

18.760/ITS/4/2003



## TUGAS AKHIR

### PENGARUH DETERGEN TERHADAP DEPOLUSI AIR LIMBAH PABRIK KERTAS DALAM REAKTOR ALAM TANAH



RFL  
628.34  
Tri  
p-1  
1992

Disusun oleh :

Tri Budi Sutjahjo

3873300111

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	17-4-2003
Terima dari	F1
No. Agenda Prp.	27415

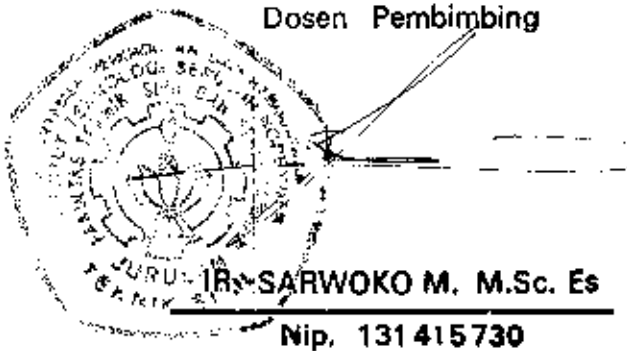
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
1992

# TUGAS AKHIR

## PENGARUH DETERGEN TERHADAP DEPOLUSI AIR LIMBAH PABRIK KERTAS DALAM REAKTOR ALAM TANAH

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
1992

## ABSTRAK

Industri penghasil kertas merupakan salah satu industri yang sangat penting dalam sejarah kemajuan peradaban manusia. Industri kertas sangat membantu dalam menyebar luaskan ilmu pengetahuan keseluruh dunia. Tetapi disisi lain, industri kertas akan bisa mengganggu kesejahteraan hidup umat manusia. Terutama jika hasil buangnya yang berupa bahan buangan cairnya dibuang ke alam tanpa pengolahan yang memadai.

Untuk mengantisipasi pengaruh negatif tersebut, telah dikembangkan metoda-metoda pengolahan limbah yang sangat luas. REAKTOR TANAH salah satunya. Dalam pemanfaatan tanah sebagai reaktor pengolah limbah, kita berangkat dari pengetahuan bahwa alam mampu menetralsir bahan pencemar yang masuk ke dalamnya, yaitu dengan memanfaatkan elemen-elemen tanah baik biotik (flora dan fauna) maupun abiotik (partikel tanah) dalam mereduksi bahan organik air limbah.

Untuk mengoperasikan REAKTOR TANAH, sangat perlu untuk memperhatikan faktor-faktor lingkungan yang mengganggu berlangsungnya proses depolusi yang terjadi, seperti keberadaan deterjen dalam air limbah. Deterjen yang mempunyai sifat sebagai surfaktan mempunyai sifat untuk menghambat aktivitas mikroba dalam mereduksi bahan organik dalam air limbah terolah. Sehingga, dengan konsentrasi deterjen dengan besar tertentu proses depolusi air limbah terganggu, yang menyebabkan efisiensi pengolahan menurun.

Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa kemampuan tanah dalam mengolah limbah sangat dipengaruhi kandungan deterjen dalam air limbah tersebut. Pada konsentrasi deterjen antara 20 ppm dan 25 ppm efisiensi reduksi bahan organik (BOD dan COD) menurun dari angka 88%-94% untuk air limbah murni menjadi 63%-71%. Sedangkan untuk depolusi deterjen dari yang terkandung dalam air limbah tidak banyak perbedaan untuk ketiga konsentrasi uji. Yaitu 94% - 97% uji konsentrasi deterjen uji 10 ppm, turun menjadi 87% - 89%.

Dari pengujian ekotoksitas, konsentrasi deterjen sebesar 10 ppm telah memberikan nilai LD-50 pada jam ke 2 sejak terjadinya kontak. Dan konduktivitas hidrolis menunjukkan penurunan yang cukup besar dari 59 l/ha/dt untuk air limbah tanpa deterjen menjadi 24.25 l/ha/dt untuk al+det 10ppm, 17.2 l/ha/dt untuk al+det 20 ppm dan 15.8 l/ha/dt untuk al+det 25 ppm.

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah Swt. atas segala rahmatnya sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "PENGARUH DETERJEN TERHADAP DEPOLUSI AIR LIMBAH PABRIK KERTAS DALAM REAKTOR ALAM TANAH" ini.

Tak lupa pula penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Ibunda beserta saudara-saudaraku tercinta yang telah memberikan segenap dukungan materiil dan spirituail yang tak terhingga.
2. Ir. Sarwoko M. M.Sc.Es, selaku dosen pembimbing atas sumbangan pemikirannya.
3. Dr. Ir. Wahyono Hadi M.Sc, selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan FTSP-ITS.
4. Ir. M. Razif , selaku dosen wali.
5. Ir. J.B. Widiadi M.Eng, selaku Kepala Laboratorium Program Studi Teknik Lingkungan FTSP-ITS.
6. Para Bapak Dan Ibu Dosen dilingkungan ITS atas bimbingannya selama menempuh kuliah di ITS.
7. Para Laboran Laboratorium Teknik Lingkungan FTSP dan Laboratorium Kimia MIPA atas segala bantuannya selama praktikum.

8. Teman-temanku di jurusan Teknik Lingkungan dan teman-temanku SMA atas segala bantuannya.

Penulis menyadari, bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Segala kritik dan saran membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan dimasa yang akan datang.

Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat.

penulis

## D A F T A R    I S I

ABSTRAK .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	v
DAFTAR TABEL .....	vi
BAB I : PENDAHULUAN .....	1
1.1 LATAR BELAKANG .....	1
1.2 IDE STUDI .....	3
1.3 TUJUAN DAN RUANG LINGKUP .....	4
1.3.1 Tujuan Studi .....	4
1.3.2 Ruang Lingkup .....	4
BAB II : STUDI PUSTAKA .....	5
2.1 DETERJEN .....	5
2.2 SIFAT FISIK TANAH .....	8
2.2.1 Tekstur Tanah .....	8
2.2.2 Kelas-kelas Tanah yang Digunakan Untuk Menentukan Tekstur Tanah .....	10
2.2.3 Konduktivitas Hidrolik .....	13
2.3 DEPOLUSI AIR LIMBAH DALAM TANAH .....	15
2.4 KURVA KONSENTRASI vs WAKTU TINGGAL .....	19
2.5 KURVA KALIBRASI .....	21
2.6 ANALITICAL QUALITY CONTROL .....	22
2.7 UJI EKOTOKSISITAS .....	23
BAB III: MATERIAL DAN METODA .....	27
3.1 MATERIAL .....	27
3.1.1 Tanah .....	27
3.1.2 Air Limbah .....	27
3.2 METODA .....	27
3.2.1 Penyiapan Media Tanah .....	29
3.2.2 Penyiapan Air Limbah .....	31
3.2.3 Penyiapan Reaktor .....	31
BAB IV : HASIL STUDI DAN ANALISA .....	37
4.1 ANALISIS UKURAN PARTIKEL TANAH .....	37
4.2 UJI DEPOLUSI AIR LIMBAH DENGAN REAKTOR BATCH .....	37
4.3 PROSES DEPOLUSI AIR LIMBAH MELALUI REAKTOR KONTINYU .....	56
4.3.1 Proses Depolusi Aliran Vertikal ..	56
4.3.2 Proses Depolusi Aliran Horisontal	61
4.4 UJI EKOTOKSISITAS .....	72
4.5 KONDUKTIVITAS HIDROLIK .....	73
BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN .....	77
5.1 KESIMPULAN .....	77
5.2 SARAN-SARAN .....	78
LAMPIRAN	

## D A F T A R   T A B E L

TABEL 2.1	: CIRI-CIRI KARAKTERISTIK PEMISAHAN TANAH .....	10
TABEL 4.1	: DEPOLUSI AIR LIMBAH MELALUI REAKTOR ALIRAN VERTIKAL .....	58
TABEL 4.2	: DEPOLUSI AIR LIMBAH MELALUI REAKTOR ALIRAN HORIZONTAL .....	63
TABEL 4.4	: HARGA KONDUKTIVITAS HIDROLIK .....	77
TABEL 4.4	: HARGA KONDUKTIVITAS HIDROLIK TOTAL .....	76
TABEL L.1	: DATA PENGAMATAN UJI DEPOLUSI COD DALAM REAKTOR BATCH DENGAN KONDISI NORMAL (CRINSO) .....	82
TABEL L.2	: DATA PENGAMATAN UJI DEPOLUSI COD DALAM REAKTOR BATCH DENGAN KONDISI STERIL (CRINSO) .....	82
TABEL L.3	: DATA PENGAMATAN UJI DEPOLUSI BOD DALAM REAKTOR BATCH DENGAN KONDISI NORMAL (CRINSO) .....	83
TABEL L.4	: DATA PENGAMATAN UJI DEPOLUSI BOD DALAM REAKTOR BATCH DENGAN KONDISI STERIL (CRINSO) .....	83
TABEL L.5	: DATA PENGAMATAN UJI DEPOLUSI DETERJEN DALAM REAKTOR BATCH DENGAN KONDISI NORMAL (CRINSO) .....	84
TABEL L.6	: DATA PENGAMATAN UJI DEPOLUSI DETERJEN DALAM REAKTOR BATCH DENGAN KONDISI STERIL (CRINSO) .....	84
TABEL L.7	: DATA PENGAMATAN UJI DEPOLUSI COD DALAM REAKTOR BATCH DENGAN KONDISI NORMAL (COMO) .....	85
TABEL L.8	: DATA PENGAMATAN UJI DEPOLUSI COD DALAM REAKTOR BATCH DENGAN KONDISI STERIL (COMO) .....	85
TABEL L.9	: DATA PENGAMATAN UJI DEPOLUSI BOD DALAM REAKTOR BATCH DENGAN KONDISI NORMAL (COMO) .....	86
TABEL L.10	: DATA PENGAMATAN UJI DEPOLUSI BOD DALAM REAKTOR BATCH DENGAN KONDISI STERIL (COMO) .....	86
TABEL L.11	: DATA PENGAMATAN UJI DEPOLUSI DETERJEN DALAM REAKTOR BATCH DENGAN KONDISI NORMAL (COMO) .....	87
TABEL L.12	: DATA PENGAMATAN UJI DEPOLUSI DETERJEN DALAM REAKTOR BATCH DENGAN KONDISI STERIL (COMO) .....	87
TABEL L.13	: COLSTRIDIUM BOTULLINUM .....	88
TABEL L.14	: DATA UKUR UNTUK AL + DET 10 ppm .....	88
TABEL L.15	: DATA UKUR UNTUK AL + DET 20 ppm .....	89
TABEL L.16	: DATA UKUR UNTUK AL + DET 25 ppm .....	89

## D A F T A R   G A M B A R

GAMBAR 2.1	:	MODEL UMUM SENYAWA DETERJEN .....	6
GAMBAR 2.2	:	SEGITIGA TEKSTUR TANAH .....	11
GAMBAR 2.3	:	KURVA KONSENTRASI vs WAKTU TINGGAL ...	19
GAMBAR 3.1	:	DIAGRAM ALIR METODA PENELITIAN .....	28
GAMBAR 3.2	:	REAKTOR BAATCH .....	33
GAMBAR 3.3	:	REAKTOR KONTINYU .....	35
GAMBAR 4.1	:	DEPOLUSI COD AIR BERSIH .....	40
GAMBAR 4.2	:	DEPOLUSI COD AIR LIMBAH .....	41
GAMBAR 4.3	:	DEPOLUSI COD AL + DET 5 ppm .....	42
GAMBAR 4.4	:	DEPOLUSI COD AL + DET 8 ppm .....	43
GAMBAR 4.5	:	DEPOLUSI COD AL + DET 10 ppm .....	44
GAMBAR 4.6	:	DEPOLUSI COD AL + DET 15 ppm .....	45
GAMBAR 4.7	:	DEPOLUSI BOD AIR BERSIH .....	46
GAMBAR 4.8	:	DEPOLUSI BOD AIR LIMBAH .....	47
GAMBAR 4.9	:	DEPOLUSI BOD AL + DET 5 ppm .....	48
GAMBAR 4.10	:	DEPOLUSI BOD AL + DET 8 ppm .....	49
GAMBAR 4.11	:	DEPOLUSI BOD AL + DET 10 ppm .....	50
GAMBAR 4.12	:	DEPOLUSI BOD AL + DET 15 ppm .....	51
GAMBAR 4.13	:	DEPOLUSI DETERJEN 5 ppm .....	52
GAMBAR 4.14	:	DEPOLUSI DETERJEN 10 ppm .....	53
GAMBAR 4.15	:	DEPOLUSI DETERJEN 10 ppm .....	54
GAMBAR 4.16	:	DEPOLUSI DETERJEN 15 ppm .....	55
GAMBAR 4.17	:	EFISIENSI DEPOLUSI COD (DET 10 ppm) ..	64
GAMBAR 4.18	:	EFISIENSI DEPOLUSI COD (DET 20 ppm) ..	65
GAMBAR 4.19	:	EFISIENSI DEPOLUSI COD (DET 25 ppm) ..	66
GAMBAR 4.20	:	EFISIENSI DEPOLUSI BOD (DET 10 ppm) ..	67
GAMBAR 4.21	:	EFISIENSI DEPOLUSI BOD (DET 20 ppm) ..	68
GAMBAR 4.22	:	EFISIENSI DEPOLUSI BOD (DET 25 ppm) ..	69
GAMBAR 4.23	:	EFISIENSI DEPOLUSI DETERJEN 10 ppm ...	70
GAMBAR 4.24	:	EFISIENSI DEPOLUSI DETERJEN 20 ppm ...	71
GAMBAR 4.25	:	EFISIENSI DEPOLUSI DETERJEN 25 ppm ...	72
GAMBAR L.1	:	GRAFIK KALIBRASI UNTUK ANALISA LAS ...	91
GAMBAR L.2	:	GRAFIK SEBARAN HASIL ANALISA AQC .....	93



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan perekonomian /industrialisasi kita, dapat dirasakan masalah pencemaran juga akan semakin kompleks. Masalah pencemaran ini semakin dirasakan pengaruhnya setelah manusia merasa terancam keselamatan hidupnya akibat terjadinya kerusakan alam yang diakibatkan oleh kegiatan manusia itu sendiri.

Kegiatan industri sebagai salah satu dari sekian banyak kegiatan manusia dalam menciptakan kemakmuran yang lebih tinggi, disalah satu pihak telah memberikan sumbangan yang sangat berarti bagi kemakmuran dan kesejahteraan manusia. Tetapi di sisi lain, hasil buangan industri, baik itu padat cair maupun gas telah mencemari lingkungan dan merusak lingkungan hidup manusia yang pada akhirnya akan mengancam kehidupan manusia itu.

Pada saat ini, usaha-usaha untuk mengarah pada lingkungan yang bersih dan sehat sudah merupakan satu hal sangat mendesak. Termasuk di dalamnya adalah pengolahan

limbah cair yang berasal dari kegiatan manusia, baik yang berasal dari industri maupun rumah tangga.

Kemajuan teknologi pengolahan air limbah telah terbukti mampu memberikan bantuan yang sangat besar terhadap penanganan air limbah. Tetapi, biaya konstruksi dan operasi yang sangat tinggi menjadi kendala yang cukup berarti. Untuk itu telah dikembangkan metoda-metoda pengolahan limbah yang lain guna mendapatkan LEAST COST DESIGN tanpa mengabaikan faktor keamanan lingkungan. Salah satu dari metoda itu adalah REAKTOR ALAM TANAH. Metoda ini merupakan usaha pemanfaatan alam secara maksimal untuk pengolahan limbah secara alamiah, dengan didasari pengetahuan bahwa alam memiliki kemampuan untuk menetralsisir pengaruh yang masuk ke dalamnya.

Metoda pengolahan alamiah itu akan diuji coba untuk polutan deterjen. Polutan tersebut merupakan salah satu unsur pencemar yang seringkali menjadi masalah. Ia berada dalam air limbah karena kegiatan pencucian alat-alat industri dan pemakaian yang sangat luas di rumah tangga. Deterjen yang diproduksi dalam jumlah yang sangat besar mempunyai ikatan rantai karbon panjang dengan satu gugus fungsional pada salah satu ujungnya. Sifatnya sebagai surfaktan (surface active agent) akan sangat mempengaruhi aktivitas mikroba tanah dalam mereduksi bahan pencemar

dari air buangan. Demikian juga dengan proses adsorpsi. Adsorpsi bahan organik oleh massa tanah menjadi lebih kecil dengan terbentuknya lapisan lendir (film) yang menempel pada permukaan butiran tanah.

## 1.2 IDE STUDI

Sifat surfaktan deterjen diperkirakan akan mempengaruhi proses mikrobial dalam suatu proses pengolahan air limbah.

Kita anggap ada dua macam air limbah. Yang pertama adalah air limbah yang tidak mengandung deterjen, dan yang kedua adalah air limbah yang mengandung deterjen. Apabila kedua macam air limbah tersebut dialirkan kedalam reaktor tanah, maka diperkirakan akan terjadi perbedaan efisiensi depolusi dari kedua macam air limbah tersebut.

### 1.3 TUJUAN DAN RUANG LINGKUP

#### 1.3.1 Tujuan Studi

1. Mencari batasan kosentrasi deterjen maksimum yang tidak mengganggu proses depolusi air limbah dalam tanah.
2. Mengkonfirmasi poin 1 dengan uji ekotoksitas menggunakan bakteri *Clostridium botulinum*.
3. Mendapatkan informasi beban areal dari keadaan pada poin 1 guna pertimbangan desain.

#### 1.3.2 Ruang Lingkup

1. Air limbah yang diuji adalah air limbah industri kertas. Air limbah ini merupakan limbah segar yang sudah tercampur white liquor dan black liquor.
2. Proses depolusi air limbah diamati untuk dua macam air limbah, yaitu :
  - tanpa deterjen
  - dengan deterjen

Untuk air limbah dengan deterjen, dipakai deterjen yang paling banyak dipakai oleh masyarakat. Dalam penelitian ini dipilih "RINSO" dan "OMO".

3. Proses depolusi dilaksanakan dalam proses batch

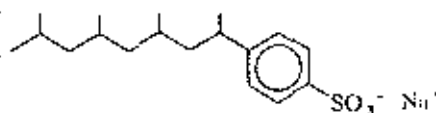
dan proses kontinyu. Proses batch dilakukan dalam dua kondisi yang berbeda yaitu kondisi normal dan kondisi steril.

4. Pengamatan dilakukan dengan variasi konsentrasi deterjen dengan pengamatan terhadap parameter kunci yaitu : COD , BOD , MBAS (Methylene Blue Active Substances).
5. Uji ekotoksikologi deterjen terhadap bakteri *clostridium botulinum*. Pengujian ini dilakukan untuk konsentrasi deterjen minimum yang bisa mengganggu proses depolusi.

## BAB II STUDI PUSTAKA

### 2.1 DETERJEN

Deterjen termasuk dalam kelas umum yang disebut surfaktan, yakni senyawa yang dapat menurunkan tegangan permukaan air. Molekul surfaktan apa saja mempunyai satu ujung hidrofobik (satu rantai hidrokarbon atau lebih) dan satu ujung hidrofilik (bisa berupa kationik, anionik ataupun netral). Porsi hidrokarbon dari molekul surfaktan harus memiliki 12 atom karbon atau lebih agar efektif.



ekor hidrofobik

kepala hidrofilik

Gambar 2-1 : Model Umum Senyawa Detergen.

Sumber : Kimia Organik, Ralph J. Fessenden dan John S. Fessenden.

Surfaktan dapat dikelompokkan sebagai anionik, kationik, atau netral, bergantung pada sifat dasar gugus hidrofiliknya. Sabun dengan gugus karboksilatnya, adalah surfaktan anionik, "bensalkonium" klorida yang bersifat

anti bakteri adalah contoh deterjen kationik. Surfaktan netral mempunyai satu gugus non ion seperti suatu karbohidrat, yang dapat berikatan hidrogen dengan air.

Surfaktan menurunkan tegangan permukaan air dengan memutus ikatan hidrogen pada permukaan air. Mereka melakukan hal ini dengan menaruh kepala-kepala hidrofiliknya pada permukaan air dengan ekor hidrofobiknya menjauhi permukaan.

Kegunaan deterjen adalah kemampuannya mengemulsi kotoran berminyak sehingga dapat dibuang dengan pembilasan. Kemampuan ini dihasilkan oleh kedua sifat deterjen tersebut. Pertama, rantai hidrokarbon sebuah molekul deterjen larut dalam zat non polar, seperti tetesan minyak. Kedua, ujung hidrofobiknya yang tertarik pada air, ditolak oleh molekul hidrofiliknya yang menyembul dari tetesan minyak lain. Karena tolak-menolak antara tetes-tetes sabun dan minyak, maka minyak dapat saling bergabung, tetapi tetap tersuspensi

Salah satu deterjen yang pertama-tama digunakan adalah p-alkilbensenasulfonat. Bagian alkil senyawa ini disintesis dengan polimerisasi propilena dan diikatkan pada bensena dengan reaksi alkilasi Feidhel-Crafts.

Sulfonasi yang disusul dengan pengolahan basa, menghasilkan deterjen itu. Tetapi, mikroorganisma sulit menguraikan rantai hidrokarbon yang sangat bercabang itu.

## 2.2 SIFAT FISIK TANAH

### 2.2.1 Tekstur Tanah

Tekstur tanah menunjukkan kasar dan halusya tanah. Tekstur merupakan perbandingan relatif antara pasir, debu dan liat atau kelompok partikel dengan ukuran lebih kecil dari kerikil (diameternya kurang dari 2 millimeter). Pada beberapa tanah, kerikil, batu dan batuan induk dari lapisan-lapisan tanah yang ada juga mempengaruhi tekstur dan penggunaan tanah yang ada.

Pemisahani tanah biasanya diperkirakan menjadi kelompok dengan ukuran partikel-partikel mineral dengan diameter kurang dari 2 millimeter atau kelompok dengan ukuran yang lebih kecil dari kerikil. Diameter, jumlah dan luas permukaan masing-masing partikel tanah tercantum pada tabel 2-1. Pasir merupakan suatu fraksi berukuran 2.0 - 0.05 millimeter dan berdasarkan sistim USDA, dibedakan pasir yang sangat halus, halus, sedang, kasar,



sangat kasar. Debu adalah suatu fraksi yang berukuran 0.05 - 0,002 millimeter. Pada partikel dengan ukuran 0.05 millimeter terdapat pemisahan antara pasir dan debu, keadaan ini sulit untuk membedakan partikel-partikel dengan tangan biasa. Pasir yang sangat halus abrasivnya terasa sangat ringan, sedangkan debu terasa lunak seperti tepung. Data dalam tabel 2-1 menunjukkan peningkatan luas permukaan yang nyata per gram untuk debu pasir. Tanah dengan kandungan debu yang lebih tinggi dari kandungan pasirnya akan mempunyai kapasitas tertinggi untuk mengikat air.

Tabel 2.7: Ciri-ciri karakteristik pemisahan tanah

Jenis	Dia,mm a)	Dia,mm b)	Jml partikel /gram	A dalam lgr,cm
Pasir sangat kasar	2.00-1.00		90	11
Pasir kasar	1.00-0.50	2.00-0.20	720	23
Pasir sedang	0.50-0.25	-	5700	45
Pasir halus	0.25-0.10	0.20-0.02	46000	91
Pasir sangat halus	0.10-0.05	-	722000	227
Debu	0.05-0,002	0,02-0.00	577000	454
Liat	0.002-	0.002-	90250853000	8000000

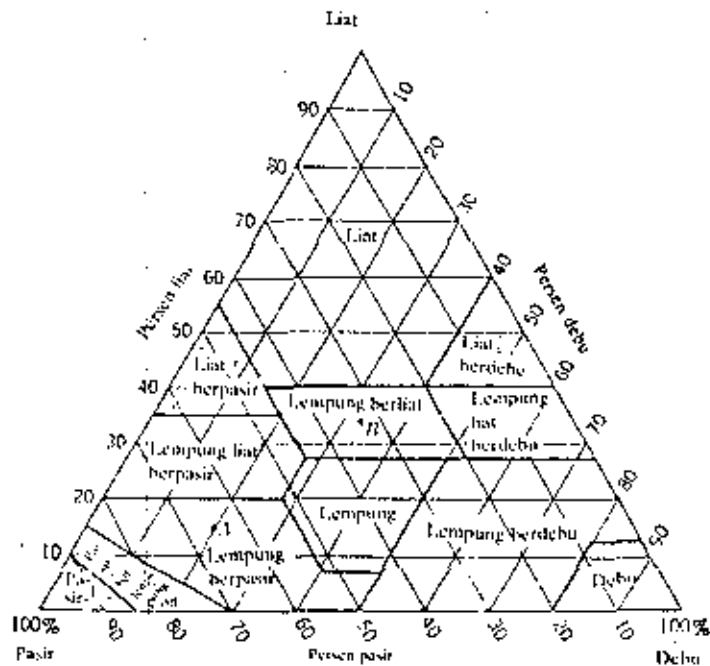
a). Sistem United State Department of Agriculture

b). Sistem International Soil Science Society

Sumber : Dasar-Dasar Ilmu Tanah, Henry D. Foth.

### 2.2.2 Kelas-kelas Tanah yang Digunakan Untuk Menentukan Tekstur Tanah

Perimbangan dari pembagian kelas yang biasa digunakan untuk menjelaskan kelas tekstur tanah terlihat dalam segitiga tekstur seperti terlihat pada gambar 2-2.



Gambar 2-2 : Segitiga tekstur tanah

Sumber : Dasar-Dasar Ilmu Tanah, Henry D. Foth.

Jumlah prosentase pasir, debu, dan liat pada titik pembentuk segitiga adalah 100 persen. Titik A menunjukkan 15 persen tanah liat, 85 persen pasir, dan 20 persen debu; nama-nama kelas untuk tekstur tersebut adalah lempung berpasir. Tanah yang mengandung jumlah yang sama dari ketiga bagian ini dinamakan lempung liat (titik B

dalam gambar 2-2). Berbagai-macam tanah dipisahkan dengan garis tebal sebagai pembatas seperti tampak dalam gambar. Sifat-sifatnya tidak dapat berubah secara tiba-tiba pada garis pembatas tersebut, tetapi satu tingkat kelas sampai pada kelas-kelas gabungan dalam tekstur kasar atau halus. Tanah lempung menurut segitiga tekstur adalah tanah yang mengandung liat 7 sampai 27 persen, debu 28 sampai 50 persen dan pasir kurang dari 52 persen. Lempung adalah tanah dimana pasir, debu dan liat mempunyai pengaruh yang penting terhadap sifat-sifat tanah.

<i>Tanah berpasir</i>	<i>Tanah bertekstur kasar</i>	-pasir -pasir berlempung
	<i>Tanah bertekstur kasar sedang</i>	-lempung berpasir -lempung berpasir halus
<i>Tanah berlempung</i>	<i>Tanah berlempung sedang</i>	-lempung berpasir sangat halus -lempung -lempung berdebu -debu
	<i>Tanah bertekstur halus sedang</i>	-lempung liat -lempung liat berpasir -lempung liat berdebu
<i>Tanah berliat</i>	<i>Tanah bertekstur</i>	-liat berpasir -liat berdebu -liat

### 2.2.3 Kanduktivitas Hidrolik

Kanduktivitas hidrolik adalah kemampuan dari pada tanah untuk melewatkan air. Kanduktivitas hidolik tergantung pada :

- kondisi tanah / kondisi porositasnya
- sifat fluda yang masuk

Karakteristik tanah yang mempengaruhi konduk-

tivitas hidrolis tanah adalah total porositasnya, distribusi ukuran pori dan arah aliran dalam pori tanah.

Henry Darcy pada tahun 1856 telah melakukan pengukuran konduktivitas hidrolis dengan menurunkan perumusan:

$$Q / A = K \cdot i$$

$$K = Q / A / i$$

di mana :  $Q$  = debit air yang mengalir melalui media berbutir.

$A$  = luas penampang media berbutir tegak lurus arah aliran.

$i$  = beda tinggi air antara titik masukan dan titik keluaran media berbutir  $[(h+L) / L]$  per tinggi media berbutir  $(L)$ .

$K$  = konduktivitas hidrolis.

Pengaliran air pada media berbutir akan terjadi perbedaan dalam perioda waktu yang pendek karena adanya faktor konduktivitas hidrolis yang disebabkan adanya interaksi fisik, kimia, dan biologis media berbutir dengan fluida (VERPLANCKE,1990). Pengujian angka konduktivitas hidrolis harus dilakukan pada keadaan tanah jenuh atas air. Hal ini dilakukan untuk menghindari nilai

yang tidak teratur karena adanya penyerapan air oleh tanah kering yang mengakibatkan konduktivitas hidrolis turun dengan cepat dan karena masih adanya udara yang terperangkap dalam pori tanah yang menyebabkan nilai konduktivitas hidrolis naik dengan cepat.

Untuk pengujian di lapangan, penjenahan dilakukan dengan cara merendam lokasi uji selama 24 jam untuk musim kemarau atau merendam lokasi selama satu jam pada musim hujan. Sedangkan untuk pengujian di laboratorium, penjenahan reaktor dilakukan selama 24 jam.

### 2.3 DEPOLUSI AIR LIMBAH DALAM TANAH

Metoda pengolahan air limbah melalui reaktor tanah hampir selalu menghasilkan banyak penghematan dalam biaya penanganan dan pembuangan limbah. Metoda ini mempunyai keuntungan lebih lanjut yakni penggunaan limbah dalam memelihara tanaman yang menguntungkan. Tujuan utama dari penanganan limbah melalui tanah haruslah dapat mencegah pencemaran air alam, menghindari gangguan dari keadaan yang tidak higienis dan melindungi kesehatan masyarakat baik langsung maupun tidak langsung.

Zat organik yang merupakan bagian terbesar dari senyawa penyusun limbah industri kertas tidak saja mencegah tanah menjadi busuk, tetapi sesungguhnya memperbaiki kondisi fisiknya melalui interaksi dengan pertukaran elemen zat organik. Ia bertugas sebagai sumber zat organik bagi mikroorganisma yang meningkatkan dan menstabilkan persenyawaan partikel-partikel tanah. Pengaruh dari zat organik tanah ini menonjol sekali. Sehingga ditemukan bahwa penambahan sejumlah besar zat organik meningkatkan persenyawaan tanah di permukaan. Interaksi zat organik yang demikian itu secara efektif melawan kecenderungan zat mengambang yang terurai halus dalam air limbah yang merekat pori-pori tanah, dan juga pengaruh-pengaruh dari tanah liat. Pemakaian sejumlah besar zat organik segar yang dapat menjadi busuk selama masa pengaliran limbah menghasilkan pelipatgandaan massa mikroorganisma tanah yang cepat sekali. Lumpur dan produk kental lainnya dihasilkan oleh aktivitas mikroorganisma itu sangat mendorong perkembangan remah-remah tanah serta menggiatkan pengaruh yang menstabilkan struktur tanah. Partikel-partikel tanah yang halus dilekatkan menjadi



gumpalan oleh campuran organik yang dihasilkan oleh mikroorganisma.

Dari berbagai penelitian, tanah merupakan media yang efektif bagi depolusi air limbah. Tetapi perlu diperhatikan standar pengolahan limbah atas tanah. Sebagai patokan, The Indian Standard Institution mengizinkan batasan nilai BOD sebesar 500 ppm dan total dissolved solid sebesar 2100 ppm. Sehingga apabila kualitas influent air limbah jauh diatas nilai tersebut perlu dilaksanakan pengolahan pendahuluan untuk mendapatkan hasil yang cukup memuaskan.

Deterjen merupakan salah satu unsur pencemar yang mempunyai sifat tersendiri. Dalam reaktor tanah, deterjen diserap oleh bahan-bahan organik dan anorganik penyusun tanah yang akan dapat mempengaruhi karakteristik leaching maupun tingkatan biodegradasi. Mikroorganisma cukup mendapat kesulitan dalam mendegradasi deterjen karena sifat surfaktan yang dimilikinya dan karena macam ikatan kimianya. Dengan sifat sebagai surfaktan, dalam keadaan tertentu (perbedaan antara sifat polar dan non polar pada senyawa hidrofilik dan hidrophobiknya sangat kuat) dapat memecah kulit dari mikroorganisma sehingga mematikannya.

Ditambah lagi, bahan aditive yang dimilikinya untuk pembuatan bahan pencuci seringkali merupakan racun kuat (misalnya: logam berat) bagi mikroorganisma. Jenis dari ikatan deterjen sangat menentukan mudah tidaknya deterjen itu terolah secara mikrobial. Ikatan deterjen yang berbentuk cabang lebih sulit didegradasi secara mikrobial dari pada yang memiliki ikatan rantai lurus.

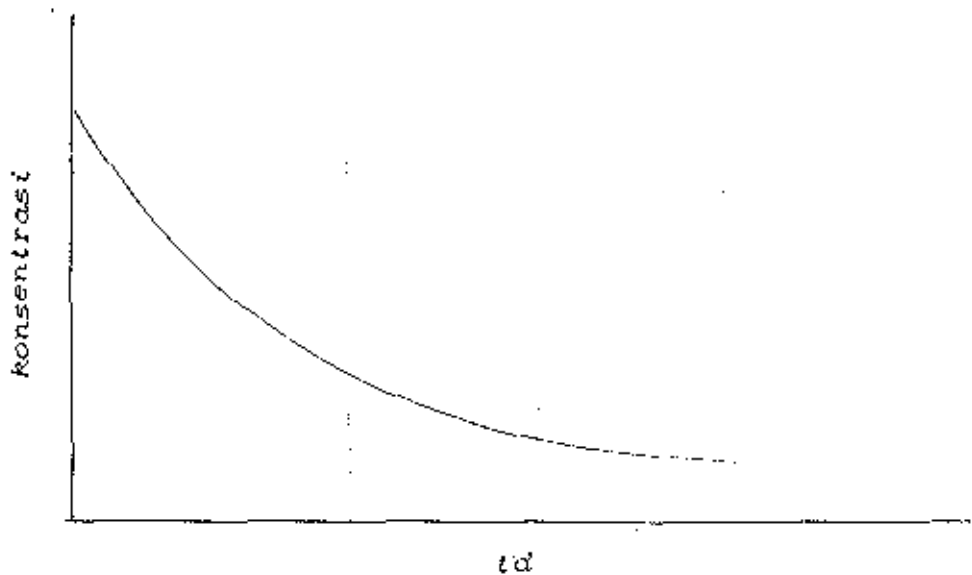
Untuk mengetahui kemampuan mikroorganisma dan reaksi fisik kimiawi dalam mereduksi komponen air limbah yang tercampuri deterjen dilakukan tes labolatoris dengan memperlakukan sampel dalam dua kondisi. Pertama, kondisi biasa (normal) dan yang kedua adalah kondisi steril. Kondisi steril ini dilakukan untuk menjamin reduksi bahan pencemar terjadi semata-mata karena reaksi fisik-kimiawi. Dari selisih kedua nilai yang didapatkan akan diperoleh nilai masing-masing tingkat reduksi yang terjadi. Untuk lebih jelasnya, akan diterangkan metoda penanganan sampel dalam bab MATERIAL DAN METODA.

Uji depolusi air limbah melalui reaktor tanah ini dilakukan dengan variasi konsentrasi bahan pencuci yang berbeda. Dengan pertimbangan bahwa masing-masing jenis/merk mempunyai bahan dasar deterjen dan bahan

aditive yang berbeda, sehingga akan memberikan pengaruh yang berbeda pula dalam proses depolusi air limbah.

#### 2.4 KURVA KONSENTRASI vs WAKTU TINGGAL

Untuk reaktor batch, analisa parameter terpilih (COD, BOD dan MBAS) dilakukan untuk selang waktu per hari. Dari hasil analisa ini, akan diperoleh kurva penurunan konsentrasi terhadap waktu tinggal air limbah.

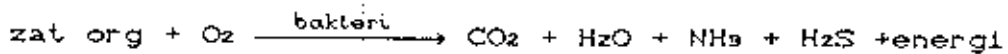


Gambar 2.2: Kurva konsentrasi vs waktu tinggal

Sumber : Journal for Theory, Technology and Application of Surfactant, Carl Hanser Verlage, Muncen.

Dalam pengolahan secara biologis, proses yang normal bertujuan untuk mengadakan oksidasi dari zat-zat organik menjadi karbondioksida dan air, dan energi yang dihasilkan dipakai untuk pembentukan sel-sel baru.

Reaksi penguraian zat organik :



Beberapa surfaktan yang terkandung dalam formulasi syndent mengikuti proses ini secara normal. Tetapi ada jenis lain yang tidak mengikuti proses itu. Jenis yang pertama dikenal sebagai "biologically soft" yang mudah diasimiliasi dan jenis yang kedua adalah yang "biologically hard" yang sulit diasimiliasi. Jenis ABS yang banyak dipakai dalam bahan dasar pembuatan deterjen di Indonesia adalah termasuk yang "biologically hard". Begitu juga surfaktan jenis alkyl phenoxy polyethylene glycols dan polyethylene glycols sederhana yang mempunyai berat molekul tinggi termasuk dalam golongan "biologically hard". ABS yang terdiri dari propilene sangat tahan terhadap serangan bakteri disebabkan oleh adanya cabang-cabang dari gugusan alkyl dan gugusan

benzene yang terikat pada atom-atom karbon tersier pada cabang-cabang atom tersebut.

Sedangkan yang termasuk dalam golongan "biologically soft" adalah surfaktan yang berjenis ester atau amide.

## 2.5 KURVA KALIBRASI

Kurva kalibrasi dibuat dari hubungan antara konsentrasi LAS versus absorbansinya yang diukur dengan alat spektrometer dengan panjang gelombang 652 nm. Bentuk dari kurva ini adalah linier sesuai dengan perumusan yang dinyatakan dalam hukum Lambert Beer.

Hukum Lambert Beer adalah :

$$A = \log \frac{I_0}{I} = a \cdot b \cdot c$$

Dengan A : Nilai absorbance

$I_0$  : Intensitas cahaya awal

I : Intensitas cahaya yang diteruskan

a : Nilai absorbtifitas, tergantung jenis senyawanya

b : Panjang larutan yang dilalui sinar

c : Konsentrasi larutan

Sedangkan persamaan untuk regresi linier yang menyatakan hubungan antara konsentrasi larutan standart LAS dengan absorbancinya adalah :

$$Y = bx - a$$

$$b = \frac{\sum x \cdot y - (\sum x) \cdot (\sum y) / n}{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}$$

$$r = \frac{b \cdot (\sum xy - (\sum x) \cdot (\sum y) / n)}{\sum y^2 - (\sum y)^2 / n}$$

dimana Y : konsentrasi larutan, dalam mg MBAS/l  
 x : nilai absorbance  
 r : kemampuan variable x menerangkan variabel y

## 2.6 ANALITICAL QUALITY CONTROL ( AQC )

AQC adalah suatu langkah yang digunakan untuk mengetahui ketepatan suatu analisa. AQC dalam penelitian yang akan dilakukan disini adalah untuk mengetahui keakuratan dalam pembuatan kurva kalibrasi dalam analisa MBAS untuk deterjen.

Dalam pembuatan kontrol analisa ini, digunakan

sampel sebanyak 30 buah dengan konsentrasi sesuai dengan yang dikehendaki yaitu 0 ppm sampai dengan 2 ppm LAS yang dianalisa dengan menggunakan alat spektrometer.

Dari hasil analisa ke 30 sampel tersebut, selisih antara konsentrasi rata-rata tidak boleh melebihi dari nilai standart deviasinya. Apabila syarat tersebut tidak dapat dipenuhi, maka kurva kalibrasi yang didapatkan tidak cukup kuat untuk dipakai dalam analisa selanjutnya.

Sedangkan untuk mengetahui ketelitian dari data yang diperoleh, penyebaran dari pada data harus masih dalam range antara UWL (upper warning limit) dengan batas  $x + 2\sigma$  dan LWL (lower warning limit) dengan batas  $x - 2\sigma$ .

Apabila kedua syarat tersebut sudah dipenuhi, maka analisa MBAS selanjutnya dinyatakan dapat dilanjutkan.

## 2.7 UJI EKOTOKSISITAS

Uji ekotoksistas adalah suatu pengujian yang dilakukan terhadap elemen biotik (bakteri atau flora) akibat penetrasi suatu bahan/zat kedalam lingkungan hidupnya. Suatu uji ekotoksistas akan memberikan

gambaran tentang efek suatu bahan/zat tersebut bagi kehidupan bakteri atau flora yang di uji. Suatu jenis bakteri akan terhenti pertumbuhannya dikarenakan beberapa keadaan :

- karena ketersediaan nutrien yang terbatas.
- karena terkontaminasi oleh bahan-bahan yang bersifat racun bagi bakteri tersebut.
- karena syarat lingkungan yang tidak sesuai, seperti pH, suhu, ada tidaknya oksigen dan tekanan osmotik.

Tingkat pertumbuhan bakteri berubah secara konstan bergantung kondisi lingkungannya. Dalam lingkungan yang ideal, seperti keadaan dilaboratorium dimana kondisi bisa diatur sesuai dengan yang dibutuhkan, jumlah bakteri bervariasi secara tetap dan dapat diperkirakan dengan menggunakan hukum-hukum biologi yang umum.

Untuk menghitung tingkat pertumbuhan mikroba uji, dipakai metoda perhitungan secara langsung, tidak langsung dan pengenceran. Umumnya pengukuran pertumbuhan suatu bakteri dilakukan dengan menghitung jumlah pertumbuhannya.



Cara perhitungan langsung.

Perhitungan dilakukan dengan cara menghitung langsung jumlah bakteri yang terdapat dalam suatu suspensi dengan mikroskop. Hitungan mikroskopik ini bisa di gunakan untuk menghitung bakteri dalam susu dan vaksin; hitungan cawan untuk menghitung baktri dalam susu, air, makanan, tanah, dan lain-lain; dan membran filter.

Cara tidak langsung.

Dilakukan dengan mengukur jumlah bakteri dengan memutar tabung suspensi mikroorganisma, turbidimeter, elektronik cell counter, metoda kimiawi (penentuan nitrogen) dan pengukuran berat kering. Jumlah yang terhitung adalah jumlah total sel. Metoda ini digunakan untuk uji mikrobiologis, pendugaan hasil panen dalam kaldu, biakan atau suspensi air.

Pengenceran.

Dilakukan dengan mengencerkan suspensi mikroorganisma. Suspensi tersebut diinokulasikan pada media padat yang sesuai. Media harus cukup nutrien

selama waktu pengamatan. Metoda ini cocok untuk jenis mikroorganisma yang bisa membentuk koloni dalam media padat. Jumlah koloni yang terhitung adalah jumlah sel yang hidup

## BAB III MATERIAL DAN METODA

### 3.1 MATERIAL

#### 3.1.1 Tanah

Tanah yang digunakan sebagai media dalam penelitian ini adalah tanah yang diambil dari lokasi lahan yang disediakan oleh satu perusahaan produsen kertas di Mojokerto untuk reaktor alam tanah.

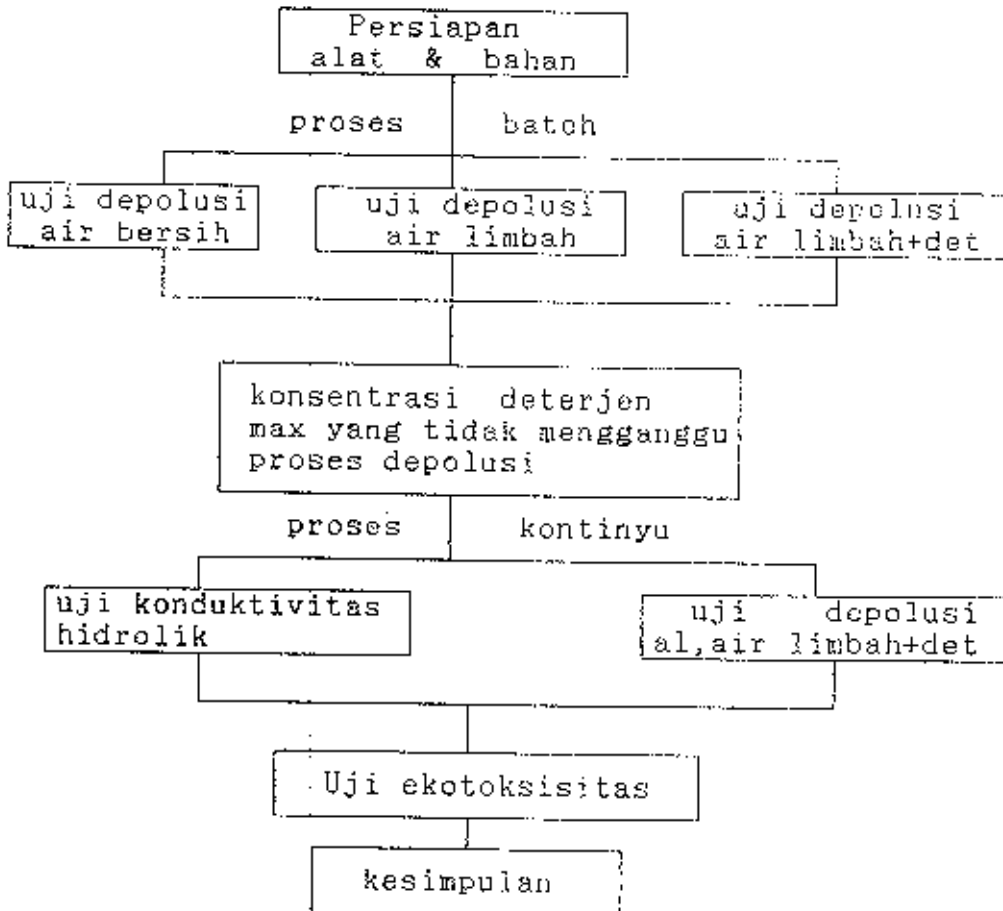
#### 3.1.2 Air Limbah

Air limbah yang dipakai dalam penelitian ini adalah air limbah industri kertas. Sampel diambil dari saluran air limbah yang cukup panjang, dimana sampel telah tercampur antara white liquor dan black liquor.

### 3.2 METODA

Uji depolusi air limbah dilakukan untuk membandingkan derajat depolusi air limbah antara air limbah murni dengan air limbah yang tercampur dengan

bahan pencuci yang mengandung deterjen dengan konsentrasi tertentu. Dalam uji depolusi ini, dilaksanakan dengan metoda seperti dalam diagram alir di bawah.



Gambar 3.1 : Diagram alir metoda penelitian

Pengamatan dilaksanakan dalam dua kondisi yang berbeda :

- Perlakuan normal

Sampel diuji tingkat removalnya dalam keadaan

aslinya, sehingga didapatkan nilai tingkat removal yang dikarenakan oleh proses fisik, kimia dan mikrobiologis.

- Kondisi steril

Sampel diuji pada keadaan steril untuk mendapatkan harga tingkat removal yang dikarenakan hanya karena proses fisik kimia tanpa proses mikrobiologis.

Perlakuan sampel dengan dua kondisi yang berbeda ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran tingkat biodegradasi oleh mikroorganisma tanah dengan menghitung selisih nilai dari kedua kondisi itu. Dari hasil uji depolusi ini juga bisa diamati pada konsentrasi deterjen berapa deterjen bisa mengganggu proses depolusi air limbah. Karena pada konsentrasi tertentu deterjen akan mengganggu aktivitas mikroba dalam tanah.

### 3.2.1 Penyiapan Media Tanah

Tanah yang diambil dari lapangan dicampur dan dikeringkan di udara terbuka. Pencampuran tanah dilakukan dengan pertimbangan bahwa keseluruhan area akan dipakai sebagai lahan pengaliran air limbah. Sedangkan

pengeringan di udara terbuka dimaksudkan agar memudahkan pencampuran homogen, deagregasi bongkahan tanah guna memaksimalkan aktivitas seluruh partikel tanah dan tanpa menghilangkan kandungan organik tanah.

Untuk pengujian kelas tanah, contoh tanah yang akan diuji pertama-tama direndam dengan larutan sodium pirosulfat selama semalam. Kemudian campuran ini diaduk dengan mixer tanah dengan kecepatan 16000 rpm. Campuran tanah ditempatkan dalam silinder, dan ditambah air destilasi dengan volume tertentu. Dengan bantuan alat pengaduk, suspensi tanah diaduk kembali. Kecepatan penurunan partikel dihubungkan dengan ukuran pasir yang lebih cepat dari pada debu, dan debu turun lebih cepat dari pada liat. Pembacaan dua hidrometer yang diambil dari suspensi tanah dengan menggunakan hidrometer tanah kusus. Pembacaan dalam waktu 40 detik menunjukkan gram debu dan liat yang tertinggal. Pembacaan kurang dari 40 detik menunjukkan gram pasir yang ada (telah mengendap). Dan pembacaan dalam waktu 2 jam menentukan banyaknya gram liat.

### 3.2.2 Penyiapan Air Limbah

Air limbah yang akan diuji di encerkan sebesar 10 kali. Hal dimaksudkan untuk mendapatkan konsentrasi BOD sekitar 500 ppm (konsentrasi BOD pada analisa awal sebesar 5000 ppm). Pada penelitian pertama, air limbah segar tersebut langsung diolah dalam reaktor tanah. Sedangkan pada penelitian kedua, air limbah yang akan diolah terlebih dahulu ditambah bahan pencuci dengan konsentrasi deterjen diusahakan sebesar 5, 8, 10, 15 ppm.

### 3.2.3 Penyiapan Reaktor

Reaktor yang dipakai adalah reaktor dengan jenis BATCH PROSES dan CONTINUOUS FLOW PROSES.

#### 1. Batch Proses

Dari sistim ini akan didapat gambaran tingkat reduksi pencemar secara fisik dan biologis.

Prosedur :

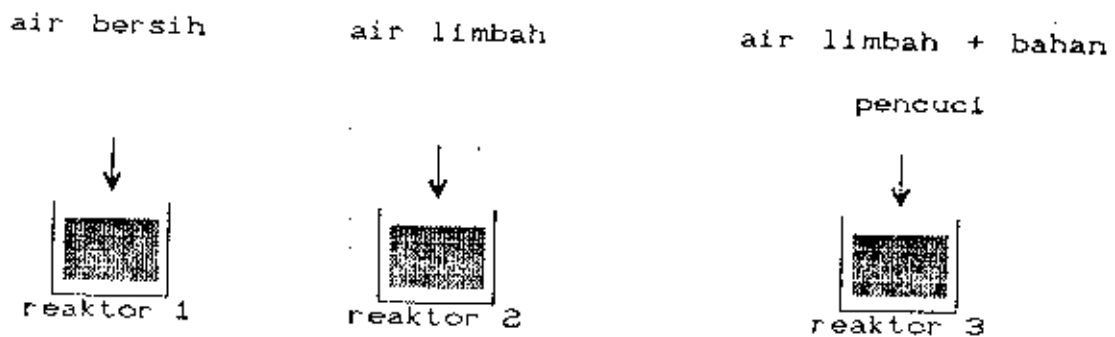
1. Media tanah yang sudah dipersiapkan pada poin 3.2.1, dimasukkan kedalam 6 beker glass dengan volume 500 ml sampai penuh.

2. Kedalam beker glass tersebut, masing-masing dua buah diisikan :
  - reaktor 1 : air bersih
  - reaktor 2 : air limbah murni
  - reaktor 3 : air limbah + bahan pencuci deterjen
3. Untuk masing-masing sebuah dari ketiga reaktor tersebut disterilkan dengan memakai autoklaf, sedangkan sisanya di biarkan dalam kondisi biasa tanpa disterilkan.
4. Analisa dikerjakan terhadap parameter :
  - COD
  - BOD
  - MBAS

Analisa ini dikerjakan dengan selang waktu satu hari guna mendapatkan waktu paruh untuk masing-masing parameter.



Model pengoperasian dari sistim batch di gambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.2 : Reaktor Batch

## 2. Continuous proses

Dari sistim ini akan didapatkan informasi tentang beban volumetrik, dan tingkat depolusi air limbah melalui reaktor tanah, dengan melakukan analisa kualitas untuk influent dan effluent air limbah. Pengamatan dilakukan untuk aliran vertikal dan horisontal.

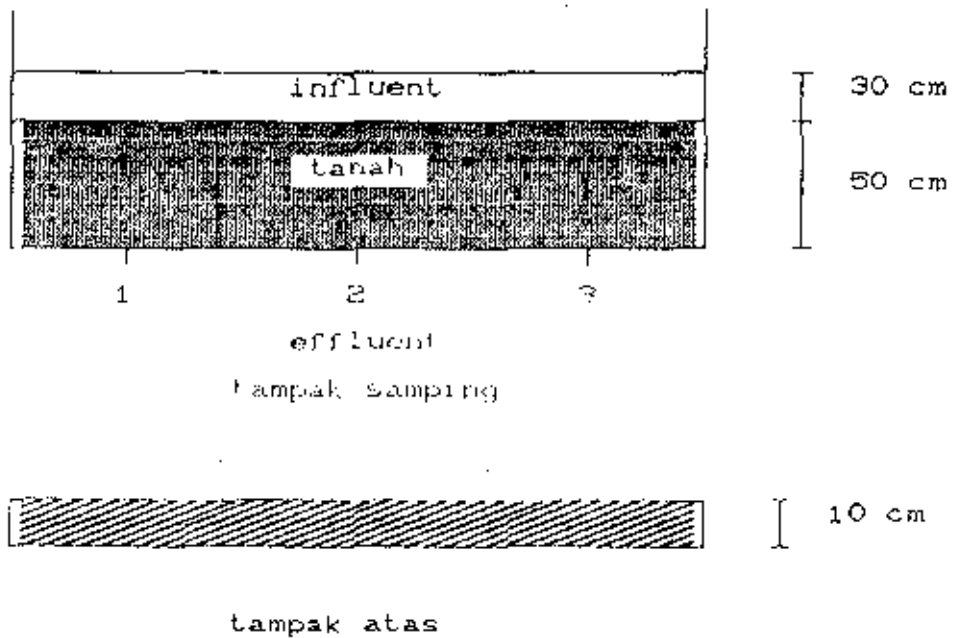
### a) Aliran vertikal

Prosedur :

1. Tanah yang telah dipersiapkan dimasukkan kedalam reaktor aliran vertikal setinggi 50 cm.
2. Reaktor dijenuhkan dengan air bersih selama 24 jam.
3. Pengukuran konduktivitas hidrolis dilakukan dengan selang waktu tertentu (tiap 6 jam).

Analisa parameter (COD, BOD dan MBAS) dilakukan terhadap influent dan effluent air bersih dan air limbah. Influent adalah air bersih dari air PDAM, air limbah murni dan air limbah dengan campuran deterjan dengan konsentrasi di atas konsentrasi maksimum deterjen yang tidak mengganggu proses depolusi air limbah.

Aliran vertikal :

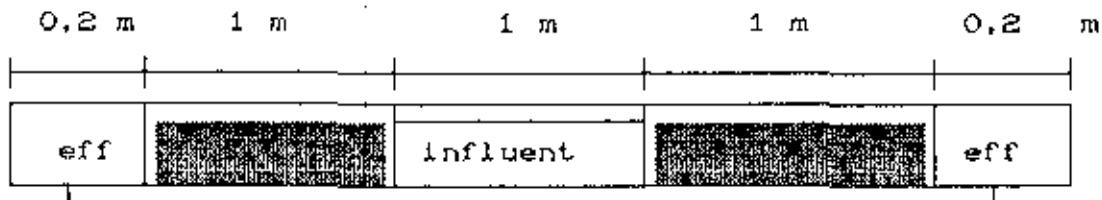


- influent :
1. air bersih
  2. air limbah
  3. air limbah pengenceran 10x + bahan pencuci

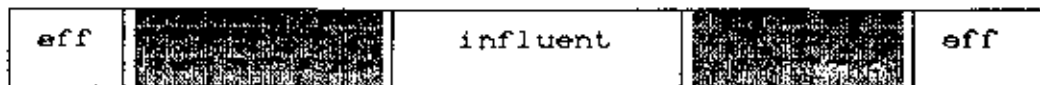
b) Aliran Horizontal

Prosedur sama dengan yang dikerjakan pada aliran vertikal. Model pengoperasian sistim kontinyu digambarkan sebagai berikut :

aliran horizontal :



tampak samping



tampak atas

influent : sama dengan reaktor vertikal.

Gambar 3.3 : Reaktor Kontinyu

3.2.4 Penyiapan alat untuk uji ekotoksisitas.

Dalam suatu kerja dimana kita memakai mikro-organisma sebagai parameter, maka langkah yang amat penting sebelum kerja kita mulai adalah sterilisasi alat yang akan kita pakai. Langkah ini perlu diambil karena

masing-masing mikroba mempunyai spesifikasi tersendiri. Sehingga suatu keadaan yang benar-benar spesifik untuk satu jenis mikroba tertentu akan dapat diciptakan. Sterilisasi dilakukan dengan menggunakan alat autoclave.

Untuk pengujian ekotoksisitas dalam penelitian ini, digunakan bakteri *clostridium botulinum*, karena bakteri ini paling banyak ditemukan pada lapisan tanah yang memiliki kondisi anaerobik. Bakteri *clostridium botulinum* diinokulasikan kedalam suatu medium tyoglikolat padat. Perlakuan terhadap bakteri ini adalah dengan mengkondisikan pada anaerob-*jar*, yaitu dengan memberikan input gas nitrogen ke dalam sistim anaerobik, out put gas buangan di tampung dalam suatu bejana yang berisi air. Selama waktu pengamatan, diusahakan untuk tetap menjaga kondisi anaerobik.

## BAB IV HASIL STUDI DAN ANALISA

### 4.1 ANALISIS UKURAN PARTIKEL TANAH

Analisis terhadap ukuran partikel tanah ini dimaksudkan untuk mengetahui kelas tanah yang digunakan dalam penelitian ini. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan metoda hydrometer yang dikembangkan oleh Bouyoucos. Dari test hydrometer, diperoleh data :

- prosen pasir = 80 %
- prosen liat = 18 %
- prosen debu = 2 %

Kemudian dengan memplotkan angka-angka tersebut ke dalam segitiga tekstur, maka didapatkan bahwa tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah kelas tanah dari jenis lempung berpasir.

### 4.2 UJI DEPOLUSI AIR LIMBAH DENGAN PROSES BATCH

Untuk melakukan penelitian terhadap pengaruh keberadaan deterjen dalam proses reduksi bahan pencemar dalam air limbah, digunakan dua jenis merk deterjen yang

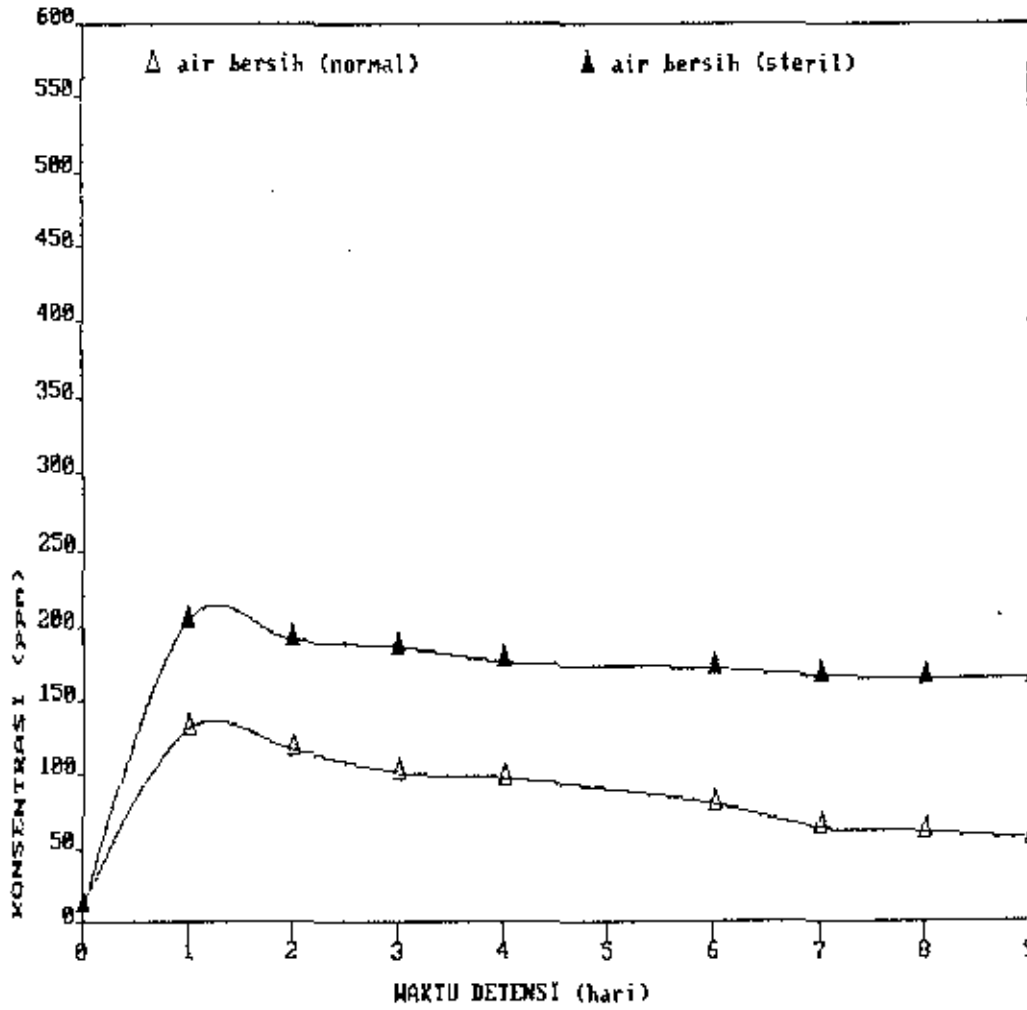
paling banyak dipakai masyarakat. Dalam penelitian ini dipilih deterjen dengan merk "RINSO" yang berbentuk bubuk dan deterjen dari merk "OMO BIRU" yang berupa sabun colek.

Data hasil analisa mengenai pengaruh deterjen terhadap pengolahan air limbah industri kertas melalui reaktor batch dapat dilihat pada lampiran 1 sampai dengan lampiran 12.

Dari tabel ini dapat digambarkan grafik penurunan konsentrasi COD dalam air limbah, yakni pada gambar 4.1 sampai dengan gambar 4.6. Pada gambar 4.1 sampai dengan gambar 4.4 tampak bahwa penurunan konsentrasi polutan menunjukkan kecenderungan yang sama. Dari gambar-gambar tersebut dapat dibaca, semakin lama waktu tinggal limbah dalam reaktor, semakin besar perbedaan penurunan konsentrasi polutan antara reaktor kondisi normal tanpa sterilisasi dengan yang disterilisasi. Keadaan ini dapat dijelaskan dengan menyatakan bahwa kemampuan mikroba dalam menguraikan bahan organik semakin besar dengan bertambahnya waktu kontak antara limbah dengan reaktor alam tanah. Dengan semakin bertambahnya waktu kontak, maka akan mendorong pertumbuhan mikroba sehingga massa sel menjadi bertambah besar. Yang pada akhirnya menambah

pula kemampuan menguraikan bahan organik air limbah dalam reaktor alam tanah. Pada gambar 4.5 dan gambar 4.6 penurunan konsentrasi COD masih mempunyai kecenderungan yang sama. Tetapi antara reaktor steril dan reaktor normal tidak menunjukkan perbedaan yang cukup berarti. Keadaan ini bisa terjadi karena keberadaan deterjen dalam air limbah dengan konsentrasi di atas 10 ppm telah menghambat aktivitas mikroba di dalam tanah dalam usahanya memanfaatkan bahan organik limbah sebagai sumber nutriennya. Sehingga, proses yang terjadi hampir seluruhnya proses fisik-kimiawi tanpa proses biologis. Tetapi keadaan ini tidak akan berlangsung terus-menerus karena sifat mikroba yang bisa beradaptasi dengan keadaan lingkungan yang kurang menguntungkan sehingga pada jangka waktu tertentu akan mampu bertahan hidup (resisten) dan mampu untuk mengolah limbah dengan lebih baik. Sampai berapa waktu yang dibutuhkan untuk keadaan tersebut tercapai, tidak dilakukan pengamatan. Penjelasan di atas bisa juga digunakan untuk menjelaskan gambar-gambar lainnya untuk hasil analisa parameter teruji dalam hal ini BOD (gambar 4.7 sampai 4.12) dan deterjen (gambar 4.13 samapi 4.16).

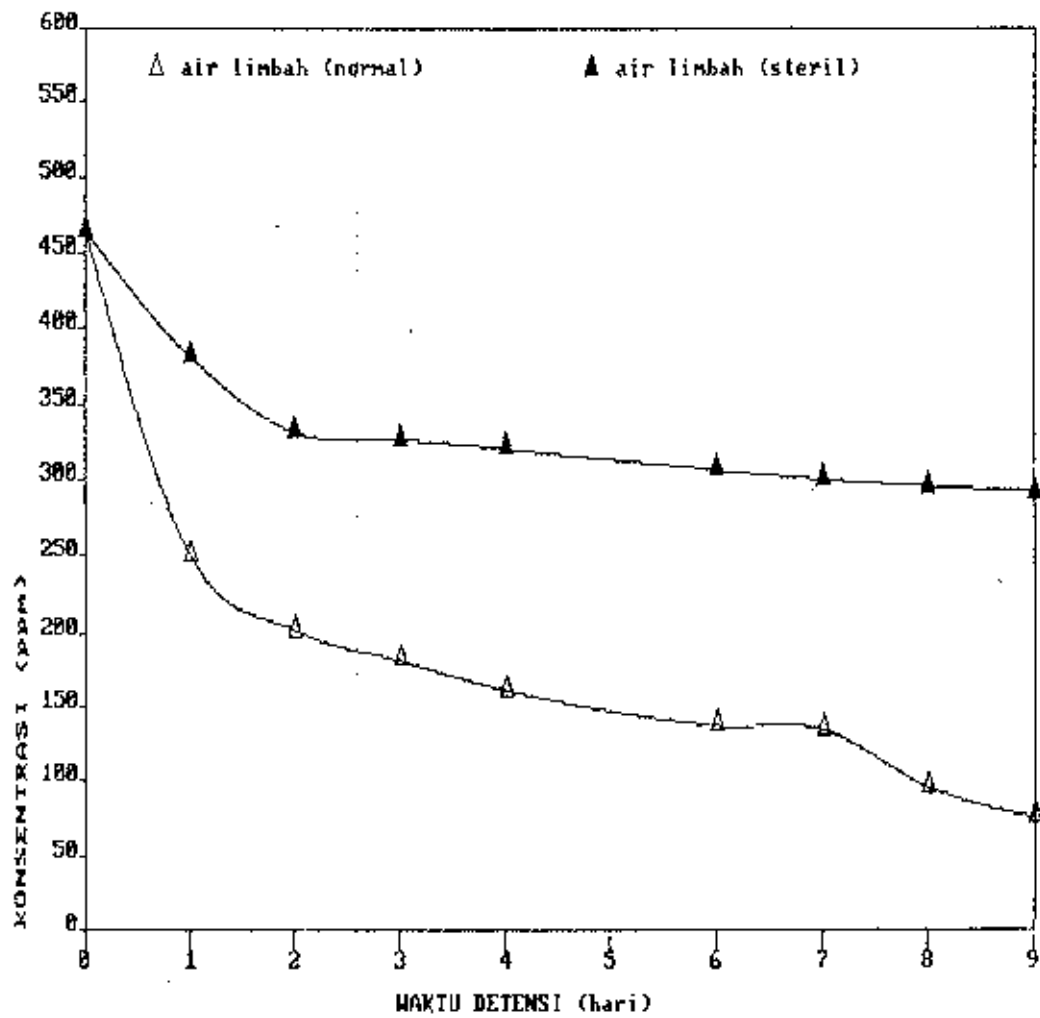
GAMBAR 4.1: DEPOLUSI COD AIR BERSIH



Keterangan :  $t_d = 0$  ; influen  
 $t_d = 1 - 9$  ; efluen

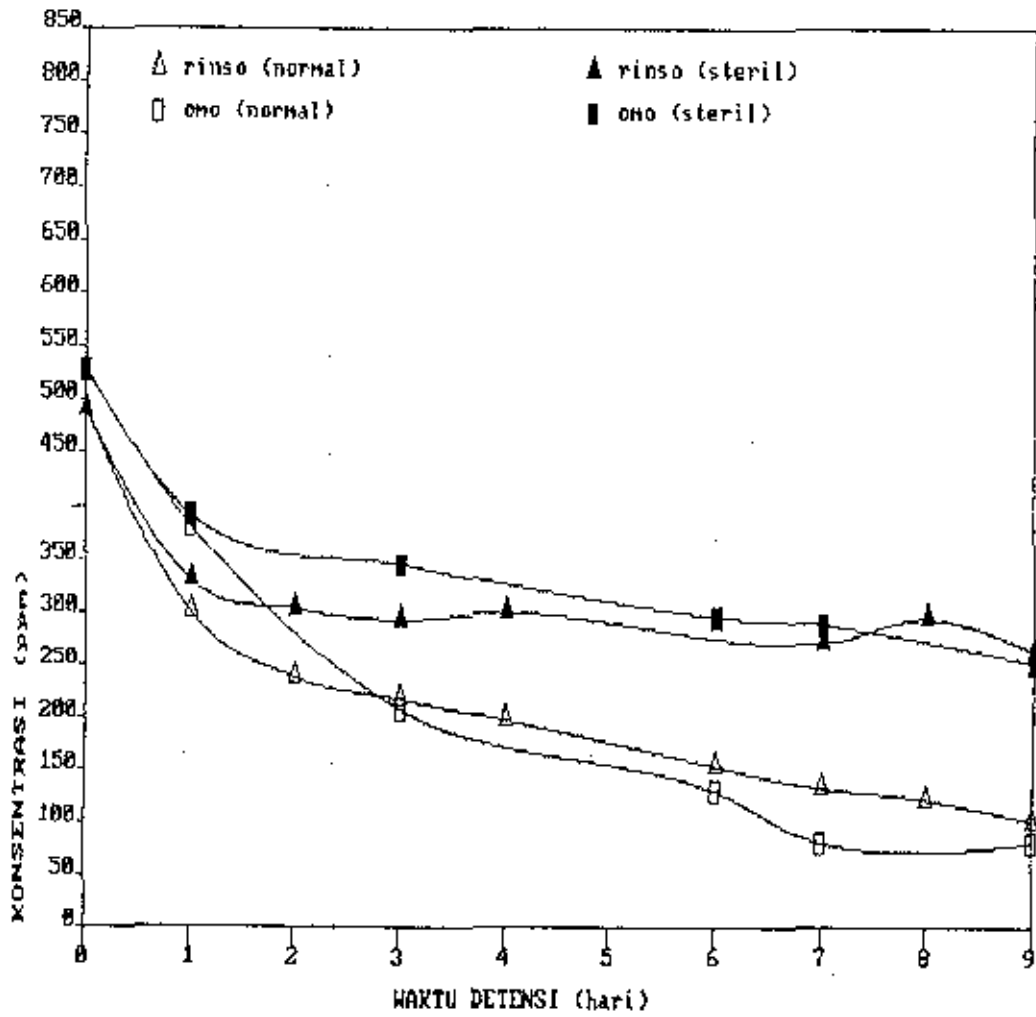


GAMBAR 4.2: DEPOLUSI COD AIR LIMBAH (10%)



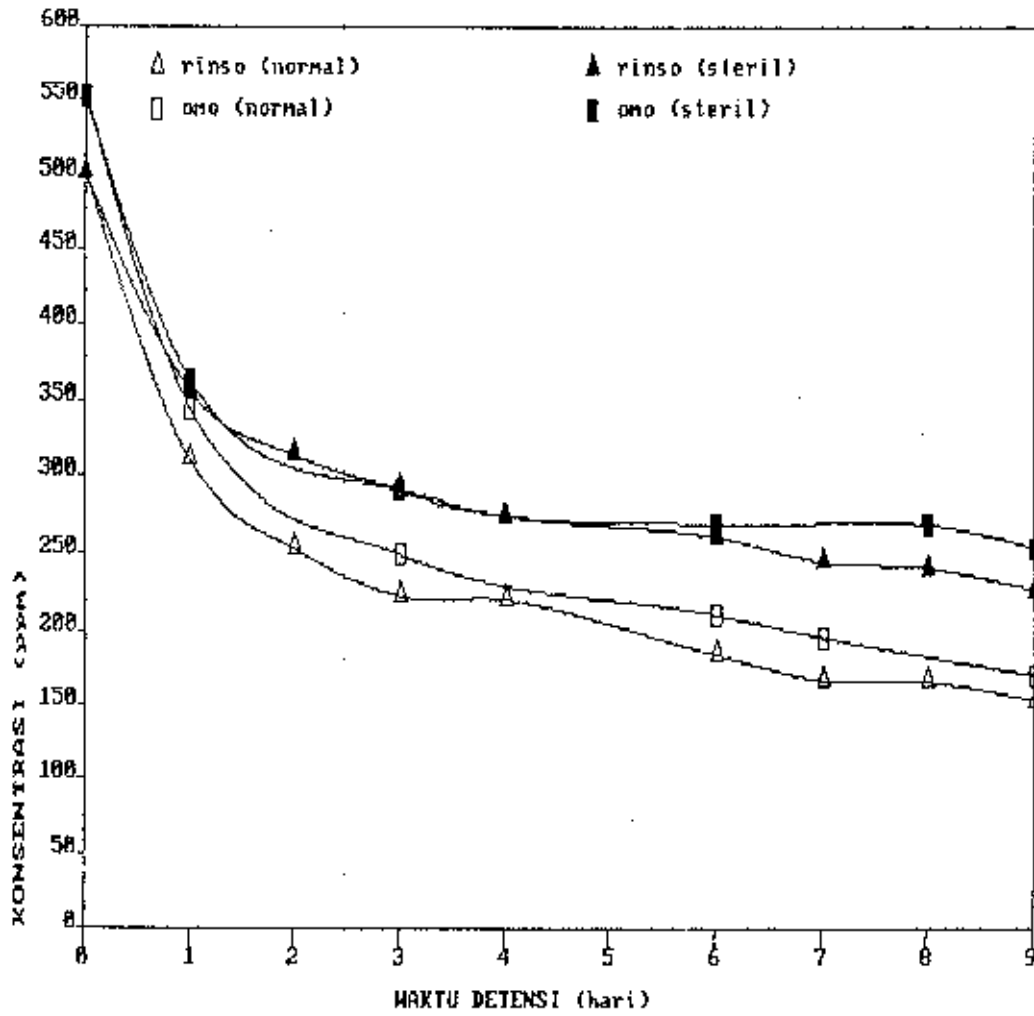
Keterangan :  $t_d = 0$  ; influen  
 $t_d = 1 - 9$  ; efluen

GAMBAR 4.3: DEPOLUSI COD AL + DET 5 ppm



Keterangan :  $t_d = 0$  ; influen  
 $t_d = 1 - 9$  ; efluen

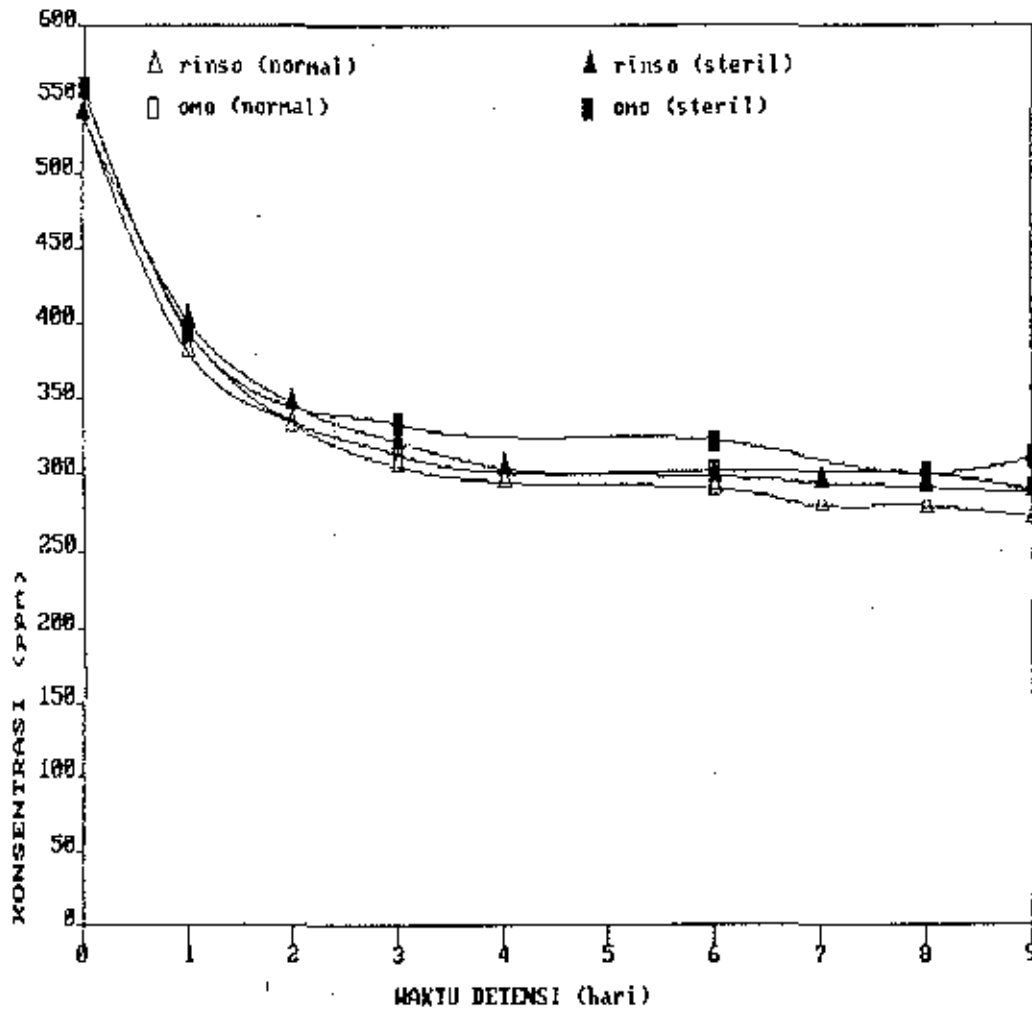
GAMBAR 4.4: DEPOLUSI COD AL + DET 8 ppm



Keterangan :  $t_d = 0$  ; influen  
 $t_d = 1 - 9$  ; efluen



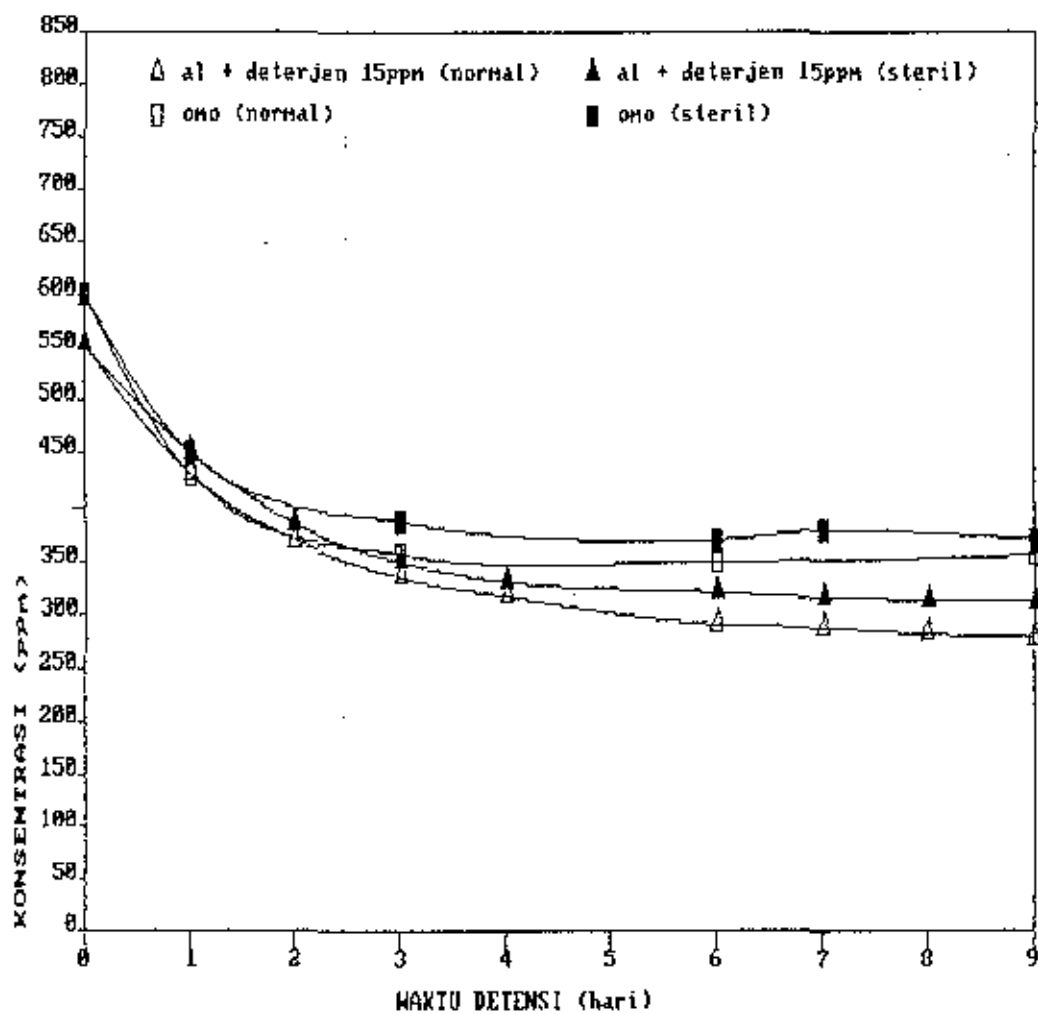
GAMBAR 4.5: DEPOLUSI COD AL + DET 18 ppm



Keterangan :  $t_d = 0$  ; influen

$t_d = 1 - 9$  ; efluen

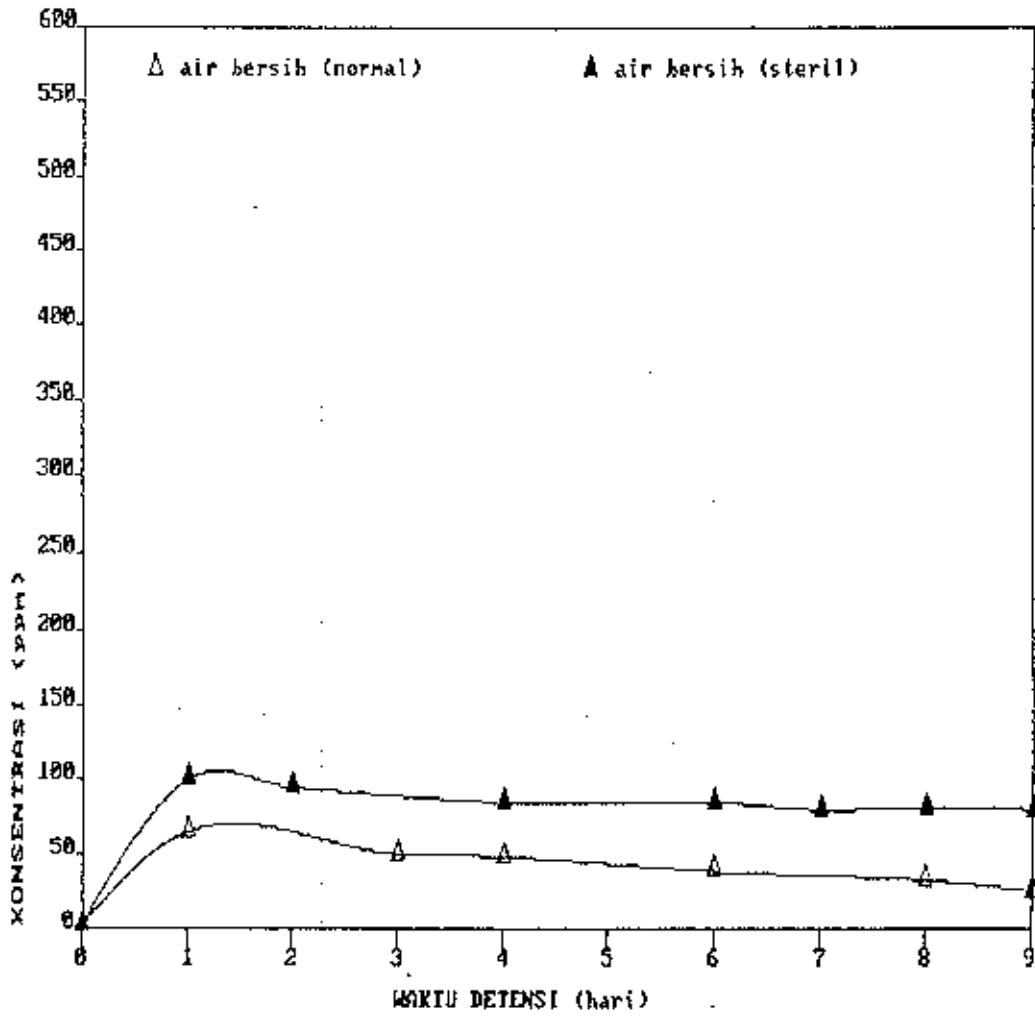
GAMBAR 4.6: DEPOLUSI COD AL + DET 15 PPM



Keterangan :  $t_d = 0$  ; influen

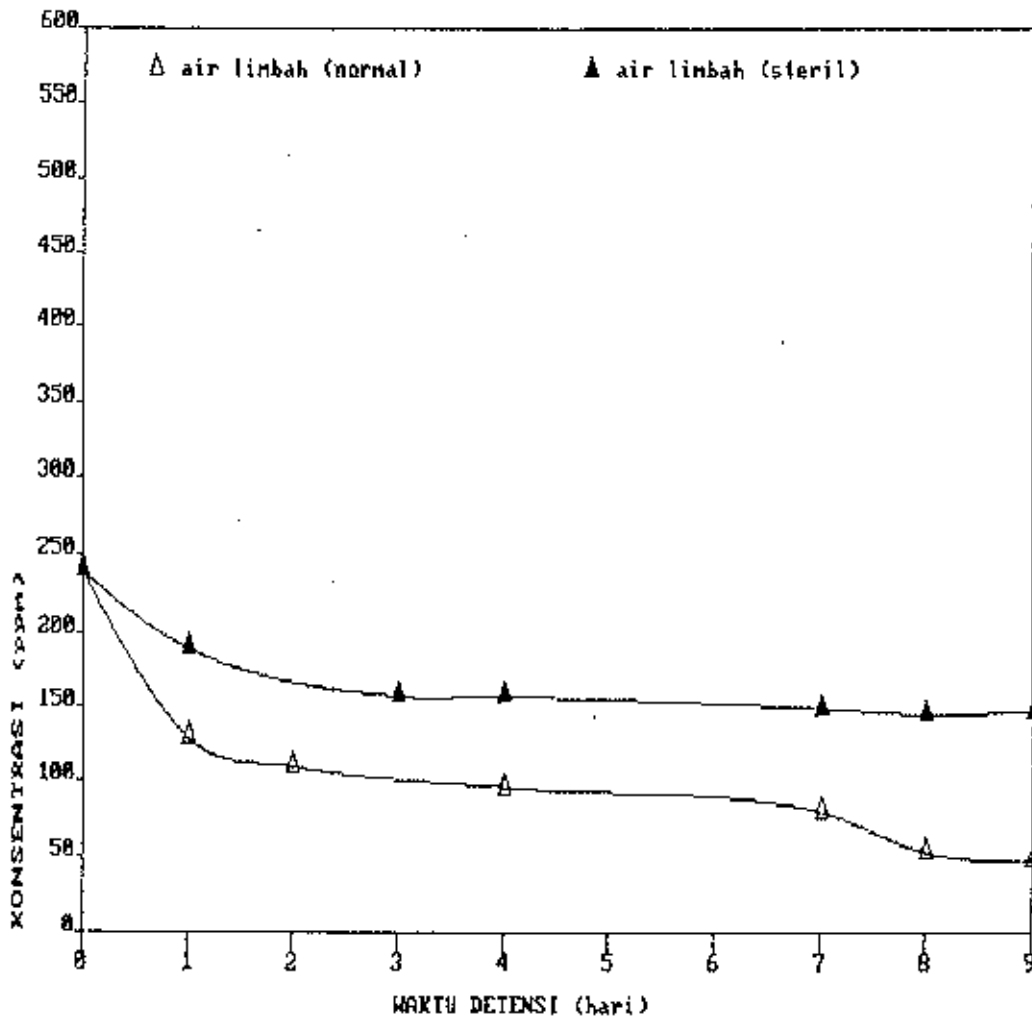
$t_d = 1 - 9$  ; efluen

GAMBAR 4.7: DEPOLISI BOD AIR BERSIH



Keterangan :  $t_d = 0$  ; influen  
 $t_d = 1 - 9$  ; efluen

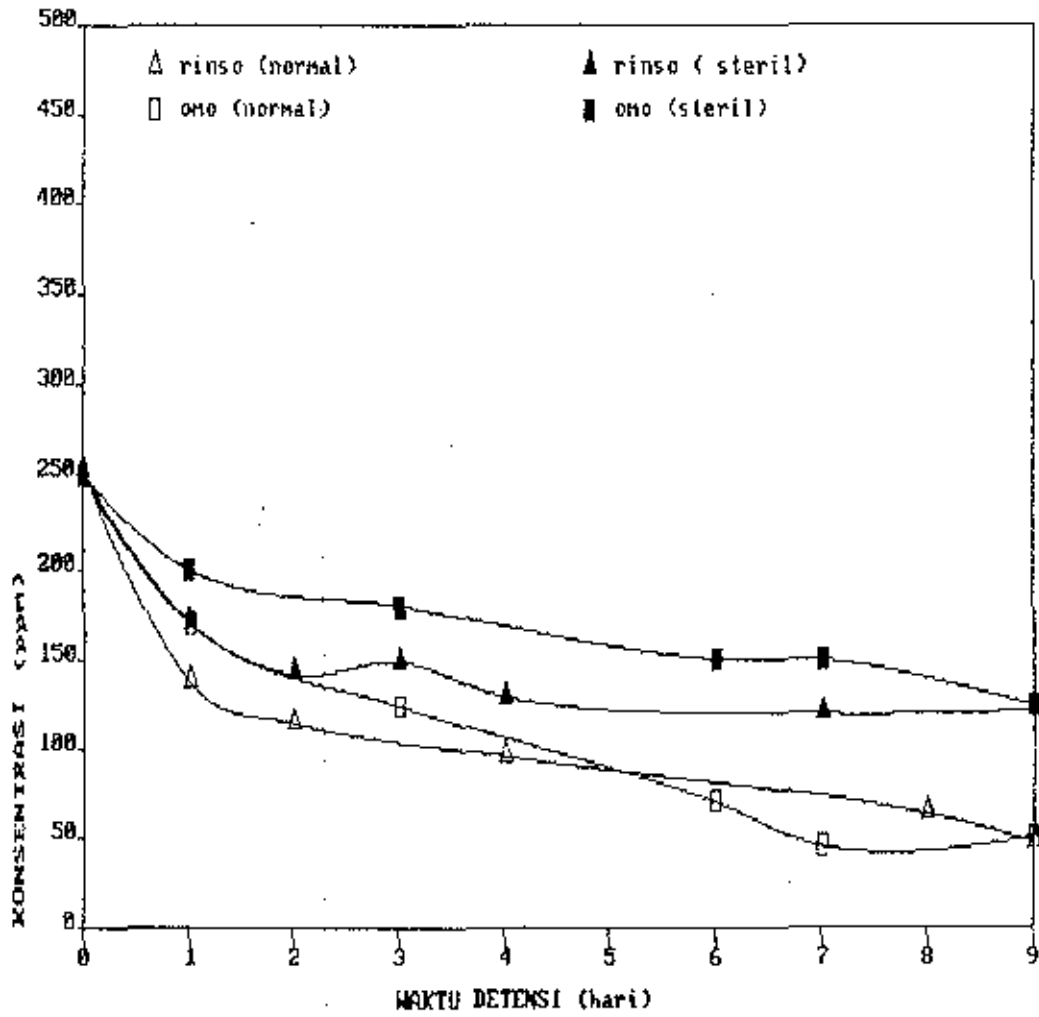
GAMBAR 4.8: DEPOLUSI BOD AIR LIMBAH (10 %)



Keterangan :  $t_d = 0$  ; influen

$t_d = 1 - 9$  ; efluen

GAMBAR 4.9: DEPOLUSI BOD AL + DETERJEN 5 ppm

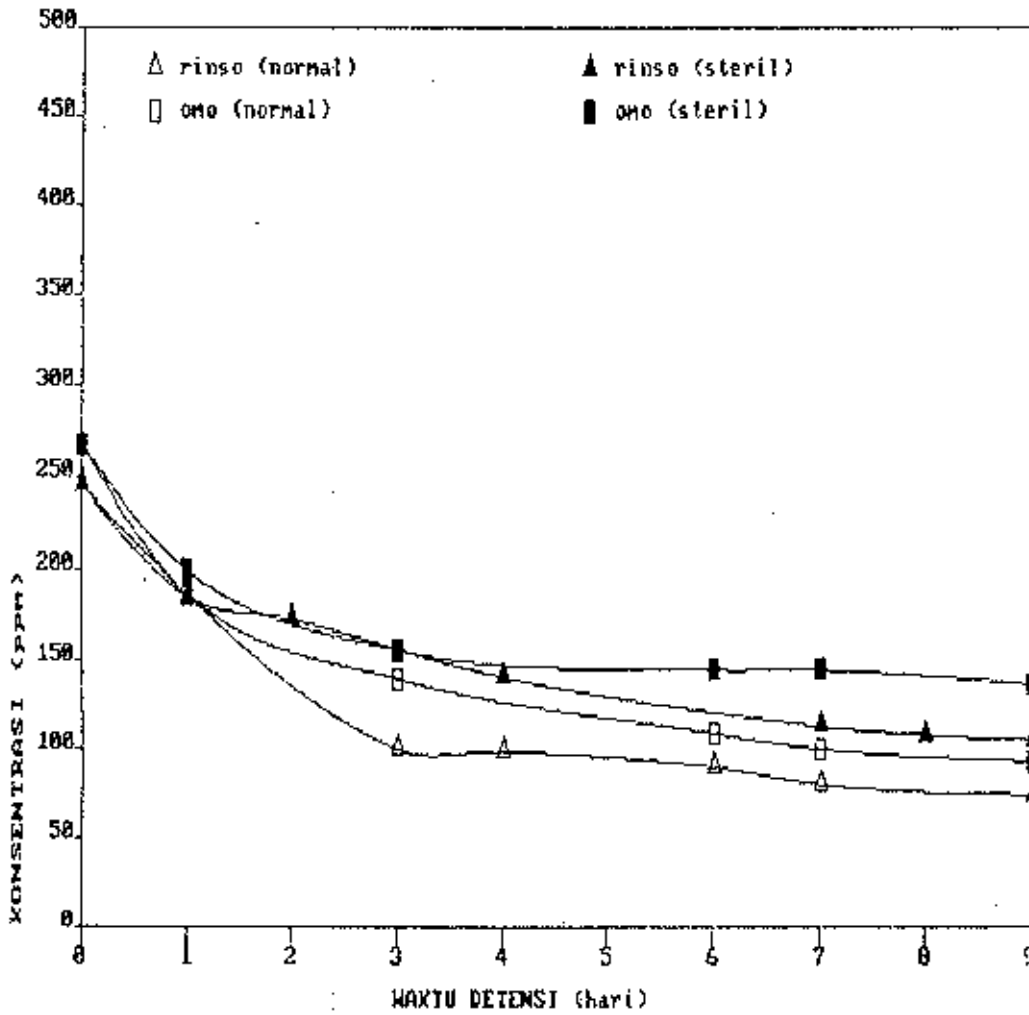


Keterangan :  $t_d = 0$  ; influen

$t_d = 1 - 9$  ; efluen



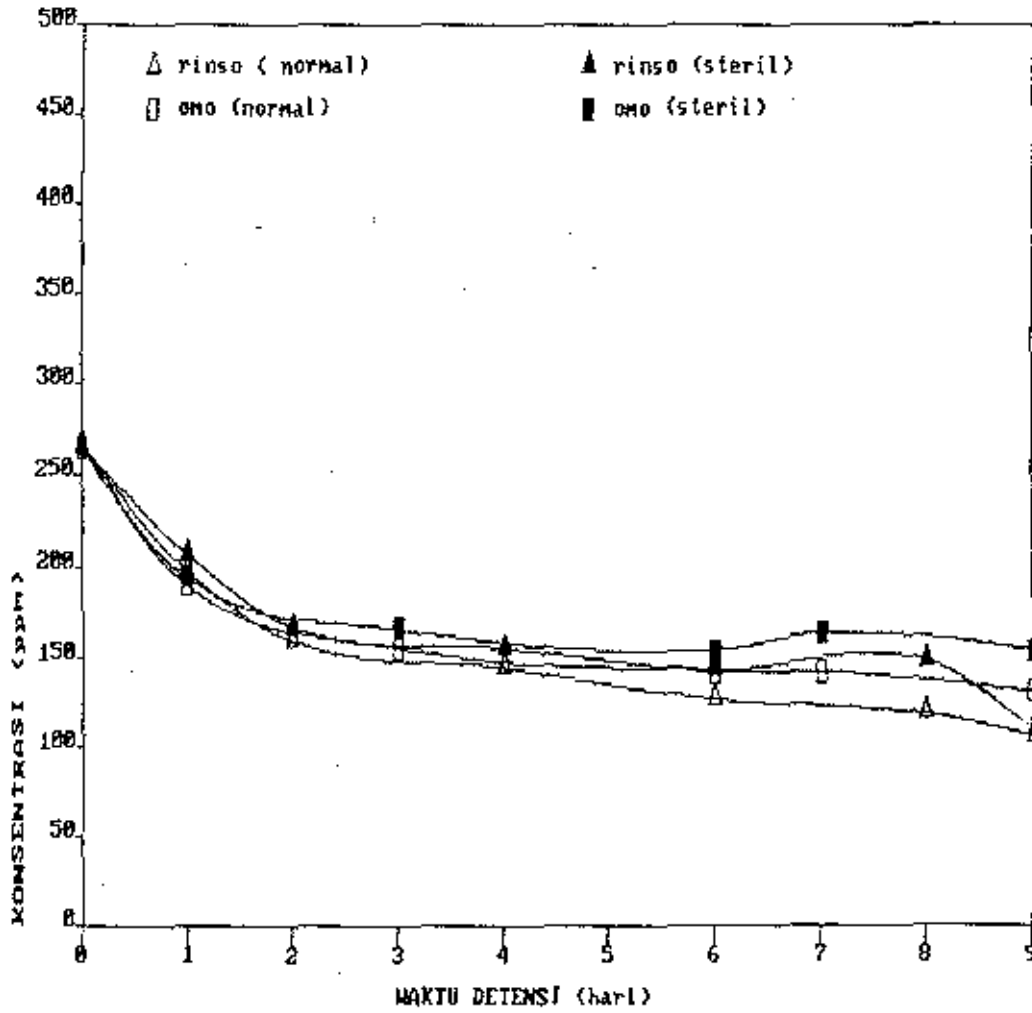
GAMBAR 4.10: DEPOLUSI BOD AL + DET 8ppm



Keterangan :  $td = 0$  ; influen

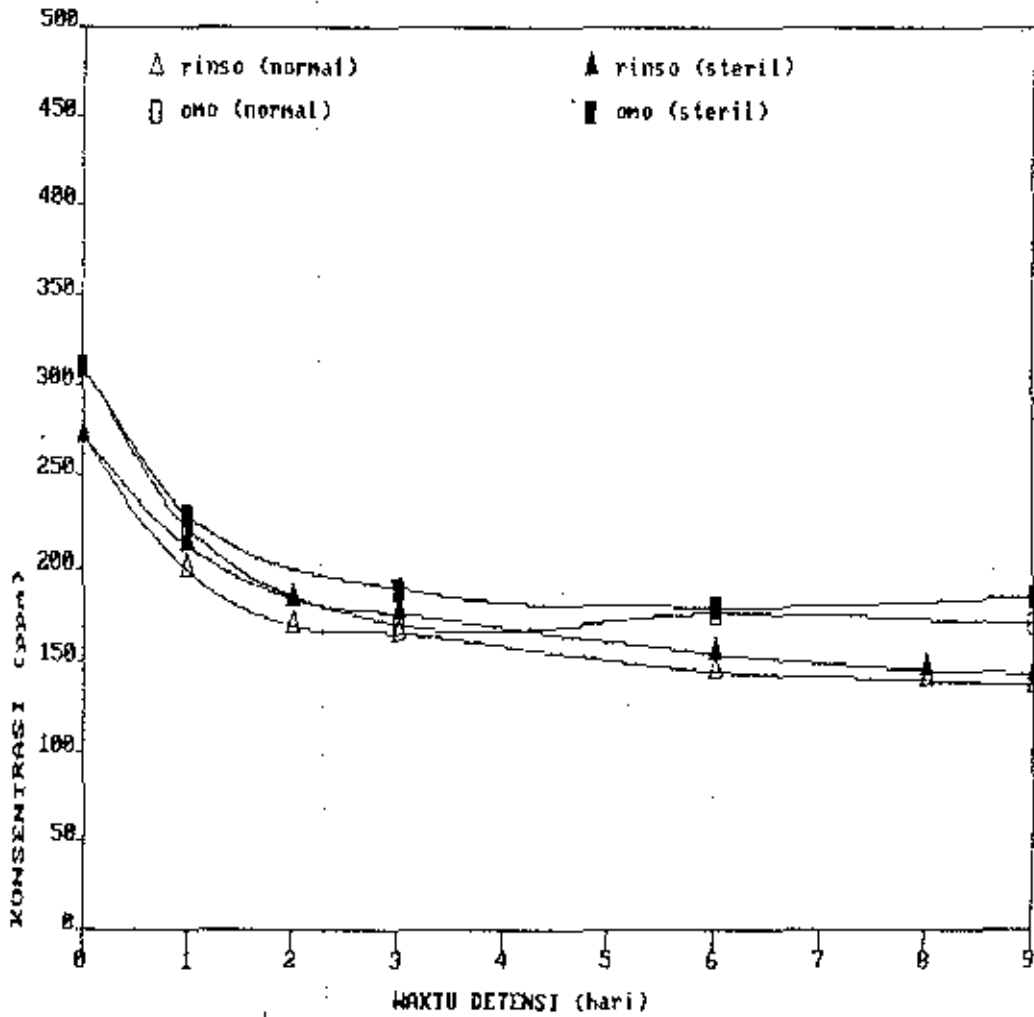
$td = 1 - 9$  ; efluen

GAMBAR 4.11: DEPOLUSI BOD AL + DETERJEN 10ppm



Keterangan :  $t_d = 0$  ; influen  
 $t_d = 1 - 9$  ; efluen

GAMBAR 4.12: DEPOLUSI BOD AL + DET 15ppm

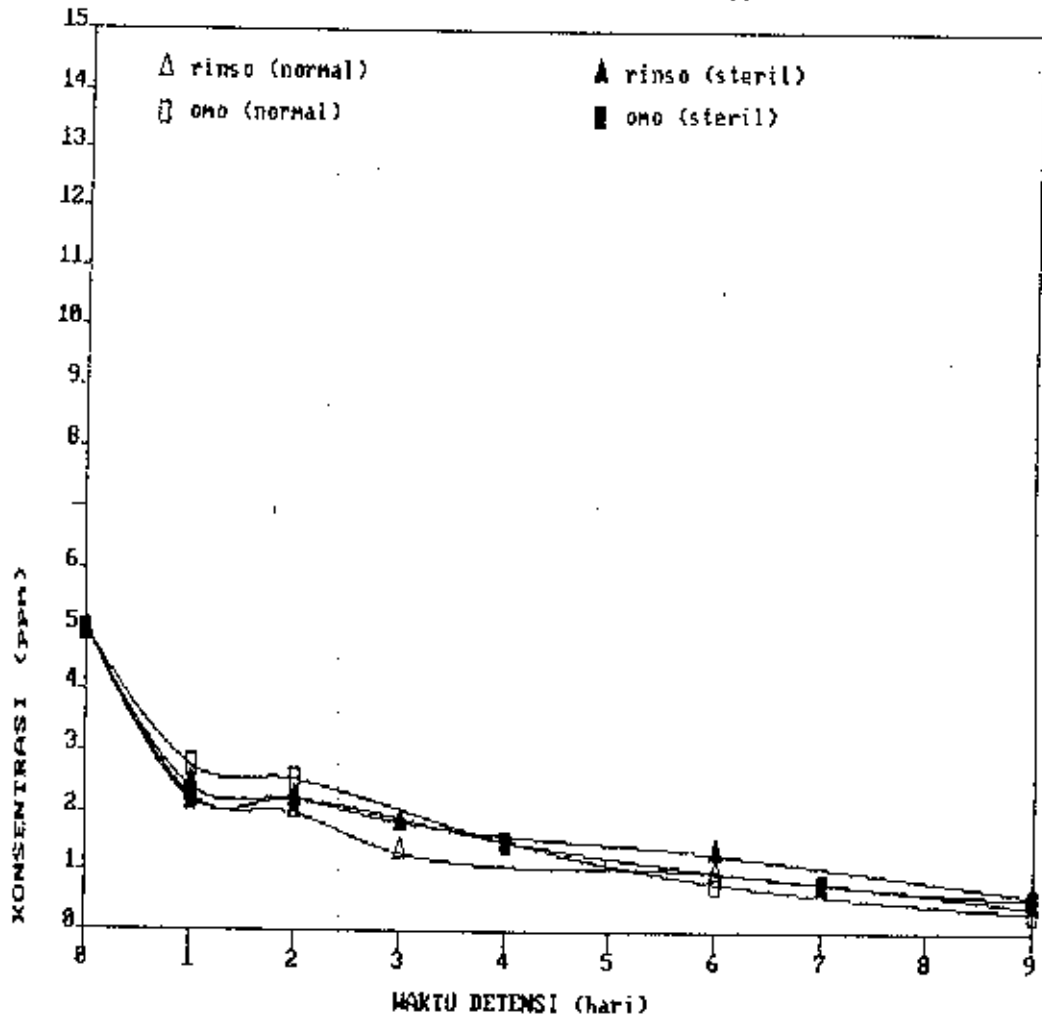


Keterangan :  $t_d = 0$  ; influen

$t_d = 1 - 9$  ; efluen



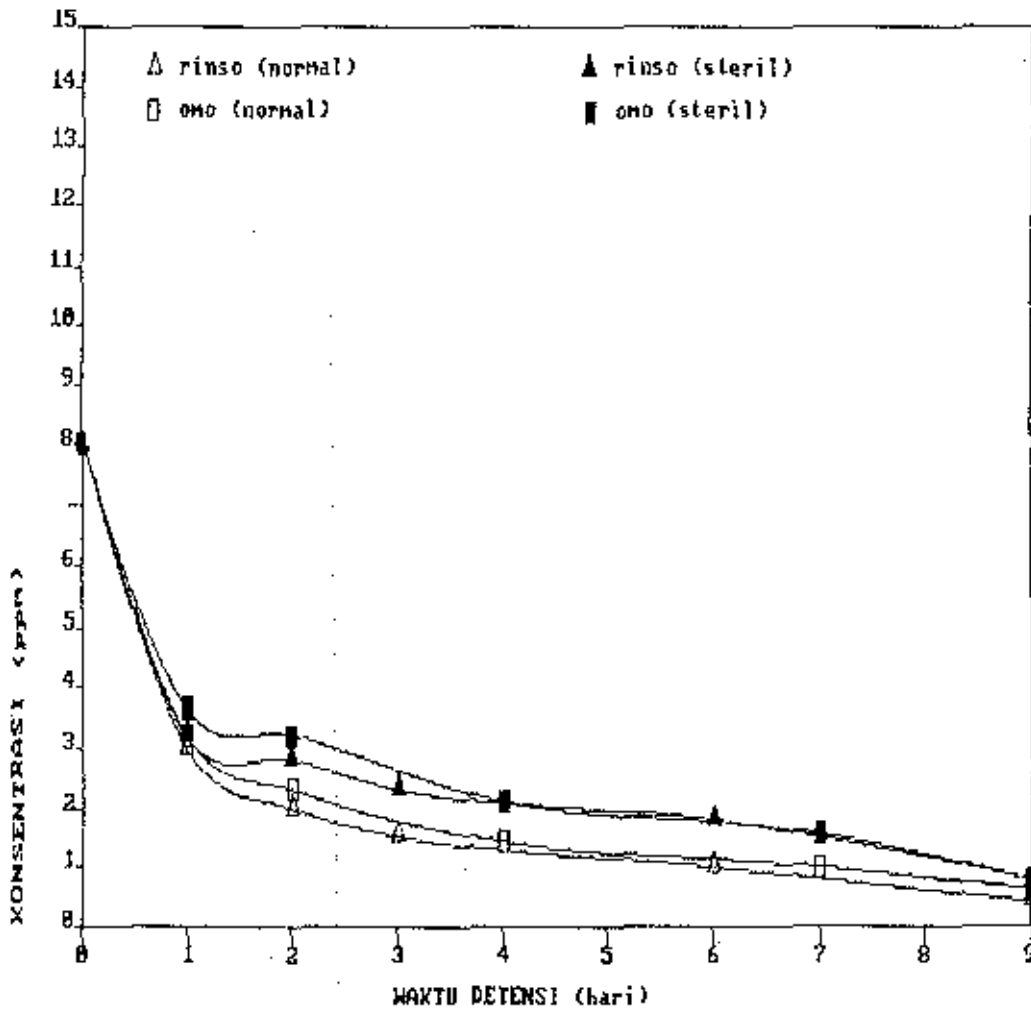
GAMBAR 4.13: DEPOLUSI DETERJEN 5 ppm



Keterangan :  $t_d = 0$  ; influen

$t_d = 1 - 9$  ; efluen

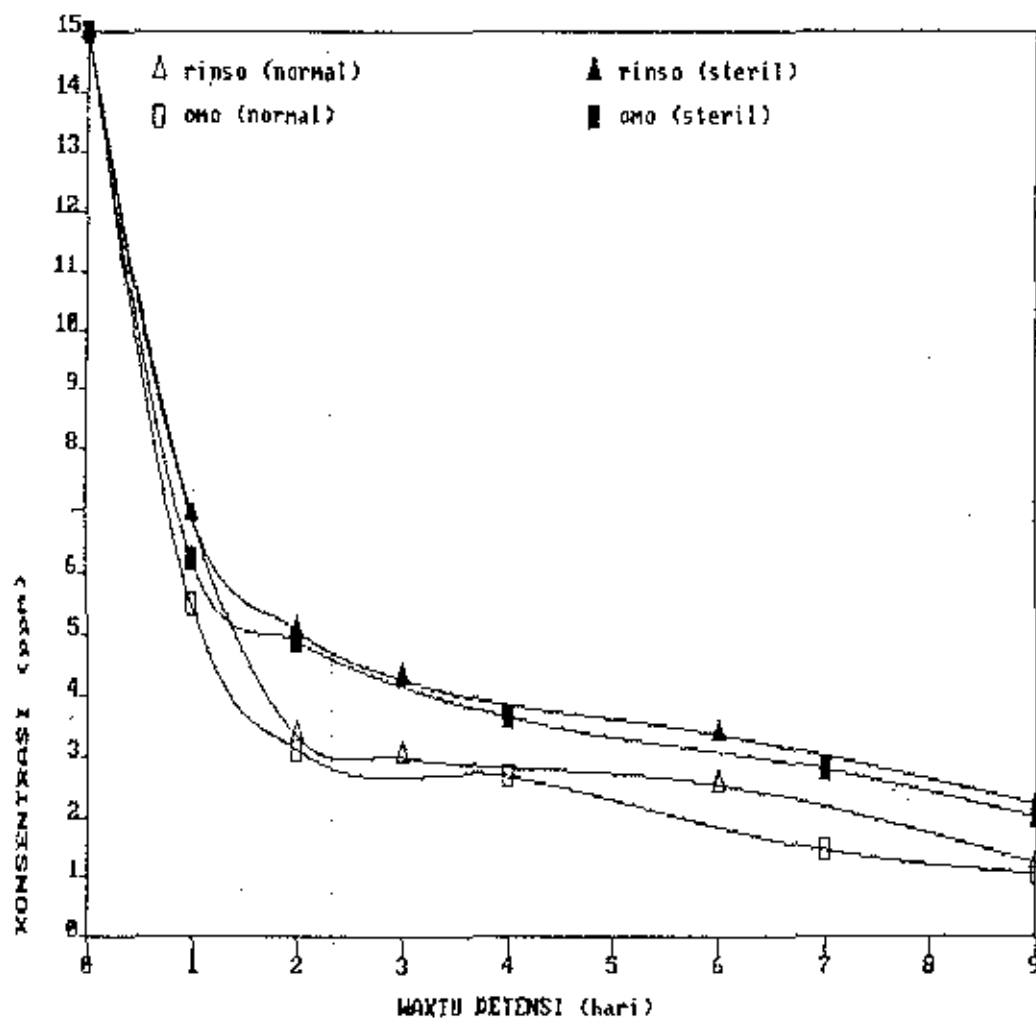
GAMBAR 4.14; DEPOLUSI DETERJEN 8 ppm



Keterangan :  $t_d = 0$  ; influen

$t_d = 1 - 9$  ; efluen

GAMBAR 4.14: DEPOLUSI DETERJEN 15 ppm



Keterangan :  $t_d = 0$  ; influen  
 $t_d = 1 - 9$  ; efluen

#### 4.3 PROSES DEPOLUSI AIR LIMBAH MELALUI REAKTOR KONTINYU

Uji depolusi air limbah melalui reaktor kontinyu yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji depolusi melalui reaktor dengan aliran vertikal dan reaktor dengan aliran horisontal. Dengan memakai tiga jenis influen, masing-masing :

- Air bersih
- Air limbah 10%
- Air limbah 10% + deterjen (10 ppm, 20 ppm, 25 ppm)

Konsentrasi deterjen sebesar 10 ppm diambil dengan didasarkan hasil analisa pada reaktor batch dimana pada konsentrasi tersebut telah terjadi pengaruh terhadap depolusi air limbah dikarenakan keberadaan deterjen dalam air limbah. Konsentrasi 20 ppm dan 25 ppm juga diambil untuk dapat melihat lebih jelas pengaruh deterjen terhadap proses depolusi air limbah.

##### 4.3.1 Proses Depolusi Aliran Vertikal

Data hasil analisa dari uji depolusi aliran vertikal ditampilkan pada tabel 4.1. Perlu diketahui bahwa air limbah yang dipakai tidak memberikan angka BOD dan COD yang sama untuk tiap limbah yang dipakai. Karena kualitas masing-masing limbah tiap kali pengiriman limbah dikirim

oleh salah satu pabrik kertas di Mojokerto) tidak sama.

Pada tabel-tabel tersebut, Q (debit) yang dimaksud menyatakan total debit dari dua titik effluent. Titik effluen no 3 tidak dipakai karena tersumbat. Debit untuk masing masing titik effluen didapat dengan pengukuran volume effluen sebesar 2000 ml. Secara matematis dapat dinyatakan :

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$$

Sedangkan nilai  $t_d$  menyatakan waktu tinggal air limbah dalam reaktor. Nilai  $t_d$  ini diperoleh dengan membagi volume effluen air limbah yang diukur dengan nilai Q total yang diperoleh dari perumusan di atas. Dan dinyatakan sbb:

$$t_d = \frac{[ \text{Vol } E_1 + \text{Vol } E_2 ]}{Q} \quad \text{atau}$$

$$t_d = \frac{4000}{Q}$$

Konsentrasi parameter teruji menyatakan konsentrasi total dari titik-titik effluen yang ada. Dan dinyatakan sebagai :

$$C_{\text{eff}} = \frac{[ (C_{E1} \times Q_{E1}) + (C_{E2} \times Q_{E2}) ]}{[ Q_1 + Q_2 ]}$$



Tabel 4.1 : Depolusi air limbah melalui reaktor aliran vertikal.

pengambilan ke	Q ml/j	td jam	COD		BOD		DETERJEN	
			inf	eff	inf	eff	inf	eff
<b>Air Brs</b>								
1	2000	0.5	9.20	12.2	5.8	4.5	--	--
2	2000	1.0	10.8	68.0	2.0	89.0	--	--
3	2000	1.9	--	--	--	--	--	--
<b>Air Lmb</b>								
1	2000	0.9	1100.0	21.7	500.0	10.0	0.2	0.0
2	2000	2.1	700.0	25.2	400.0	14.1	0.2	0.2
3	2000	2.9	--	19.7	--	10.9	--	--
<b>AL + det (10 ppm)</b>								
1	2000	1.0	650.1	190.5	846.1	58.0	10.0	0.95
2	2000	1.8	622.4	118.1	254.4	40.4	10.0	0.55
3	2000	3.7	791.2	194.9	971.9	52.5	10.0	0.51
4	2000	5.7	574.8	87.8	280.3	86.9	10.0	0.54
5	2000	8.7	685.1	102.7	277.2	86.4	10.0	0.61
<b>AL + det (20 ppm)</b>								
1	2000	1.2	750.2	287.5	846.8	58.8	20.0	2.64
2	2000	2.1	612.7	226.8	254.7	40.9	20.0	2.88
3	2000	4.1	696.4	257.5	871.8	52.2	20.0	2.88
4	2000	6.7	770.1	231.5	280.6	86.7	20.0	2.42
5	2000	11.	800.1	240.8	277.5	86.7	20.0	2.68
<b>AL + det (25 ppm)</b>								
1	2000	1.2	690.5	276.5	846.8	125.1	25.0	2.01
2	2000	2.2	652.1	241.0	281.7	98.4	25.0	4.25
3	2000	4.2	766.5	167.5	961.8	119.7	25.0	8.71
4	2000	6.9	670.8	214.9	890.6	1057	25.0	8.21
5	2000	11.	798.5	240.8	810.5	89.6	25.0	2.67

ket : -- menyatakan tidak terdeteksi

- pengambilan ke 1 = pengukuran jam ke 1
- ke 2 = pengukuran jam ke 25
- ke 3 = pengukuran jam ke 50
- ke 4 = pengukuran jam ke 74
- ke 5 = pengukuran jam ke 98

Dengan melihat pada tabel tersebut, dalam kolom air bersih, dapat diketahui bahwa tanah secara alami mengandung unsur pencemar yang dapat menambah konsentrasi COD, dan BOD. Sehingga secara alami tanah merupakan sumber pencemar bagi air tanah terutama pada saat musim hujan dimana air yang jatuh ke permukaan tanah akan melarutkan bahan-bahan organik tanah yang selanjutnya akan ikut terbawa menuju air tanah. Sifat itu akan semakin besar dalam hal tanah dimanfaatkan sebagai media pembuangan limbah yang memberi sumbangan bahan organik dalam kuantitas yang sangat besar.

Dari tabel tersebut juga dapat diketahui, secara kualitatif, proses depolusi air limbah melalui reaktor aliran vertikal masih berlangsung cukup baik sampai pada konsentrasi deterjen sebesar 10 ppm, dengan tingkat depolusi COD dari 80% sampai 85% ; dan BOD dari 83% menuju 87%. Dimana pada konsentrasi deterjen 10 ppm tersebut proses depolusi limbah pada reaktor batch akibat pengaruh deterjen sudah cukup kuat dalam menurunkan tingkat reduksi bahan pencemar (BOD dan COD). Penurunan tingkat reduksi itu baru mulai tampak pada konsentrasi deterjen 20 ppm sampai 25 ppm. Dengan efisiensi COD sebesar 20 ppm 82% sampai 71%. Dan efisiensi BOD sebesar 64% sampai 71%.

Sedangkan depolusi terhadap deterjen memiliki efisiensi sekitar 94% s/d 97% untuk konsentrasi deterjen 10 ppm dan 87% s/d 89% untuk konsentrasi deterjen 20 ppm.

Keadaan tersebut dapat diterangkan bahwa pada reaktor batch, jumlah nutrien yang disediakan bagi pertumbuhan bakteri terbatas, tanpa ada penambahan lagi. Dengan keadaan yang demikian, maka kesempatan bagi mikroba untuk tumbuh dan berkembang pada reaktor batch sangat dibatasi. Yang sangat berbeda jika dibandingkan dengan jumlah nutrien yang diberikan pada reaktor kontinyu. Dimana penambahan dilakukan secara terus-menerus. Keadaan itu diperkuat lagi dengan adanya deterjen dalam air limbah sebesar 10 ppm tersebut. Sehingga, proses depolusi berjalan kurang sempurna. Kondisi seperti ini sangat berlawanan dengan reaktor aliran kontinyu, dimana suplay nutrien berlangsung terus-menerus dan konsentrasi deterjen yang ada dalam air limbah (sebesar 10 ppm) tidak cukup untuk menghentikan seluruh aktivitas mikroba dalam media tanah. Dengan demikian ada cukup waktu bagi mikroba tanah untuk beradaptasi dengan kondisi yang ada, sehingga depolusi limbah masih dapat berlangsung dengan baik.

Pada konsentrasi deterjen sebesar 20 ppm sampai dengan 25 ppm baru mulai tampak bahwa tingkat depolusi

air limbah melalui reaktor kontinyu telah mengalami penurunan dibanding depolusi limbah murni. Hal ini karena aktivitas mikroba dalam tanah sangat dibatasi oleh adanya deterjen. Walaupun tidak dapat dikatakan terhenti sama sekali. Proses adsorpsi juga dibatasi oleh adanya lapisan film yang terbentuk akibat proses kimiawi antara deterjen dengan bahan organik dalam limbah sehingga massa media tanah sebagai pereduksi melalui proses fisik kimiawi juga menjadi lebih kecil. Untuk lebih jelasnya hasil pengamatan terhadap depolusi air limbah disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 4.17 sampai gambar 4.25.

Pernyataan ini dapat dibuktikan dengan hasil uji ekotoksisitas yang akan dibahas kemudian.

#### 4.3.2 Proses Depolusi Reaktor Aliran Horisontal

Hasil uji proses depolusi reaktor aliran horisontal diketengahkan dalam tabel 4.2 di bawah.

Langkah pengamatan yang sama dilakukan seperti pada uji depolusi aliran vertikal. Alasan untuk aliran vertikal dapat juga dipakai dalam menjelaskan kejadian yang terjadi dalam aliran horisontal ini.

Tabel 4.2 : Depolusi air limbah melalui reaktor aliran horizontal

pengambilan ke	Q ml/j	td jam	COD		BOD		DETERJEN	
			inf	eff	inf	eff	inf	eff
<b>Air Brw</b>								
1	2000	0.8	9.2	88.1	2.8	40.6	--	--
2	2000	1.2	10.1	80.0	2.05	31.5	--	--
3	--	--	--	--	--	--	--	--
<b>Air Lmb</b>								
1	--	--	--	--	--	--	--	--
2	2000	2.5	727	61.5	368.1	35.8	0.2	0.1
3	2000	--	--	--	--	--	--	--
<b>AL + del (10 ppm)</b>								
1	2000	5.5	477.4	54.6	220.8	30.8	10.0	0.70
2	2000	7.4	500.0	50.0	248.7	20.4	10.0	0.51
3	2000	8.7	825.8	90.7	336.2	50.2	10.0	0.49
4	2000	16.6	622.4	75.9	300.7	42.4	10.0	0.48
5	2000	20.0	699.1	84.6	324.5	40.5	10.0	0.40
<b>AL + DET (20 ppm)</b>								
1	2000	7.3	450.7	87.5	224.5	44.8	20.0	2.91
2	2000	9.8	460.0	88.9	254.6	46.6	20.0	2.60
3	2000	11.4	511.8	75.9	266.2	47.9	20.0	2.41
4	2000	18.6	550.4	80.7	270.4	42.1	20.0	1.88
5	2000	23.9	490.8	75.6	211.5	27.5	20.0	1.20
<b>AL +DET (25 ppm)</b>								
1	2000	8.5	625.7	156.3	282.2	67.6	25.0	4.25
2	2000	10.2	661.0	145.4	324.2	69.1	25.0	3.12
3	2000	18.5	620.4	140.6	301.4	71.2	25.0	2.45
4	2000	20.8	594.8	120.8	314.8	76.2	25.0	2.55
5	2000	25.1	559.2	101.6	372.1	74.4	25.0	1.97

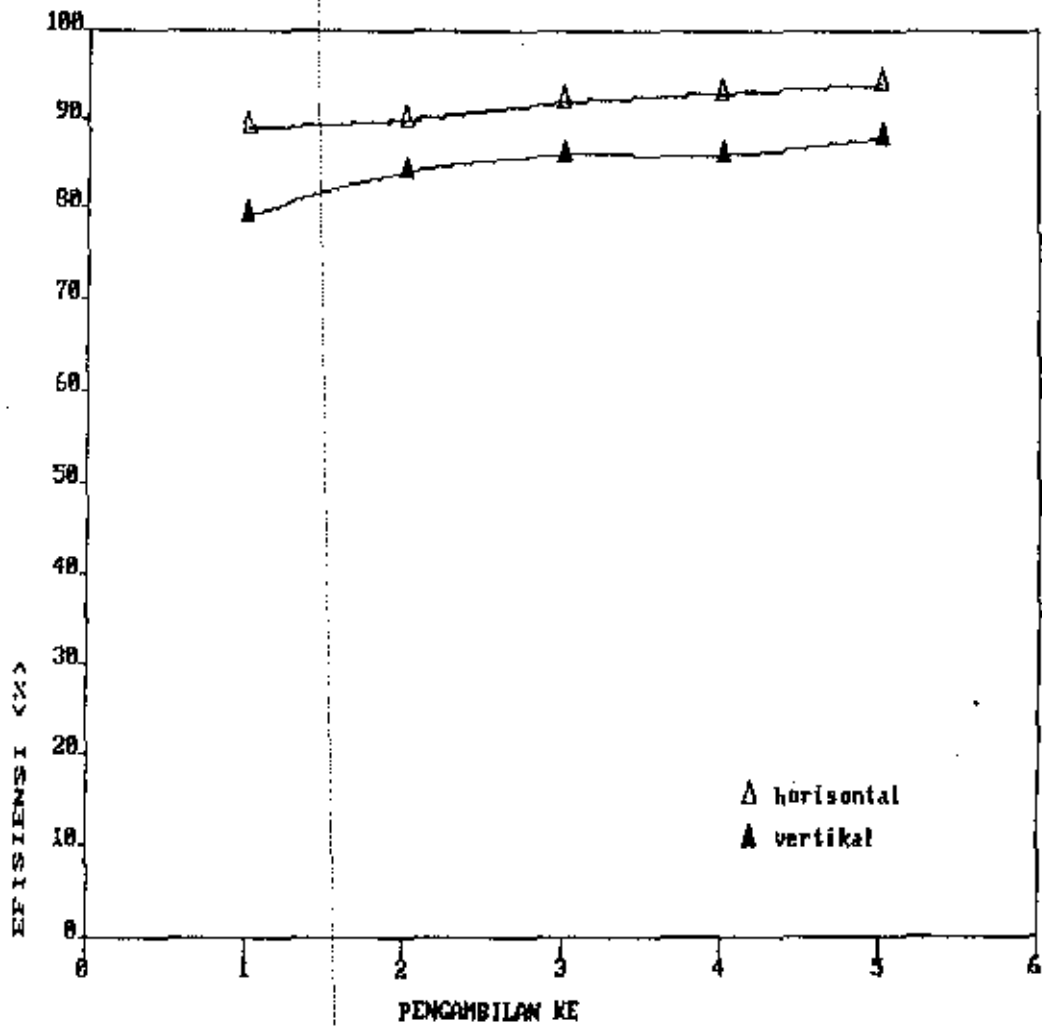
ket : -- menyatakan tidak terdeteksi

- pengambilan ke 1 = pengukuran jam ke 1
- ke 2 = pengukuran jam ke 25
- ke 3 = pengukuran jam ke 50
- ke 4 = pengukuran jam ke 74
- ke 5 = pengukuran jam ke 98

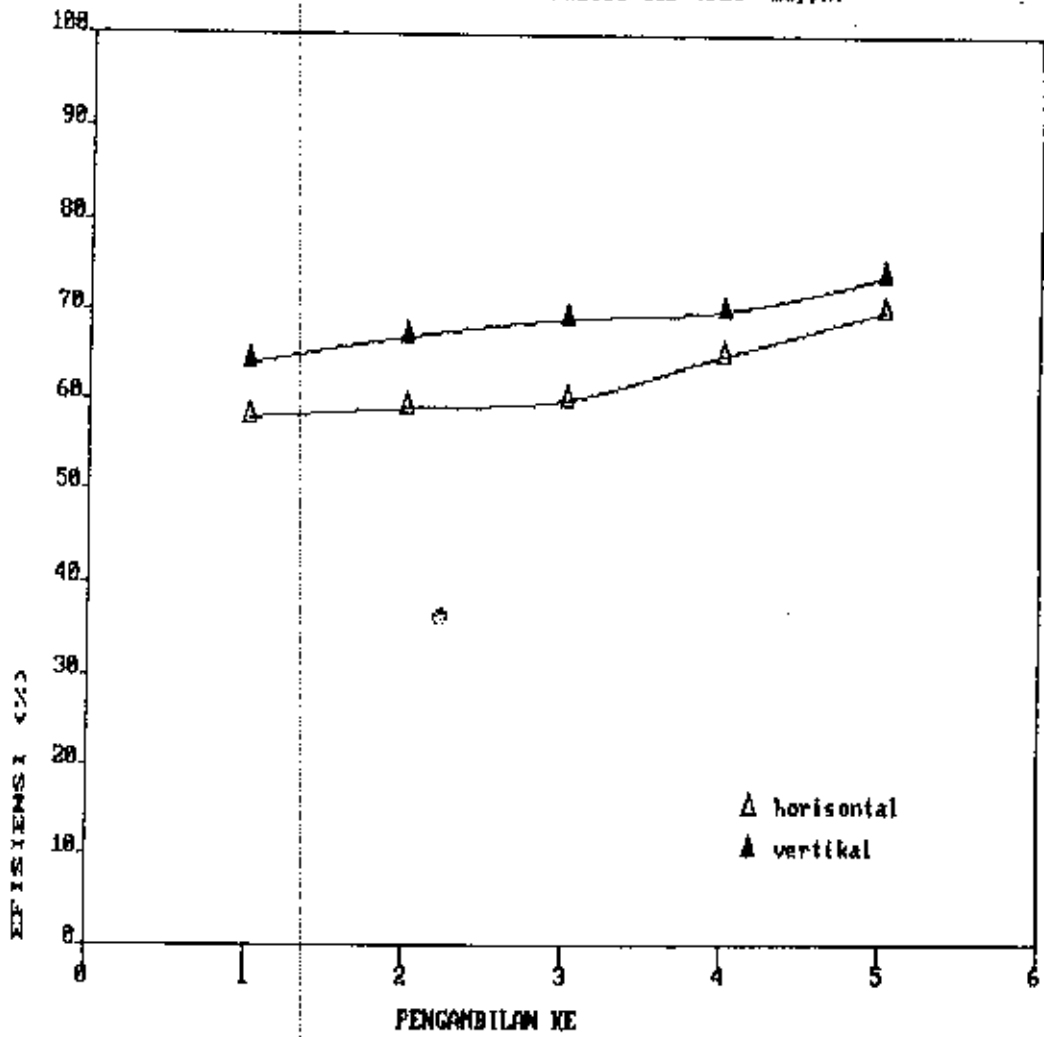
Berdasarkan pengamatan-pengamatan yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa penurunan konsentrasi polutan dalam air limbah melalui reaktor horisontal mempunyai tingkat efisiensi depolusi air limbah yang lebih baik dibandingkan dengan reaktor vertikal. Perbedaan ini tidak dapat dibandingkan diantara keduanya. Hal ini karena kedua reaktor dijalankan dalam kondisi yang berbeda. Keduanya tidak memiliki perbandingan yang sama dalam hal volume reaktor, waktu tinggal dan flowratanya. Oleh karena itu, ketiganya (volume reaktor, waktu tinggal dan flowrate) tidak bisa dipakai sebagai dasar perbandingan tingkat efisiensi untuk kedua reaktor.



GAMBAR 4.17: EFISIENSI DEPOLUSI COD (DET 18ppm)

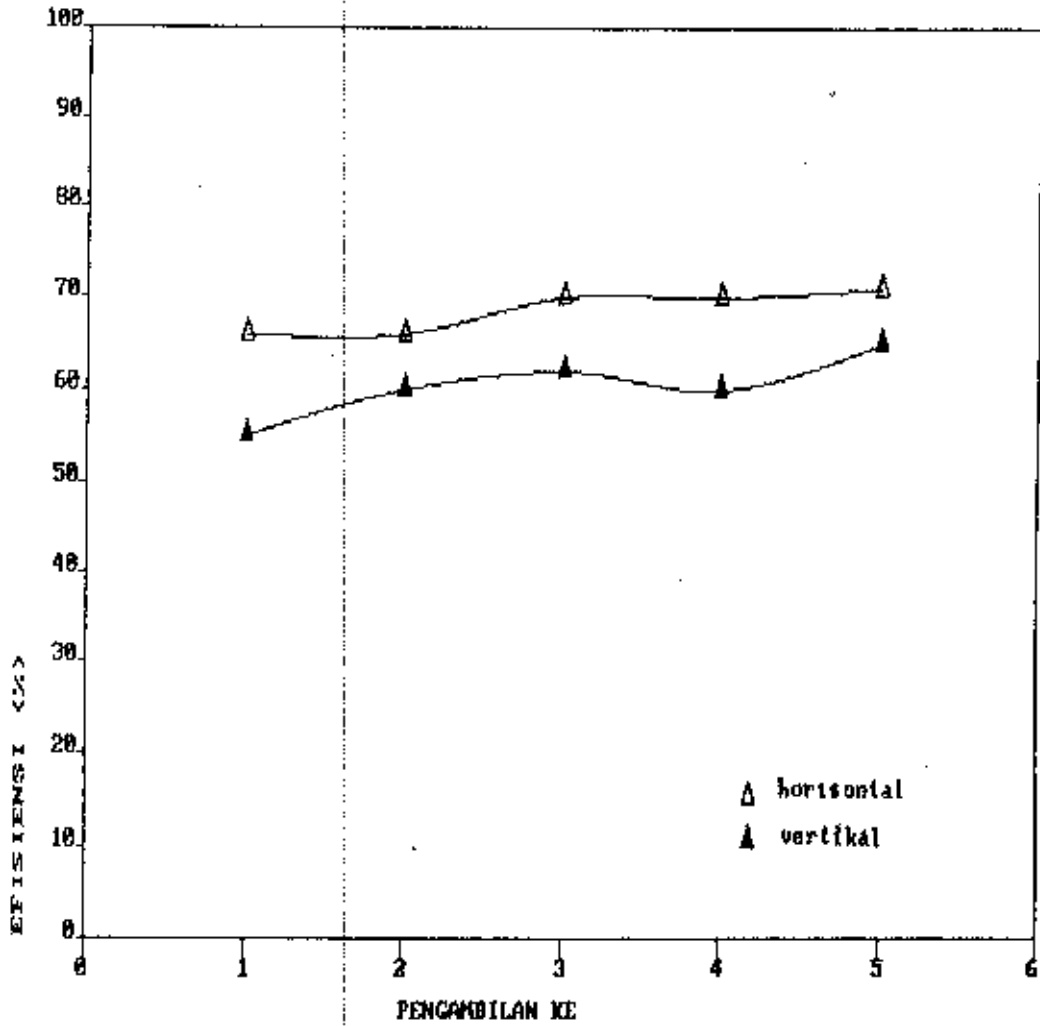


GAMBAR 4.18: EFISIENSI DEPOLUSI COD (DET 20ppm)

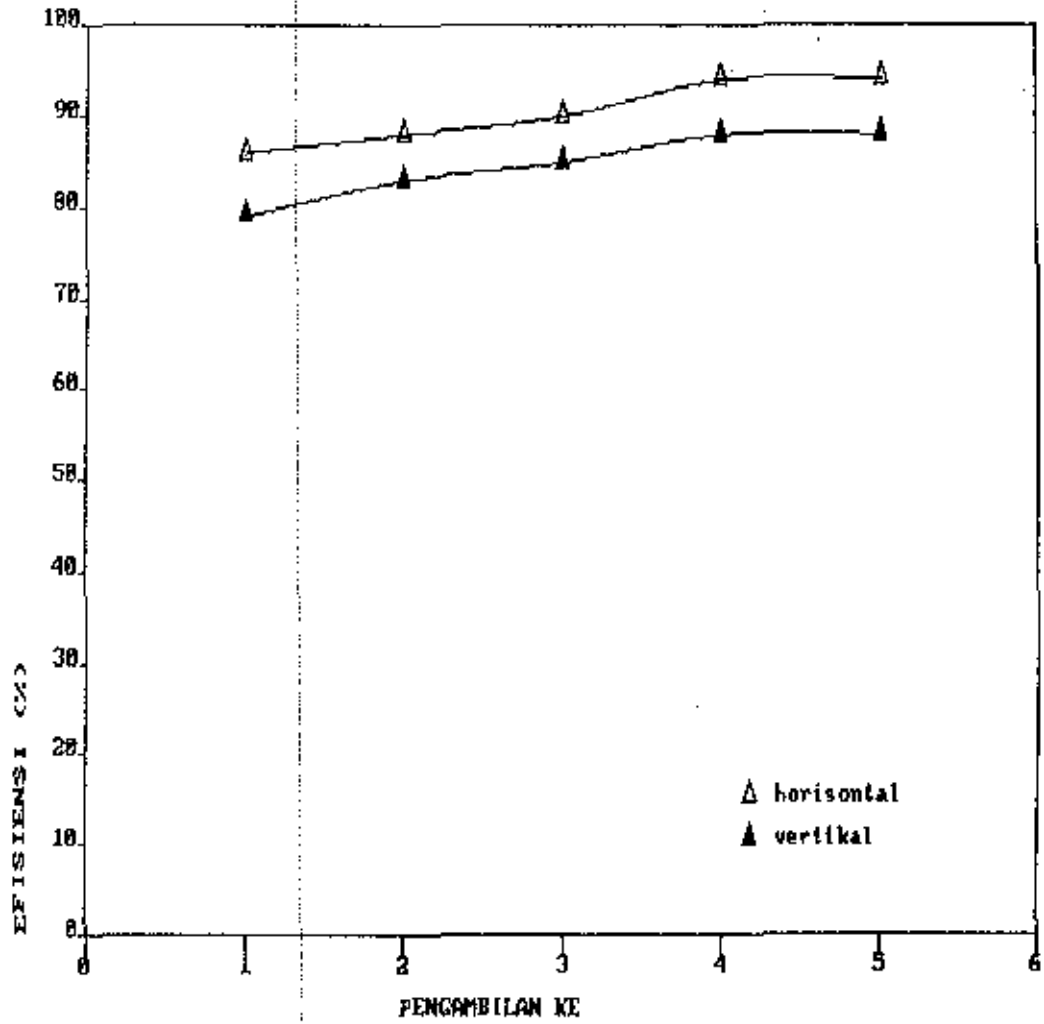




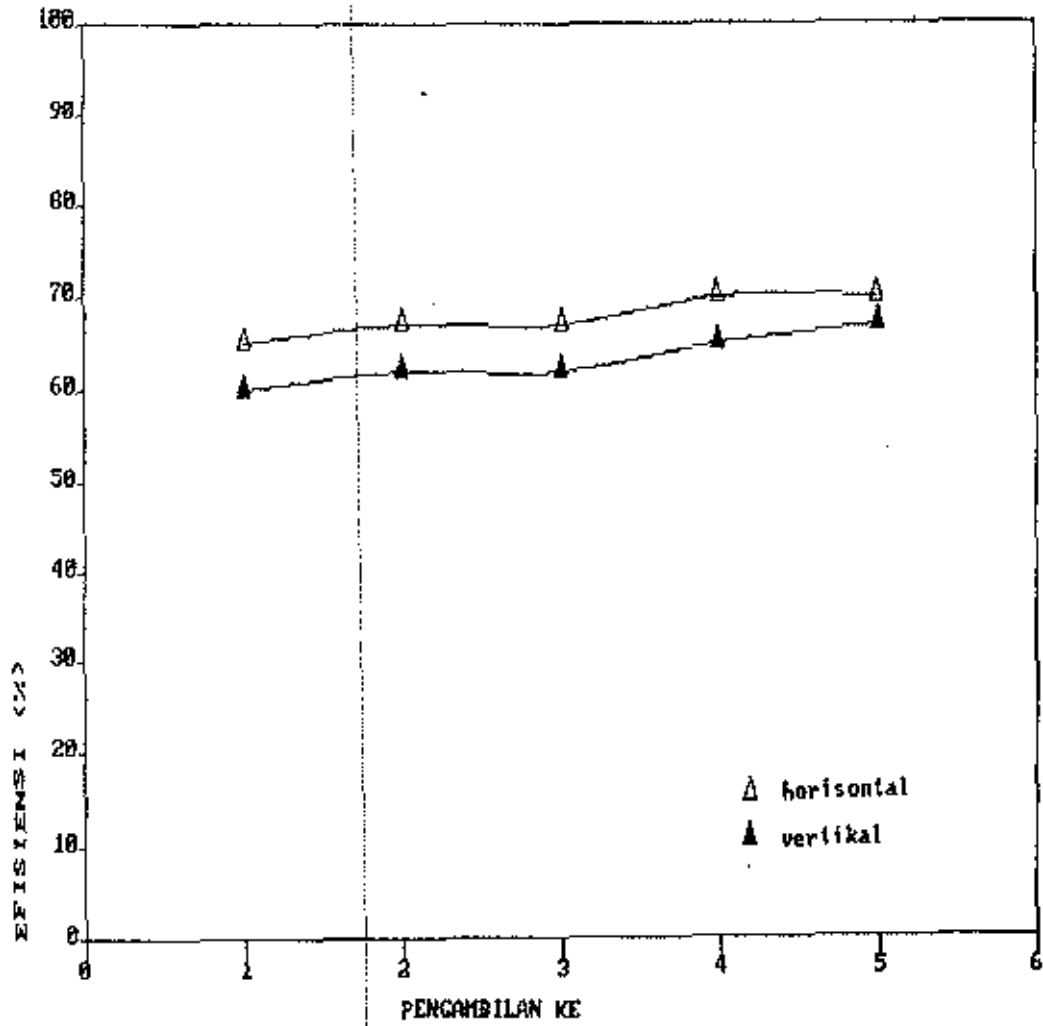
GAMBAR 4.19: EFISIENSI DEPOLUSI COD (DEI 25ppm)



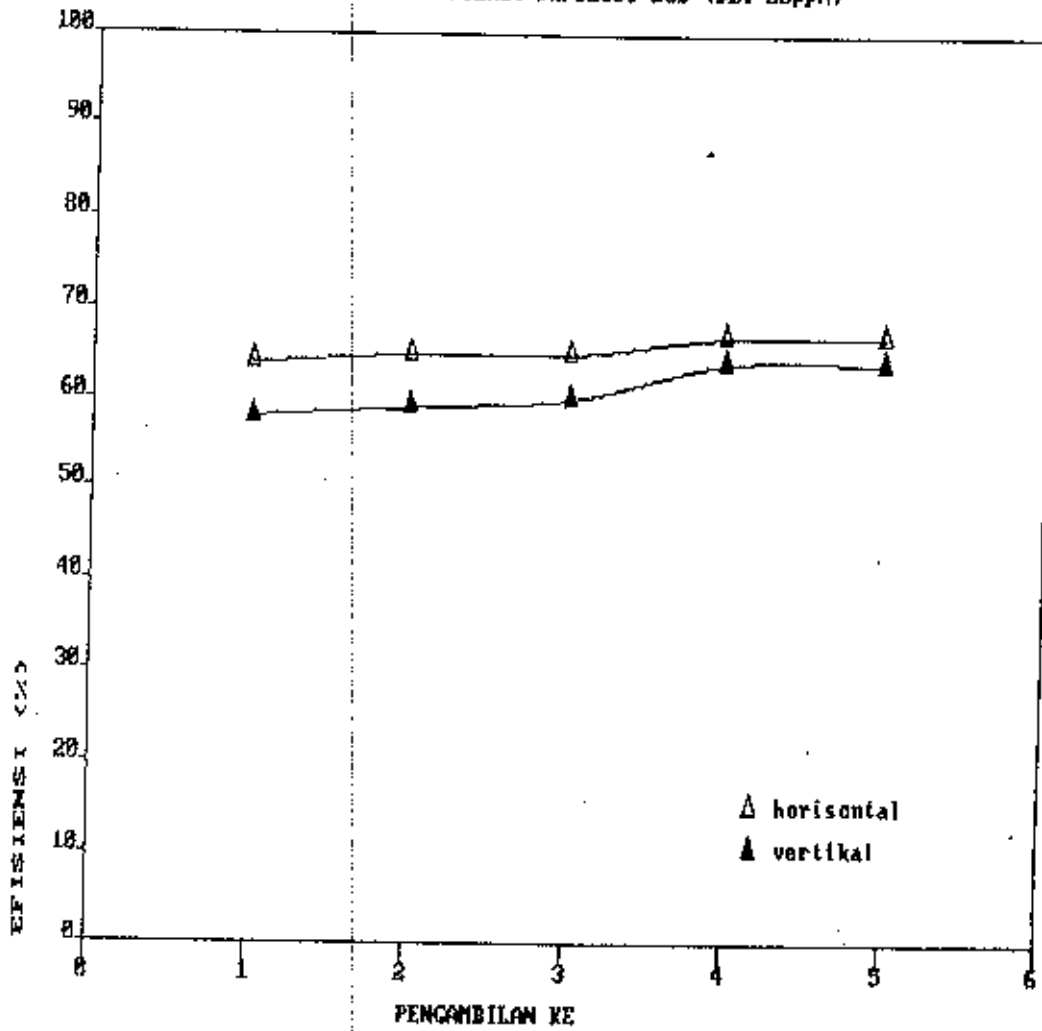
GAMBAR 4.20: EFISIENSI DEPOLUSI BOD (DEK 10ppm)



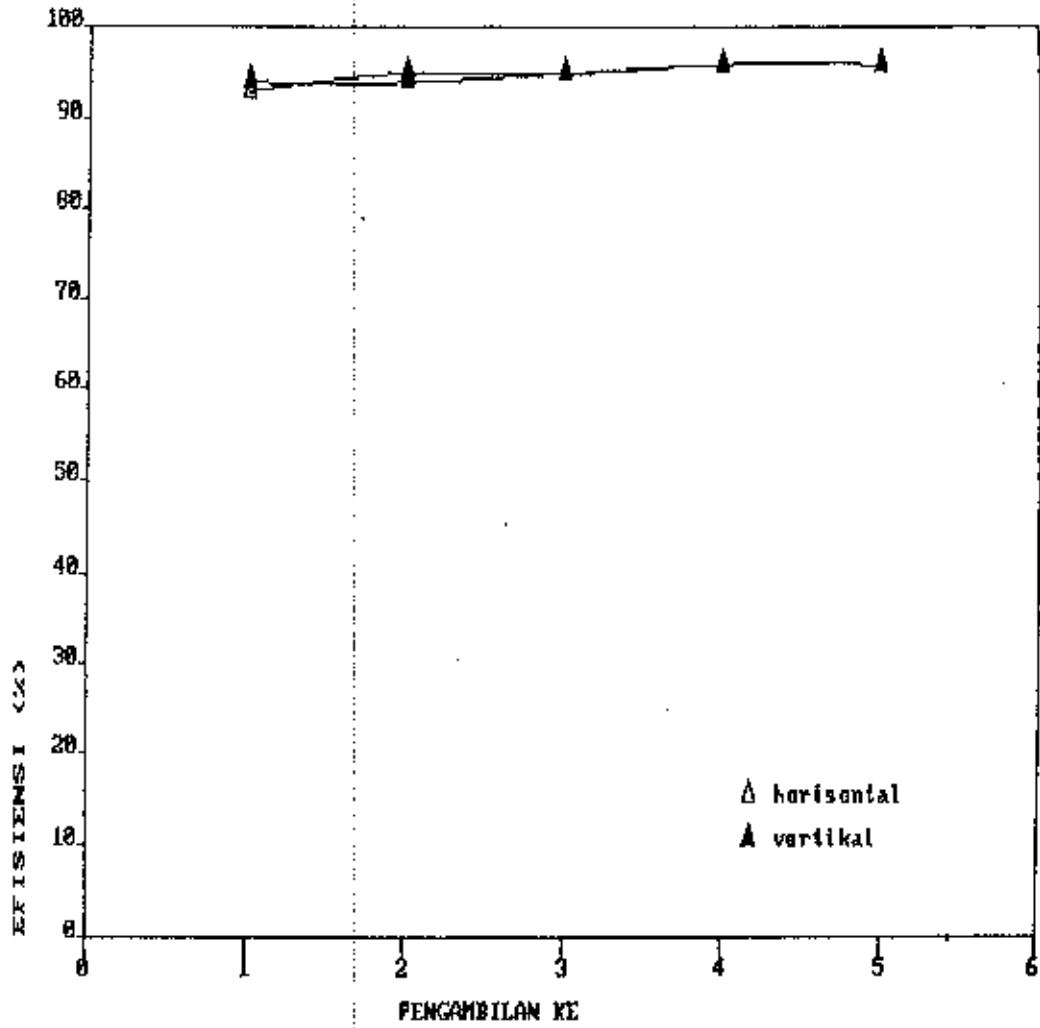
GAMBAR 4.21: EFISIENSI DEPOLUSI BOD (DET 20ppm)



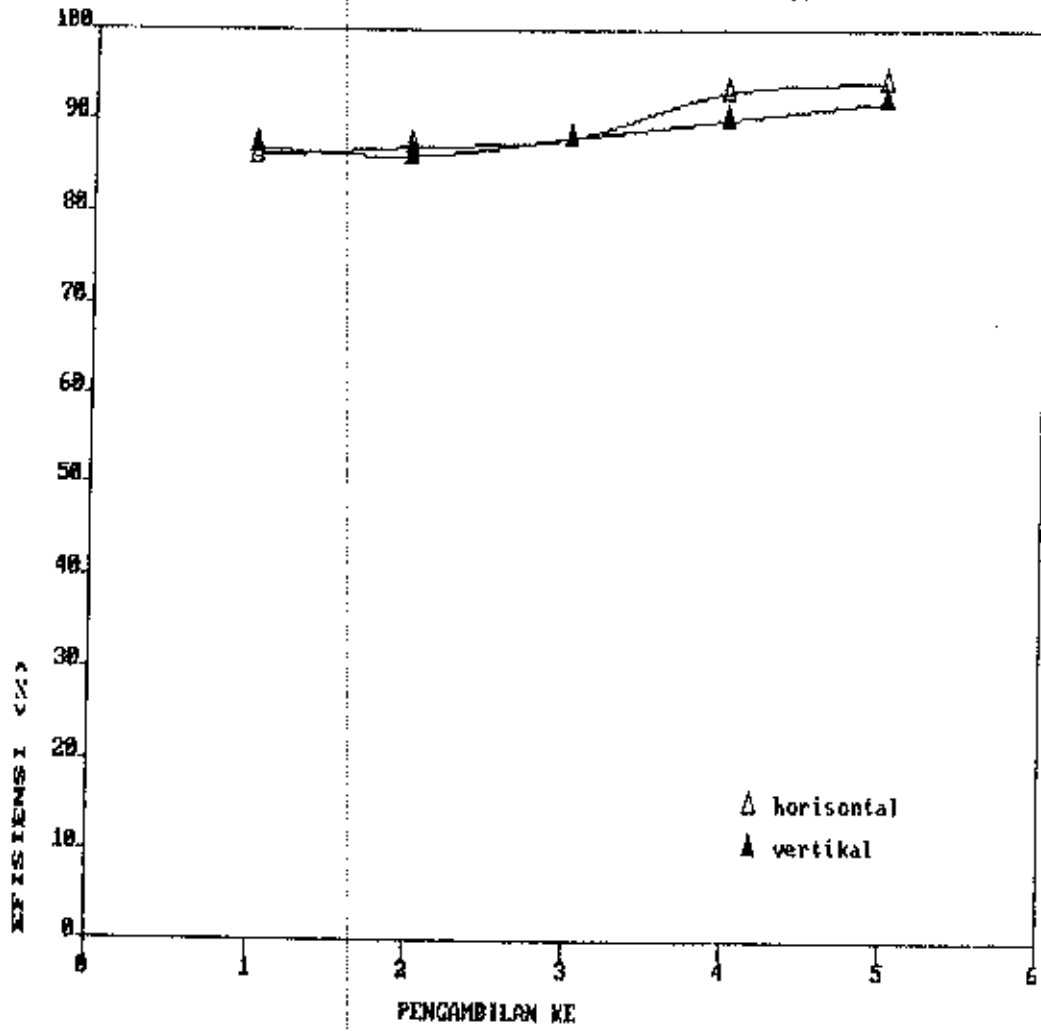
GAMBAR 4.22: EFISIENSI DEPOLUSI BOD (DEI 25ppm)



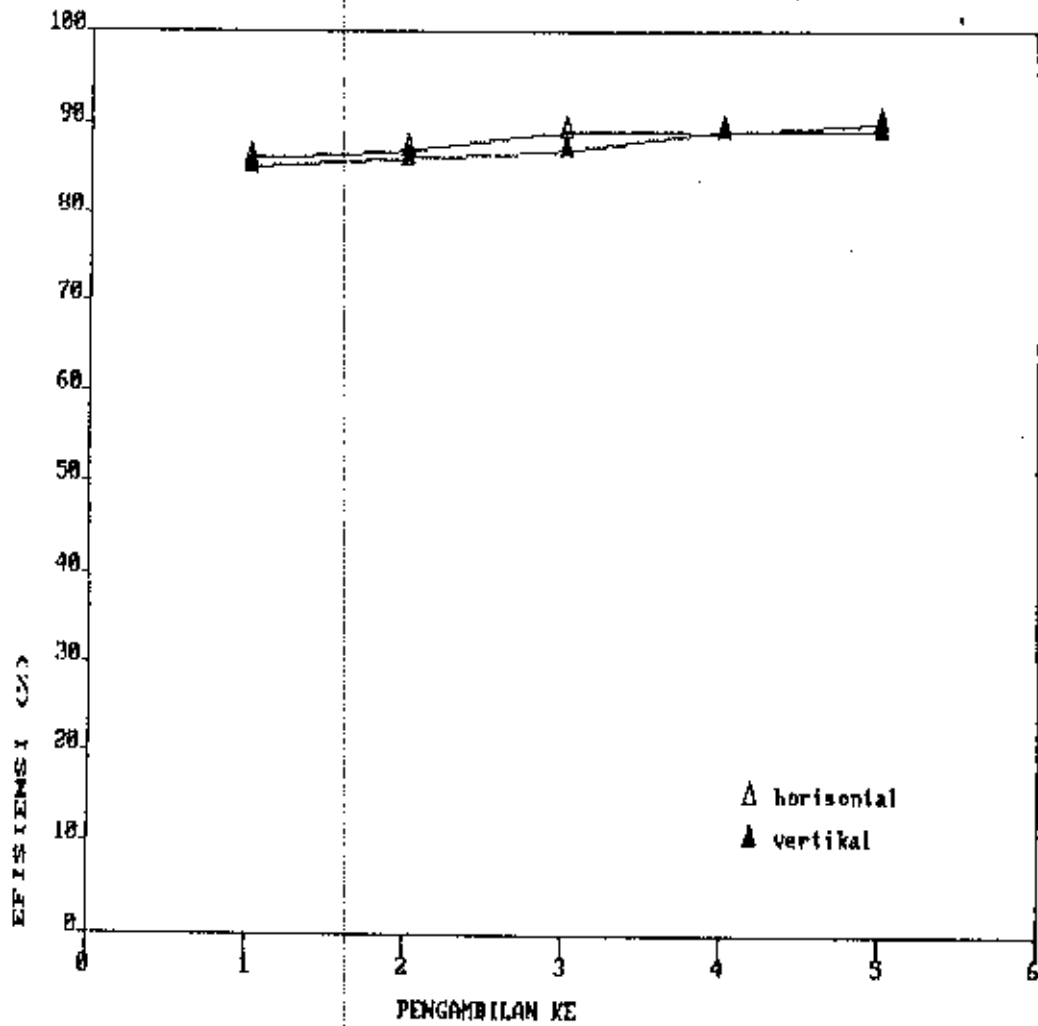
GAMBAR 4.23: EFISIENSI DEPOLUSI DEI (DEI 10ppm)



GAMBAR 4.24: EFISIENSI DEPOLUSI DET (DET 20ppm)



GAMBAR 4.25: EFISIENSI DEPOLUSI DET (DET 25ppm)



#### 4.4 UJI EKOTOKSISITAS

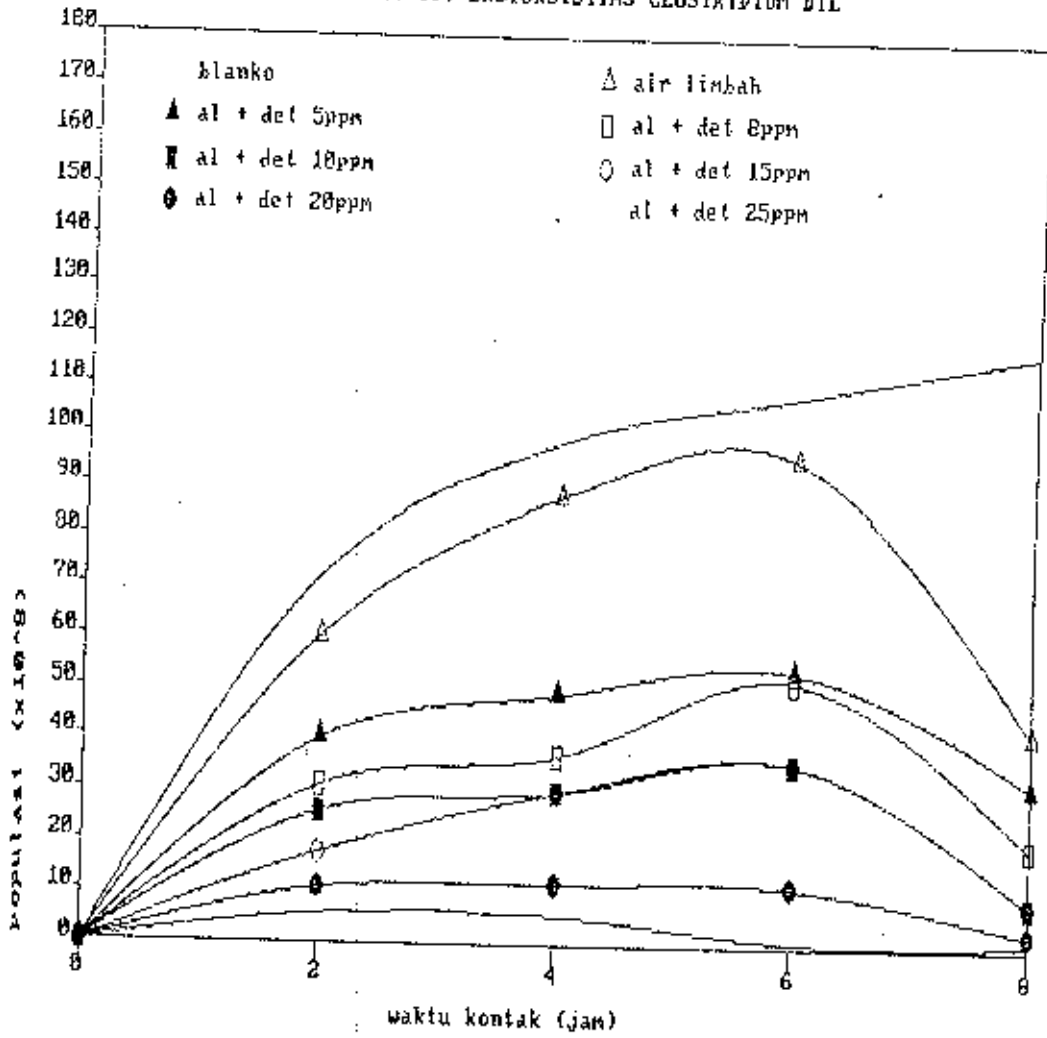
Uji ekotoksisitas dilaksanakan dengan pengamatan terhadap jumlah koloni bakteri *clostridium botulinum* yang diinokulasikan ke dalam air limbah dengan variasi konsentrasi dan waktu kontak antara bakteri dan air limbah. Hasil pengamatan tersebut disajikan dalam bentuk tabel pada lampiran 13

Bedasarkan uji ekotoksisitas yang telah dilakukan, menunjukkan suatu peningkatan terhadap populasi bakteri *clostridium botulinum* dengan pertambahan waktu kontak antara bakteri dengan air limbah murni (konsentrasi 10%) dari 2 jam sampai 6 jam dan menurun pada jam ke 8. Sedangkan untuk air limbah dengan konsentrasi deterjen yang semakin besar, jumlah populasi bakteri semakin menurun.

Dari tabel dapat diketahui bahwa deterjen mempunyai efek negatif terhadap pertumbuhan bakteri *clostridium botulinum* karena memiliki sifat inhibitor. Pada konsentrasi 10 ppm, jumlah bakteri dalam air limbah 10% telah mencapai jumlah di bawah separuhnya dari air limbah murni 10%. Dan pada konsentrasi deterjen terbesar dari pengamatan (25 ppm), jumlah bakteri mencapai nilai minimum.



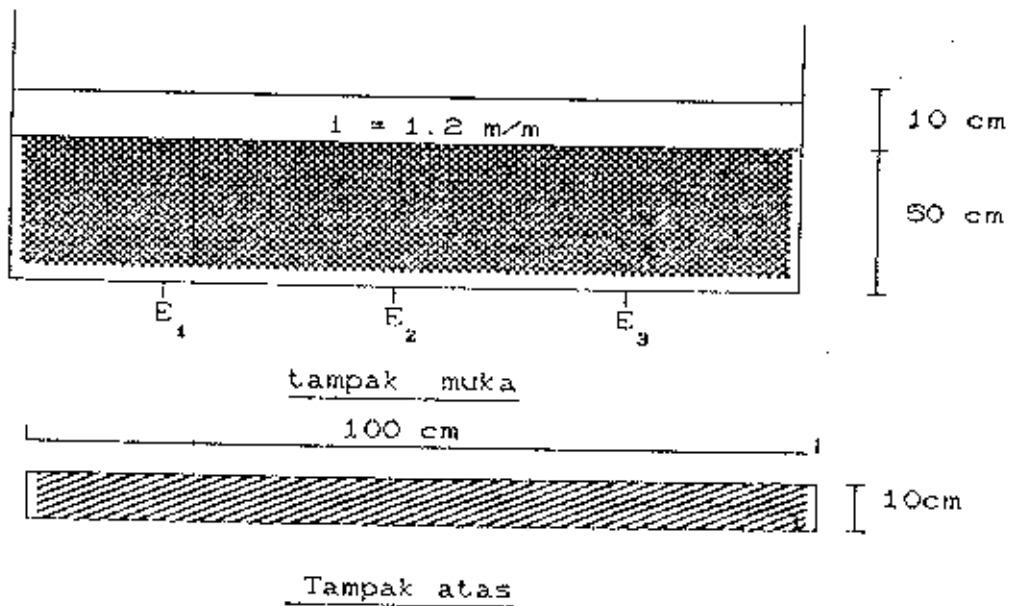
GAMBAR 4.26: UJI EKOTOKSISITAS CLOSTRIDIUM DT1



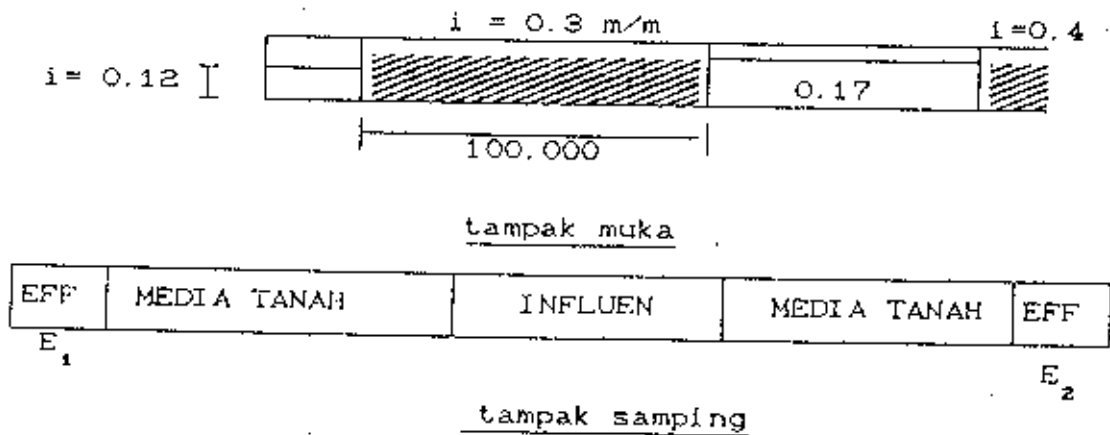
#### 4.6 KONDUKTIVITAS HIDROLIK

Pengujian konduktivitas hidrolis dilaksanakan dalam reaktor kontinyu dengan arah aliran horisontal dan vertikal yang disesuaikan kejadian dilapangan dimana arah aliran fluida dalam tanah bergerak kearah vertikal (ke bawah) dan tersebar secara horisontal.

#### REAKTOR VERTIKAL



ALIRAN HORIZONTAL



gambar 4.27 : kondisi operasi reaktor kontinyu

Perhitungan nilai konduktivitas hidrolis didasarkan pada formula Darcy, yaitu :

$$K = \frac{(Q / A)}{i}$$

Hasil pengamatan dari reaktor kontinyu arah aliran vertikal dan horizontal dapat dilihat pada lampiran 14 sampai lampiran 16. Untuk aliran vertikal, titik efluent 3 tidak dipakai karena buntu.

Dari angka-angka dalam tabel diatas diperoleh nilai konduktivitas hidrolis labolatoris seperti dalam tabel berikut.

Tabel 4.3 : Harga konduktivitas hidrolis (l/ha/dt)

air limbah	aliran vertikal		aliran horisontal	
	E1	E2	E1	E2
al (10%)	--	59 <sup>a)</sup>	13	46
al+det 10ppm	10.2	32.0	2.7	4.6
al+det 20ppm	6.2	23.8	1.7	2.7
al+det 25ppm	5.5	21.1	1.4	2.7

a) merupakan harga penjumlahan dari semua titik effluen

Tabel 4.4 : Harga Konduktivitas Hidrolis Total (l/ha/dt)

air limbah	K total
al (10%)	59.0
al+det 10ppm	24.8
al+det 20ppm	17.2
al+det 25ppm	15.35

Tampak jelas bahwa deterjen memberikan penurunan nilai konduktivitas hidrolis yang cukup besar. Terbentuknya semacam lapisan lendir hasil ikatan kimia antara deterjen dan bahan organik air limbah menyebabkan pori-pori tanah menjadi tersumbat, sehingga aliran air terganggu yang menyebabkan penurunan nilai konduktivitas hidrolis. Dengan penurunan angka konduktivitas hidrolis

ini, berarti bahwa secara kuantitas, media tanah akan berkurang kemampuannya dalam mengolah air limbah jika dalam air limbah tersebut terdapat konsentrasi deterjen dengan besar tertentu.

Nilai konduktivitas dari kedua reaktor itu menunjukkan bahwa pada reaktor dengan luas penampang titik influen lebih besar (reaktor vertikal) menghasilkan nilai konduktivitas yang lebih besar. Selain itu arah aliran yang searah dengan gaya gravitasi juga menambah kecepatan aliran fluida.

## B A B V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

##### 1. Analisis Ukuran Partikel Tanah.

Persentase dari tanah yang digunakan sebagai media pengolah limbah adalah :

- liat = 90%
- pasir = 8 %
- debu = 2 %

sehingga tanah itu dimasukkan dalam kelas tanah lempung berpasir

##### 2. Uji Depolusi Limbah Dengan Melalui Reaktor batch.

Gangguan proses depolusi limbah dalam reaktor batch terjadi pada limbah dengan penambahan konsentrasi deterjen sebesar 10 sampai dengan 15 ppm.

##### 3. Uji Depolusi Limbah Melalui Reaktor Kontinyu.

Gangguan proses depolusi limbah dalam reaktor kontinyu terjadi pada limbah dengan penambahan konsentrasi deterjen sebesar 20 sampai dengan 25ppm. Gangguan ini berupa penurunan efisiensi

tingkat depolusi polutan dari 88 - 94 % menurun hingga 63 - 71 % untuk parameter COD dan BOD. Dan efisiensi depolusi deterjen turun dari 94 - 97 % menjadi 84 - 88 %.

4. Konduktivitas Hidrolik.

Nilai konduktivitas hidrolik untuk masing-masing konsentrasi deterjen adalah :

al (10 %)	59	l/ha/dt
al+det 10ppm	24.8	l/ha/dt
al+det 20ppm	17.2	l/ha/dt
al+det 25ppm	15.35	l/ha/dt

2. SARAN-SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui sampai berapa waktu yang dibutuhkan agar proses depolusi dapat berlangsung baik (kembali normal) pada konsentrasi deterjen sebesar 10 ppm dalam air limbah. Dan berapa besar konsentrasi deterjen yang memberikan pengaruh permanen terhadap proses depolusi limbah.
2. Dengan memperhatikan bahwa masing-masing bahan pencuci mempunyai bahan-bahan kimia penyusun yang

berlainan, maka penelitian yang lebih lanjut diperlukan guna mengetahui pengaruh dari masing-masing bahan penyusun tersebut terhadap tingkat proses depolusi air limbah.



Tabel L.1: Data pengamatan uji depolusi COD dalam reaktor batch dengan kondisi normal (rinso).

jenis influen	konsentrasi COD (mg/l)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AD	10	130	117	102	90	-	80	64	61	55
AL	464	251	202	181	161	-	127	114	95	76
AL+D5	490	300	238	217	199	-	153	132	121	101
AL+D8	501	311	254	223	201	-	184	167	145	132
AL+D10	539	381	333	325	295	-	291	280	280	272
AL+D15	552	430	371	335	317	-	290	288	282	277

Keterangan : Hari ke 0 = konsentrasi COD influen  
 Hari ke 1-9 = konsentrasi COD effluen

Tabel L.2: Data pengamatan uji depolusi COD dalam reaktor batch dengan kondisi steril (rinso).

jenis influen	konsentrasi COD (mg/l)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AD	10	203	191	186	176	-	171	166	164	164
AL	464	382	332	327	320	-	307	300	295	292
AL+D5	490	330	303	293	286	-	275	275	264	262
AL+D8	501	403	346	331	304	-	298	294	291	287
AL+D10	539	403	346	331	304	-	298	294	291	287
AL+D15	552	450	386	350	331	-	321	315	313	311

Keterangan : Hari ke 0 = konsentrasi COD influen  
 Hari ke 1-9 = konsentrasi COD effluen

Tabel L.3: Data pengamatan uji depolusi BOD dalam reaktor batch dengan kondisi normal (rinso).

jenis influen	konsentrasi BOD (mg/L)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AB	2.0	65	-	50	48	-	30	-	32	25
AL	240	129	110	89	82	-	-	8	53	39
AL+D5	253	198	115	--	96	--	--	--	63	47
AL+D8	246	--	--	100	99	-	95	89	79	--
AL+D10	266	199	160	--	145	--	128	--	100	106
AL+D15	271	199	169	165	--	--	144	--	129	166

Keterangan : Hari ke 0 = konsentrasi BOD influen  
 Hari ke 1-9 = konsentrasi BOD effluen

Tabel L.4: Data pengamatan uji depolusi BOD dalam reaktor batch dengan kondisi steril (rinso)

jenis influen	konsentrasi BOD (mg/L)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AB	2.0	100	95	-	85	-	85	80	62	80
AL	240	209	-	157	157	-	-	149	145	147
AL+D5	253	171	142	149	130	-	-	120	-	122
AL+D8	246	186	173	-	141	-	-	113	108	100
AL+D10	266	208	168	-	156	-	144	-	149	110
AL+D15	271	213	187	176	-	-	154	-	155	143

Keterangan : Hari ke 0 = konsentrasi BOD influen  
 Hari ke 1-9 = konsentrasi BOD effluen

Tabel L.5: Data pengamatan uji depolusi deterjen dalam reaktor batch dengan kondisi steril (rinso)

jenis influen	konsentrasi ROD (mg/L)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AL	0.3	0.2	0.1	-	-	-	-	-	-	-
AL+D5	5.0	2.20	1.97	1.31	-	-	0.99	-	-	0.42
AL+D8	8.0	3.01	2.00	1.53	-	-	1.01	-	-	0.43
AL+D10	10.0	4.28	2.15	1.71	-	-	1.11	-	-	0.45
AL+D15	15.0	6.09	3.34	2.08	-	-	2.52	-	-	1.23

Keterangan : Hari ke 0 = konsentrasi Deterjen influen  
 Hari ke 1-9 = konsentrasi Deterjen effluen

Tabel L.6: Data pengamatan uji depolusi deterjen dalam reaktor batch dengan kondisi steril (rinso).

jenis influen	konsentrasi Deterjen (mg/L)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AL	0.3	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-
AL+D5	5.0	2.43	2.22	1.82	-	-	1.31	-	-	0.61
AL+D8	8.0	3.21	2.81	2.32	-	-	1.81	-	-	0.81
AL+D10	10.0	4.96	3.67	2.51	-	-	2.01	-	-	1.21
AL+D15	15.0	6.93	5.05	4.20	-	-	3.36	-	-	2.22

Keterangan : Hari ke 0 = konsentrasi Deterjen influen  
 Hari ke 1-9 = konsentrasi Deterjen effluen

Tabel L.7: Data pengamatan uji depolusi COD dalam reaktor batch dengan kondisi normal (ono)

jenis influen	konsentrasi COD (mg/l)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AB	2.0	100	95	-	85	-	85	80	82	80
AL	240	209	-	157	157	-	-	149	145	147
AL+D5	529	382	-	208	-	-	190	81	-	100
AL+D8	552	345	-	250	-	-	210	195	-	170
AL+D10	557	396	-	313	-	-	302	300	-	299
AL+D15	601	450	-	358	-	-	351	-	-	357

Keterangan : Hari ke 0 = konsentrasi COD influen  
 Hari ke 1-9 = konsentrasi COD effluen

Tabel L.8: Data pengamatan uji depolusi COD dalam reaktor batch dengan kondisi steril (ono)

jenis influen	konsentrasi COD (mg/l)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AB	2.0	100	95	-	85	-	85	80	82	80
AL	240	209	-	157	157	-	-	149	145	147
AL+D5	529	393	-	346	-	-	296	280	-	201
AL+D8	552	364	-	290	-	-	270	270	-	255
AL+D10	557	395	-	332	-	-	322	300	-	310
AL+D15	601	450	-	388	-	-	371	380	-	371

Keterangan : Hari ke 0 = konsentrasi COD influen  
 Hari ke 1-9 = konsentrasi COD effluen



Tabel L.9: Data pengamatan uji depolusi BOD dalam reaktor batch dengan kondisi normal (omo)

jenis influen	konsentrasi BOD (mg/l)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AB	2.0	100	95	-	85	-	85	80	82	80
AL	240	209	-	157	157	-	-	149	145	147
AL+D5	250	170	-	125	-	-	78	41	-	55
AL+D8	268	187	-	144	-	-	109	108	-	93
AL+D10	265	191	-	156	-	-	143	143	-	132
AL+D15	311	223	-	170	-	-	176	-	-	170

Keterangan : Hari ke 0 = konsentrasi BOD influen  
 Hari ke 1-9 = konsentrasi BOD effluen

Tabel L.10: Data pengamatan uji depolusi BOD dalam reaktor batch dengan kondisi steril (omo)

jenis influen	konsentrasi BOD (mg/l)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AB	2.0	100	95	-	85	-	85	80	82	80
AL	240	209	-	157	157	-	-	149	145	147
AL+D5	250	201	-	182	-	-	155	155	-	125
AL+D8	268	200	-	156	-	-	145	145	-	127
AL+D10	265	195	-	167	-	-	155	145	-	155
AL+D15	311	230	-	190	-	-	180	186	-	174

Keterangan : Hari ke 0 = konsentrasi BOD influen  
 Hari ke 1-9 = konsentrasi BOD effluen

Tabel L.11: Data pengamatan uji depolusi deterjen dalam reaktor batch dengan kondisi normal (omo)

jenis influen	konsentrasi Deterjen (mg/l)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AB	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AL	0.3	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-
AL+D5	5.0	2.78	2.55	-	2.51	-	-	1.81	-	0.34
AL+D8	8.0	3.23	2.32	-	1.45	-	-	1.02	-	0.64
AL+D10	10.0	4.18	2.94	-	1.55	-	-	1.73	-	0.56
AL+D15	15.0	5.46	3.11	-	2.67	-	-	1.44	-	1.05

Keterangan : Hari ke 0 = konsentrasi Deterjen influen  
 Hari ke 1-9 = konsentrasi Deterjen effluen

Tabel L.12: Data pengamatan uji depolusi deterjen dalam reaktor batch dengan kondisi steril (omo)

jenis influen	konsentrasi Deterjen (mg/l)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AB	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AL	0.3	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-
AL+D5	5.0	2.22	2.22	-	1.51	-	-	0.81	-	0.55
AL+D8	8.0	3.66	3.23	-	2.13	-	-	1.58	-	0.79
AL+D10	10.0	4.98	3.49	-	2.77	-	-	2.01	-	1.48
AL+D15	15.0	6.23	4.88	-	4.67	-	-	2.78	-	2.00

Keterangan : Hari ke 0 = konsentrasi Deterjen influen  
 Hari ke 1-9 = konsentrasi Deterjen effluen

Tabel L.13 : Jumlah Koloni Bakteri Clostridium Botulinum

Larutan	Jumlah Bakteri (per ml)			
	2 jam	4 jam	6 jam	8 jam
blanko	$72 \times 10^8$	$99 \times 10^8$	$109 \times 10^8$	$118 \times 10^8$
air limbah (10%)	$60 \times 10^8$	$78 \times 10^8$	$86 \times 10^8$	$52 \times 10^8$
Al + Det 5 ppm	$40 \times 10^8$	$49 \times 10^8$	$54 \times 10^8$	$32 \times 10^8$
Al + Det 8 ppm	$31 \times 10^8$	$37 \times 10^8$	$42 \times 10^8$	$20 \times 10^8$
Al + Det 10 ppm	$26 \times 10^8$	$33 \times 10^8$	$38 \times 10^8$	$15 \times 10^8$
Al + Det 15 ppm	$18 \times 10^8$	$30 \times 10^8$	$36 \times 10^8$	$9 \times 10^8$
Al + Det 20 ppm	$11 \times 10^8$	$12 \times 10^8$	$12 \times 10^8$	$3 \times 10^8$
Al + Det 25 ppm	$6 \times 10^8$	$6 \times 10^8$	$5 \times 10^8$	$2 \times 10^8$

Tabel L.14: Data Ukur Untuk Al+Det 10ppm (ml/jam)

jam ke	vertikal		horisontal	
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>
1	150	1950	270	300
7	145	1400	100	210
13	140	1035	250	150
25	140	960	150	170
31	135	690	130	120
38	130	420	65	120
50	120	410	40	80
56	100	380	35	70
62	80	370	40	50
74	80	270	40	50
80	70	260	20	35
86	40	220	20	30
98	40	190	15	30

Lampiran 15 : Data Ukur Untuk Al+Det 20ppm (ml/jam)

jam ke	vertikal		horizontal	
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>
1	130	1600	250	350
7	135	1300	190	110
13	125	1000	190	180
25	120	820	220	200
31	115	640	110	120
38	105	410	50	60
50	100	300	50	65
56	90	350	25	30
62	80	280	15	30
74	60	240	15	25
80	50	230	10	20
86	35	190	5	15
98	20	190	5	10

Lampiran 16 : Data Ukur Untuk Al+Det 25ppm (ml/J)

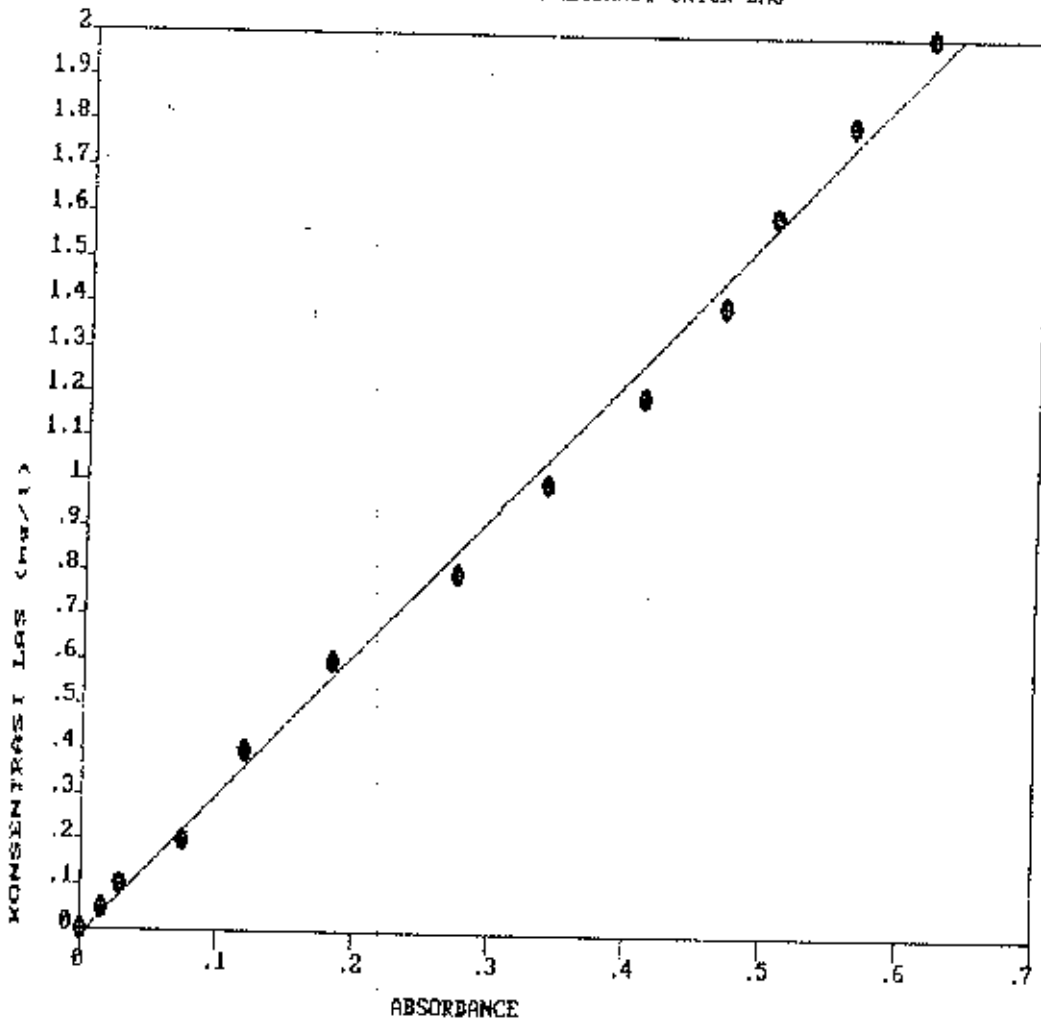
jam ke	vertikal		horizontal	
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>
1	125	1500	250	340
7	120	1260	260	300
13	120	990	200	200
25	120	800	200	250
31	115	620	90	150
38	110	400	100	60
50	100	380	45	60
56	80	330	50	50
62	60	280	40	55
74	50	240	20	30
80	40	200	15	30
86	30	170	15	15
98	25	170	5	10



Tabel L.17: Data analisa spektro untuk larutan standar LAS

no	kons det mg/l	absorbance
1	0.00	0.000
2	0.05	0.015
3	0.10	0.028
4	0.20	0.075
5	0.40	0.120
6	0.60	0.184
7	0.80	0.275
8	1.00	0.340
9	1.20	0.410
10	1.40	0.458
11	1.60	0.505
12	1.80	0.560
13	2.00	0.618

GAMBAR 1.1: GRAFIK KALIBRASI UNTUK LAS



REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 ..

$$(-1.322E-02) + (3.147E+00)*X$$

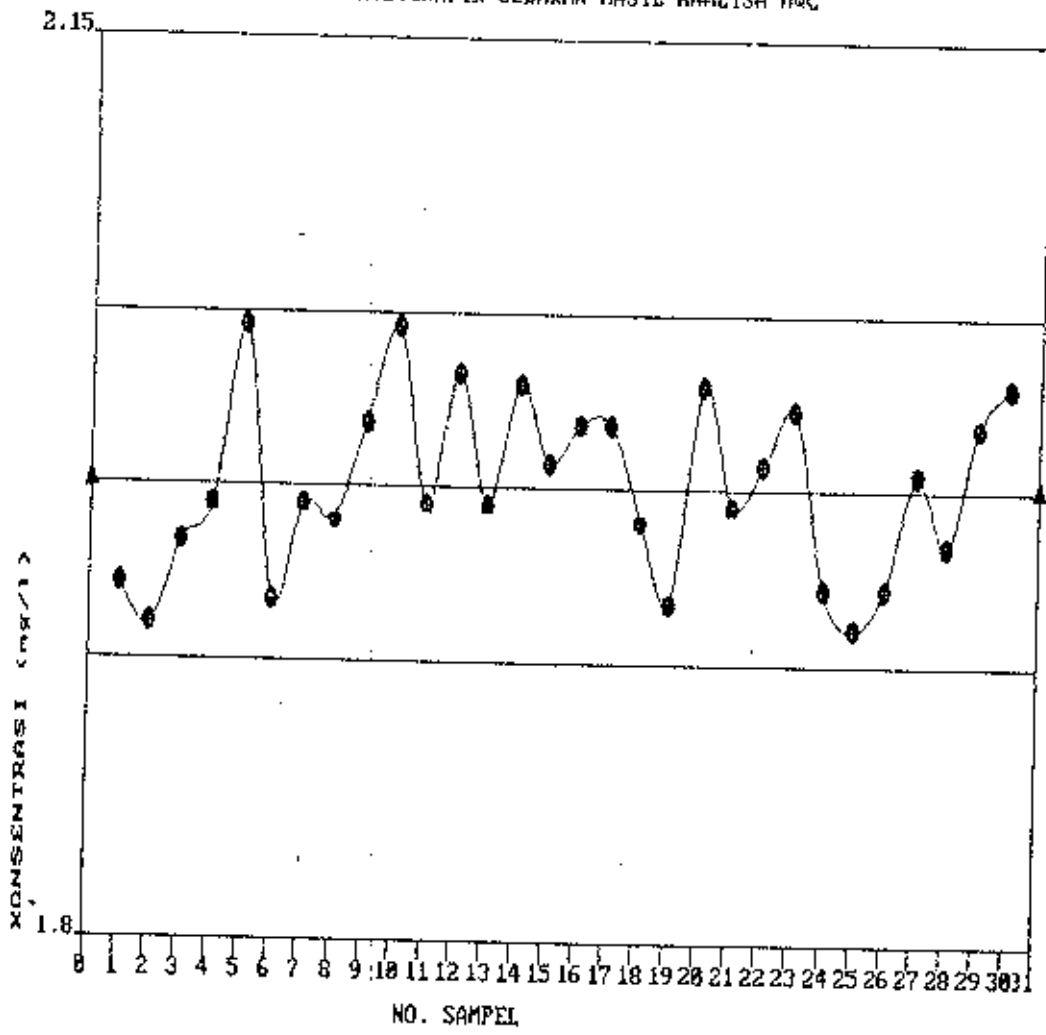
THE VARIANCE -- 2.099E-03

Tabel 4.1 : Prhitungan standar deviasi untuk AOC

tgl	no sampl	nilai absorban	konsentrasi deterjen mg/l(x)	$(x - \bar{x})^2$
14/5	1	0.62	1.938	0.00147456
	2	0.615	1.922	0.00295936
	3	0.625	1.954	0.00050176
	4	0.63	1.969	0.00005476
	5	0.648	2.039	0.00391876
	6	0.618	1.932	0.00197136
18/5	7	0.63	1.969	0.00005476
	8	0.625	1.954	0.00050176
	9	0.64	2.001	0.00060516
	10	0.648	2.039	0.00391876
	11	0.63	1.969	0.00005476
	12	0.646	2.020	0.00190096
19/5	13	0.63	1.969	0.00005476
	14	0.645	2.016	0.00156816
	15	0.635	1.985	0.00007396
	16	0.64	2.001	0.00060516
	17	0.64	2.001	0.00060516
	18	0.625	1.954	0.00050176
22/5	19	0.618	1.932	0.00197136
	20	0.645	2.016	0.00156816
	21	0.63	1.969	0.00005476
	22	0.635	1.985	0.00007396
	23	0.642	2.007	0.00098636
	24	0.62	1.938	0.00147456
01/6	25	0.615	1.922	0.00295936
	26	0.62	1.938	0.00147456
	27	0.634	1.982	0.00008136
	28	0.625	1.954	0.00050176
	29	0.64	2.001	0.00060516
	30	0.645	2.016	0.00156816



GAMBAR 1.2: GRAFIK SEBARAN HASIL ANALISA AQC



## DAFTAR PUSTAKA

1. Baver, L.D. : 1956, *SOIL PHYSICS*, New York : John Willey and Son inc.
2. Foth, Henry D. : *DASAR-DASAR ILMU TANAH*, New York : John Willey and Son inc.
3. Bucnallen, Henry O. dan Brady, Nyle C. : 1982, *ILMU TANAH*, Jakarta : Bharata Karya Aksara.
4. Tan, Kim Ha: 1991, *DASAR-DASAR KIMIA TANAH*, Yogyakarta: Gajahmada University Press.
5. Mantel, C.L. : 1951, *ADSORBTION*, New York : Mc Graw Hill Book Company
6. Varley, Carl Hanser : 1987, *THE ENVIRONMENTAL FATE AND EFFECT OF DETERGENTS*, Muncen.
7. Sarles, William Bowen : 1956, *MICROBIOLOGY, GENERAL AND APPLIED*, New York : Harper and Brothers.
8. Sawyer, Clair N. and McCarty, Pearl L : 1978, *CHEMISTRY FOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING*, New York : McGraw Hill Book Company.
9. Scellemon, Sally : 1987, *INTRO TO GENERAL ORGANIC AND BIOLOGICAL CHEMISTRY*, New York : McGraw Hill Book Company.
10. Fessenden, Joan S. : 1984, *KIMIA ORGANIK*, Jakarta : Erlangga.
11. Mahida, U.N : 1984, *PENCEMARAN AIR DAN PEMANFAATAN LIMBAH INDUSTRI*, Jakarta : Rajawali.

