BIODEGRADASI DAN TOKSISITAS DETERJEN

Siti Agustina, Wuryanto, Suratmono*

Abstrak

Deterjen merupakan bahan pembersih pakaian yang mengandung surfaktan dan bahan pengisi, yang banyak digunakan oleh manusia. Kriteria ekolabel menunjukkan bahwa biodegradasi deterjen adalah lebih besar dari 90% dan tingkat toksisitasnya terukur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui biodegradibilitas dan toxicity deterjen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Bakteri pseudomonas dan bakteri bacillus dapat mendegradasi deterjen sebesar 96 – 97 %, dan toksisitas lingkungan yang diuji pada ikan mas menunjukkan LC 50 selama 96 jam adalah pada konsentrasi deterjen sebesar 3,5 ppm.

Abstract

Detergent is a cleanser of clothes, which is usually used by people for washing clothes. It is consist of surfactant and builders. The criteria of ecolabel is the biodegradability of detergent must be more than 90% and the toxicity must be traceable/measurable. This reasearch aims to determine the biodegradability and the toxicity of detergent. The result of this research showed that Pseudomonas and Bacillus bacteri can degradate detergent about 96- 97%. And the concentration of deterjen at toxicity test for caprio fish showed LC 50 for 96 hours is 3,5 ppm

Key word : biodegradability, toxicity, detergent

1. PENDAHULUAN

Deterjen adalah bahan kimia pembersih yang dibuat dari suatu bahan dasar surfaktan dengan penambahan bahan lain yang diijinkan, makin meningkatnya jumlah penduduk Indonesia, maka penggunaan deterjen akan semakin meningkat. Selain itu beban perairan akan bertambah terutama apabila deterjen tersebut sulit terdegradasi secara biologis oleh lingkungan. Ini berarti bahwa beban perairan dan pencemaran air akan bertambah karena jumlah deterjen yang bertambah banyak. Kriteria produk deterjen yang ramah lingkungan adalah harus mampu terdegradasi secara biologis lebih besar dari 90% dan tidak bersifat toksit pada lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui biodegradibilitas deterjen dan untuk mengetahui toksisitas deterjen terhadap lingkungan .

DETERJEN

Deterjen merupakan produk formulasi campuran zat kimia yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan daya pembersih. Secara khusus deterjen merupakan *surface active agent* antara minyak dan air yang dapat menghilangkan kotoran dengan cara emulsi. Komposisi deterjen yang terdapat di pasaran adalah :*enzyme, brighteners, surfaktan, builders, bleaches, alkalis, anti-microbial agents, anti-redeposition agent, colorants, corrosion inhibitors.*

Surfaktan

Surfaktan atau *surface active agent* (zat aktif permukaan) merupakan komponen utama deterjen yang menyebabkan larutan pembersih dapat membasahi permukaan dengan menurunkan tegangan permukaan air. Contoh surfaktan yang banyak dipasaran adalah: Alkyl benzene sulfonat (ABS), linier alkyl benzene sulfonate (LAS), etoksilat alcohol , dodecyl benzene sulfonate, sodium lauryl sulfate (SLS).

Surfaktan merupakan senyawa kimia yang memiliki aktivitas pada permukaan cairan. Peranan surfaktan yang begitu berbeda dan beragam dipengaruhi oleh struktur molekulnya. Molekul surfaktan dapat divisualisasikan seperti berudu ataupun bola raket mini yang terdiri atas bagian kepala dan ekor. Bagian kepala bersifat hidrofilik, merupakan bagian nonpolar. Kepala

*Balai Besar Kimia dan Kemasan

dapat berupa anion, kation atu nonion, sedangkan ekor dapat berupa rantai linier atau cabang hidrokarbon. Konfigurasi kepala- ekor tersebut membuat surfaktan memiliki fungsi yang beragam di industri.

Surfaktan dapat diklasifikasikan menjadi empat kelompok besar, yaitu anionik, kationik, nonionik dan amfoterik. Masing-masing kelompok surfaktan tersebut memiliki struktur kimia dan perilaku yang berbeda. Surfaktan anionik adalah bahan aktif permukaan yang bagian hidrofobiknya berhubungan dengan gugus anion (ion negatif). Dalam media cair, molekul surfaktan anionik terpecah menjadi gugus kation yang bermuatan positif dan gugus anion yang bermuatan negative.Gugus anion merupakan pembawa sifat aktif permukaan pada surfaktan anionik. Contoh khas surfaktan anionik adalah alcohol sulfat dan ester sulfonat. Sebagaimana halnya surfaktan anionik, surfaktan kationik juga memecah dalam media cair, dengan bagian kepala (hidrofilik) pada surfaktan kationik adalah gugus kationik yang bertindak sebagai pembawa sifat aktif permukaan. Contoh surfaktan kationik adalah senyawa *quaternary ammonium*. Surfaktan nonionic tidak memecah dalam cairan encer. Daya larutnya disebabkan oleh gugus polar seperti poliglikol eter atau poliol. Contoh surfaktan nonionic adalah *poliglikol ester* dari *fatty alcohol*, asam lemak, amina dan amida. Surfaktan amfoterik dalam media cair mengandung gugus positif dan negatif. Contoh surfaktan amfoterik adalah alkyl betain. Sehubungan dengan aplikasi surfaktan pada industri, jenis surfaktan yang dipilih pada proses pembuatan suatu produk tergantung pada kinerja dan karakteristik surfaktan tersebut dan produk akhir yang diinginkan.

Aplikasi surfaktan pada industri sangat luas, contohnya yaitu sebagai bahan utama pada industri deterjen dan pembersih lainnya, bahan pembusaan dan emulsifier pada industri kosmetik dan farmasi, bahan emulsifier pada industri cat, serta bahan emulsifier dan sanitasi pada industri pangan. Surfaktan berbasis bahan alami digunakan setiap tahunnya pada beragam aplikasi yang berbeda. Walaupun pemakaian terbesar surfaktan adalah untuk aplikasi pencucian dan pembersihan, namun surfaktan banyak pula digunakan untuk produk pangan, pertambangan, pelapis, kertas serta produk kosmetika dan produk perawatan diri.

Isu yang gencar dilontarkan mengenai produk ramah lingkungan dan peningkatan kecenderungan menggunakan sumber-sumber yang bersifat terbarukan (*renewable resources*) berperan dalam meningkatkan produksi surfaktan berbasis bahan alami. Surfaktan berbasis bahan alami dapat dibagi ke dalam empat kelompok dasar, yaitu : (a) berbasis minyak-lemak, seperti monogliserida, digliserida, poligliserida ester, fatty alcohol sulfat, fatty alcohol etoksilat, MES, dietanolamida, sukrosa ester, dan sebagainya, (b) berbasis karbohidrat, seperti alkyl poliglikosida dan N-metil glukamida, (c) ekstrak bahan alami, seperti lesitin dan sponin, serta (d) biosurfaktan yang diproduksi oleh mikroorganisme, seperti *rhmnilipida, siphorolipida, lipopeptida, threhaloslipida,* dan sebagainya.

Surfaktan berbasis minyak-lemak merupakan kelompok surfaktan berbasis bahan alami yang paling banyak dihasilkan. Minyak dan lemak yang digunakan untuk memproduksi surfaktan diantaranya yaitu minyak kedelai, minyak sawit, minyak kelapa, tallo, tall oil, miyak biji bunga matahari, minyak jarak, dan sebagainya. Saat ini minyak sawit paling banyak digunakan sebagai bahan pembuatan surfaktan adalah bersifat terbarukan, bersifat lebih ramah lingkungan dalam proses produksi dan aplikasi, dan lebih murni dibandingkan menggunakan bahan baku berbasis petrokimia. Hal ini merupakan salah satu peluang bagi Indonesia untuk mengembangkan industri surfaktan dalam negeri mengingat produksi minyak sawitnya yang meningkat dari tahun ke tahun.

Bahan Pengisi (builders)

Bahan pengisi berfungsi meningkatkan efisiensi pencucian dari surfaktan dengan menonaktifkan mineral penyebab kesadahan air.

Contoh :

- Trisodium poly phosphate (TSPP)
- Chlorinated trisodium phosphate
- DEA (Diethanolamines)
- Complex Phosphates and sodium citrate
- Na-silicate, Na-aluminosilocate (zeolite)
- Na-Carbonate
- EDTA
- Fosfat

BIODEGRADASI

Biodegradasi artinya proses pemecahan suatu senyawa kimia secara biologi oleh mikroorganisme (aerob atau anaerob), menjadi unsur atau senyawa yang lebih sederhana.

Biodegradasi dapat dilakukan secara aerob dan anaerob. Biodegradasi secara aerob adalah pemecahan senyawa dengan membutuhkan oksigen, menghasilkan CO_2, air dan senyawa organik sederhana. Adapun biodegradasi anaerob adalah pemecahan senyawa dengan tidak membutuhkan oksigen, menghasilkan gas metana CH_4, CO_2, dan senyawa organik sederhana.

Biodegradasi surfaktan oleh mikroorganisme tergantung pada :
- Ketersediaan oksigen
- Struktur Kimia zat
- Kepekatan (konsentrasi) zat
- pH
- Suhu
- Faktor fisika-kimia lainnya

TOKSISITAS

Toksikan merupakan bahan yang dapat menimbulkan pengaruh buruk bagi sistem biologis, dapat merusak atau fungsi biologi secara serius, bahkan dapat menyebabkan kematian. Toksikan dapat digolongkan menjadi lima golongan, yaitu golongan logam, senyawa organik, asam dan alkalis, gas serta anion. Deterjen merupakan toksikan dari golongan senyawa organik. Kehadiran toksikan pada suatu ekosistem dapat menimbulkan efek yang berbeda-beda pada masing-masing organisme. Tingkat respon yang timbul tergantung dari jenis dan jumlah toksikan, lamanya waktu kontak, serta jenis organisme yang terkena dampak

Pengaruh suatu toksikan terhadap organisme dapat dibedakan dalam empat kategori, yaitu :

1. Toksisitas letal, yaitu daya racun yang menyebabkan kematian organisme uji.
2. Toksisitas subletal, yaitu daya racun yang tidak menyebabkan kematian secara langsung pada organisme, tetapi menyebabkan gangguan pertumbuhan, reproduksi, kebiasaan makan.
3. Toksisitas akut, yaitu daya racun yang bereaksi dalam waktu yang relative singkat. dan cepat, yaitu dalam waktu beberapa hari
4. Toksisitas kronis, yaitu daya racun yang bereaksi pada periode yang lebih lama, berlangsung mingguan ataupun bulanan.

Untuk mengetahui tingkat respon suatu organisme terhadap suatu toksikan, maka dilakukan uji toksisitas. EPA (Environmental Protection Agency) mendefinisikan uji toksisitas sebagai cara untuk menetapkan daya racun bahan kimia dengan menggunakan organisme hidup. Berdasarkan lama pengujiannya dapat digolongkan menjadi pengujian jangka pendek (24-48 jam dan 48-96 jam), pengujian jangka menengah (10 hari), dan pengujian jangka panjang dilakukan minimum dalam satu siklus hidup organisme, Uji toksisitas suatu bahan pencemar dapat dilakukan melalui pengujian terhadap ikan, baik ikan air tawar maupun perairan laut. Spesies ikan yang akan digunakan harus memenuhi kriteria tertentu, yaitu :

1. Terdapat pada lingkungan tercemar yang akan diteliti atau setidak-tidaknya berhubungan dekat dengan spesies yang terdapat dalam perairan
2. Tersedia dalam jumlah yang banyak untuk mencukupi kebutuhan dalam pelaksanaan pengujian
3. Dapat dipelihara di laboratorium dalam kondisi sehat, minimal satu bulan

Memiliki peranan dalam jaringan makanan atau merupakan sumberdaya yang bernilai ekonomis di dalam ekosistem.

Hal yang paling umum digunakan untuk menunjukkan toksisitas air limbah adalah LC50 atau *median lethal concentration* untuk toksisitas akut. Toksisitas akut merupakan suatu pengamatan mortalitas pada organisma uji. LC50 adalah konsentrasi polutan dalam air limbah yang menyebabkan mortalitas sebesar 50% dari populasi organisma uji

2. BAHAN DAN METODA

BAHAN

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah beberapa jenis deterjen yang beredar dipasaran dan biasa digunakan oleh masyarakat untuk mencuci . Bahan kmia yang digunakan untuk percobaan biodegradasi deterjen adalah : Ammonium Chloride, Dipotasium Hydrogenphosphate, Magnesium Sulfate, Potassium Chloride, Iron (II) Sulfate, Yeast Extract dan Biakan bakteri Pseudomonas dan bakteri bacillus. Adapun untuk penelitian toksisitas deterjen bahan yang digunakan adalah : Ikan mas dan air

PERALATAN

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah : Shaking culture machine, Shaking culture flask, Auto Clave, Peralatan gelas, neraca analitik, pH meter, spektofotometer, Spetrofotometer HACK, kertas saring whatman 40, stop watch,

thermometer, alat pengukur active surface, tempat pemeliharaan ikan.

METODA PENELITIAN

1. Analisa bahan baku
   Analisis deterjen terhadap lingkungan yaitu terdiri dari : analisis pH, analisis Fosfat, analisis kadar COD, analisis kadar BOD dan analisis kadar MBAS (Methyl Blue Active Surfaktan).

2. Penelitian biodegradasi deterjen.
- Siapkan media biakan dasar.
- Tambahkan deterjen ke dalam culture medium
- Tambahkan cairan bakteri pada larutan biakan .
- Aclimatisasi larutan biakan diatas selama 8 hari sambil digoyang dengan shaker dengan kecepatan 150 rpm.
- Analisa kadar surfaktan aktif untuk menentukan tingkat biodegradasi.

3. Penelitian toksisitas lingkungan :
- Larutkan deterjen dengan air , variable konsentrasi (0,2,4,6,8,10) ppm.
- Masukkan ikan 10 ekor pada masing-masing tempat pemeliharaan ikan.
- Amati selama 96 jam.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. PENGARUH DETERJEN TERHADAP LINGKUNGAN

Deterjen merupakan bahan kimia yang terdiri dari campuran surfaktan dan builder atau bahan pengisi. Kedua komponen tersebut mempunyai dampak terhadap lingkungan, terutama di lingkungan perairan. Surfaktan mempunyai dampak negatif yang menyebabkan ekosistem air terganggu, dikarenakan terdapatnya hewan air yang mati, serta bagi manusia menimbulkan iritasi dan denaturasi protein pada lapisan epidermis luar. Bahan pengisi juga mempunyai dampak negative yaitu menyebabkan eutrofikasi perairan atau keseimbangan ekosistem terganggu dengan adanya ledakan pertumbuhan organisme perairan.

Berdasarkan hasil survei di pasaran terdapat berbagai jenis deterjen bubuk yang beredar. Masing-masing deterjen tersebut mempunyai komposisi yang berbeda-beda, baik jenis surfaktan maupun bahan pengisi. Analisa akan menunjukkan konsentrasi polutan didalam deterjen tersebut. Adapun parameter yang dianalisa yaitu pH, Fosfat, COD, BOD dan MBAS. Untuk lebih jelas dapat kita lihat pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil analisa kadar COD, BOD, MBAS, Fosfat dan pH menunjukkan deterjen berpotensi untuk mencemari lingkungan, karena berdasarkan baku mutu kadar COD maksimum 180 ppm sedangkan hasil analisa menunjukkan 385 ppm – 2780 ppm. Kadar BOD berdasarkan baku mutu maksimum 75 ppm, sedangkan hasil analisa menunjukkan 211 ppm – 1668 ppm. Kadar MBAS berdasarkan baku mutu maksimum 3, sedangkan hasil analisa menunjukkan 0,1 ppm – 20 ppm .

B. BIODEGRADIBILITAS DETERJEN

Biodegradibilitas artinya proses pemecahan suatu senyawa kimia oleh mikroorganisme (aerob atau anaerob), menjadi unsur atau senyawa yang lebih sederhana. Biodegradasi dapat dilakukan secara aerob dan anaerob. Biodegradasi secara aerob adalah pemecahan senyawa dengan membutuhkan oksigen, menghasilkan pembentukan CO_2, air dan senyawa organic sederhana. Adapun biodegradasi anaerob adalah pemecahan senayawa dengan tidak membutuhkan oksigen, menghasilkan pembentukan gas metana CH_4, CO_2, dan senyawa organic sederhana.

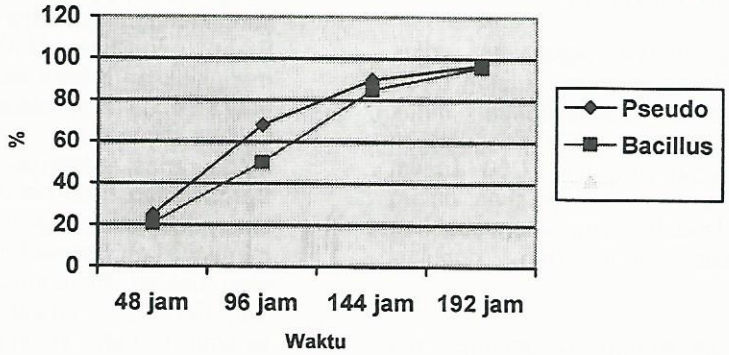
Biodegradasi surfaktan oleh mikroorganisme tergantung pada ketersediaan oksigen, struktur kimia zat, kepekatan (konsentrasi) zat, pH, suhu dan factor fisik- kimia lainnya.

Pada penelitian ini mikrorganisme yang digunakan untuk membantu proses pemecahan senyawa deterjen menjadi senyawa yang lebih sederhana adalah bakteri *Pseudomonas fluorescens* dan *Bakteri bacillus*. Kedua bakteri tersebut dapat menggradasi senyawa deterjen selama 8 hari dengan persentase degradasi sebanyak 96 – 97 %. Ini menunjukkan bahwa bakteri *Pseudomonas fluorescence* dan *Bacillus* baik digunakan untuk degradasi deterjen , seperti dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan hasil survei yang menunjukkan bahwa kandungan deterjen berbeda-beda, maka dilakukan analisa biodegradabilitas pada masing-masing deterjen tersebut. Hasil analisa menunjukkan bahwa bakteri Pseudomonas dan bakteri bacillus dapat mendegradasi deterjen secara baik, seperti dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil analisa deterjen

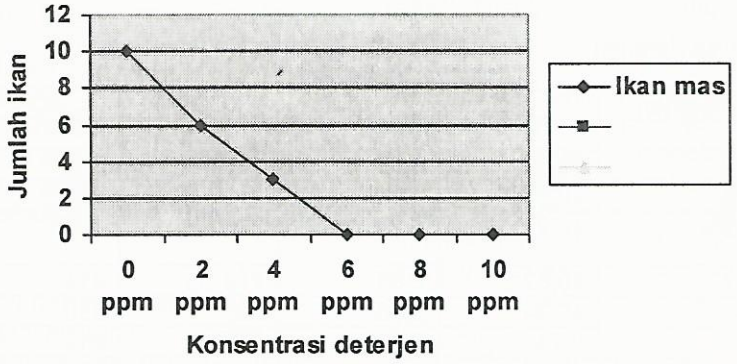
No	Jenis deterjen	pH	Fosfat	COD	BOD	MBAS
1	LAS 42%	10,02	6,53	1480	872	15
2	LAS 27%	10,07	5,94	1700	955	11
3	LAS 29,9%	10,21	5,23	2780	1668	14
4	Inhibitors	10,62	5,56	710	411	0,4
5	Enzymes	10,34	2,88	660	380	0,1
6	LAS A	8,24	1,76	385	211	12
7	LAS B	10,06	5,94	1610	963	12,4
8	LAS C	10,07	5,83	1700	1002	20



Gambar 1. Hubungan antara % biodegradasi dengan lama waktu aklimatisasi bakteri bacillus dan bakteri pseudomonas fluoresence

Tabel 2. Persentase biodegrabilitas deterjen oleh bakteri *Bacillus* dan bakteri *Pseudomonas fluorescence* selama 8 hari

No	Jenis deterjen	% biodegradability oleh Bacillus	% biodegradability oleh Pseudomonas
1	LAS 42 %	96 %	97 %
2	LAS 27%	96 %	97 %
3	LAS 29,9%	96 %	97 %
4	Inhibitors	96 %	97 %
5	Enzyms	96 %	97 %
6	LAS A	96 %	97 %
7	LAS B	96 %	97 %
8	LAS C	96 %	97 %



Gambar 2. Hubungan konsentrasi deterjen dengan jumlah ikan pada pengujian toksisitas deterjen

C. TOKSISITAS LINGKUNGAN

Hal yang paling umum digunakan untuk menunjukkan toksisitas buangan adalah LC50 atau *median lethal concentration* untuk toksisitas akut merupakan suatu pengamatan mortalitas pada organisma uji. LC50 adalah konsentrasi buangan yang dinyatakan dalam persen volume limbah yang menyebabkan mortalitas sebesar 50% dari populasi organisme uji.

Pada penelitian ini sebagai organisme yang diuji adalah ikan mas, karena ikan mas mempunyai kepekaan yang cukup baik terhadap air yang tercemar. Variabel konsentrasi deterjen yang diuji adalah 2 ppm, 4 ppm, 6 ppm, 8 ppm dan 10 ppm, dilakukan selama 96 jam. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan bahwa konsentrasi deterjen sangat mempengaruhi tingkat pencemaran perairan, sehingga penggunaan deterjen oleh konsumen hendaknya sesuai dengan takaran yang diberikan oleh produsen. Berdasarkan data diatas menunjukkan LC 50 untuk 96 jam adalah pada konsentrasi deterjen sebanyak 3,5 ppm.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

a Berdasarkan survei menunjukkan bahwa deterjen di pasaran. Umumnya menggunakan Linier Alkyl Benzene Sulfonate (LAS) dengan konsentrasi yang berbeda dan ada juga yang menggunakan inhibitor atau enzyme. Dari berbagai jenis surfaktan tersebut diatas yang mempunyai pengaruh kecil terhadap lingkungan adalah yang menggunakan enzyme dan inhibitor.

b Pada penelitian biodegradasi deterjen menunjukkan bahwa bakteri *Pseudomonas fluorescence* dan bakteri *Bacillus* sangat baik digunakan untuk mengetahui biodegradasi deterjen secara aerobik. Berdasarkan hasil penelitian dari berbagai jenis deterjen yang terdapat di pasaran menunjukkan bahwa biodegradasi deterjen oleh bakteri *Pseudomonas Fluoresence* dan *Bacillus* adalah sebesar 96-97 % selama 8 hari, sehingga setelah 8 hari maka deterjen tersebut akan terurai pada lingkungan.

c Pada penelitian toksisitas deterjen terhadap lingkungan dengan bioindikator ikan mas (*Cyprinus carpio*) menunjukkan LC50 selama 96 jam pada konsentrasi deterjen 3,5 ppm, sehingga apabila pemakaian deterjen sesuai dengan aturan yang tertera pada kemasan maka tidak akan membahayakan lingkungan.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang bahan pengisi (*builder*) pada deterjen terhadap dampak lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dr. Budiawan, 1996. *Deterjen dan Lingkungan* , Pusat Kajian Resiko dan Keselamatan Lingkungan, FMIPA Universitas Indonesia.

2. Hartono Darminto,LLM, SH, dkk, 1994. *Sistem Pemberian Ecolabel Bagi Produk Berwawasan Lingkungan*, Universitas Diponegoro.

3. Japan Industrial Standard. 1990. *Testing Method For Biodegradability of Synthetic Detergent*, JIS K 3363

4. N. Nishiyama, Y Toshima and Y. Ikeda. 2002, *Microbial Degradation of Alkylmetylamonium Salts By Activated Sludge And Isolated Microorganisme*, Kao corporation ,Japan

5. Retnani Yuli.1999 *Penerapan Produksi Bersih dengan Teknik Bioflokulasi Alcaligenes latus Pada Industri Tapioca untuk Mengurangi Pencemaran Lingkungan*. Program Pascasarjana, IPB.

6. Suryani Ani, Dr, DEA, Ir dkk. 2005. *Penelitian dan Pengembangan Produk Surfaktan Berbasis Sawit di Indonesia*, Institut Pertanian Bogor.

7. Tchobanoglous, G, 1991. *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, and Reuse*/Metclaf & Eddy, Inc. Edisi ke-3 .Mc Graw-Hill, Singapura.