

Penggunaan *Chlorella sp.* sebagai alternatif untuk Mengolah Limbah Cair Industri Pengolahan Susu

Yuli Pratiwi

Jurusan Teknik Lingkungan FST IST AKPRIND
Jln. Kalisahak no.28 Komplek Balapan Yogyakarta

Abstract

*One of methods for treating waste in the most effective and cheapest way is by biological method, because it utilize microbes that are abundant in natural environment. Microbe activities can be utilized to produce a system that can accomplish recycling process, so they can control the quality of waste. This research is aimed to carry out test by utilizing microbes *Chlorella sp.* that is belonged to phytoplanktons that are used as inoculum for treating waste milk industry.*

*This research was conducted at the Environmental Technical Laboratory of ISTA Yogyakarta for 3 months, with activities starting from *Chlorella sp.* culturing, preliminary research for determining the concentration of optimal inoculum growth to the main research, the application of *Chlorella sp.* For milk waste treatment.*

*From the result of research, it was evident that milk waste milk industry exerted positive influence on the growth of *Chlorella sp.* that could reached optimal rate. This optimal growth rate, in turn, could be utilized to improve milk waste quality, especially to reduce BOD, soluble CO₂, and to increase DO as well as to neutralize pH. Other effect of optimal *Chlorella sp.* growth was that protozoa population growth that sustain and accelerate the treatment of this milk waste.*

Keywords: biological method, *Chlorella sp.*, waste milk industry

Pendahuluan

Limbah merupakan buangan berupa bahan-bahan sisa dan tidak berguna dari berbagai kegiatan seperti sektor industri, pertanian maupun pemukiman, selalu bertambah setiap saat sesuai dengan laju pertumbuhan penduduk. Limbah tersebut kalau tidak dikelola dengan baik, dapat menimbulkan pencemaran lingkungan, oleh karena itu sebelum limbah dibuang ke lingkungan harus dilakukan usaha pengolahan. Terkait dengan hal ini maka perlu dikaji cara penanganan limbah yang efisien, berdaya guna dan relatif murah pengerjaannya serta dapat diterapkan.

Salah satu metode pengolahan limbah yang efektif dan murah adalah secara biologi atau hayati. Pengolahan ini biasanya hanya menggunakan kemampuan mikrobia yang banyak terdapat di alam. Aktivitas mikrobia ini dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan suatu sistem yang dapat melakukan proses daur ulang, sehingga dapat memperbaiki kualitas limbah yang akan dibuang. Penelitian ini bertujuan untuk uji coba pemanfaatan mikrobia *Chlorella sp.*, yang termasuk kelompok fitoplankton untuk memperbaiki kualitas limbah cair industri pengolahan susu, serta untuk mengetahui dampaknya terhadap pertumbuhan populasi mikroorganisme lain terutama protozoa.

Pengolahan secara biologi dengan memanfaatkan kegiatan mikrobia untuk melakukan degradasi bahan-bahan kimia yang terkandung di dalam limbah, menjadi bentuk lain yang lebih sederhana. Hasil akhir dari proses pengolahan ini sangat tergantung pada kondisi lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap berlangsungnya proses degradasi yaitu aerob ataupun anaerob. Degradasi bahan-bahan kimia terutama organik pada kondisi aerob akan diuraikan menjadi senyawa yang lebih sederhana. Senyawa-senyawa sederhana tersebut digunakan untuk sumber nutrisi bagi kelangsungan hidup mikroorganisme.

Limbah cair industri pengolahan susu terdiri dari senyawa-senyawa organik yang kaya protein, lemak,

karbohidrat dan mineral, juga mengandung bahan tersuspensi yang rendah. Senyawa-senyawa organik ini sangat mudah diuraikan oleh mikrobia seperti *Chlorella sp.* dan mikroorganisme lain seperti protozoa, menjadi senyawa yang lebih sederhana. Sehingga diharapkan apabila limbah ini dibuang ke lingkungan tidak menimbulkan masalah pencemaran.

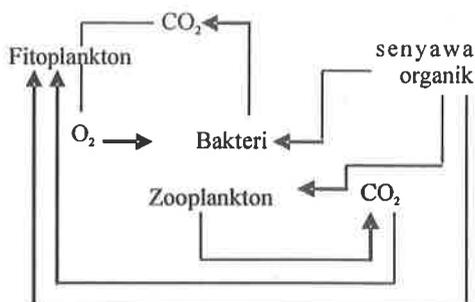
Plankton adalah organisme yang bersifat mikroskopik yang hanya mempunyai tenaga yang relatif kecil, sehingga hanya dapat mengapung di permukaan air dan dapat bergerak disebabkan oleh adanya gerakan arus air serta mampu melakukan proses fotosintesis (Tortora, 2001). Fitoplankton memiliki zat hijau daun (klorofil) serta pigmen lain yang berperan dalam fotosintesis untuk menghasilkan bahan organik dan oksigen dalam air. Selain itu fitoplankton juga dapat digunakan sebagai indikator kesuburan suatu perairan. Plankton yang bersifat tumbuhan disebut fitoplankton, sedangkan yang bersifat hewan disebut zooplankton. *Chlorella sp.*, yang termasuk fitoplankton dapat melakukan fotosintesis dan merupakan sumber makanan bagi protozoa dan jasad akuatik lainnya. Komunitas plankton yang meliputi fitoplankton dan zooplankton di ekosistem perairan merupakan basis terbentuknya suatu rantai makanan. Karena di perairan fitoplankton merupakan produsen primer yang mendukung sistem kehidupan yang ada, karena mampu menghasilkan oksigen dari hasil fotosintesis. Oksigen yang dihasilkan oleh fitoplankton sangat penting untuk pengendalian pencemaran di ekosistem perairan (Hellawel, 1986). Sedangkan protozoa sebagai penyusun dari zooplankton, selain menjadikan fitoplankton sebagai sumber makanan dan oksigen, ternyata juga mampu merombak senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang sederhana. Oleh karena itu adanya peran anggauta ekosistem seperti *Chlorella sp.*, protozoa dan organisme akuatik lainnya,

diharapkan dapat mendegradasi secara biologis dengan maksimal senyawa organik yang ada dalam limbah, sehingga proses pemurnian dari badan air yang tercemar dapat berlangsung dengan cepat.

Landasan teori

Metode pengolahan limbah cair industri pengolahan susu dengan menggunakan *Chlorella* sp., termasuk pengolahan limbah secara biologi atau hayati. Pengolahan ini terutama mengandalkan pada ketersediaan nutrisi dan oksigen. Kedua faktor tersebut saling terkait dalam membantu pertumbuhan mikroorganisme. Selama nutrisi dan oksigen tercukupi, maka mikroorganisme terutama yang aerobik akan berkembang dengan baik dan mampu menghasilkan energi yang cukup untuk menguraikan senyawa organik yang ada dalam limbah.

Sumber nutrisi dalam penelitian ini adalah limbah cair industri pengolahan susu, yang kaya akan senyawa organik dan sumber oksigen adalah kegiatan fotosintesis yang dilakukan *Chlorella* sp. Senyawa CO₂ hasil respirasi protozoa dan mikroorganisme akuatik yang lain seperti bakteri, dipakai sebagai sumber energi fotosintesis *Chlorella* sp. Dengan tumbuhnya *Chlorella* sp., pada limbah cair industri pengolahan susu, maka akan terjadi suatu siklus biologi pada sistem pengolahan air limbah secara optimal, dengan demikian proses tersebut diharapkan akan mempercepat proses di dalam sistem pengolahan limbah.



Gambar 1. Proses biodegradasi senyawa organik secara alami (Benson, et al., 1975)
Metodologi

Bahan yang dipergunakan untuk penelitian ini meliputi: kultur *Chlorella* sp., limbah cair industri pengolahan susu, air steril, media *walne*, zat kimia untuk pemeriksaan DO, BOD dan CO₂, kaporit, Natrium Thiosulfat. Sedangkan alat-alat yang digunakan meliputi: akuarium volume 20 liter, aerator, DO meter, spektrofotometer DR 2000, mikroskop, haemocytometer, autoclave, pH meter, gelas ukur, pengatur aerasi dan slang plastik diameter 1 cm.

Penelitian ini dimulai dari tahap persiapan bahan dan peralatan yaitu meliputi sterilisasi air yang digunakan untuk perkembangbiakan *Chlorella* sp., serta sterilisasi peralatan penelitian. Kemudian dilanjutkan tahap persiapan kultur *Chlorella* sp., yang meliputi isolasi dan perkembangbiakan kultur *Chlorella* sp. Tahap selanjutnya adalah pelaksanaan penelitian yang menggunakan konsentrasi 0% (control), 40%, 45%, 50%, 55%, 60% dengan perincian kebutuhan *Chlorella* sp. dan limbah cair susu seperti tercantum di table 1. dibawah ini.

Tabel 1. Kebutuhan kultur *Chlorella* sp. dan limbah cair industri pengolahan susu untuk menentukan konsentrasi perlakuan

Konsentrasi Perlakuan (%)	Kultur <i>Chlorella</i> sp (liter)	Limbah cair pengolahan susu (liter)
0 (kontrol)	0	10,0
40	4,0	6,0
45	4,5	5,5
50	5,0	5,0
55	5,5	4,5
60	6,0	4,0

Penentuan konsentrasi perlakuan 40-60%, didasarkan atas hasil uji pendahuluan atau *exploratory test* yang menggunakan konsentrasi perlakuan 10-100% dan ternyata pertumbuhan *Chlorella* sp. yang paling optimal adalah pada konsentrasi perlakuan 40-60%. Pengamatan dilakukan setiap hari selama 8 hari, mengingat GOP (*Growth Optimum Population*) dari *Chlorella* sp. adalah 4-5 hari.

Pengumpulan data dilakukan sejak hari pertama penelitian sampai hari ke delapan. Parameter yang diamati meliputi pH, oksigen terlarut (DO: *Dissolved Oxygen*), kebutuhan oksigen untuk menguraikan pencemar terutama bahan organik secara biologi (BOD: *Biological Oxygen Demand*) CO₂ terlarut, populasi *Chlorella* sp. dan protozoa. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Lingkungan ISTA Yogyakarta. Data penelitian dianalisis dengan regresi dan korelasi program SPSS versi 10 (Santoso, 2001) dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi perlakuan terhadap parameter pH, DO, BOD, CO₂ terlarut dan populasi protozoa.

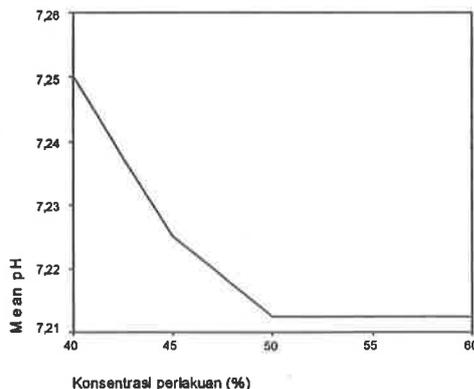
Hasil dan Pembahasan

Data perbaikan kualitas limbah cair industri pengolahan susu setelah diperlakukan dengan *Chlorella* sp., dengan konsentrasi perlakuan 40-60% (tabel 2), menunjukkan bahwa dapat menurunkan tingkat pencemaran limbah tersebut ditinjau dari parameter pH, DO, BOD, dan CO₂ terlarut, dan juga sudah memenuhi syarat kualitas air limbah seperti yang telah dibakukan dalam Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta no: 281 tahun 1998 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri di Propinsi DIY. Kemudian setelah data penelitian ini dianalisis dengan regresi dan korelasi program SPSS versi 10, ternyata antara konsentrasi perlakuan terhadap parameter DO, BOD, CO₂ terlarut dan populasi protozoa didapatkan hasil korelasi positif (untuk parameter DO dan populasi protozoa) dan berkorelasi negatif (untuk parameter pH, CO₂ terlarut, BOD), hal ini didasarkan hasil perhitungan koefisien korelasi yang besarnya antara 1 sampai -1. Sedangkan persamaan garis regresi antara konsentrasi perlakuan dengan parameter pH, DO, BOD, CO₂ terlarut dan protozoa akan dituliskan di pembahasan di setiap parameter di bawah ini.

Tabel 2. Kualitas limbah industri pengolahan susu sebelum (0 %) dan sesudah (40-60%) diperlakukan dengan *Chlorella* sp.

Konsentrasi perlakuan	Pengamatan (hari)	Rata-rata pH	Rata-rata DO (ppm)	Rata-rata CO ₂ (ppm)	Rata-rata BOD (ppm)	Rata-rata <i>Chlorella</i> x 10/l	Rata-rata Protozoa x 10/l
0 %	1-8	4,25	0	27,45	278,36	0	0
40 %	1-8	7,25	3,71	12,76	122,40	38,25	7,75
45 %	1-8	7,23	3,80	12,40	113,08	55,13	9,63
50 %	1-8	7,21	3,98	12,43	111,28	57,38	11,38
55 %	1-8	7,21	4,38	8,68	101,51	61,00	11,50
60 %	1-8	7,21	4,56	8,14	100,39	63,88	12,25

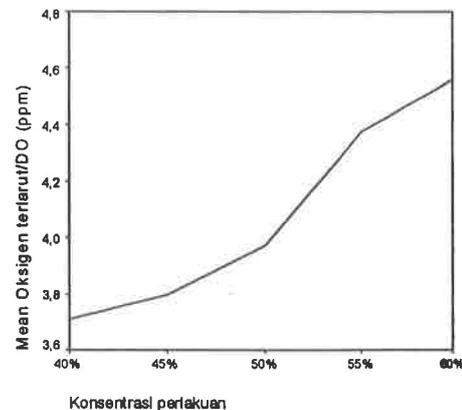
pH. pH pada limbah asli (0% atau kontrol) relatif rendah yaitu 4,25. Rendahnya pH limbah asli ini diduga bersumber dari CO₂ yang terbentuk karena pengaruh proses oksidasi biologi terhadap zat organik yang terkandung dalam limbah, terutama pada air yang tercemar. Oleh karena itu dalam penelitian ini pH air limbah perlu dinetralisasi terlebih dahulu sesuai dengan pH air untuk kehidupan *Chlorella* sp. Dari hasil uji penerapan *Chlorella* sp. terhadap limbah industri pengolahan susu dari konsentrasi perlakuan 40 -60% sampai hari terakhir pengamatan, ternyata dapat mencapai pH sekitar 7,25 7,21. Penyebabnya kemungkinan besar karena *Chlorella* sp. dalam melaksanakan proses fotosintesis menghasilkan sejumlah oksigen yang dikontribusikan sebagai oksigen terlarut ke dalam limbah, dan dengan kenaikan kadar oksigen terlarut ini mengakibatkan kenaikan pH. Persamaan garis regresi antara konsentrasi perlakuan dengan pH limbah yaitu $Y = 7,310 - 0,002 X$, dengan asumsi Y adalah konsentrasi perlakuan dan X merupakan pH limbah



Gambar 2. Hubungan antara konsentrasi perlakuan dengan pH limbah

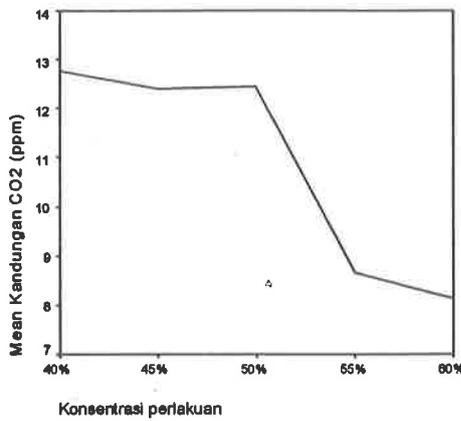
Oksigen Terlarut (DO: *Dissolved Oxygen*). Oksigen terlarut pada limbah cair pengolahan susu asli (kontrol) pada hari pertama pengamatan sampai hari ke delapan adalah 0 ppm, sedangkan pada limbah yang sudah diperlakukan dengan *Chlorella* sp., dari konsentrasi perlakuan 40-60% pada hari ke delapan pengamatan kandungan oksigen terlarut sebesar 3,71 - 4,56 ppm. Kandungan oksigen terlarut dapat bertambah karena *Chlorella* sp., dengan adanya sinar matahari dan bahan-bahan organik yang ada didalam limbah, dapat melakukan fotosintesis, yang salah satunya akan menghasilkan oksigen. Kenaikan tersebut sejalan dengan pertambahan jumlah populasi *Chlorella* sp., pada masing-masing perlakuan. Sedangkan pada limbah cair industri

pengolahan susu yang asli, kandungan oksigen terlarut sampai hari ke delapan tetap 0 ppm, hal ini disebabkan semakin tinggi konsentrasi limbah cair industri pengolahan susu maka akan semakin banyak jumlah sisa-sisa bahan organik dan unsur lain yang terlarut, sehingga semakin banyak mikroorganisme yang menguraikan sisa-sisa bahan ini. Sementara untuk melaksanakan proses dekomposisi ini, mikroorganisme membutuhkan sejumlah oksigen dan akibatnya kandungan oksigen terlarut menjadi turun. Persamaan garis regresi antara konsentrasi perlakuan dengan DO limbah yaitu $Y = 1,810 + 0,045 X$, dengan asumsi Y adalah konsentrasi perlakuan dan X merupakan DO limbah.



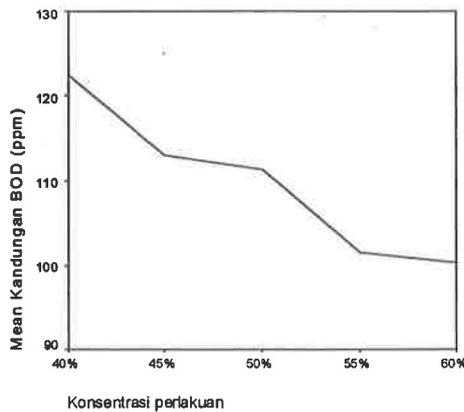
Gambar 3. Hubungan antara konsentrasi perlakuan dengan kandungan DO limbah

CO₂ Terlarut. CO₂ terlarut pada limbah cair pengolahan susu yang asli (kontrol) pada hari pertama pengamatan sampai hari ke delapan mencapai 17,25 ppm. Sementara kandungan CO₂ terlarut pada konsentrasi perlakuan 40-60% pada hari ke delapan pengamatan sebesar 12,76 - 8,14 ppm. Hal ini disebabkan dengan adanya *Chlorella* sp. maka akan selalu terjadi proses fotosintesis untuk kelangsungan hidupnya dengan menggunakan CO₂ terlarut sebagai bahan utama. Semakin baik pertumbuhan populasi *Chlorella* sp. maka kandungan CO₂ terlarut pada limbah cair industri pengolahan susu yang sudah diperlakukan dengan *Chlorella* sp. akan semakin turun. Persamaan garis regresi antara konsentrasi perlakuan dengan CO₂ terlarut limbah yaitu $Y = 23,857 - 0,259 X$, dengan asumsi Y adalah konsentrasi perlakuan dan X merupakan CO₂ terlarut limbah.



Gambar 4. Hubungan antara konsentrasi perlakuan dengan kandungan CO₂ limbah

BOD (*Biological Oxygen Demand*). BOD limbah cair industri pengolahan susu asli (kontrol) pada hari ke delapan pengamatan sebesar 278,36 ppm. Sedangkan kandungan BOD pada limbah yang diperlakukan dengan *Chlorella* sp. konsentrasi 40-60% pada hari ke delapan pengamatan 122,40 - 100,39 ppm. Hal ini berarti penerapan *Chlorella* sp. untuk pengolahan limbah cair susu dapat menurunkan BOD. Kemungkinan disebabkan karena semakin banyak jumlah populasi *Chlorella* sp. maka akan terjadi kenaikan kandungan oksigen terlarut sebagai hasil fotosintesis *Chlorella* sp. dan akibatnya kebutuhan oksigen oleh mikroorganisme untuk proses penguraian bahan organik yang terkandung dalam limbah, dapat dikurangi.

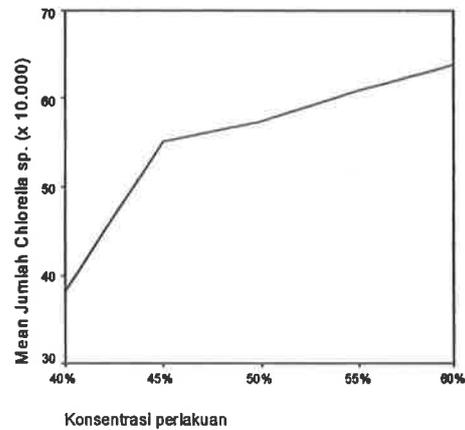


Gambar 5. Hubungan antara konsentrasi perlakuan dengan kandungan BOD limbah

Persamaan garis regresi antara konsentrasi perlakuan dengan BOD limbah yaitu $Y = 165,318 - 1,112 X$, dengan asumsi Y adalah konsentrasi perlakuan dan X merupakan BOD limbah.

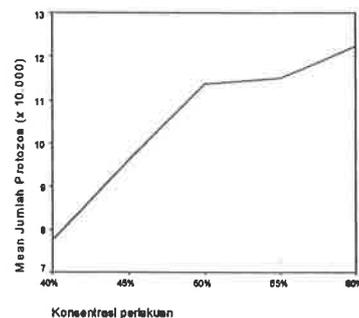
Pertumbuhan *Chlorella* sp. dan Protozoa. Jumlah *Chlorella* sp. pada masing-masing konsentrasi (40-60%) meningkat pada hari pengamatan ke delapan sebesar 38,25 - 63,88 ($\times 10^6/l$) Peningkatan pertumbuhan ini diikuti dengan peningkatan pertumbuhan protozoa, sedangkan pada limbah cair pengolahan susu asli (kontrol) baik *Chlorella* sp. maupun protozoa tidak ada. Pertambahan populasi *Chlorella* sp., dari hari pertama pengamatan

sampai hari ke delapan pada konsentrasi 40-60%, kemungkinan disebabkan adanya interaksi yang positif antara *Chlorella* sp., dengan limbah cair industri pengolahan susu, sehingga limbah ini dapat memacu pertumbuhan populasi *Chlorella* sp., dan disisi lain kualitas limbah tersebut akan meningkat sejalan dengan menurunnya konsentrasi beberapa parameter yang melampaui baku mutu limbah yang berlaku. Persamaan garis regresi antara konsentrasi perlakuan dengan populasi *Chlorella* sp., yaitu $Y = -2,0 + 1,142 X$, dengan asumsi Y adalah konsentrasi perlakuan dan X merupakan populasi *Chlorella* sp. yang terkandung di limbah.



Gambar 6. Hubungan antara konsentrasi perlakuan dengan kandungan *Chlorella* sp. Limbah

Pertumbuhan *Chlorella* sp., pada limbah cair pengolahan susu ini, ternyata juga memacu pertumbuhan Protozoa. pada hari ke delapan pengamatan pada konsentrasi perlakuan 40-60% yaitu 7,75 - 12,25 ($\times 10^6/l$). Hal ini dapat dimengerti sebab selain *Chlorella* sp., sebagai sumber oksigen atau merupakan produsen primer pada ekosistem ini, ternyata juga merupakan sumber energi bagi organisme lain yang lebih besar seperti Protozoa. Sehingga secara tidak langsung dengan adanya populasi Protozoa ini membantu menguraikan senyawa-senyawa yang terkandung pada limbah cair industri pengolahan susu, terutama senyawa organik sebagai sumber nutrisi. Kondisi ekosistem yang demikian menyebabkan proses degradasi senyawa-senyawa organik yang terkandung di dalam limbah cair industri pengolahan susu akan dipercepat dengan adanya sistem piramidal nutrisi yang berkesinambungan. Persamaan garis regresi antara konsentrasi perlakuan dengan populasi Protozoa yaitu $Y = -0,375 + 0,217 X$, dengan asumsi Y adalah konsentrasi perlakuan dan X merupakan populasi Protozoa yang terkandung di limbah.



Gambar 7. Hubungan antara konsentrasi perlakuan dengan kandungan Protozoa limbah

Kesimpulan

Chlorella sp. dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas limbah cair industri pengolahan susu, terutama menurunkan parameter BOD dan CO₂ terlarut serta menaikkan kandungan pH dan DO.

Limbah cair industri pengolahan susu memberikan pengaruh yang positif bagi pertumbuhan *Chlorella* sp., yang mengakibatkan tumbuhnya populasi Protozoa yang dapat menunjang dan mempercepat pengolahan limbah tersebut.

Daftar Pustaka

- Benson-Evan SK. And William PF., 1975, *Algae and Bryophytes In Ecologic Aspect of Used Water Treatment*, CR Curd and Harkes, Academic Press Inc, London.
- Hellawell, J.M, 1986, *Biological indicators of Fresh Pollution and Environmental Management*, 3rd, Elsevier Science Publishing Co., Inc., New York.

Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta no. 281 tahun 1998 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri untuk Wilayah propinsi DIY, Biro Bina Lingkungan Propinsi DIY.

Santoso, S., 2001, *SPSS Versi 10: Mengolah Data Statistik Secara Profesional*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.

Tortora GJ, Funke BR, Case CL. 2001. *Microbiology: An Introduction*. Addison Wesley Longman, Inc. New York. 887 hlm.

Biodata Penulis

Yuli Pratiwi, Dra.,MSi., lahir di Purwokerto 27 Juli 1964. Pendidikan S-1 di Jurusan Biolingkungan UGM (1989), S-2 Ilmu Lingkungan UGM (2005). Saat ini menjadi staf pengajar di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Sains Terapan ISTA dengan jabatan akademik Lektor.