaitu NH_3 , N_2 , NO_2^- , NO_3^- . Biasanya senyawa –senyawa nitrogen tersebut adalah senyawa terlarut. Selain itu nitrogen juga dapat ditemui dalam bentuk senyawa –

senyawa organik seperti protein sisa tanaman dan sebagainya (Afandi, 2003).

Nitrogen dalam berbagai bentuknya dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut dalam badan air penerima, merangsang pertumbuhan organisme air, menunjukkan toksisitas melalui kehidupan air, berpengaruh pada efisiensi desinfeksi dengan klor, menimbulkan bahaya kesehatan masyarakat, dan mempengaruhi kelayakan air buangan untuk dimanfaatkan kembali (Retnosari, 1998).

Nitrogen dibutuhkan oleh seluruh jaringan hidup tempat berlangsungnya aktivitas – aktivitas utama sel, misalnya fotosintesis dan respirasi. Dengan demikian aktivitas – aktivitas tersebut sangat dipengaruhi oleh kandungan nitrogen dalam sel. Kekurangan nitrogen dapat menghambat produktivitas pakan alami terutama yang mengandung klorofil. Bila tumbuhan kekurangan nitrogen maka pembentukan klorofil akan terganggu, pada umumnya tumbuhan menyerap nitrogen dalam bentuk nitrat (NO_3^-) atau amonium (NH_4^+) (Afandi, 2003).

Nitrogen yang terdapat dalam air limbah segar terbentuk dari kombinasi protein dan urea. Bakteri akan mendekomposisinya menjadi bentuk amoniak. Dalam kondisi aerobik, amoniak dioksidasi menjadi nitrit dan nitrat, nitrogen dalam bentuk nitrat dapat dimanfaatkan kembali untuk membentuk protein oleh alga dan tumbuhan lainnya (Pandebesie dan Agustina, 2004).

Nitrogen di dalam protoplasma diuraikan dari bentuk organik menjadi bentuk anorganik oleh suatu seri bakteri (dekomposer). Sebagian dari nitrogen berakhir sebagai nitrat, bentuk yang paling siap untuk digunakan oleh tumbuh – tumbuhan hijau. Udara yang mengandung 80 % nitrogen, merupakan waduk terbesar dan katup pengaman sistem. Nitrogen terus – menerus memasuki udara oleh kegiatan bakteri pengurai nitrogen dan secara terus – menerus kepada daur melalui kegiatan bakteri pengikat nitrogen atau algae dan melalui peristiwa halilintar (yaitu elektrifikasi). Tahap – tahap dari protein turun ke nitrat memberikan energi untuk organisme – organisme yang melaksanakan pemecahan, sedangkan langkah – langkah kembalinya memerlukan energi lain, seperti misalnya bahan organik atau sinar matahari (Odum, 1995).

2. 2. Siklus Nitrogen

Secara umum siklus nitrogen dapat digolongkan menjadi dua yaitu siklus nitrogen di atmosfer dan siklus nitrogen di air permukaan.

1. Siklus Nitrogen di Atmosfer

Cadangan utama nitrogen adalah nitrogen bebas (N_2), yang meliputi 79 % volume atmosfer. Kemudian nitrogen bebas tersebut di konversi secara alami menjadi nitrogen tersedia melalui proses fiksasi nitrogen oleh mikroorganisme dan alga, muatan elektrik, serta secara artificial oleh kegiatan

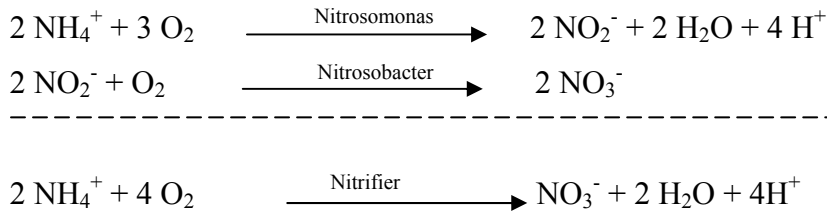
kimiawi di pabrik – pabrik. Gas nitrogen kembali ke alam / atmosfer melalui proses denitrifikasi oleh mikroorganisme (Retnosari, 1998).

2. Siklus Nitrogen di Air Permukaan

Siklus nitrogen pada air permukaan merupakan sub siklus yang diawali dengan masuknya nitrogen ke dalam air permukaan melalui presipitasi dan jatuhnya debu (*dustfall*), aliran permukaan (*surface runoff*), masuknya air tanah dari *sub surface*, fiksasi nitrogen dari atmosfer oleh *blue – green algae* dan beberapa jenis bakteri, dan aliran langsung dari effluent air buangan. Dalam lingkungan aquatik akan terjadi proses mineralisasi, nitrifikasi dan denitrifikasi. Proses mineralisasi merupakan proses oksidasi nitrogen organik menjadi nitrogen tersedia berupa amonium (NH_4^+) (Retnosari, 1998).

Proses nitrifikasi menghasilkan nitrogen tersedia berupa nitrat (NO_3^-), perubahan ini melalui 2 tahap :

- a. Tahap nitrifikasi, yaitu tahap oksidasi amonium (NH_4^+) menjadi nitrit (NO_2^-) dan dilakukan oleh bakteri *Nitrosomonas*.
- b. Tahap nitrifikasi, yaitu tahap oksidasi nitrit (NO_2^-) menjadi nitrat (NO_3^-) dan dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter*.



Persamaan di atas menunjukkan bahwa kebutuhan oksigen tinggi. Sebagai konsekuensinya, oksigen terlarut dalam badan air turun, yang pada gilirannya akan menyebabkan biota air kekurangan oksigen. Kehadiran NH_4^+ -N dalam air menyebabkan terbentuknya *chloramines* dan *nitrogen trichloride* jika terdapat bersama – sama infektan. *Chloramines* dan *nitrogen trichloride* menyebabkan rasa dan bau dalam air, sehingga jika badan air dimanfaatkan sebagai sumber air bersih maka kedua komponen tersebut akan menjadi pengganggu. NH_4^+ -N bersifat toksik pada ikan (Pandebesie dan Agustina, 2004).

2.3. Sumber – sumber Nitrogen

Menurut Retnosari (1998) sumber – sumber nitrogen ada 2 yaitu :

1. Sumber Alam
 - a. Presipitasi.
 - b. Dustfall.
 - c. Runoff di daerah tak berpenduduk.

- d. Fiksasi secara biologis.
2. Sumber dari aktivitas manusia
- a. Sisa pemupukan dilahan pertanian.
 - b. Pembakaran bahan bakar.
 - c. Runoff dari daerah pemukiman dan peternakan.
 - d. Effluent air buangan penduduk.
 - e. Drainase dari lahan pertanian dan tempat leaching septiktank.
 - f. Air buangan industri.

Masing – masing sumber tersebut memberikan kontribusi yang berbeda berdasarkan karakteristik masing – masing. Akan tetapi, kontribusi yang diberikan akibat perbuatan manusia sangat besar bahkan dapat mempengaruhi kontribusi secara alami oleh alam. Contohnya, jika pemakaian pupuk amoniak cair meningkat maka otomatis kandungan nitrogen dalam tanah naik juga, pada saat butiran tanah terbang terbawa angin lama – kelamaan akan terjadi prestipitasi akibat gaya gravitasi bumi. Jadi kontribusi oleh alam ini pun dipengaruhi oleh aktivitas manusia.

2.4. Nitrat

Nitrat (NO_3^-) adalah bentuk senyawa nitrogen yang merupakan senyawa yang stabil. Nitrat merupakan salah satu unsur

penting yang digunakan untuk sintesa protein oleh tumbuh – tumbuhan dan hewan (Afandi, 2003).

Akan tetapi nitrat yang berlebihan (> 10 mg/l) dapat menyebabkan pertumbuhan yang pesat dari alga, sehingga dapat menimbulkan permasalahan mengenai kualitas air (Retnosari, 1998).

Pada umumnya konsentrasi nitrogen dalam limbah domestik yang belum terolah berkisar antara 20 mg/l – 70 mg/l, sedangkan pada effluent pada air buangan, konsentrasi nitrat yang diperbolehkan berkisar antara 0 – 20 mg/l N (Afandi, 2003).

2. 5. Bakteri

Kata bakteri berasal dari kata bakterion (Yunani) yang berarti batang kecil. Pada klasifikasi klasik, makhluk ini dikelompokkan ke dalam dunia tumbuhan, subdivisi Schyzomycetes atau jamur belah karena berkembang biak dengan membelah diri. Dalam klasifikasi terbaru, bakteri termasuk kedalam kerajaan monera. Bakteri dapat hidup di air tawar, air payau, air laut maupun air limbah. Perkembang biakannya secara aseksual yaitu dengan membelah diri. Bakteri dapat memanfaatkan senyawa – senyawa yang terkandung di dalam air sebagai sumber makanan, seperti CO₂, O₂, kalsium, nitrogen dan garam – garam fosfor, asam – asam amino dan humik, dan sebagainya, misalnya bakteri nitrosonas yang memanfaatkan nitrogen dalam bentuk amonium sebagai zat makanan. Bakteri yang dapat menyusun zat

makanannya sendiri disebut bakteri autotrop. Untuk menyusun zat makanan tersebut, bakteri memerlukan energi cahaya matahari.

Untuk memperoleh energi bagi kelangsungan hidupnya bakteri melakukan pernafasan, yaitu dengan melakukan pemecahan zat makanan pada mediumnya. Dalam pemecahan zat makanan tersebut, ada bakteri yang memerlukan oksigen dan ada pula yang tidak memerlukan oksigen. Bakteri aerob adalah bakteri yang dalam hidupnya memerlukan oksigen bebas untuk memecah zat makan pada mediumnya. Bakteri yang bersifat aerob senang hidup pada lingkungan yang lembab dan cukup udara (Prawirohartono, 2000).

2. 6. Organisme Alga

Alga merupakan organisme tingkat rendah yang bersifat *eukariotik* dan memiliki klorofil. Berdasarkan jumlah selnya, alga terdiri dari organisme *uniseluler* (misalnya *Chlorella* dan *Micratinium sp*) dan *multiseluler* (misalnya *seaweed*). Alga hidup di air baik air laut, air tawar, bahkan air limbah dalam bentuk koloni ataupun filamen. Alga mampu mengabsorpsi nutrisi dari lingkungan sekitarnya dan berfotosintesis dengan bantuan sinar matahari untuk menghasilkan oksigen. Karena kemampuannya melakukan proses fotosintesis, maka alga digolongkan sebagai organisme *photoautrophic*. Oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis dapat digunakan oleh mikroorganisme pengurai air limbah untuk mengoksidasi bahan organik menjadi sel – sel baru, sedangkan CO₂ yang dihasilkan oleh mikroorganisme pengurai digunakan oleh alga

sebagai sumber karbon. Saat mikroorganisme mulai mati membusuk, nitrat kembali dibebaskan. Proses ini disebut denitrifikasi.

Perkembangan alga sangat bergantung pada tersedianya nutrisi yang diabsorpsi dan kondisi lingkungan yang memenuhi syarat pertumbuhan. Jika keduanya tercapai, maka alga dapat berkembang biak dengan cepat, yaitu dengan membelah diri atau dengan mengeluarkan beberapa sel spora dari sel induknya. Selain itu alga sangat toleran terhadap perubahan kondisi lingkungan. Dan karena kemampuannya berfotosintesis, maka alga dapat bersimbiosis dengan bakteri pengurai untuk mengolah air limbah. Tumbuhan ini dijumpai di perairan sebagai Fitoplankton (mengapung di perairan), Nekton (melayang di dalam air), Bentos (menempel di dasar perairan), Perifiton (menempel pada tumbuhan lain). (Agung, dkk, 2000).

Karena alga merupakan tumbuhan *photoautrophic* maka alga membutuhkan cahaya matahari untuk fotosintesis selain itu alga juga termasuk mikroorganisme aerob sehingga alga tidak bisa hidup di tempat yang dalam. Alga sering ditemui di zona perairan yang dangkal dengan penetrasi cahaya yang efektif. Di zona ini banyak ditumbuhi tanaman hijau karena zona ini dapat menangkap cahaya matahari secara langsung dan karena merupakan perairan yang dangkal sehingga memudahkan tumbuhan hijau atau alga berespirasi. Secara fisik bioma air ini dibagi menjadi 3 bagian daerah:

1. Zona Litoral, yaitu daerah air yang dangkal dan mendapatkan cahaya matahari sampai menembus ke bagian dasar. Batas kedalaman zona ini yaitu 0 – 5 meter, sedangkan suhu berkisar 25° C. Organisme yang hidup di daerah litoral misalnya, tumbuhan hijau (ganggang / algae) dan fitoplankton.
2. Zona Limnetik, yaitu daerah air yang terbuka dan sinar matahari masih mampu menembus dasarnya. Batas kedalaman zona ini antara 5 – 10 meter dengan suhu berkisar 10o – 25o C. Organisme yang hidup di daerah limnetik misalnya nekton, neutson dan plankton.
3. Zona Profunda, yaitu daerah dasar air yang dalam dan cahaya matahari tidak dapat menembus sampai dasar.

2. 6. 1 Klasifikasi Alga

Berdasarkan struktur kloroplast dan komposisi pigmennya, alga terbagi atas 7 divisio, yaitu : alga merah (*Rhodophyta*), alga emas (*Chrysophyta*), alga coklat (*Phaeophyta*), alga hijau (*Chlorophyta*), diatome (*Bacillariophyta*), euglonoid (*Euglenaphyta*), dinoflagellata (*Pyrophyta*). Sel pada seluruh anggota alga kecuali alga merah mempunyai flagella.

A. Chlorophyta (Alga Hijau)

Chlorophyta merupakan kelompok alga terbesar yang terdapat di perairan tawar. Bentuknya bervariasi, mulai dari uniseluler, koloni sederhana, filamen, hingga bentuk yang terdiferensiasi lengkap, dimana telah terdapat bentuk seperti akar,

batang, daun dan alat reproduksi. Beberapa spesies hidup pada batang pohon, tanah dan air laut. Ada pula yang bersimbiosis dengan cendawan membentuk lumut kerak. Reproduksi berlangsung dengan cara seksual dan aseksual. Cara aseksual terjadi dengan fragmentasi filamen, pembelahan diri, atau dengan pelepasan sel – sel yang dapat bergerak yang disebut *zoospora*. Pada alga hijau reproduksi seksual melibatkan peleburan sel – sel haploid (n) melalui proses *metosis*. Selain itu, dalam sistem reproduksi seksual ini dapat berlangsung transfer materi genetik antara dua sel.

Alga hijau dapat hidup dalam lingkungan *oligotrofik* (miskin nutrien) karena kemampuannya mengikat CO₂ dan menggunakan bahan – bahan anorganik untuk metabolisme fotosintetiknya. Apabila terjadi peningkatan populasi alga hijau di lingkungan oligotrofik, maka akan tersedia zat – zat makanan bagi organisme lainnya. Mereka berperan pula dalam pengolahan air limbah secara biologis karena mensuplai oksigen (Afandi, 2003).

Macam – macam Chlorophyta (alga hijau) berdasarkan bentuk tubuh dan ada tidaknya alat gerak, antara lain :

1. Alga hijau bersel satu tanpa alat gerak.
 - Chlorococcum
 - Chlorella
2. Alga hijau bersel satu berflagel.
 - Chlamydomonas
 - Euglena viridis

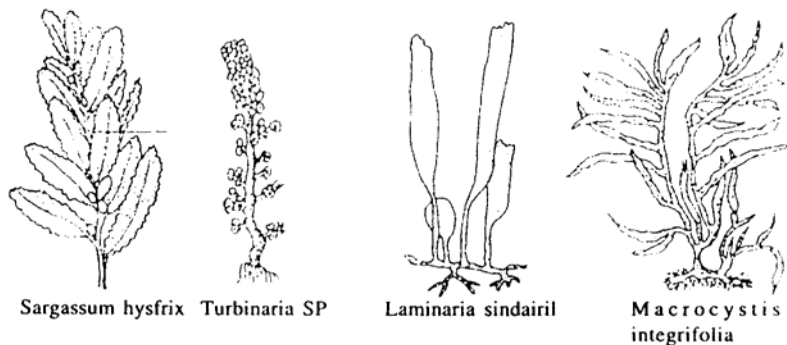
3. Alga hijau berbentuk koloni tidak bergerak.
 - Hydrodictyon
4. Alga hijau bentuk koloni bergerak.
 - Volvox
5. Alga hijau berbentuk benang (filamen).
 - Spirogyra
 - Oedogonium
6. Alga hijau berbentuk lembaran (thalus)
 - Ulva lactuca
7. Alga hijau berbentuk tumbuhan tingkat tinggi.
 - Chara sp

B. Phaeophyta (Alga Perang / Coklat)

Phaeophyta memiliki klorofil a dan c serta pigmen tambahan fukoxantin atau karoten. Habitatnya ada di air laut, bentuk tubuhnya berupa lembaran atau benang. Dinding sel terdiri dari selulosa atau semi selulosa di bagian dalam, sedangkan di bagian luar terdiri dari pektin asam alginat. Ukuran tubuhnya bervariasi.

Phaeophyta merupakan thalus yang kompleks, karena ada struktur yang menyerupai rizoid yang berfungsi melekatkan thalus dan substratnya, batang dan daun. Pada ketiak daun terdapat gelembung – gelembung udara yang berfungsi untuk mengapung dan alat reproduksi generatif jantan maupun betina.

Cara reproduksi alga perang ada 2 yaitu dengan cara aseksual dan seksual. Cara aseksual yaitu dengan membentuk zoospora berflagel dua atau aplanospora dan fragmentasi. Sedangkan dengan cara seksual yaitu oogami, sel telur (ovum) dihasilkan oleh oogonium dan spermatozoa dihasilkan oleh anteridium. Sel telur yang dibuahi oleh spermatozoa akan membentuk zigot yang akan tumbuh menjadi individu baru. Alga perang menunjukkan adanya pergiliran keturunan (metagenesis), karena sporofitnya berukuran besar dan strukturnya kompleks. Sedangkan gametofit berbentuk filament yang mikroskopi. Contoh : *Sargassum siliquosum*, *Laminaria*, *Turbinaria australis*, *Macrocystis pyrifera*, dan *Fucus vesiculosus*.



Gambar 1. Berbagai macam alga perang / coklat

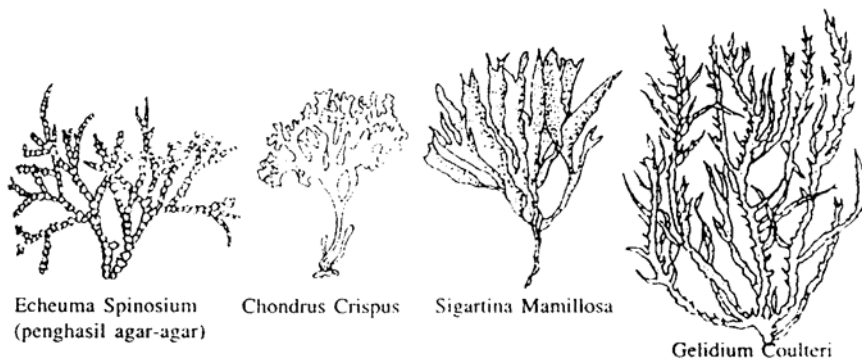
Turbinaria dan *Sargassum* hidup dengan baik di laut yang dangkal, biasanya menempel pada batu karang di pantai yang bersuhu sedang. *Fucus vesiculosus* banyak terdapat di laut dalam.

Macrocystis pyrifera merupakan tumbuhan terpanjang didunia, hidup dilaut dengan kedalaman lebih dari 15 meter (Agung dkk, 2000).

C. Rhodophyta (Alga Merah)

Alga merah memiliki klorofil a dan b serta pigmen dominan fikocierin. Umumnya alga merah hidup di air laut, air payau maupun air tawar. Struktur tubuhnya berbentuk benang atau lembaran, bereproduksi dengan 2 cara yaitu dengan aseksual dan seksual. Dengan cara aseksual yaitu dengan membentuk spora haploid dari thalus diploid, selanjutnya spora akan tumbuh menjadi alga jantan atau betina yang haploid atau dengan fragmentasi. Sedangkan cara seksual yaitu dengan oogami. Sel kelamin jantan tidak berflagel, disebut spermatium, dihasilkan oleh thalus alga jantan, sedangkan sel telur dihasilkan oleh thalus betina. Hasil pembuahan sel telur oleh spermatium adalah zigot yang akan tumbuh menjadi thalus alga diploid (Agung dkk, 2000). Contoh alga merah :

1. *Euchema spinosum*, hidup di laut dangkal, banyak dibudidayakan masyarakat karena merupakan bahan pembuat agar – agar.
2. *Gracillia* dan *Gelidium*, hidup di laut dalam.
3. *Chondrus crispus*.
4. *Linmotaria*.

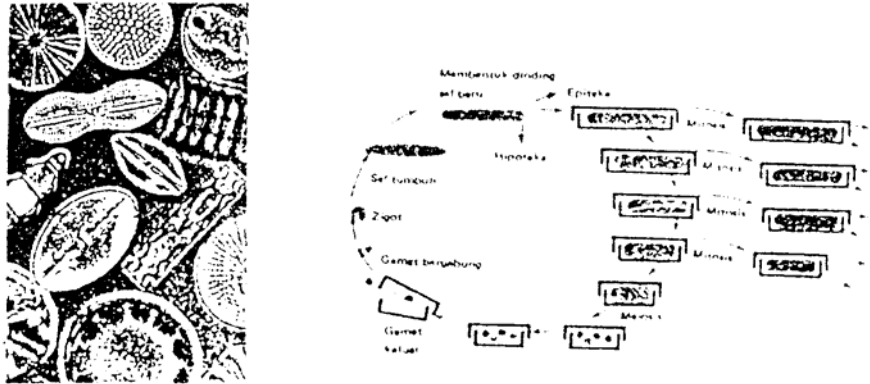


Gambar 2 Alga Merah

D. Chryzophyta (Alga Keemasan)

Chryzophyta memiliki klorofil a dan c serta pigmen dominant karoten. Habitatnya ada di air tawar, air laut, dan tempat yang basah, struktur tubuhnya terdiri atas satu sel atau banyak sel. Bereproduksi dengan 2 cara yaitu dengan cara aseksual dan seksual. Dengan aseksual yaitu dengan cara membelah diri dan membentuk zoospora atau aplanospora, sedangkan seksual dengan cara konjugasi dan oogami (Agung dkk, 2000). Contoh – contoh alga keemasan :

1. Bersel satu
 - Ochromonas
 - Navicula atau Diatome



Gambar 3. Diatome Dan Reproduksiya

2. 6. 2 Laju Pertumbuhan Alga

Pertumbuhan alga dapat ditandai dengan perubahan ukuran atau jumlah sel. Menurut Afandi (2003) secara umum pertumbuhan alga dibagi menjadi empat tahap / fase :

1. Fase istirahat / Adaptasi

Yaitu fase sel menyesuaikan diri dengan media kultur yang sudah diberi nutrisi. Fase ini ditandai dengan perubahan ukuran sel sesaat setelah inokulasi ke dalam media. Namun pembelahan belum terjadi sehingga kepadatan sel belum meningkat dan populasi tidak mengalami perubahan.

2. Fase Eksponensial / Logaritmik

Fase ini diawali dengan pembelahan sel dengan laju pertumbuhan tetap. Pada kultur yang optimum, laju pertumbuhan pada fase ini mencapai maksimum.

3. Fase Stasioner

Pada fase ini pertumbuhan mulai mengalami penurunan jika dibandingkan dengan fase logaritmik. Laju reproduksi sama dengan laju kematian.

4. Fase kematian

Pada fase ini laju kematian lebih cepat dari laju produksi. Jumlah sel menurun secara geometrik.

Laju pertumbuhan *Chlorella sp* mengalami fase eksponensial selama 4 hari, kemudian pertumbuhan berlangsung lambat dan memasuki fase stasioner hingga hari ke-11 (Afandi, 2003).

2. 6. 3. Faktor – faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Alga

Pertumbuhan alga dipengaruhi oleh faktor lingkungan sebagai berikut :

1. Nutrien

Unsur utama yang harus tersedia dalam proses pertumbuhan alga adalah karbon, nitrogen dan fosfor. Sumber karbon berasal dari CO₂ yang didapatkan dari atmosfer maupun hasil respirasi dari bakteri dan karbon organik. Sumber nitrogen dimanfaatkan alga dalam pembentukan protein yang dibutuhkan adalah dalam bentuk amonium dan nitrat. Fosfor dimanfaatkan alga sebagai

sumber energi universal dalam melakukan aktivitas di dalam sel baik dalam proses fotosintesis, respirasi maupun pembentukan protein, perbandingan kebutuhan nitrogen dan fosfor antara 15 :1 hingga 30 : 1.

2. Salinitas

Bagi golongan air laut / payau, salinitas sangat penting untuk mempertahankan tekanan osmotik yang antara protoplasma dari organisme dengan air sebagai lingkungan hidupnya. Hal ini akan berpengaruh pada proses metabolismenya. Beberapa spesies alga akan menurun seiring dengan menurunnya tingkat salinitas pada media.

3. Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya diperlukan oleh alga untuk berfotosintesis. Selain itu, intensitas cahaya juga mempengaruhi alga dalam mengabsorpsi nutrisi terutama nitrogen. Penyerapan nitrat dan nitrit oleh alga membutuhkan intensitas cahaya yang lebih tinggi dibandingkan dengan penyerapan amonium (Afandi, 2003).

Pertumbuhan fitoplankton sangat tergantung pada intensitas cahaya. Biasanya dalam ruang kultur intensitas cahaya berkisar antara 500 – 5000 lux. Keadaan gelap dan terang harus dikontrol. Untuk kultur penyediaan bibit, intensitas cahaya yang diberikan berkisar antara 500 – 5000 lux. Biasanya 12 jam dalam keadaan terang dan 12 jam dalam keadaan gelap.(Labina, 1994).

4. Temperatur dan pH

Temperatur mempengaruhi aktivitas enzim dalam sel alga. Penyerapan pada tingkat fotosintesis maksimum akan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu. Suhu untuk pertumbuhan alga berkisar antara 20° – 30° C. Beberapa alga melakukan fotosintesis pada pH 7 – 8. Pada pH diatas 8 proses fotosintesis akan terhambat sehingga penyerapan nutrisi dan pertumbuhan juga terhambat (Afandi, 2003).

5. Aerasi

Tersedianya CO₂ bebas merupakan faktor yang penting untuk pertumbuhan *Chlorella sp*, karena secara langsung dipakai sebagai bahan untuk membentuk molekul – molekul organik melalui proses fotosintesa. Untuk mensuplai CO₂ bebas ke dalam media kultur alga biasanya dilakukan penggoyangan tabung – tabung kultur atau dengan cara pemberian aerasi sekaligus untuk meratakan nutrisi yang ada dalam media kultur (Labina, 1994).

6. Kandungan oksigen terlarut

Oksigen sangat esensial bagi pernafasan dan merupakan salah satu komponen bagi metabolisme organisme air. Kelarutan O₂ dalam air dipengaruhi oleh suhu, tekanan parsial gas – gas yang ada di udara maupun yang ada di air serta salinitas. Makin tinggi suhu, salinitas dan tekanan gas – gas terlarut dalam air, maka kelarutan O₂ makin berkurang (Labina, 1994).

2. 7. Proses Fotosintesis

Fotosintesis adalah proses penyerapan energi cahaya dan perubahannya menjadi energi kimia yang disimpan dalam bentuk senyawa kimia organik di dalam tubuh tumbuhan. Dalam proses fotosintesis paling sedikit terdapat dua reaksi yang berurutan yakni reaksi terang dan reaksi gelap. Reaksi terang membutuhkan cahaya dan bukan suatu reaksi enzimatik sebaliknya reaksi gelap merupakan reaksi enzimatik dimana reaksi tersebut membutuhkan oksigen tetapi tidak membutuhkan cahaya.

Reaksi terang sebenarnya merupakan reaksi pemecahan molekul air menjadi molekul oksigen dengan bantuan energi cahaya. Dari reaksi terang akan menghasilkan energi kimia yang disimpan dalam bentuk molekul *Adenosin Tri Fosfat* (ATP) selain itu juga akan menghasilkan suatu senyawa pereduksi yang disebut *Nikotinamida Adenin Dinukleotida Fosfat Hidrogen* (NADPH) yang nantinya akan mereduksi karbon dalam reaksi gelap. Hasil reaksi terang sangat labil dan akan terurai bila tidak digunakan langsung dalam reaksi gelap.

Reaksi gelap adalah reaksi karbon oleh NADPH dengan bantuan energi ATP menjadi senyawa kimia organik dan oksigen. Senyawa organik pertama yang dihasilkan adalah *gliseraldehid fosfat* yang kemudian akan bergabung dengan sesamanya sehingga membentuk *heksosa fosfat*. Dari *heksosa fosfat* melalui proses polimerisasi akan membentuk pati yang merupakan cadangan makanan bagi tumbuhan.

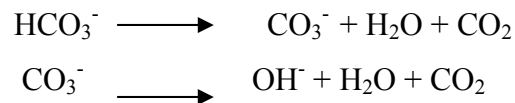
Cahaya matahari sangat penting peranannya bagi alga hijau untuk melakukan proses fotosintesis karena alga hijau merupakan organisme berklorofil yang merupakan ciri dari organisme berfotosintesis. Intensitas cahaya matahari yang dibutuhkan *Chlorella sp* dalam melakukan fotosintesis lebih besar dibandingkan *Chlorella homosphaera* yang membutuhkan intensitas cahaya sebesar luks. Cahaya matahari dapat digantikan dengan cahaya buatan seperti lampu neon dengan intensitas cahaya yang sesuai dengan kebutuhan alga hijau (Afandi, 2003).

2. 8. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan bentuk pengukuran yang digunakan untuk menunjukkan suasana keasaman dan kebasaan suatu larutan. Faktor utama dalam penentuan pH dari suatu larutan adalah konsentrasi atau aktivitas ion hidrogen (H^+). Peranan pH sangat penting bagi proses kimiawi di dalam larutan karena suasana larutan dapat mempengaruhi beberapa hal, misalnya aktivitas biologis dan mikrobiologis yang membutuhkan rentang pH tertentu untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Salah satu faktor yang mempengaruhi perubahan pH di dalam air adalah ketersediaan CO_2 terlarut dimana CO_2 di dalam air berasal dari atmosfer dan hasil respirasi dari mikroorganisme. Proses fotosintesis dapat mengakibatkan penurunan konsentrasi

CO₂ di dalam air yang mengakibatkan kenaikan pH air permukaan. Selama kenaikan pH tersebut terjadi reaksi perubahan ion bersifat alkalinity, yaitu ion bikarbonat (HCO₃⁻) menjadi ion karbonat (CO₃⁻) kemudian perubahan ion CO₃⁻ menjadi ion hidroksida (OH⁻). Selain itu reaksi tersebut menghasilkan CO₂ yang berlangsung dimanfaatkan oleh alga. Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut :

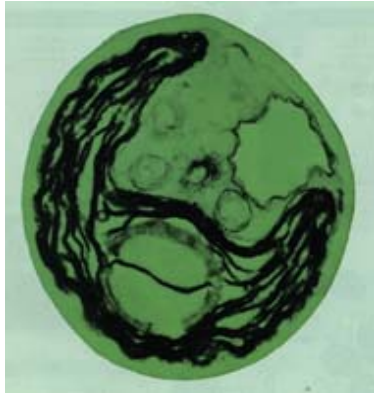


Pada keadaan tertentu (siang hari) adanya alga dan lumut di dalam air menyebabkan turunnya kadar karbon dioksida dan bikarbonat. Dalam kondisi tersebut kadar karbonat dan hidroksida naik dan menyebabkan pH larutan naik.

Disamping itu, pemecahan molekul air (H₂O) oleh NADP sebagai akseptor hidrogen dapat menyebabkan terlepasnya ion hidroksida sehingga dapat mengakibatkan kenaikan pH pada larutan.

Sebaliknya pada proses respirasi yang dilakukan oleh bakteri atau alga pada malam hari menyebabkan kenaikan CO₂ di dalam air yang merupakan salah satu produk dari proses respirasi. Penambahan CO₂ di dalam air secara otomatis dapat menurunkan pH pada larutan (Afandi, 2003).

2. 9. *Chlorella sp*



Gambar 4. *Chlorella sp*

Chlorella sp adalah salah satu jenis alga hijau bersel satu. Selnya berdiri sendiri dengan berbentuk bulat atau bulat telur dengan diameter 3 – 8 mikron, memiliki khloroplas berbentuk seperti cawan dan dindingnya keras. Warnanya hijau cerah, hidup dipermukaan air tawar, namun ada juga yang hidup di air asin (Afandi, 2003).

Bentuk sel *Chlorella sp* bervariasi ada yang seperti bola atau bulat telur. Sel – sel ini tidak bergerak, mampu hidup di alam bebas, kadang membentuk koloni tapi sering menyebar, secara individual (sendiri – sendiri) (Labina, 1994).

Permukaan sel *Chlorella sp* terbungkus oleh dinding sel yang terbuat dari selulosa. Mempunyai inti sel, juga mempunyai cadangan makanan yang terbuat dai *Polisakarida*. Disamping itu

pada *Chlorella sp* terdapat mitokondria yang merupakan sumber energi bagi sel tersebut secara keseluruhan (Labina, 1994).

Menurut Labina (1994), klasifikasi hidup sel *Chlorella sp* adalah sebagai berikut :

Divisio	: Chloropyta
Kelas	: Chloropyceae
Ordo	: Chlorococcales
Famili	: Chlorollaceae
Genus	: Chlorella
Species	: Chlorella sp

Menurut Afandi (2003) perkembangbiakan *Chlorella sp* terjadi secara aseksual, yaitu dengan perkembangbiakan sel atau dengan mengeluarkan beberapa spora yang dinamakan *Apinanospora* dari sel induknya. Dalam kondisi normal pembelahan sel terjadi sekali dalam sehari. Tahap pertumbuhan *Chlorella sp* dapat dibedakan sebagai berikut :

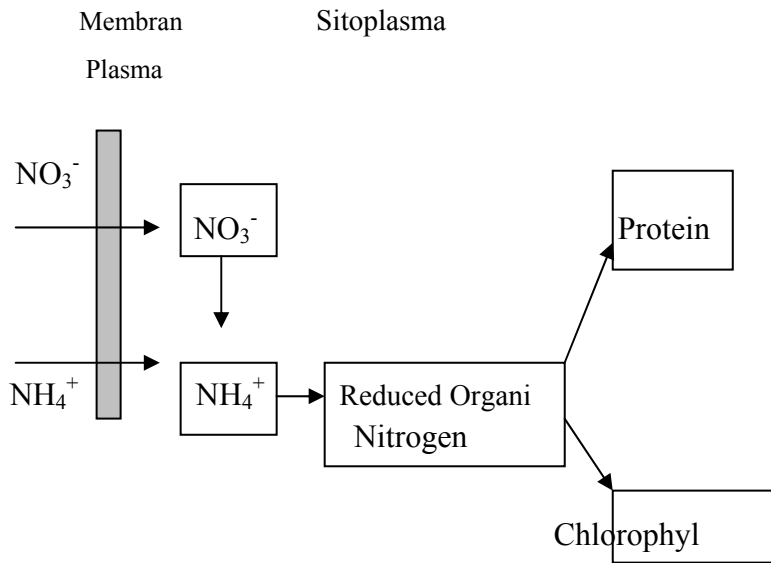
1. Tingkat pertumbuhan, pada tingkat ini terjadi penambahan besarnya sel.
2. Tingkat pemasakan dini, pada tingkat ini terjadi beberapa proses persiapan pembentukan sel baru.
3. Tingkat pemasakan akhir, pada tingkat ini terjadi pembentukan sel induk muda.
4. Tingkat pelepasan sel.

Chlorella sp dapat hidup disembarang tempat, baik di air tawar maupun di air payau bahkan hidup di air laut. Dijelaskan pula *Chlorella sp* mempunyai daya tahan terhadap perubahan lingkungan yang mendadak, baik berupa perubahan suhu, salinitas, maupun pH (Labina, 1994). Guna untuk melangsungkan kehidupannya, alga hijau (*Chlorella sp*) dapat melakukan pertumbuhan (berkembangbiak) secara cepat kalau mikroorganismenya ini merasa hidupnya terancam atau lingkungan hidupnya kurang baik.

III. DEGRADASI NITRAT

Alga hijau (*Chlorella sp*) memiliki kemampuan untuk melakukan fotosintesis sehingga dapat menggunakan energi matahari dan memanfaatkan nutrisi yang ada dalam air untuk mensintesa material organik. Ada empat unsur dasar yang harus tersedia dalam proses pertumbuhan alga, yaitu nitrogen, fosfor, karbon dioksida, dan sinar matahari. Sebagaimana makhluk hidup lainnya alga hijau membutuhkan nutrisi untuk sumber energi dan memenuhi kebutuhan biosintesa.

Nitrogen dalam bentuk nitrat dan amonium oleh alga hijau digunakan untuk membentuk asam amino, klorofil dan protein. Proses penyerapan nitrat diawali dengan terserapnya nitrat oleh membran plasma pada alga hijau, kemudian nitrat tersebut masuk ke dalam sitoplasma. Nitrat yang ada dalam sitoplasma tidak dapat digunakan untuk membentuk asam amino dan protein, melainkan harus dikonversi terlebih dahulu menjadi amonium melalui bantuan enzim *nitrate reductase*. Sedangkan penyerapan amonium dapat langsung membentuk asam amino dan protein. Oleh karena itu jumlah nitrat yang terserap oleh sel alga hijau ditentukan oleh kadar amonium yang dihasilkan enzim *nitrate reductase* (Afandi, 2003). Secara umum penyerapan nitrat dapat digambarkan seperti gambar berikut.



Gambar 5. Asimilasi Nitrat Oleh Alga Hijau (*Chlorella sp*)

Sumber : Afandi, 2003

Bahwasannya *Chlorella sp* dapat hidup pada konsentrasi nitrat yang relatif tinggi. Aktivitas enzim *nitrate reductase* yang berperan dalam proses asimilasi nitrat pada sel alga sangat dipengaruhi oleh kadar nitrat pada lingkungan hidup alga. Peningkatan kadar nitrat mendorong peningkatan aktivitas enzim *nitrate reductase* yang pada akhirnya menyebabkan produksi dan akumulasi amonium (NH_4^+). Disamping itu, aktivitas enzim *nitrate reductase* yang tinggi dapat mengakibatkan akumulasi nitrit yang bersifat toksik pada sel alga. Sekitar 80 % nitrogen yang ada dalam

air limbah dikonversi menjadi sel alga. Sel alga mengandung kurang lebih 8 % nitrogen.

Dalam proses penyerapan, alga membutuhkan waktu untuk melakukan kontak dengan zat / reaktan. Waktu yang dibutuhkan untuk menyerap zat / reaktan disebut waktu tinggal atau waktu kontak. Waktu tinggal yang dibutuhkan alga hijau untuk menghasilkan penyerapan kadmium terbesar berkisar antara 20 – 30 jam (Afandi, 2003).

Media yang digunakan dalam proses penyerapan yaitu kolam stabilisasi aerobik dengan kedalaman kolam berkisar 15 – 45 cm, proses yang terjadi pada kolam mini adalah proses simbiotik antara bakteri dan alga. Kedua mikroorganisme ini tersuspensi dalam air (Pandebesie, 2004).

IV ANALISA DEGRADASI NITRAT

Dari pengukuran yang dilakukan didapatkan data awal sehingga dapat diketahui kemampuan alga hijau (*Chlorella sp*) dalam menurunkan kandungan nitrat (NO_3^-) dalam limbah domestik. Adapun analisa awal kandungan nitrat (NO_3^-) dalam limbah domestik adalah sebagai berikut :

Nitrat (NO_3^-) : 11,760 mg / l

pH : 7,02

Kemudian dari penelitian penurunan kandungan nitrat (NO_3^-) dalam limbah domestik oleh alga hijau (*Chlorella sp*) maka diperoleh kemampuan penyerapan nitrat (NO_3^-) pada variasi pH dan waktu tinggal yang dapat ditunjukkan pada tabel 4. 1 berikut.

Tabel 2. Kemampuan penyerapan nitrat (NO_3^-) dalam limbah domestik oleh alga hijau (*Chlorella sp*) dengan memvariasikan pH dan waktu tinggal.

pH	Waktu Tinggal (jam)				
	12	24	36	48	60
	Penyerapan Nitrat (%)	Penyerapan Nitrat (%)	Penyerapan Nitrat (%)	Penyerapan Nitrat (%)	Penyerapan Nitrat (%)
2	13.5	20.6	21.6	19.5	19.1
5	28.9	38.4	39.1	37.9	37.7
8	43.8	59.6	62.3	58.4	57.6
11	24.6	37.7	38.4	37.3	37.0
14	15.2	22.5	23.2	21.9	21.6

Sumber : Data Primer

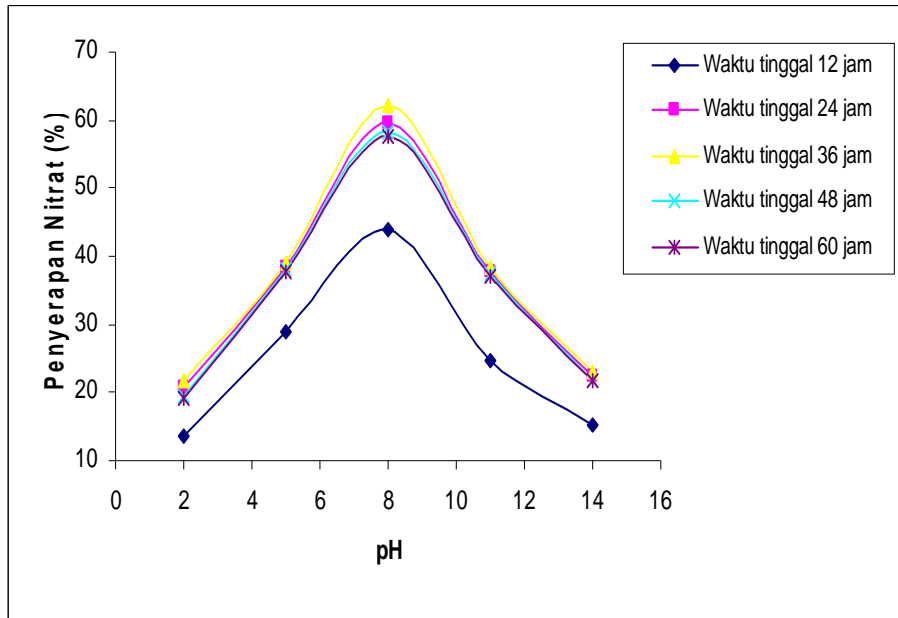
4.1 Pengaruh pH Terhadap Penyerapan Nitrat (NO_3^-) Dalam Limbah Domestik Dengan menggunakan Alga Hijau (*Chlorella sp*).

Berdasarkan tabel 4. 1 pengaruh pH pada proses penyerapan nitrat (NO_3^-) oleh alga hijau (*Chlorella sp*) menunjukkan bahwa pada pH 2 dengan waktu tinggal selama 36 jam diperoleh kemampuan penyerapan nitrat (NO_3^-) oleh alga hijau (*Chlorella sp*) sebesar 21,6 %. Pada pH 5 dengan waktu tinggal

yang sama diperoleh kemampuan penyerapan nitrat (NO_3^-) oleh alga hijau (*Chlorella sp*) sebesar 39,1 %, pada pH 8 diperoleh kemampuan penyerapan nitrat (NO_3^-) oleh alga hijau (*Chlorella sp*) sebesar 62,3 %. Sedangkan pada pH 11 diperoleh kemampuan penyerapan nitrat (NO_3^-) oleh alga hijau (*Chlorella sp*) sebesar 38,4 %, dan pada pH 14 diperoleh kemampuan penyerapan nitrat (NO_3^-) oleh alga hijau (*Chlorella sp*) sebesar 23,2 %.

Hal diatas menunjukkan bahwa penyerapan nitrat (NO_3^-) oleh alga hijau (*Chlorella sp*) pada pH 8 merupakan penyerapan paling baik, hal ini disebabkan karena alga hijau (*Chlorella sp*) dapat hidup dengan baik pada pH netral sehingga dapat melakukan penyerapan nutrien yang pada percobaan kali ini berupa nitrat (NO_3^-) dan melakukan proses fotosintesis secara efektif. Sedangkan pada pH asam maupun basa dapat menghambat alga hijau (*Chlorella sp*) dalam melakukan penyerapan nutrient dan proses fotosintesis.

Secara keseluruhan penyerapan nitrat (NO_3^-) oleh alga hijau (*Chlorella sp*) yang dipengaruhi oleh pH dapat ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 6. Hubungan penyerapan nitrat (%) dengan pH pada berbagai waktu Tinggal.

Dari gambar 7 yang ditampilkan dalam bentuk grafik dapat dilihat pengaruh pH terhadap penyerapan nitrat (%). Pada pH 2 dengan waktu tinggal selama 12 jam memberikan hasil penyerapan nitrat (%) yang rendah, yaitu 13,5 % karena pada pH 2 alga hijau (*Chlorella sp*) tidak dapat hidup dengan baik, maka penyerapan nutrisi dan proses fotosintesis tidak dapat berjalan secara efektif sehingga penyerapan nitrat (NO_3^-) oleh alga hijau (*Chlorella sp*) tidak terserap dengan baik pula.

Sedangkan pada pH 8 dengan waktu tinggal selama 36 jam memberikan hasil yang paling besar terhadap penyerapan nitrat

yaitu berkisar 62,3 % dibandingkan pengaruh pH lainnya. Karena pada pH 8 merupakan pH yang baik untuk hidup bagi alga hijau (*Chlorella sp*) sehingga dapat melakukan penyerapan nutrisi (Nitrat) dan melakukan proses fotosintesis secara efektif.

Dari gambar 7 menunjukkan bahwa pH sangat mempengaruhi penyerapan nitrat oleh alga hijau. Bahwasannya alga hijau (*Chlorella sp*) dapat menyerap nutrisi (Nitrat) dengan baik pada pH 8, sedangkan pada pH asam maupun basa penyerapan nutrisi (Nitrat) terhambat, hal ini disebabkan alga hijau (*Chlorella sp*) dapat hidup dengan baik pada pH 6 – 9 (netral).

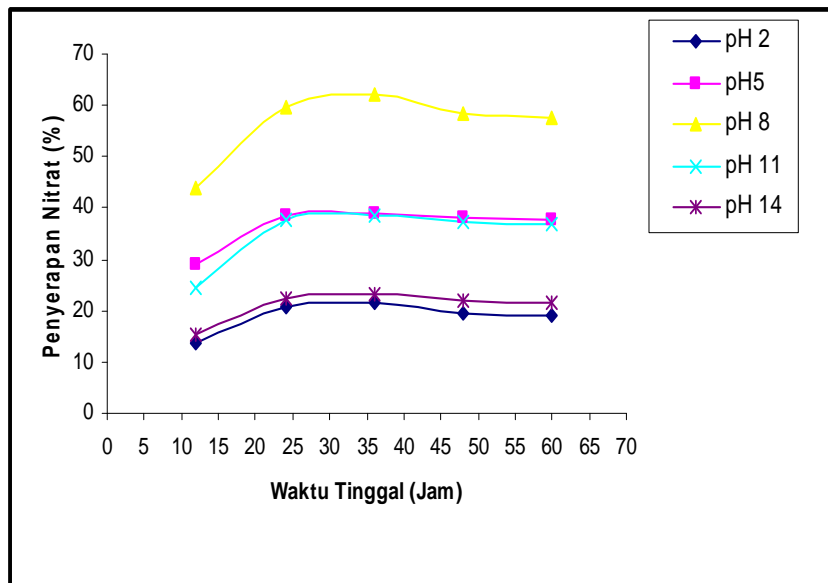
Pada gambar 7 terlihat loncatan grafik yang sangat tajam yaitu dari waktu tinggal 12 jam dengan waktu tinggal yang lainnya. Selama waktu tinggal 12 jam ini alga hijau (*Chlorella sp*) masih dalam fase adaptasi, populasinya masih belum mengalami pertumbuhan / penambahan jadi penyerapan nitrat pun belum terlalu banyak.

4.2 Pengaruh Waktu Tinggal Terhadap Penyerapan Nitrat (NO_3^-) Dalam Limbah Domestik dengan menggunakan Alga Hijau (*Chlorella sp*).

Pada tabel 2 . menunjukkan bahwa waktu tinggal selama 12 jam dengan pH 8 diperoleh kemampuan penyerapan nitrat (NO_3^-) oleh alga hijau (*Chlorella sp*) mencapai 43,8 %. Terjadi peningkatan penyerapan nitrat pada waktu tinggal selama 24

jam dan 36 jam dengan pH yang sama yaitu mampu menyerap nitrat (NO_3^-) sebesar 59,6 dan sebesar 62,3 %. Sedangkan pada waktu tinggal selama 48 jam diperoleh kemampuan penyerapan nitrat (NO_3^-) oleh alga hijau (*Chlorella sp*) sebesar 58,4 %, dan pada waktu tinggal selama 60 jam diperoleh kemampuan penyerapan nitrat (NO_3^-) oleh alga hijau (*Chlorella sp*) sebesar 57,6 %.

Secara keseluruhan penyerapan nitrat (NO_3^-) oleh alga hijau (*Chlorella sp*) yang dipengaruhi oleh waktu tinggal dapat ditunjukkan pada gambar 8 berikut.



Gambar 7. Hubungan penyerapan nitrat (%) dengan waktu tinggal (jam) pada Berbagai pH.

Dari grafik yang diperoleh dari gambar 8 dapat dilihat penyerapan nitrat (NO_3^-) oleh alga hijau (*Chlorella sp*) pada waktu tinggal selama 36 jam dengan pH 8 diperoleh penyerapan nitrat yang paling besar yaitu mencapai 62,3 % dibandingkan pengaruh perubahan berbagai waktu tinggal lainnya. Sedangkan pada waktu tinggal selama 12 jam dengan pH 8 diperoleh penyerapan nitrat yang rendah yaitu sebesar 43,8 %. Penyerapan nitrat mulai dari waktu tinggal 12 jam sampai 36 jam mengalami peningkatan.

Tapi pada waktu tinggal selama 48 jam dan 60 jam penyerapan nitrat mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan terjadinya eutrofikasi (penyuburan) pada *Chlorella sp*, dimana pada waktu tinggal selama 12 sampai 36 jam terjadi blooming (pertumbuhan yang cepat) pada alga hijau (*Chlorella sp*) sehingga populasi alga hijau semakin bertambah. Sehingga pada waktu tinggal memasuki 48 jam sampai 60 jam populasi alga hijau terlalu banyak (over load) sedangkan DO yang tersedia dalam bak reaktor tetap, dan ketika alga hijau melakukan respirasi maka terjadi kompetisi untuk mendapatkan oksigen. Hal ini menyebabkan ada sebagian alga hijau (*Chlorella sp*) yang tidak dapat melakukan respirasi karena tidak mendapatkan oksigen sehingga alga hijau itu mati. Alga hijau yang mati tersebut akan terurai dan didegradasi oleh bakteri menjadi nitrat kembali. Hal itulah yang membuat adanya penambahan nitrat pada waktu tinggal selama 48 dan 60 jam. Selain menguraikan alga yang mati bakteri yang ada juga membantu alga hijau (*Chlorella sp*) dalam proses penyerapan nitrat,

hal ini dikarenakan bakteri juga memanfaatkan nitrat sebagai zat makanan.

Alga hijau (*Chlorella sp*) dapat hidup secara baik jika kondisi lingkungannya mendukung (lingkungannya juga baik). Dalam hal ini yang dimaksud dengan lingkungan yang baik yaitu lingkungan dengan pH netral (6 – 9). Tidak menutup kemungkinan alga hijau ini juga dapat hidup dilingkungan asam maupun basa, akan tetapi pertumbuhan mikroorganismenya tidak sebaik pada pH netral. Semakin buruk lingkungan hidupnya maka semakin terhambat pula pertumbuhan mikroorganismenya ini, sebaliknya semakin baik lingkungan hidupnya maka pertumbuhannya semakin cepat. Proses pertumbuhan sangat erat hubungannya dengan penyerapan nutrisi. Sehingga dapat dilihat pada gambar 8 terdapat kenaikan dan penurunan grafik yang tinggi.

V. PENUTUP

Dari hasil analisa yang telah diuraikan dapat dikatakan bahwa :

1. Penyerapan kandungan nitrat (NO_3^-) dengan menggunakan alga hijau (*Chlorella sp*) dapat menurunkan kadar nitrat (NO_3^-) sesuai syarat yang telah ditetapkan yaitu dengan kadar 10 mg / l.
2. Kemampuan penyerapan nitrat (NO_3^-) oleh alga hijau (*Chlorella sp*) dapat mencapai hasil terbaik yaitu sebesar 62,3 %, hal ini terjadi pada variasi pH 8 dengan waktu tinggal selama 36 jam.
3. Penyerapan nitrat (NO_3^-) oleh alga hijau (*Chlorella sp*) pada pH 2 dan pH 5 (pH asam) tidak maksimum, begitu juga pada pH 11 dan pH 14 (pH basa) terjadi penyerapan nitrat (NO_3^-) oleh alga hijau (*Chlorella sp*) yang tidak maksimum. Dikarenakan alga hijau (*Chlorella sp*) hidup (fotosintesis) dan melakukan proses penyerapan nutrien dengan baik pada pH 8 (pH netral).
4. Pada waktu tinggal 48 jam dan 60 jam terjadi penurunan penyerapan nitrat disebabkan terjadinya eutrofikasi pada alga hijau (*Chlorella sp*).

Harapan selanjutnya bahwa penyerapan nitrat (NO_3^-) oleh alga hijau (*Chlorella sp*) mampu menurunkan nitrat walaupun untuk limbah domestik masih banyak kandungan pencemar yang lain. Sehingga disarankan untuk meneliti kandungan pencemar lain yang berpengaruh seperti BOD, COD, fosfor dan TSS.

Dari variabel yang berpengaruh dalam proses penyerapan nitrat (NO_3^-) oleh alga hijau (*Chlorella sp*) hanya 2 variabel yang ditinjau yaitu pH dan waktu tinggal, maka disarankan untuk melakukan penelitian terhadap variabel yang berpengaruh lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Y.V., 2003, “Uji Penurunan Kandungan Nitrat dan Fosfat oleh Alga Hijau (*Chlorella sp*) secara Kontinyu”, Jurusan Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.
- Agung, N.B., dan kawan – kawan, 2000, “Materi Biologi untuk Kelas 1 Sekolah Menengah Atas”, Galeri Wacana Surabaya, Surabaya.
- Handyastuti, K.T., 2003, “Pengaruh Plant Coverage Terhadap Penurunan N dan P tumbuhan air. Studi kasus pada Enceng Gondok, Kayu Apu, Duckweed, dan Kangkung air untuk Pengolahan Effluent IPLT Keputih”, Jurusan Teknik Lingkungan. ITS, Surabaya.
- Labina, F.A.P., 1994, “Pengaruh Perbedaan Salinitas Terhadap Tumbuhan Populasi *Chlorella sp* di bak – bak percobaan”, Jurusan Budidaya Perairan Universitas Hang Tuah, Surabaya.
- Odum, P., Eugene, 1995, “ Dasar dasar Ekologi”, Edisi ketiga, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Pandebesie, E.S., dan Susi Agustina, W., 2004, “Inhibisi Nitrat Terhadap Pertumbuhan Algae Hijau (*Chlorella sp*)”, Jurnal Rekayasa Perencanaan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UPN “VETERAN” JATIM.
- Prawirohartono, S., 2000, “Saint Biologi 1A Untuk SMU Kelas 1 Tengah Tahun Pertama”, PT Bumi Aksara, Jakarta.

- Retnosari, A.E.P., 1998, “Dekonsentrasi Amonium dan Nitrat oleh Duckweed”, Jurusan Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.
- Rosa Amarilin A., 2001, “Studi Penurunan Kandungan BOD, N dan P lumpur dari Proses Lining Industri Penyamakan Kulit dengan Memakai Tanaman air”, Jurusan Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Hasil pengukuran nitrat (NO_3^-) awal dan setelah proses ditabelkan seperti dibawah ini.

Tabel . Pengukuran awal nitrat (NO_3^-).

PARAMETER	SATUAN	HASIL ANALISA	BATAS MAKS. BAKU MUTU AIR SK. GUB. 413/1987	
			GOL. B	GOL. C
pH		7,02	6 - 8,5	9 - 6
Nitrat (NO_3^-)	mg / l	11,76	10	10

Tabel Pengukuran nitrat (NO_3^-) setelah proses.

No	pH	Konsentrasi awal Nitrat (NO_3^-) (mg / l)	Konsentrasi akhir Nitrat (NO_3^-) setelah				
			12 jam	24 jam	36 jam	48 jam	60 jam
1	2	11.760	10.172	9.332	9.220	9.461	9.513
2	5	11.760	8.361	7.248	7.158	7.298	7.323
3	8	11.760	6.609	4.753	4.439	4.891	4.984
4	11	11.760	8.867	7.326	7.244	7.379	7.406
5	14	11.760	9.967	9.116	9.029	9.187	9.216

LAMPIRAN 2

Perhitungan Effisiensi Nitrat .

Prosentase penurunan kandungan nitrat pada limbah domestik dengan proses penyerapan nitrat (NO_3^-) oleh alga hijau (*Chlorella sp*) dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Effisiensi (\%)} = \frac{\text{So} - \text{S}}{\text{So}} \times 100$$

Dengan :

So = Hasil analisa NO_3^- awal

S = Hasil analisa NO_3^- akhir

Contoh perhitungan penurunan NO_3^- :

Pada pH 8 dengan waktu tinggal selama 36 jam, didapat :

- Kandungan NO_3^- awal (So) = 11,760 mg / l
- Kandungan NO_3^- akhir (S) = 4,739 mg / l

$$\text{Effisiensi (\%)} = \frac{\text{So} - \text{S}}{\text{So}} \times 100$$

$$\begin{aligned} &= \frac{11,760 \text{ mg / l} - 4,439 \text{ mg / l}}{11,760 \text{ mg / l}} \times 100 \% \\ &= 62,3 \% \end{aligned}$$

LAMPIRAN 3

Analisa Konsentrasi Nitrat

Alat :

1. Labu ukur 100 ml dan 50 ml
2. Erlenmeyer 25 ml
3. Pipet
4. Spektrofotometer

Bahan – bahan :

1. Aquades bebas nitrat
2. Larutan KNO_3
3. Brucin Asetat 0,5 %
Melarutkan 0,5 gr brucin asetat dalam labu ukur 100 ml dengan asam asetat glacial ($\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{pekat}}$) hingga 100 ml.
4. H_2SO_4 pekat

Cara Kerja :

- Kurva Standart Nitrat
 1. Membuat larutan stock nitrat dari KNO_3 dengan konsentrasi 100 mg / lt NO_3^- .
 2. Mengencerkan larutan stock tersebut dengan aquades menjadi beberapa konsentrasi yaitu : 0,5 mg/l; 1 mg/l; 1,5 mg/l; 2 mg/l; 2,5 mg/l.

3. Dari kelima konsentrasi tersebut, ambil 2 ml dari masing – masing konsentrasi dan masukkan kedalam erlenmeyer.
 4. Menambahkan 2 ml Brucin Asetat 0,5 % dan 4 ml H₂SO₄ ke dalam masing – masing erlenmeyer.
 5. Mengocok erlenmeyer tersebut dan diamkan selama 7 menit.
 6. Membaca absorbansinya pada Spektrofotometer dengan $\lambda = 400$ mm.
 7. Membuat grafik regresi linear antara absorbansi dan konsentrasi nitrat sebagai standart kalibrasi.
- Analisa Nitrat
 1. Masukkan 2 ml sampel kedalam erlenmeyer.
 2. Selanjutnya mengikuti langkah 4 – 6.
 3. Menentukan konsentrasi nitrat pada sampel berdasarkan kurva standart.