

18.987/175/4/2003



TUGAS AKHIR

STUDI PENURUNAN KANDUNGAN COD DAN TSS PADA
LIMBAH CAIR RUMAH POTONG HEWAN DENGAN
MENGUNAKAN ANAEROBIC RADIAL MIXING REACTOR



RSL
628.35
Nig
5-1
2001

Oleh :

LINDA CANDRA NIGIA
NRP. 3395 100 011

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	14-4-2003
Terima Dari	PI
No. Agenda Prp.	27396

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

2001

**STUDI PENURUNAN KANDUNGAN COD DAN TSS
LIMBAH CAIR RUMAH POTONG HEWAN DENGAN
MENGUNAKAN ANAEROBIC RADIAL MIXING REACTOR**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Lingkungan
Pada
Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Mengetahui / Menyetujui

Ketua Jurusan



DR. Yulinah Trihadiningrum, M.AppSc.
NIP. 131 409 016

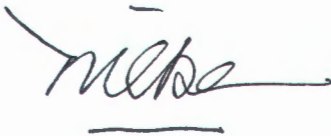
Dosen Pembimbing

Ir. Gogh Yudihanto, M.Sc.
NIP. 131 896 969

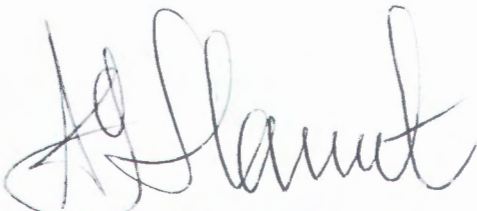
LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PENURUNAN KANDUNGAN COD DAN TSS LIMBAH CAIR RUMAH POTONG HEWAN DENGAN MENGUNAKAN ANAEROBIC RADIAL MIXING REACTOR

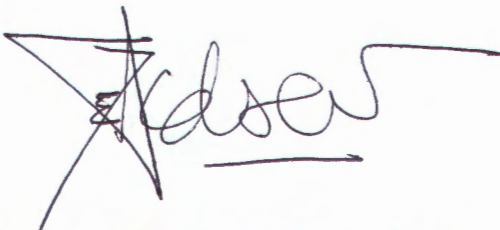
DOSEN PENGUJI TUGAS AKHIR



Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.
NIP. 131 409 016



Ir. Agus Slamet, M.Sc.
NIP. 131 651 592



DR. Ir. Eddy S. Soedjono, M.Sc.
NIP. 131 846 110

ABSTRAK

Limbah cair Rumah Potong Hewan (RPH) merupakan limbah organik yang memang tidak berbahaya bila dibandingkan dengan limbah cair industri yang mengandung kimia beracun (B_3). Apabila limbah cair RPH dalam konsentrasi bahan organik yang tinggi dibuang ke badan air tanpa melalui proses pengolahan maka akan menimbulkan pencemaran. Salah satu alternatif pengolahan dalam menurunkan kandungan bahan organik dan solid limbah RPH adalah dengan menggunakan pengolahan anaerobik. Banyak keuntungan yang akan didapatkan dari pengolahan biologis secara anaerobik, yaitu seperti rendahnya energi yang dibutuhkan. Pada penelitian ini digunakan sistem Anaerobic Radial Mixing Reactor (ARMR) untuk mengolah limbah cair Rumah Potong Hewan Pegirian. ARMR merupakan sistem high rate berdasarkan pembentukan sludge blanket yang merupakan mikroorganisme yang bertanggungjawab didalam proses pendegradasian bahan organik.

Penelitian ini menggunakan sebuah ARMR yang bervolume 40 liter dan berbentuk lingkaran. Reaktor dioperasikan secara upflow melewati lapisan sludge pada dasar reaktor. Pengoperasian reaktor dilakukan pada variasi waktu detensi 24 jam, 12 jam, 8 jam dan 4 jam. Pengambilan sampel limbah dilakukan satu kali untuk influen dan dua kali untuk efluen. Parameter yang dianalisa adalah konsentrasi COD dan TSS untuk menunjukkan efisiensi dan parameter pH, suhu, alkalinitas, minyak dan lemak sebagai parameter kontrol.

Kemampuan stabilitas mikroorganisme yang tinggi dapat ditunjukkan dengan efisiensi yang dihasilkan. Dimana pada waktu detensi 24 jam dihasilkan efisiensi removal sebesar 75,592 % untuk konsentrasi COD dan 67,149% untuk konsentrasi TSS. Pada waktu detensi 12 jam 62,373 % dan 48,887 %. Pada waktu detensi 8 jam 51,393 % dan 57,306 %. Pada waktu detensi 4 jam 39,606 % dan 47,481 %. ARMR mampu menerima beban organik terbesar sebesar 33,776 kg COD/ m^3 hari dan pada konsentrasi terendah sebesar 3,745 kg COD/ m^3 hari

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena hanya oleh Kasih dan Karunia-Nya, maka penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul : **Studi Penurunan Kandungan COD dan TSS pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan dengan Menggunakan Anaerobic Radial Mixing Reactor**. Tugas Akhir ini adalah kegiatan kurikuler yang wajib ditempuh sebagai persyaratan kurikulum program strata I di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis melakukan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini berdasarkan atas pengamatan visual yang dilakukan selama melaksanakan penelitian di laboratorium, dilengkapi dengan analisa dan pembahasan data hasil pengamatan dan didukung oleh studi terhadap beberapa literatur.

Untuk kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini, kami sangat mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun. Dan akhirnya semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Surabaya, Desember 2000

Penyusun

UCAPAN TERIMAKASIH

Pelaksanaan dan penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan baik karena dukungan dari banyak pihak, untuk itu penyusun ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Gogh Yoedihanto, M.Sc., terimakasih atas ide, saran serta bimbingannya
2. Bapak Ir. J.B. Widiadi, M.Eng.Sc. selaku dosen wali
3. Bapak Ir. M. Agus Mardyanto atas segala tuntunanya selama awal kuliah selaku dosen wali
4. Bapak Ir. M. Razif dan DR. Ir. Eddy Setiadi Soedjono, selaku Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan
5. Bapak Ir. Hariwiko, M.Eng. selaku koordinator Tugas Akhir
6. Ibu Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc. atas dukungan moril yang telah diberikan
7. Ibu DR. Yulinah T.W., M.AppSc, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITS
8. Segenap bapak serta ibu, staf pengajar di Jurusan Teknik Lingkungan ITS
9. Ibu dan ayah tercinta serta adik-adikku Nia, Ana dan Ardi dan mas Agus yang selalu mendukung serta rela berkorban untuk membantu memperlancar terselesaikannya laporan ini.
10. Segenap karyawan dan Laboran Teknik Lingkungan ITS, yaitu mas Anwar, djito, mas Eko, Mas Eddy, mas Hadi, mas Affan, mas Ashari, pak Ardi dan ibu Nur dan juga pak Ardi atas buku – bukunya
11. Pakde dan Bude Slamet serta Pakde dan Bude Sukarlin atas dukungan dan mobilnya selama pengambilan limbah
12. Erna sebagai kawan kerja yang setia, baik dan perhatian atas kebersamaan dan seperjuanganmu selama penelitian

13. Nyoman atas segala dukungan dan semangat yang diberikan serta atas peminjaman printernya
14. Nurna, Agus, Iwan, Mas Komang dan Okto atas bantuannya
15. Rima, Inti, Opie, Devi atas dukungan, perhatian dan bantuannya selama masih kuliah maupun saat di laboratorium.
16. Rekan-rekan seperjuanganku di laboratorium yang sangat membantu dan saling mendukung
17. Rekan-rekan L-13 atas kebersamaan dan dukungan yang diberikan selama ini

Surabaya, Januari 2001

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Abstrak	i
Kata Pengantar	ii
Ucapan Terimakasih	iii
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	viii
Daftar Gambar	ix
Daftar Lampiran	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	2
1.3. Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Karakteristik Limbah cair Rumah Potong Hewan	4
2.1.1. Sumber limbah	4
2.1.2. Darah	5
2.1.3. Karbohidrat	6
2.1.4. Protein	6
2.1.5. Minyak dan Lemak	6
2.2. Dasar – Dasar Mikrobiologi	7
2.2.1. Metabolisme mikroorganisme	8
2.2.2. Pertumbuhan bakteri	9
2.2.3. Bakteri pada pengolahan anaerobik	11
2.3. Proses Pengolahan Anaerobik	17
2.3.1. Anaerobic suspended growth	17
2.3.2. Keuntungan dan kerugian proses pengolahan anaerobik	17
2.3.3. Single stage high rate reactors	18
2.3.4. Biodegradasi secara anaerobik	19

2.3.5. Mekanisme anaerobik	21
2.3.6. Faktor lingkungan yang berpengaruh	24
2.4. Upflow Anaerobic Sludge Blanked Reactor	29
2.5. Anaerobic Radial Mixing Reactor	32
2.5.1. Prinsip kerja	34
2.5.2. Sistem perencanaan	35
2.5.3. Zona inlet	36
2.5.4. Zona lumpur	36
2.5.5. Gas solid separator	37
2.5.6. Zona pengendapan	38
2.5.7. Zona efluen	38
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Kerangka penelitian	39
3.2. Tahapan penelitian	41
3.2.1 Studi literatur	41
3.2.2 Persiapan reaktor dan bahan	41
3.2.3 Analisa awal limbah RPH	43
3.2.4 Seeding dan Aklimatisasi	44
3.2.5 Pengoperasian reaktor	44
3.2.6 Metode Sampling	45
3.2.7 Analisa parameter penelitian	46
BAB IV ANALISA DATA dan PEMBAHASAN	
4.1. Start up reaktor	48
4.2. Fluktuasi influen efluen	53
4.2.1. Fluktuasi konsentrasi COD	53
4.2.2. Fluktuasi konsentrasi TSS	57
4.3. Rasio BOD ₅ /COD	60
4.4. Pengaruh waktu detensi terhadap penurunan konsentrasi COD dan TSS	63
4.5. Pengaruh beban organik terhadap kinerja reaktor	71

4.6.	Pengaruh konsentrasi minyak dan lemak terhadap kinerja reaktor	77
4.7.	pH dan alkaliniti	80
BAB V KESIMPULAN dan SARAN		
5.1.	Kesimpulan	84
5.2.	Saran	85
	Daftar Pustaka	xii
	Lampiran	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Bakteri	8
Tabel 4.1	Rasio BOD ₅ /COD	60
Tabel 4.2	Efisiensi removal rata-rata konsentrasi COD dan TSS	66
Tabel 4.3	Efisiensi penurunan konsentrasi COD terlarut	68
Tabel 4.4	Konsentrasi lemak dan minyak, VFA dan alkaliniti	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kurva kinetika pertumbuhan bakteri	10
Gambar 2.2	Skema metabolisme bakteri	21
Gambar 2.3	Reaksi penguraian anaerobik senyawa kompleks organik	23
Gambar 2.4	Pengaruh suhu pada produksi gas	24
Gambar 2.5	Hubungan antara pH, CO ₂ dan alkalinitas bikarbonat	27
Gambar 2.6	Kurva Pengaruh Kation terhadap Pembentukan Methan	28
Gambar 2.7	Reaktor UASB	31
Gambar 2.8	Anaerobic Radial Mixing Reactor	34
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian	40
Gambar 3.2	Skema operasional	43
Gambar 4.1	Grafik fluktuasi analisa PV selama start up	50
Gambar 4.2	Grafik pH selama start up	51
Gambar 4.3	Efisiensi PV selama start up	52
Gambar 4.4	Grafik fluktuasi influen efluen konsentrasi COD, td = 24 jam	54
Gambar 4.5	Grafik fluktuasi influen efluen konsentrasi COD, td = 12 jam	54
Gambar 4.6	Grafik fluktuasi influen efluen konsentrasi COD, td = 8 jam	55
Gambar 4.7	Grafik fluktuasi influen efluen konsentrasi COD, td = 4 jam	55
Gambar 4.8	Grafik fluktuasi influen efluen konsentrasi TSS, td = 24 jam	57
Gambar 4.9	Grafik fluktuasi influen efluen konsentrasi TSS, td = 12 jam	58
Gambar 4.10	Grafik fluktuasi influen efluen konsentrasi TSS, td = 8 jam	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 DATA HASIL PENELITIAN

L1.1 Efisiensi Reaktor ARMR pada kondisi start up berdasarkan analisa PV	L - 1
L1.2 Data removal konsentrasi COD	L - 2
L1.3 Data removal konsentrasi TSS	L - 3
L1.4 Perhitungan Beban organik selama operasional	L - 4
L1.5 Pengaruh Beban Organik terhadap efisiensi	L - 6
L1.6 Data pH & Konsentrasi alkaliniti selama operasional	L - 7

Lampiran 2 PROSEDUR ANALISA LABORATORIUM

I. Analisa zat organik (PV)	L - 8
II. Analisa COD (K ₂ Cr ₂ O ₇)	L - 11
III. Alkalinity	L - 13
IV. Analisa BOD	L - 15
V. Analisa TSS	L - 18
VI. Analisa VSS	L - 18
VII. Analisa pH	L - 19
VIII. Analisa suhu	L - 19

Lampiran 3 PERHITUNGAN DEBIT & ORGANIK LOADING

A. Perhitungan debit	L - 20
B. Perhitungan OL	L - 21

Lampiran 4 GAMBAR DETAIL ANAEROBIC RADIAL MIXING REACTOR

L - 22

Lampiran 5 ANALISA STATISTIK

L - 23

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Salah satu masalah yang akhir-akhir ini ramai dibicarakan adalah limbah cair Rumah Potong Hewan (RPH) yang dibuang ke Kali Mas diduga merupakan salah satu komponen penyebab pencemaran Kali Mas. Rumah Potong Hewan Pegirikan adalah salah satu RPH yang diduga limbahnya memberikan kontribusi bagi pencemaran Kali Mas.

Karakteristik limbah cair RPH merupakan limbah organik yang memang tidak berbahaya bila dibandingkan dengan limbah kimia beracun (B_3). Meskipun demikian apabila konsentrasi limbah terlalu tinggi maka akan dapat menyebabkan pencemaran yang ditandai dengan turunnya kandungan oksigen (DO) dalam badan air penerima sehingga fungsi badan air tersebut juga akan mengalami penurunan bila dikaitkan dengan pembagian kelas (A, B, C, D, dan E) dari badan air tersebut

Berdasarkan hasil analisis laboratorium, limbah dari RPH memiliki konsentrasi BOD sebesar 3000 mg/l. Bangunan pengolahan limbah yang diandalkan adalah sebuah bak pengendap sederhana berkapasitas 110 m³. Disamping itu juga dilengkapi teknik aerasi dan penggelontoran untuk menangani limbah cairnya. Meskipun secara teknis bangunan bak pengendap memiliki efisiensi removal BOD sebesar 25 – 40 % dan TSS sebesar 50 – 70 %, namun tidak menutup kemungkinan terjadinya pencemaran. Misalnya saja adanya kontribusi air limbah dari tempat kandang babi yang langsung masuk ke unit pengendapan.

Oleh karena itu apabila diinginkan hasil pengolahan yang lebih baik maka perlu adanya tambahan unit pengolahan. Alternatif pengolahan yang efisien dan efektif untuk limbah RPH adalah pengolahan secara anaerobik. Hal tersebut berdasarkan pertimbangan kemampuan mengolah beban organik yang cukup tinggi dengan energi yang kecil bila dibandingkan pada pengolahan aerobik. Selain itu hasil akhir pengolahan anaerobik yang berupa gas metan dapat dimanfaatkan kembali sebagai sumber energi berharga.

Di lain pihak pengoperasian reaktor anaerobik lebih sederhana. Untuk itu dari segi finansial pengolahan anaerobik lebih menguntungkan dibandingkan dengan pengolahan aerobik. Berbagai pengolahan anaerobik telah berkembang di Indonesia dan diantaranya yang mungkin baik untuk RPH adalah jenis *Anaerobic Radial Mixing Reactor*.

1.2. TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui tingkat penurunan kandungan zat organik (COD) dan Suspended Solids (SS) pada limbah cair dari Rumah Potong Hewan (RPH) dengan menggunakan *Anaerobic Radial Mixing Reactor*.
2. Mengetahui pengaruh waktu detensi terhadap kemampuan *Anaerobic Radial Mixing Reactor* dalam menurunkan kandungan COD dan SS.

2.1. RUANG LINGKUP

Ruang Lingkup dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium

2. Penelitian dilakukan dengan menggunakan *anaerobic radial mixing reactor*.
3. Reaktor dioperasikan dengan variasi waktu detensi, yaitu: 4, 8, 12 dan 24 jam.
4. Pola aliran yang digunakan adalah aliran kontinu.
5. Limbah yang digunakan adalah limbah asli dari RPH Pegirian yang telah mengalami pengendapan selama satu hari.
6. Pembenuhan untuk lumpur pengolahan berasal dari reaktor pengolahan air limbah pabrik tahu Pegangsaan.
7. Parameter yang dianalisa adalah COD dan SS.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA



2.1. KARAKTERISTIK LIMBAH CAIR RUMAH POTONG HEWAN

2.1.1 SUMBER LIMBAH

Air limbah proses Rumah Potong Hewan berasal dari air pencucian dari tempat pemotongan hewan, tempat karantina hewan dan aktivitas pencucian tenaga potong. Disamping itu berasal dari kegiatan pembunuhan dan pemotongan, penanganan isi perut, prosesing. Kandungan utama dari air limbah RPH adalah darah, lemak, dan kombinasi protein yang bervariasi. Komposisinya tergantung daripada jenis fasilitas penanganan limbah dan produksinya.

Rumah Potong Hewan Pegirikan merupakan salah satu RPH yang ada di Surabaya yang belum dilengkapi dengan pengolahan limbah secara benar. Air limbah yang dihasilkan dari setiap kegiatan pemotongan hewan langsung dibuang ke sungai tanpa adanya proses pemisahan dan pengendapan. Karakteristik limbah RPH Pegirikan yang dibuang masih bercampur dengan sisa-sisa pemotongan seperti tulang, isi perut, potongan kulit dan lain-lain. Hal ini disebabkan oleh belum adanya penanganan pada sumber limbah itu sendiri.

Dapat digambarkan kondisi RPH Pegirikan didalam penanganan limbah terutama limbah cair sangat tidak ramah lingkungan. Sedangkan karakteristik limbah RPH yang tersusun atas tingginya bahan organik seperti protein, karbohidrat dan lemak dapat menyebabkan pencemaran badan air

penerima. Untuk RPH Pegirikan Surabaya karakteristik limbahnya selain mengandung bahan organik tinggi juga kekeruhannya tinggi.

2.1.2 DARAH

Darah terdiri dari sel-el yang terendam didalam cairan yang disebut plasma darah. Elemen -elemen darah yang memiliki bentuk meliputi sel darah merah, sel darah putih dan keping darah. Salah satu fungsi darah adalah berperan dalam sistem bufer, seperti bikarbonat didalam darah membantu mempertahankan pH yang konstan didalam jaringan tubuh dan cairan tubuh.

Pada sel darah merah terdapat hemoglobin, dimana struktur kimianya tersusun atas suatu senyawa organik yang kompleks yang terdiri dari empat pigmen porfirin merah. Dimana masing-masing pigmen mengandung atom besi ditambah globin yang merupakan protein globular yang terdiri dari empat rantai asam amino. Plasma darah adalah bagian dari darah yang terdiri dari air sebanyak 92 % dan zat - zat lain sebanyak 8 %. Zat - zat lain tersebut terdiri dari 90 % berupa protein dan 0.9 % bahan anorganik sedangkan sisanya adalah bahan organik yang bukan protein. Bahan anorganik terutama terdiri dari klorida, karbonat, sulfat dan fosfat dari natrium, kalium, kalsium dan magnesium. Sebagaian dari senyawa ini bersifat essensial bagi metabolisme sel dan beberapa diantaranya berfungsi sebagai bufer.

Dalam keadaan normal pH darah terletak diantara 7.35 dan 7.45 (Frandsen, R.D,1992). Dan kondisi ini dipertahankan didalam batas-batas yang relatif sempit oleh adanya bufer kimia. Fungsi bufer ini dapat berlangsung karena protein mempunyai gugus amida dan karboksil yang mengion. Bufer darah yang lebih penting lainnya adalah bikarbonat, sulfat, fosfat dan hemoglobin.

2.1.3 KARBOHIDRAT

Kelompok senyawa karbohidrat adalah gula, pati, selulose serta senyawa lain yang lebih kompleks. Gula adalah senyawa karbohidrat yang paling sederhana. Selulose bersifat lebih kompleks dan tahan menghadapi hidrolisa dibandingkan dengan pati. Baik selulose dan pati terurai menjadi glukose. Karbohidrat yang terkandung dalam darah berbentuk glukose. Faktor pembatas pada hidrolisis selulose adalah konversi dari selulose tak larut kedalam substrat terlarut yang mana akan terfermentasikan dalam bentuk asetat, etanol, format, H₂ dan CO₂.

2.1.4 PROTEIN

Protein adalah molekul kompleks yang terdiri dari karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur dan kadang-kadang fosfor atau besi. Pada proses anaerobik protein dihidrolisis menjadi poli peptida dan asam amino. Yang akan dilanjutkan kedalam bentuk VFA, karbondioksida, gas hidrogen, amonium dan menreduksi sulfur. Faktor pembatas proses degradasi protein secara anaerobik adalah proses hidrolis ditunjukkan dengan kecepatan proses fermentasi asam amino. Kecepatan hidrolisi protein lebih rendah daripada kecepatan hidrolisis karbohidrat (Heukelekian, 1958 dalam Pavlostathis, S.G, 1991).

2.1.5 LEMAK

Unsur pembentuk lemak adalah asam lemak, yang terikat secara kimia dengan gliserol. Lemak digolongkan menjadi lemak sederhana, lemak gabungan serta lemak derivat. Proses pendegradasian lemak dalam suasana

anaerobik diawali dengan pemutusan lipase membentuk asam lemak rantai panjang, galaktose dan gliserol.

Pada fermentasi berikutnya asam lemak rantai panjang akan menjadi asam asetat dan propionat. Lemak bersifat larut dalam pelarut lemak termasuk eter, kloroform dan zilene. Istilah minyak dan lemak sering dipertukarkan. Keduanya mempunyai komposisi yang sama tetapi pada suhu kamar berada dalam wujud padat untuk lemak sedangkan minyak dalam wujud cair. Keduanya dapat larut dalam pelarut lemak yang ada.

2.2 DASAR-DASAR MIKROBIOLOGI

Mikroorganisme adalah makhluk hidup bersel tunggal yang secara individual tidak dapat dilihat secara mata telanjang. Bakteri merupakan komponen terbesar yang ada didalam proses pengolahan air limbah secara biologis. Limbah cair yang kaya akan bahan organik yang mudah terurai merupakan media tumbuh yang baik. Bahan organik yang mudah diuraikan banyak mengandung zat organik dan inorganik yang esensial untuk menunjang pertumbuhan mikroorganisme.

Bakteri yang menggunakan substrat inorganik, seperti CO₂, sebagai sumber karbon disebut *autotrophs*, sedangkan yang menggunakan bahan organik sebagai sumber karbon disebut *heterotrophs*. Klasifikasi bakteri dapat juga ditinjau dari sumber energi yaitu bakteri *phototrophic* yang menggunakan sinar matahari dan bakteri *chemotrophic* jika mengoksidasi bahan kimia organik dan inorganik. Sedangkan apabila berdasarkan kebutuhan akan oksigen dapat dibedakan bakteri aerobik dan anaerobik. Bakteri aerobik adalah kelompok mikroorganisme yang memerlukan oksigen untuk melangsungkan respirasi seluler sedangkan bakteri

anaerobik tidak memerlukan oksigen. Bakteri yang dapat hidup dengan ataupun tanpa oksigen dikelompokkan kedalam bakteri anaerobik fakultatif.

Klasifikasi bakteri dapat diperlihatkan pada tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Klasifikasi Bakteri

Bakteri	Sumber Karbon	Sumber Energi	Kehadiran oksigen bebas	Contoh
Autotrops				
❖ Phototrophic	CO ₂	Cahaya	-	<i>Chromatium</i>
❖ Chemotrophic	CO ₂	Oksidasi senyawa anorganik	-	<i>Thiobacillus</i>
Heterotops				
❖ Fotoorganotrof	Organik karbon	Cahaya	-	<i>Rhodopseudomonas</i>
❖ chemoorganotrof		Oksidasi senyawa organik	-	<i>Escherichia</i>
Aerobik			Ada	<i>Pseudomonas</i>
Anaerobik			Tanpa	<i>Lactobacillus</i>
Fakultatif			ada maupun tanpa	<i>Alcaligenes</i>

2.2.1 Metabolisme mikroorganisme

Metabolisme adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan reaksi-reaksi yang berlangsung dalam sel. Metabolisme mikrobiologi terbagi atas dua bagian yaitu anabolisme dan katabolisme. Anabolisme adalah metabolisme yang melibatkan penggunaan nutrisi untuk pembentukan sel. Katabolisme adalah metabolisme yang dapat menghasilkan energi kimia.

Selama proses anabolisme molekul-molekul yang berukuran kecil diubah menjadi molekul yang berukuran besar yang lebih kompleks. Misalnya pembentukan protein dari asam amino dan pembentukan DNA dari nukleotida. Pada proses katabolisme merupakan suatu rangkaian reduksi-oksidasi, sehingga dapat dibedakan berdasarkan akseptor hidrogen. Hidrogen yang digunakan dapat berbentuk gas-gas hidrogen ataupun hidrogen yang berasal dari air. (Droste, 1997). Pada bakteri anaerobik akseptor elektron terakhirnya adalah senyawa anorganik, contoh reaksinya adalah:



Bakteri anaerobik dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok berdasarkan tahapan perubahan substrat, yaitu *Hydrolytic*, *Heteroacetogenic* dan *Methanogenic*. Bakteri *Hydrolytic* didalam proses berfungsi sebagai penghidrolisa organik-organik polimer dan lemak menjadi komponen yang lebih sederhana. Pelakunya adalah bakteri anaerobik obligat dan bakteri fakultatif. (Barnes dan Fitzgerald, 1987 dalam Basibuyuk, 1998). Bakteri *Heteroacetogenic* bertugas dalam mengkonversi produk hasil hidrolisa menjadi hidrogen, karbondioksida dan asam asetat. Pelakunya biasanya disebut dengan bakteri pembentuk asam (*acid former*). Kelompok terakhir adalah bakteri *Methanogenic* yang bertanggung jawab terhadap pembentukan gas metan. Bakteri ini mengkonversi hidrogen maupun asetat, format, methanol dan polimetilamin ke bentuk gas metan.

2.2.2 Pertumbuhan bakteri

Pertumbuhan bakteri dapat dinyatakan dengan VSS (*Volatile Suspended Solid*), jumlah bakteri (*Coliform Test*), protein, DNA, ATP. Secara umum pertumbuhan bakteri dengan cara pembelahan ganda mengikuti persamaan:

$$X_t = X_0 e^{kt}$$

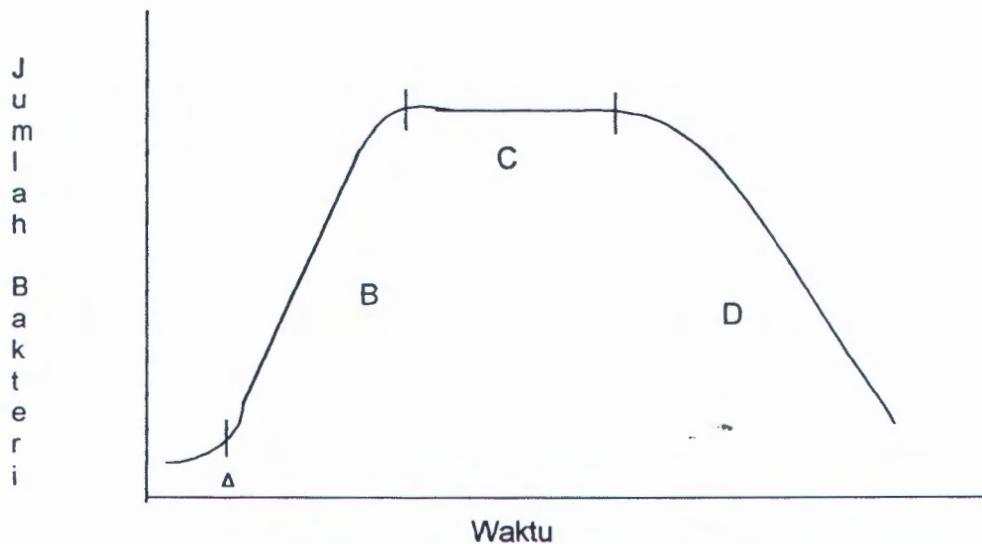
Dimana : X_t = jumlah sel setelah t waktu

X_0 = jumlah sel awal

k = konstanta

t = waktu

Adanya pengaruh faktor lingkungan pada kenyataannya pertumbuhan bakteri cenderung mengikuti pola seperti pada gambar 2.1. Faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan adalah suhu, pH, kondisi atmosferik dan kondisi substrat.



Gambar 2.1 kurva kinetika pertumbuhan bakteri

Dari gambar dapat dijelaskan bahwa:

1. Fase lag (A) : disebut juga fase lamban karena pada fase ini relatif tidak terjadi penambahan populasi tetapi hanya terjadi pembesaran sel.
2. Fase pertumbuhan logaritmik (B) : disebut juga fase eksponensial. Dimana sel membelah diri dengan laju yang konstan begitu juga aktifitas metabolik.

3. Fase stasioner (C) : disebut juga fase pertumbuhan seimbang. Jumlah bakteri relatif tetap. Hal ini disebabkan oleh sebagian sel mengalami kematian karena berkurangnya zat nutrisi.
4. Fase kematian (D) : fase ini berlangsung secara eksponensial. Disini jumlah kematian sel lebih cepat daripada pembentukan sel baru.

2.2.3 Bakteri pada pengolahan anaerobik

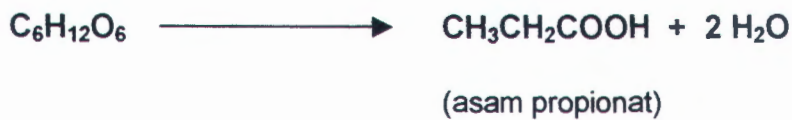
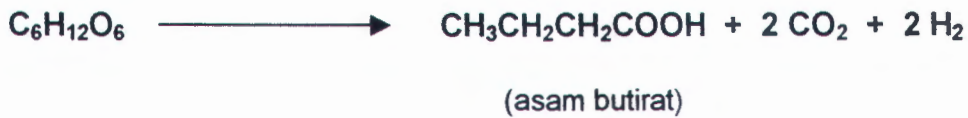
Pada pengolahan anaerobik terdapat dua kelompok bakteri yang terlibat didalam proses, yaitu bakteri pembentuk asam dan bakteri pembentuk metan (Rahmawati, 1999). Kestabilan proses anaerobik tergantung pada keseimbangan kelompok bakteri yang terlibat. Adanya penurunan produksi gas, peningkatan produk intermediet asam volatile (asetat dan propionat) akan berakibat terjadinya penurunan efisiensi removal yang menandakan adanya gangguan pada sistem. Bakteri –bakteri anaerobik yang terlibat adalah sebagai berikut:

1. Bakteri Fermentasi

Kelompok bakteri ini berperan dalam mengubah senyawa organik kompleks pada tahapan proses hidrolisis dan asidogenesis. Bakteri ini menghasilkan exoenzim untuk menghidrolisa senyawa organik kompleks menjadi senyawa organik sederhana. Kelompok ini terdiri dari bakteri fakultatif anaerobik, yaitu *Bacillus escherichia*, *Streptococcus* dan bakteri obligat anaerobik yaitu *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Clostridium*, *Peptococcus anarobus*, *Meghaspora*, *Propionibacterium*. Kisaran pH dalam proses fermentasi adalah 5,5 sampai 6,5 dengan pH optimum 6,5. Bakteri pembentuk asam akan melakukan fermentasi

glukosa dengan hasil campuran asam asetat, asam propionat dan asam butirat.

Dimana reaksi yang terjadi adalah :



Pada umumnya bakteri fermentasi membutuhkan CO_2 dan asam organik sebagai sumber karbon, amoniak sebagai sumber nitrogen, cystein atau sulfida sebagai sumber sulfur, vitamin B dan garam-garam mineral terutama garam-garam sodium. Produk akhir metabolisme bakteri fermentasi tergantung pada substrat dan kondisi lingkungan. Produk fermentasi dikontrol oleh adanya tekanan parsial hidrogen.

Pada nilai yang lebih tinggi akan terbentuk asam propionat asam-asam organik seperti laktat dan etanol. Sedangkan pada nilai yang lebih rendah akan terbentuk asam asetat, CO_2 dan H_2 . Reaksi pembentukan asam butirat menghasilkan akumulasi hidrogen sebaliknya pembentukan asam propionat membutuhkan hidrogen.

2. Bakteri penghasil hidrogen H_2

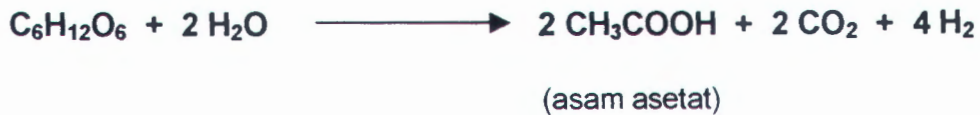
Bakteri penghasil hidrogen berperan dalam mengubah propionat dan asam-asam organik yang lebih tinggi dari asetat seperti alkohol menjadi asetat dan CO_2 . Sehingga bagi bakteri ini peran H_2 sangat penting. Proses anaerobik

dipengaruhi oleh kandungan hidrogen dalam lingkungan pengolahan. Dengan demikian bakteri peran bakteri *acetogenic* penghasil H₂ dan bakteri pengguna H₂ sangat penting untuk mencegah terjadinya akumulasi konsentrasi H₂ dalam reaktor.

Bakteri yang masuk dalam genus *Desulfotribrio* merupakan bakteri asetogenik penghasil hidrogen yang penting. Propionat akan didegradasi menjadi asetat, CO₂ dan H₂ oleh *Syntrobacter Wolinii*. *Syntrophomonas Wolfei* mengoksidasi *fatty acids* menjadi asetat dan H₂ atau dalam bentuk asetat, propionat dan H₂. Untuk benzoat didegradasi menjadi asetat dan H₂.

3. Bakteri asetogenik

Peran dari bakteri asetogenik mengubah asam propionat dan asam butirat ke bentuk asam asetat sesuai dengan:



Bakteri ini sangat penting pada proses penguraian anaerobik karena sebagai penghasil asetat. Dimana pembentukan gas metan lebih besar berasal dari

asam asetat sebesar 70 % dari total gas hasil konversi. Bakteri ini juga berperan dalam proses penggunaan H_2 dan CO_2 .

Didalam perubahan glukosa ke asam asetat akan menyebabkan bakteri pembentuk asam mendapatkan energi untuk pertumbuhannya. Selain itu juga menyediakan substrat dasar bagi bakteri pembentuk metan. Hal ini disebabkan kelompok bakteri pembentuk metan tidak dapat secara langsung mengkonversi asam propionat dan asam butirat ke bentuk metan.

4. Bakteri metanogen

Kelompok bakteri ini merupakan bakteri obligat anaerobik yang hanya menggunakan sejumlah substrat sederhana dalam jumlah yang terbatas untuk pertumbuhan dan metabolisme bakteri. Bakteri pembentuk metan dapat terganggu oleh akumulasi pembentukan hidrogen. Konsentrasi hidrogen sangat penting untuk dipertahankan pada tingkat rendah. pH optimum dalam pertumbuhan bakteri dan pembentukan metan adalah antara 6,8 sampai 7,2. Bakteri metanogen terdiri dari dua kelompok besar berdasarkan donor elektron (Pohland, 1992) yaitu:

1. *aceticlastic methanogens*

Pemeran utama bakteri ini adalah *Methanosarcina* dan *Methanosaeta*. Bakteri ini pertumbuhannya relatif lambat yaitu membutuhkan waktu 24 jam untuk pembelahan sel (Pohland, 1992). Bakteri ini hanya dapat mengoksidasi asam asetat ke bentuk campuran karbondioksida dan metan. Bakteri ini belum mampu menggunakan hidrogen dan karbondioksida atau format sebagai energi substrat.



Bakteri *acetivlastic methanogens* masih dapat bertoleransi dengan adanya kandungan oksigen terlarut meskipun merupakan bakteri obligat anaerobik. Di bawah ini adalah reaksi perubahan asetat oleh bakteri *acetivlastic methanogens*:



2. *hydrogen-oxidizing methanogens*

Hydrogen-oxidizing methanogens merupakan bakteri yang sepenuhnya obligat anaerobik yang memperoleh energi dari oksidasi hidrogen dan sumber karbon berasal dari karbondioksida. Oleh sebab itu proses pembelahan selnya rendah, yaitu 1- 4 jam dimana lebih tinggi daripada pembelahan sel bakteri *acetivlastik methanogens*. Beberapa jenis dari bakteri ini dapat menggunakan asam format sebagai satu-satunya substrat. Proses ini disebabkan karena asam format mudah dikonversikan ke bentuk karbondioksida dan hidrogen (Grady and Lim, 1980).

Bakteri ini sangat sensitif terhadap pH dan inhibitor dalam reaktor. Kisaran pH tidak boleh melebihi 6,7 – 7,4. Akumulasi hidrogen dapat menjadi inhibitor bagi *hydrogen-oxidizing methanogens*. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Bakteri metanogens dapat terganggu oleh adanya akumulasi hidrogen. Hidrogen ini merupakan hasil yang dibentuk oleh bakteri pembentuk hidrogen (*hydrngen-producing bacteria*) pada tahap sebelum metanogenesis. Cara bakteri metanogen untuk mencegah terjadinya akumulasi yaitu dengan

menggunakan H₂ untuk proses konversi asam asetat ke bentuk metan. Reaksi yang terjadi adalah:



5. Bakteri pereduksi sulfat

Bakteri pereduksi sulfat menghasilkan asetat, H₂ dan sulfida dimana zat ini digunakan sebagai substrat oleh bakteri metanogen. *Sulfate Reducing Bacteria (SRB)* sering diketemukan dalam lingkungan pengolahan anaerobik. Proses metanogenesis tidak terjadi jika kadar sulfat tinggi, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor (Winfrey,1997; Oremland,1982;Lovley,1983 dalam Numaning,2000):

1. Pada konsentrasi sulfat yang tinggi, SRB bersaing dengan bakteri metanogen dalam penggunaan substrat yang sama, H₂ dan ditunjang dengan kecepatan pertumbuhan yang tinggi.
2. Kehadiran sulfat menyebabkan SRB menghasilkan sulfida yang mana pada konsentrasi yang tinggi bersifat toksik bagi bakteri metanogen.

SRB mempunyai peran yaitu dapat bertindak sebagai bakteri asetogenik, mendukung proses metanogenesis. Selain itu bakteri ini berperan juga sebagai pesaing bakteri metanogen dalam mendapatkan nutrisi. Hal tersebut akan dapat mengganggu proses metanogenesis tetapi tergantung pada konsentrasi.

2.3 PROSES PENGOLAHAN ANAEROBIK

2.3.1 Anaerobik suspended growth

Pada poses anaerobik suspended growth mikroorganisme akan tumbuh tersuspensi dalam larutan limbah yang masuk reaktor. Biasanya proses *suspended growth* digunakan sebagai prinsip pengolahan tahap kedua. Mikroorganisme tercampur dalam limbah dan tumbuh serta mendegradasikan bahan organik yang dikandung limbah.

Pertumbuhan bakteri tersebut dengan hadirnya bantuan agitasi yang terjadi dapat membentuk flukolan atau granular. Perkembangan sistem ini bertujuan agar dapat membawa substrat dan enzim-enzim melakukan kontak dengan waktu yang cukup untuk menyempurnakan terjadinya reaksi. Untuk proses fermentasi anaerobik metan, waktu tinggal bakteri yang panjang diperlukan, karena kecepatan pertumbuhan bakteri yang lambat. Dengan mencegah bakteri ikut efluen, maka proses *digestion* menjadi tidak tergantung dari kecepatan pertumbuhan.

2.3.2 Keuntungan dan kerugian proses pengolahan anaerobik

Pengolahan anaerobik telah lebih populer menjadi sistem pengolahan bagi air limbah baik dengan beban tinggi maupun rendah. Kondisi ini didukung oleh adanya pertimbangan kelebihan dan keterbatasan pengolahan anaerobik itu sendiri.

- A. kelebihan pengolahan anaerobik
 1. Kecilnya produksi masa biomas yang dibuang sehingga jumlah lumpur juga kecil.
 2. Lumpur yang terbuang dalam keadaan stabil dan mudah untuk *dewatering*.
 3. Membutuhkan nutrien yang rendah.

4. Tidak membutuhkan energi untuk keperluan transfer oksigen.
 5. Dihasilkan produk akhir reaksi yang bermanfaat, yaitu berupa biogas misalnya metan.
 6. Lumpur anaerobik yang aktif dapat disimpan selama beberapa bulan.
 7. Pembebanan yang sangat tinggi dapat diterapkan pada kondisi *favorable*.
- B. keterbatasan pengolahan anaerobik
1. Proses anaerobik merupakan proses yang sensitif.
 2. Periode waktu yang dibutuhkan untuk masa *start-up* proses relatif lama. Hal ini diakibatkan karena lambatnya kecepatan pertumbuhan dari bakteri anaerobik itu sendiri.
 3. Proses degradasi secara anaerobik merupakan pengolahan awal dimana biasanya diperlukan proses lanjutan sebelum limbah terolah dibuang ke badan air penerima.

2.3.3 Single stage high- rate reaktor

Pada proses anaerobik terdapat pemikiran tidak dapat dipisahkannya antara waktu tinggal dan besar ukuran reaktor dimana hal ini akan mempengaruhi besar biaya. Kemajuan teknologi membuktikan bahwa umur lumpur dapat diperpanjang dalam reaktor tanpa meningkatkan waktu detensi reaktor ($SRT \gg HRT$). Sehingga pengolahan secara anaerobik merupakan alternatif yang lebih menjanjikan daripada pengolah aerobik. Reaktor ini dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu:

1. sistem biomasa tersuspensi
2. sistem biomasa tumbuh pada media

kebutuhan dasar dari sistem *high rate* pada pengolahan limbah secara anaerobik adalah

1. besar dan keaktifan dari masa lumpur yang dapat dipertahankan dalam reaktor.
2. Pemastian kontak secara intensif antara masa lumpur dan limbah yang masuk.

Karakteristik dari sistem *high-rate* sebagai berikut:

1. Waktu tinggal hidrolis yang rendah.
2. Tahan terhadap pembebanan yang tinggi.
3. Efisiensi penurunan konsentrasi COD yang tinggi.
4. Tingginya toleransi terhadap pembebanan yang berlebih.
5. Cepatnya *start-up* dan *re-start* setelah perhentian proses.
6. Kebutuhan energi yang rendah.
7. Realibilitas proses yang tinggi.
8. Dapat diterapkan pada jenis lumpur dan limbah yang berbeda.
9. Mudah didalam operasional dan pengontrolan.
10. Ekonomis dalam material dan rancangan.

2.3.4 Biodegradasi secara anaerobik

Proses anaerobik merupakan suatu proses pendegradasian zat organik oleh mikroorganisme yang dapat menggunakan molekul selain oksigen sebagai aseptor hidrogen. Proses anaerobik menjadi alternatif pengolahan yang potensial dibanding proses aerobik. Selain itu juga menurut Haandel dan Lettinga, 1994 biogas yang dihasilkan terdiri dari gas Methan sebesar 70 – 80 % dan sisanya campuran antara Karbondioksida, Nitrogen dan sebagaian kecil Hidrogen Sulfida. Dekomposisi anaerobik menghasilkan biogas yang terdiri dari methan (50 – 70 %),

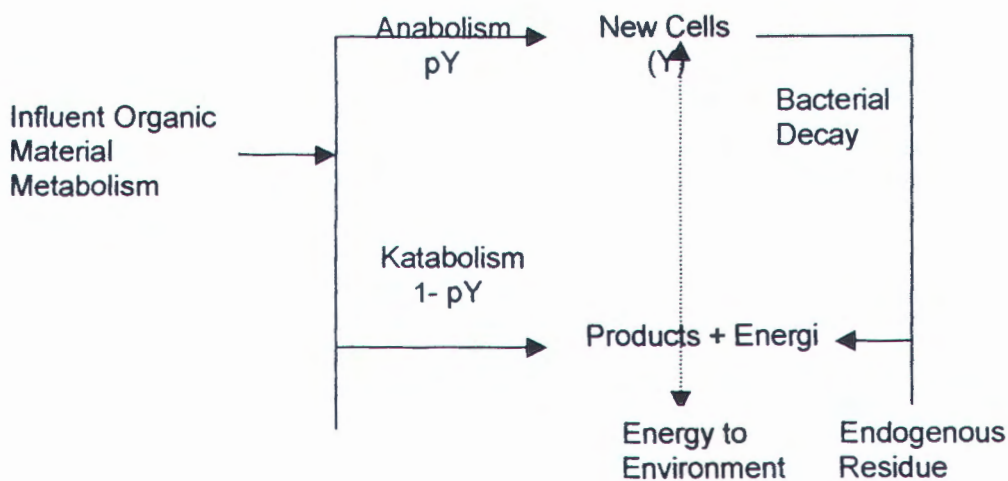
karbondioksida CO₂ (24 – 45 %) dan sejumlah kecil hidrogen sulfida, hidrogen dan nitrogen (Reynolds, 1982).

Degradasi anaerobik terhadap zat organik secara kimia merupakan proses yang sangat rumit, dimana melibatkan ratusan komponen intermediet. Banyak transformasi dilakukan oleh satu atau beberapa jalur metabolik. Kemampuan mikroorganisme anaerobik ini tergantung pada keberadaan enzim atau katalis khusus untuk reaksi proses. Untuk reaksi intraseluler tergantung pada kemampuan substrat untuk melewati membran sitoplasma sel (Price dan Cheremisinoff, 1981).

Mekanisme yang terpenting dalam penurunan bahan-bahan organik pada sistem pengolahan biologis adalah metabolisme bakteri. Dimana metabolisme memiliki arti penggunaan daripada bahan-bahan organik, baik sebagai sumber energi maupun sumber sintesa sel. Metabolisme terbagi atas katabolisme dan anabolisme. Katabolisme adalah penggunaan bahan-bahan organik sebagai sumber energi yang akan dirubah menjadi produk akhir yang stabil. Anabolisme adalah proses pengubahan dan penyerapan bahan-bahan organik menjadi massa sel. Anabolisme adalah proses penggunaan energi dimana proses tersebut terjadi apabila katabolisme juga terjadi untuk penyediaan energi yang dibutuhkan untuk pembentukan sel.

Proses katabolisme dan anabolisme terjadi secara interdependent dan simultan. Hasil dari prosesfermentasi katabolisme adalah gas methan dan karbon dioksida. Hasil dari anabolisme adalah peningkatan massa bakteri yang dapat diketahui melalui peningkatan konsentrasi *volatile suspended solids (VSS)*. Akibat proses metabolisme dinyatakan dengan penurunan konsentrasi bahan-bahan organik. Persentase proses katabolisme dan anabolisme pada pengolahan

anaerobik adalah 97 % dan 3 %. Sedangkan untuk proses aerobik sebesar katabolisme 33 % dan anabolisme 67 %. Skema penggunaan substrat pada metabolisme bakteri anaerobik dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Skema metabolisme bakteri (Haandel dan Letingga, 1994)

2.3.5 Mekanisme anaerobik

Metabolisme anaerobik dibagi menjadi empat tahapan proses :(Haandel dan Letingga, 1994)

- Tahap Hidrolisa

Tahap awal proses anaerobik adalah hidrolisa terhadap senyawa organik kompleks menjadi molekul-molekul yang sederhana. Proses hidrolisa terhadap bahan-bahan organik ini melalui enzim yang dihasilkan bakteri fermentasi. Polimer seperti selulosa, protein, karbohidrat dipecah menjadi monomer. Selulosa difermentasi menjadi *cellobiose* dan gula. Protein diubah menjadi

asam amino dan polipeptida. Lemak menjadi galaktosa, gliserol dan asam-asam lemak berantai panjang.

- Tahap Asidogenesis

Pada tahap ini komposisi asam amino diubah menjadi asam lemak volatil, H_2 , CO_2 , amonium. Selain itu juga diuraikan menjadi asam laktat dan etanol. Bentuk senyawa tersebut merupakan hasil kegiatan dari bakteri fermentasi. Asam lemak volatile dapat berupa asam propionat dan asam butirat. Tingginya kandungan organik mengakibatkan peningkatan akumulasi produksi asam.

- Tahap Asetogenesis

Pada tahap asetogenesis, hasil utama dari proses tahap kedua (asedogenesis) 70 % diubah menjadi asam asetat oleh kelompok bakteri asetogenesis. Hasil tahap asedogenesis diubah menjadi asam asetat, hidrogen (H_2) dan karbondioksida (CO_2). Pembentukan asam asetat kemungkinan disertai dengan pembentukan hidrogen (H_2) dan karbondioksida (CO_2).

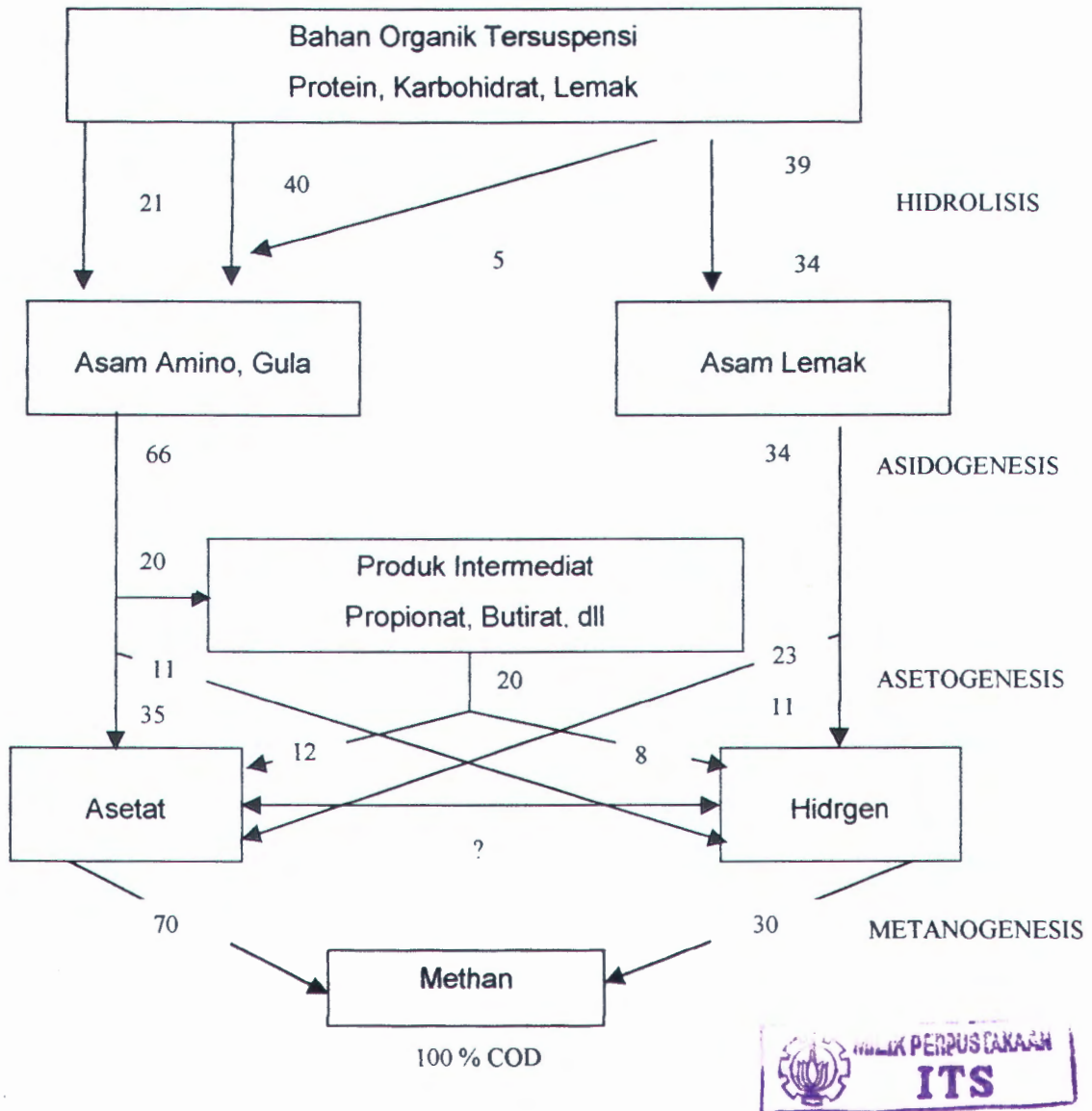
- Tahap Methanogenesis

Pada tahap ini terjadi pembentukan gas metan dari senyawa asetat, karbondioksida dan hidrogen oleh bakteri penghasil metan.

Dalam keseluruhan proses, konversi substrat ditentukan oleh karakteristik kinetik dari fase yang paling lambat. Dimana hal ini juga ditentukan oleh komposisi substrat. Untuk substrat yang tidak terlarut seperti selulosa, tahap hidrolisa merupakan tahap yang paling penting dari keseluruhan proses degradasi. Kecepatan hidrolisa ditentukan oleh batasan mikrobiologis (waktu generasi, hidrolisa selulosa) serta karakteristik fisika dan kimia dari substrat.

Bila senyawa organik terlarut merupakan substrat utama dalam proses anaerobik maka bakteri asetogenik dan methanogen merupakan rate

limiting. Namun apabila air buangan mengandung suspended solid yang tinggi maka rate limitingnya adalah bakteri fermentasi pada tahap hidrolisa. Metabolisme anaerobik dapat dilihat pada gambar 2.3



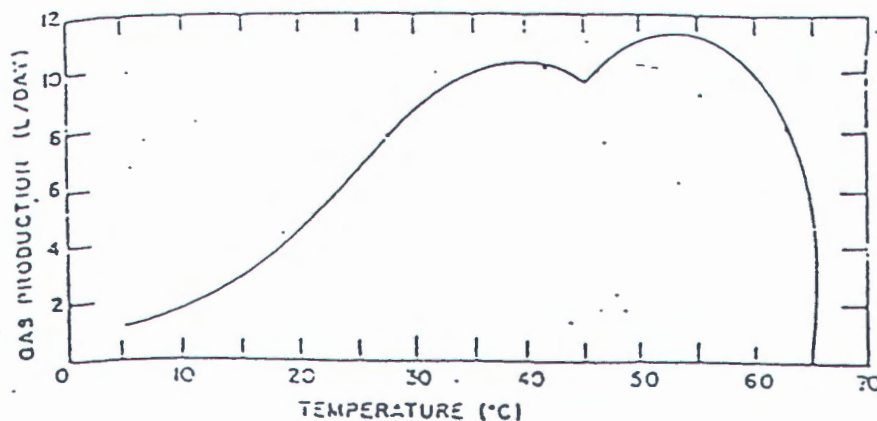
Gambar 2.3 Reaksi Penguraian Anaerobik Senyawa Komplek Organik (dalam prosentase COD), sumber: Haandel dan Lettinga, 1994.

2.3.6 Faktor lingkungan yang berpengaruh

Faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pengolahan anaerobik adalah temperatur, pH, kandungan nutrisi dan kandungan yang bersifat toksik.

a. Temperatur

Temperatur optimum dalam pengolahan anaerobik adalah antara (35 – 45)^oC untuk mesophilic dan 55^oC untuk range thermofilic. Untuk temperatur yang lebih rendah dari nilai optimum dapat menurunkan kecepatan digestion sekitar 11 % setiap ^oC penurunan temperatur (Henze dan Harremoës, 1983). Pada umumnya aktifitas biomassa lebih besar 25-50 % daripada kondisi mesophilik. Temperatur lebih mempengaruhi pada proses penguraian asetat menjadi metan (methanogenesis). Bakteri metanogen sangat sensitif terhadap suhu dimana daerah suhu optimum 30 – 40^oC pada mesophilik dan 50 – 60^oC pada thermopilik. Kurva tingkat produksi gas terhadap temperatur dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.4 Pengaruh suhu pada produksi gas
Sumber: Price dan Cheremisinoff, 1981)

b. pH dan alkalinitas

Nilai dan stabilitas pH dalam reaktor sangat penting karena kecepatan tahap methanogenesis akan tinggi pada pH netral. Kecepatan akan berkurang apabila pH dibawah 6.3 dan diatas 7.8. Menurut Benefield dan Randal pH optimum proses anaerobik 6.0 – 8.5. Pada proses anaerobik perlu juga diperhatikan untuk menetralkan asam sehingga nilai pH dapat terjaga pada kisaran yang diinginkan.

Di samping itu nilai pH yang konstan dapat menjaga kestabilan proses berlangsung baik. Alkalinitas berasal dari penguraian senyawa organik dalam bentuk bikarbonat (HCO_3^-) yang sebanding dengan karbondioksida (CO_2). Pada pH 6.5 – 7.5 alkalinitas sama dengan konsentrasi bikarbonat, karena pada pH netral konsentrasi karbonat lebih rendah dari konsentrasi bikarbonat. Penurunan pH dipengaruhi oleh konsentrasi *volatile fatty acids* (VFA) dan H_2CO_3 . Hal ini terjadi karena kecepatan produksi VFA melebihi proses pembentukan metan.

Alkalinitas diperlukan untuk mengatasi produksi VFA dan karbondioksida terlarut yang terbentuk akibat proses. Alkalinitas berperan penting untuk menjaga nilai pH. Alkalinitas didasarkan pada kapasitas untuk menetralkan asam dan berhubungan dengan garam dari asam lemah (Sawyer, 1995). Konsentrasi CO_2 yang berlebihan pada proses anaerobik harus dinetralkan dengan alkalinitas.

$$\text{Alkalinitas} = 2 [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{OH}^-] - [\text{H}^+]$$

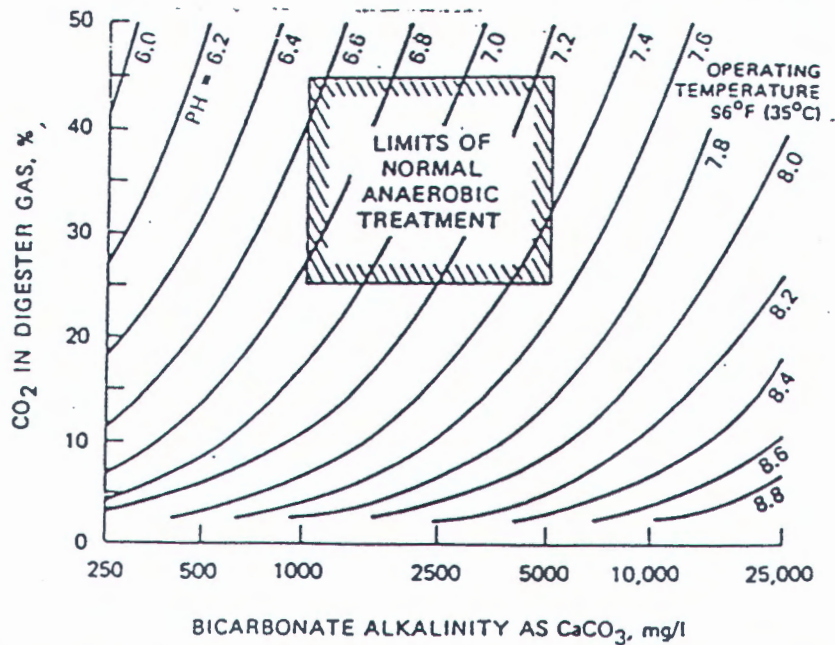
Pada range pH netral, 6.5 – 7.5, konsentrasi karbonat lebih rendah daripada konsentrasi bikarbonat. Pada kondisi tersebut alkalinitas sama dengan konsentrasi bikarbonat. Alkalinitas berasal dari penguraian senyawa organik dalam bentuk bikarbonat (HCO_3^-) yang sebanding dengan karbondioksida. (Malina dan Pohland,1992) sesuai dengan reaksi:



Alkalinitas pada air limbah akan meningkat karena penguraian bahan organik dengan melepaskan kation. Penguraian senyawa protein akan menyebabkan meningkatnya alkalinitas dengan melepaskan amonium. Reaksi penguraian protein yang menyebabkan meningkatnya alkalinitas (Speece,1996 dalam numaning,2000):



Alkalinitas sebagai *Volatile acid salt* berasal dari reaksi *volatile acid* dengan bikarbonat. Pada konsentrasi *volatile acid* yang rendah, alkalinitas total dalam bentuk alkalinitas bikarbonat. Pada konsentrasi *volatile acid* yang tinggi, alkalinitas bikarbonat lebih rendah daripada alkalinitas total. Menurut Pohland,1992 sekitar 83,3% konsentrasi *volatile acid* berpengaruh terhadap alkalinitas "*volatile acid salts*" dan 85% diukur pada pH = 4,0.



Gambar 2.5 Hubungan antara pH, CO₂ dan alkalinitas bikarbonat (Malina dan Pohland, 1992)

c. bahan toksik

Bahan toksik disini sangat mengganggu meskipun dalam jumlah yang kecil. Bahan toksik berhubungan dengan konsentrasi, lamanya pemaparan dan konsentrasi normal. Bahan toksik lebih banyak berasal dari kation daripada anion. Misalnya logam berat, kloro-organik, oksigen dan sulfid. Dimana kehadirannya merupakan *inhibitor* penghalang yang tidak disukai.

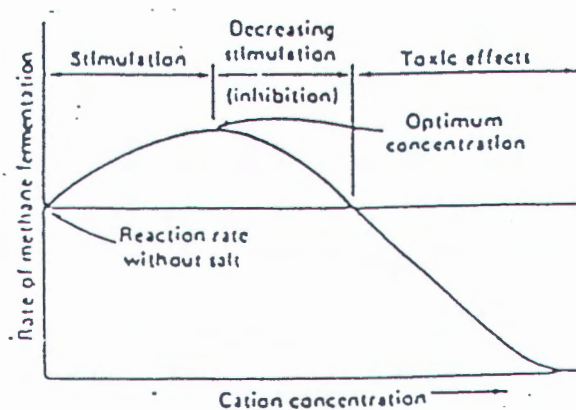
Oksigen yang kemungkinan masuk ke reaktor akan digunakan untuk proses acidogenesis (*oxidative metabolism*) sampai tidak ada oksigen terlarut dalam reaktor. Sulfid dapat dibentuk selama proses karena reduksi sulfat. Namun konsentrasi sulfid tetap diharapkan dalam pengolahan anaerobik adalah lebih dari 50 mg/l (hasil penelitian Rinzema, 1989). Pada konsentrasi yang rendah, kation dapat bersifat aktifator metabolisme untuk berbagai jenis enzim.

Sulfat dapat digunakan sebagai penerima elektron pada kondisi anaerobik dan menghasilkan sulfid. Konsentrasi sulfid inilah yang bersifat *inhibitory* pada proses metanogenesis. Bila kehadiran sulfid bersifat pengganggu

(*inhibitory*) dapat ditambahkan besi dan juga logam-logam lainnya untuk mengendapkan sulfid.

Kandungan amonia bebas dapat menjadi penghalang pada proses metabolisme bakteri anaerobik jika pada konsentrasi tinggi. Konsentrasi amonium bebas lebih bersifat toksik daripada dalam bentuk ion amonium. Pada limbah yang mengandung protein tinggi akan menghasilkan konsentrasi amonium yang cukup yang dapat meningkatkan kandungan alkalinitas. Kandungan protein yang ada pada air limbah biasanya tidak cukup banyak menyebabkan masalah keracunan amonium.

Kation dan enzim yang tepat akan dapat bersifat *stimulatory* (perangsang) metabolisme. Bila interaksi antara kation dan enzim tidak tepat, kation dapat bersifat toksik. Pengaruh kation pada pembentukan metana dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Kurva Pengaruh Kation Terhadap Fermentasi Methan (Benefield dan Randall, 1981)

d. kebutuhan nutrisi

Proses anaerobik membutuhkan nutrisi yang cukup untuk mendukung metabolisme bakteri sehingga tidak membatasi tingkat penguraian.

Rasio dari perbandingan nutrisi C:N:P yang dibutuhkan untuk pengolahan anaerobik adalah sebesar 350:5:1 (Kenji Furukawa, 1996). Nutrien yang diperlukan adalah nutrisi makro (C, N, P, S) dan nutrisi mikro (*trace element*) yaitu Ni, Co, Ca, K, Mg, Fe, Ba. Sumber utama karbon adalah karbohidrat dalam bentuk selulosa, hemiselulosa dan polimer lainnya. Sumber utama nitrogen adalah amonium dalam air buangan atau hasil hidrolisa protein. Sulfur dan fosfor diperlukan untuk metabolisme bakteri. Sulfur dibutuhkan untuk memproduksi asam amino dan enzim, sedangkan fosfor dibutuhkan untuk pembentukan asam nukleat. Sulfur dalam bentuk sulfur organik ataupun anorganik, sedang fosfor dalam bentuk fosfat.

2.4 UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET REACTOR

Sistem *Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reaktor* (UASB) merupakan sistem reaktor biologis yang menggunakan sistem proses *high rate*. Sistem operasional reaktor UASB ini berdasarkan pada pengembalian biomassa secara *internal* berdasarkan gravitasi. Biomassa dalam bentuk granular maupun flokulan dimana tidak mempengaruhi sistem kinerja dari reaktor. Granular atau flokulan tersebut akan membentuk '*blanket*' yang banyak mengandung mikroorganisme (dari 60-70 g/l sampai lebih dari 100-150 mg/l). *Blanket* inilah yang bertanggungjawab pada proses pendegradasian limbah yang masuk reaktor.

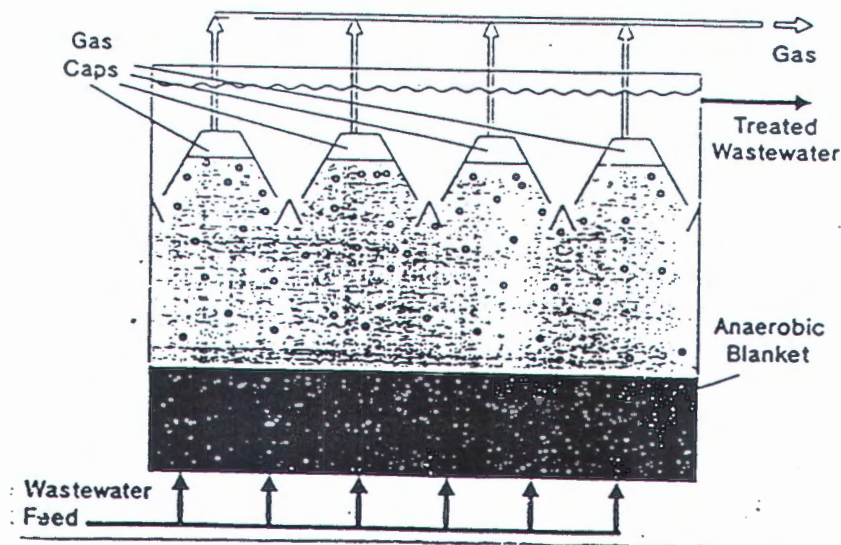
Granular tersebut mempunyai densitas yang cukup tinggi yang dapat menahan mereka pada bagian bawah reaktor tanpa terganggu oleh limbah yang melewatinya. Konsentrasi biomassa tersebut dipertahankan tersuspensi dan bergerak keatas karena aliran *influen* dan oleh biogas yang merupakan produk akhir degradasi. Formasi gelembung-gelembung gas yang terbentuk ini memberikan

pengadukan yang cukup dalam reaktor. Bersamaan dengan aliran *influen* dan gelembung gas yang terbentuk terdapat *solid* yang ikut ke atas. Terdapatnya peralatan penangkap gas dalam reaktor menghalang *solid* keluar bersama dengan air *effluen*.

Ketenangan pada daerah pengendapan menyebabkan *solid* kembali lagi ke bagian bawah reaktor dimana mereka dapat melakukan aktivitas metabolisme. Kondisi inilah yang disebut '*internal recycling*'. Kondisi ini menggantikan kebutuhan pengembalian secara *eksternal* dalam mencapai kondisi *high rate*. Rancangan dari peralatan pemisahan gas dan daerah pengendapan *solid* sangat penting untuk kesuksesan sistem dalam reaktor.

Jika perancangan tidak benar maka berakibat terjadinya kehilangan konsentrasi *solid* yang dapat menghasilkan kegagalan proses. Limbah dengan konsentrasi TSS kurang dari 1000 – 2000 mg/l akan meningkatkan pembentukan *sludge blankets* yang lebih baik. UASB ini lebih sensitif daripada reaktor lainnya. *Start up* lebih sulit dan membutuhkan kondisi yang tertentu untuk membentuk *sudge blanket*. Kecepatan ke atas UASB antara 1-2 m/jam.

UASB ini mampu mengolah limbah konsentrasi bahan organik yang tinggi, yaitu 500-600 mgCOD/l sampai lebih dari 20.000 mg/l. *Loading rate* yang mampu diterima oleh reaktor UASB sebesar 0.5 – 40 kg/m³ hari. Dibawah ini adalah gambar reaktor UASB



Gambar 2.6 Reaktor Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor

❖ Pada reaktor *UASB* ini dibutuhkan :

1. Dalam proses konversi bahan organik yang terkandung pada limbah, reaktor *UASB* berdasarkan pada pembentukan *blanket* pada bagian dasar reaktor oleh bentuk formasi dari granular atau flokulan lumpur yang mampu mengendap dengan baik. Daerah ini disebut sebagai *digestion zone*. *Influen* didistribusikan secara merata melewati bagian bawah reaktor dan mengalir ke bagian atas reaktor sebagai *effluen*. *Influen* yang masuk terlebih dahulu melewati bagian lapisan lumpur '*sludge blanket*', dan bahan organik yang terkandung dalam limbah akan dimanfaatkan oleh lumpur untuk melakukan metabolisme dan dikonversi menjadi biogas.
2. Untuk kebutuhan kontak yang intensif antara bahan organik yang dikandung pada *influen* dengan bakteri pada '*sludge blanket*', sistem berdasarkan pada agitasi yang disebabkan oleh munculnya gelembung gas dan energi kinetik dari *influen* saat masuk reaktor. Pada keadaan agitasi alamiah akan didapatkan

kontak yang bagus antara bakteri dan limbah maka tidak diperlukan lagi pengadukan mekanis.

3. Besarnya masa lumpur yang dapat dipertahankan dalam reaktor dapat dicapai dengan perlengkapan instalasi. Perlengkapan tersebut berguna untuk pemisahan tiga fase yang terjadi dalam reaktor, yaitu: *biogas* (G), *Liquid* (L) dan *solid/lumpur* (S) pada bagian atas reaktor. Pemisah fase GLS ini membagi reaktor dalam dua bagian, yaitu bagian atas sebagai daerah pengendapan dan bagian bawah sebagai *digestion zone*. Hasil biogas akan ditangkap oleh alat pemisah GLS sehingga daerah pengendapan menjadi tenang dan partikel lumpur yang kemungkinan terbawa oleh aliran *influen* dapat mengendap dan terakumulasi pada peralatan pemisah GLS. Oleh karena keadaan peralatan pemisah GLS menyebabkan lumpur kembali pada *digestion zone* dan kembali mengambil bagian dalam proses pendegradasian bahan organik dalam limbah.

2.5 ANAEROBIK RADIAL MIXING REAKTOR

Anaerobic radial mixing reactor merupakan pengembangan dari UASB. Reaktor ini mempunyai desain *internal* yang lebih sempurna yang memungkinkan proses hidrologis yang lebih bagus. Untuk keberhasilan proses melibatkan *sludge* aktif yang pada dasar reaktor. Hens dan Haremoes (1982) telah mencatat berbagai penelitian tentang penggunaan *sludge blanket* reaktor untuk mengolah berbagai macam tipe limbah. *Anaerobic radial mixing reactor* merupakan pengolahan anaerobik dengan mekanisme sistem *suspended growth*.

Reaktor ini beroperasi dengan aliran radial ke bawah dan ke atas melalui *baffle* dan memiliki kinerja secara fisika dan biologis. Dengan penambahan *baffle* silinder yang berbentuk kerucut terbalik, modifikasi desain internal serta

distribusi aliran *influent* diharapkan agar waktu kontak antara bakteri dan air limbah akan semakin baik.

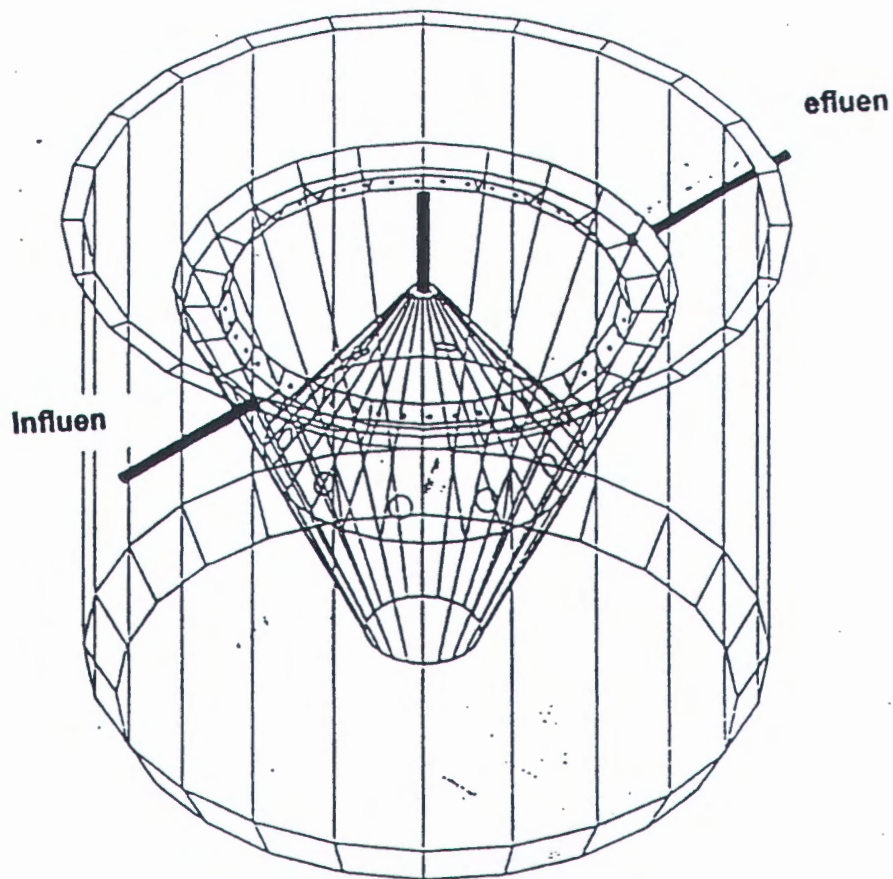
Pada dasar reaktor terjadi proses biologis yang melibatkan sejumlah bakteri anaerobik. Mikroorganisme aktif ini berbentuk *granular sludge*. Air limbah yang akan diolah didistribusikan secara seragam dari inlet ke dasar reaktor melalui *biological sludge layer*. Bakteri-bakteri pada *sludge bed* inilah yang akan melakukan pendegradasian pada material organik dan akan dihasilkan gas. Kemampuan *anaerobic radial mixing reactor* dipengaruhi oleh:

- Kestabilan dan bayaknya sludge aktif di dasar reaktor dibawah kondisi organik loading yang tinggi
- Kontak antara sludge aktif dan limbah
- Kecepatan proses konversi biologis
- Kemampuan *granular sludge* untuk tetap tertahan



Gas yang dihasilkan sangat berpengaruh terhadap kondisi *granular sludge*. Untuk itu sistem dilengkapi dengan alat pemisah gas, sehingga gas dapat terpisah dengan cairan dalam reaktor. Kompleknya air limbah yang masuk reaktor sangat mempengaruhi proses. Untuk itu proses pengolahan air buangan tergantung dari pada :

1. efisiensi sistem dalam menurunkan polutan yang terdispersi, dapat dilengkapi dengan pengendapan terlebih dahulu
2. kecepatan hidrolis yang tergantung dari temperatur operasional, ukuran, bentuk dan komposisi polutan yang terdispersi
3. efisiensi sistem untuk menahan *exo-enzym* untuk keperluan hidrolis



Gambar 2.7 Anaerobic Radial Mixing Reactor

2.5.1 Prinsip kerja

Sistem *anaerobic radial mixing reactor* beroperasi dengan diawali *seeding* lumpur *sludge digester*. Setelah beberapa waktu beroperasi akan terbentuk lapisan *sludge* dengan konsentrasi tinggi di dasar reaktor. Lapisan *sludge* ini padat dan berbentuk granular yang memiliki kecepatan pengendapan yang tinggi.

Perkembangan pembentukan lapisan *sludge* tersebut sangat tergantung dari karakteristik limbah dan *sludge* yang digunakan untuk *seeding* di awal operasi reaktor.

Dari pipa *influent* yang berada di bagian atas reaktor, limbah mengalir secara merata dengan aliran radial kebawah menuju lapisan *granular sludge*. Dibagian ini terjadi proses biologis atau proses pendegradasian air limbah oleh mikroorganisme anaerobik. Di atas lapisan *sludge* tersebut berupa zona *blanket* yang memiliki densitas lebih rendah. Removal COD terjadi setelah melewati lapisan *sludge* dan zona *blanket* yang disertai dengan adanya pengadukkan sendiri akibat gas yang terbentuk. Dari lapisan *sludge*, limbah mengalir *up flow* menuju sistem *effluent*. Gas merupakan hasil dari proses dari biodegradasi dalam reaktor yang nantinya akan terkumpul dalam *gas collector*.

2.5.2 Sistem perencanaan

Untuk mendapatkan reaktor yang mempunyai kemampuan optimal dalam proses, perlu suatu desain yang baik terhadap fasilitas yang ada di dalamnya. Desain ini meliputi *zona inlet*, *zona sludge*, *zona settling* dan *zona effluent*. Kunci sukses dari operasi *anaerobic radial mixing reactor* adalah menjaga *sludge* agar tertahan dalam sistem. Hal ini dapat ditunjang dengan adanya *baffle* dengan kemiringan, *gas solid separator* dan mengurangi pengadukkan secara mekanik.

2.5.3 Zona inlet

Sistem inlet desain *anaerobic radial mixing reactor* berada pada bagian atas dari reaktor dengan aliran ke bawah menuju zona *blanket*. Adanya *baffle* pada zona inlet akan membuat aliran mengalir secara radial. Dengan bentuk aliran ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas *mixing*. Kondisi *mixing* didasar reaktor sangat penting. Hal ini akan menentukan kualitas kontak antara *influent* dan *biomassa* yang ada didalamnya. *Baffle* ini juga berfungsi untuk mendukung terbentuknya *granular sludge* secara sempurna.

Desain *influen* pada reaktor membuat *mixing* menjadi lebih sempurna karena akan terjadi waktu kontak yang lebih lama dan lebih merata. *Mixing* juga dapat terjadi dengan adanya produksi gas dimana gas mengalir dengan kecepatan yang dimiliki. Untuk itu alat mekanikal tidak diperlukan untuk membuat kondisi *mixing*, karena dampak dari *mixing* yang berlebihan dapat memecah flok granular sehingga sistem menjadi tidak sempurna. Agar mencapai efisiensi yang bagus maka distribusi yang seragam dari inlet harus dijaga. Distribusi yang baik sangat penting untuk meningkatkan kontak substrat dan mikroorganisme.

2.5.4 Zona lumpur

Zona lumpur merupakan area terpenting dari reaktor yang terletak di bagian dasar. Area ini adalah tempat terjadinya proses utama dari pengolahan anaerobik dalam reaktor, karena disinilah mikroorganisme aktif tumbuh dan berkembang. Bakteri tumbuh sebagai *granular sludge* dan dengan kecepatan aliran dijaga agar tetap dapat tertahan di dasar reaktor. Kualitas bakteri yang terdapat pada *zona sludge* ini sangat menentukan keberhasilan dari suatu proses didalam reaktor.

2.5.5 Gas solid separator

Gas solid separator sangat diperlukan untuk mengembalikan *sludge* anaerobik yang ikut terbawa aliran. *Gas solid separator* ini berfungsi untuk memisahkan antara gas dan *solid (sludge)*. *Sludge* dengan densitas rendah yang terperangkap ke dalam gas akan terbawa ke atas. Dengan desain *gas solid separator* ini, *sludge* tersebut akan mudah untuk jatuh dan terkumpul kembali dalam *blanket zone*. Sedangkan fase gas akan naik dan terkumpul dalam *gas collection/dome*.

Untuk mendapatkan kondisi seperti ini maka *gas solid separator* dapat didesain sebagai kerucut. Ruang *gas solid separator* didesain sedemikian rupa untuk mengatasi terbentuknya *scum* (Souza, M.E,1986). Desain yang sempurna dari *gas solid separator* belum didapatkan secara optimal. Tetapi menurut Lettinga et. Al (1982) secara pokok *gas solid separator* dapat didesain sebagai berikut:

1. *gas solid separator* harus mampu memisahkan secara sempurna gas dan *solid* secara efektif. Ini bisa dilakukan dengan memberikan *baffle* miring sebagai alternatif desain
2. *gas solid separator* harus mampu membuat *sludge floc (granular)* terperangkap dan jatuh kembali ke *digestion compartement*. Ini bisa dilakukan dengan membuat dinding miring (dengan kemiringan 45 – 60 °). Selain itu juga dengan menjaga agar kecepatan ke atas tidak lebih dari 3 – 5 m/ jam.

2.5.6 Zona pengendapan

Zona pengendapan merupakan area setelah pemisahan antara gas dan *solid*. Pada zona ini, diharapkan cairan sudah terbebas dari gas dan *sludge* sebelum masuk *weir*. Dengan kemiringan bidang yang membatasi zona ini, sisa *solid* yang masih terbawa dapat mengendap secara sempurna. Cairan menuju zona pengendapan melalui lubang dengan diameter tertentu.

2.5.7 Zona efluen

Hasil dari proses dalam reaktor ditampung oleh sistem *effluent* yang terdapat pada bagian atas reaktor. Sistem *effluent* dilengkapi dengan *weir* dan pipa *effluent*. *Weir* terdiri dari beberapa lubang dengan diameter kecil.

Sistem pengeluaran dari reaktor didesain untuk mendapatkan kemungkinan aliran yang seragam. *Weir* sangat membantu didalam peningkatan efisiensi, yaitu dengan mencegah sesedikit mungkin adanya *suspended solid* pada efluen. Hal ini sangat mempengaruhi kualitas pada saat *start up*.

BAB III

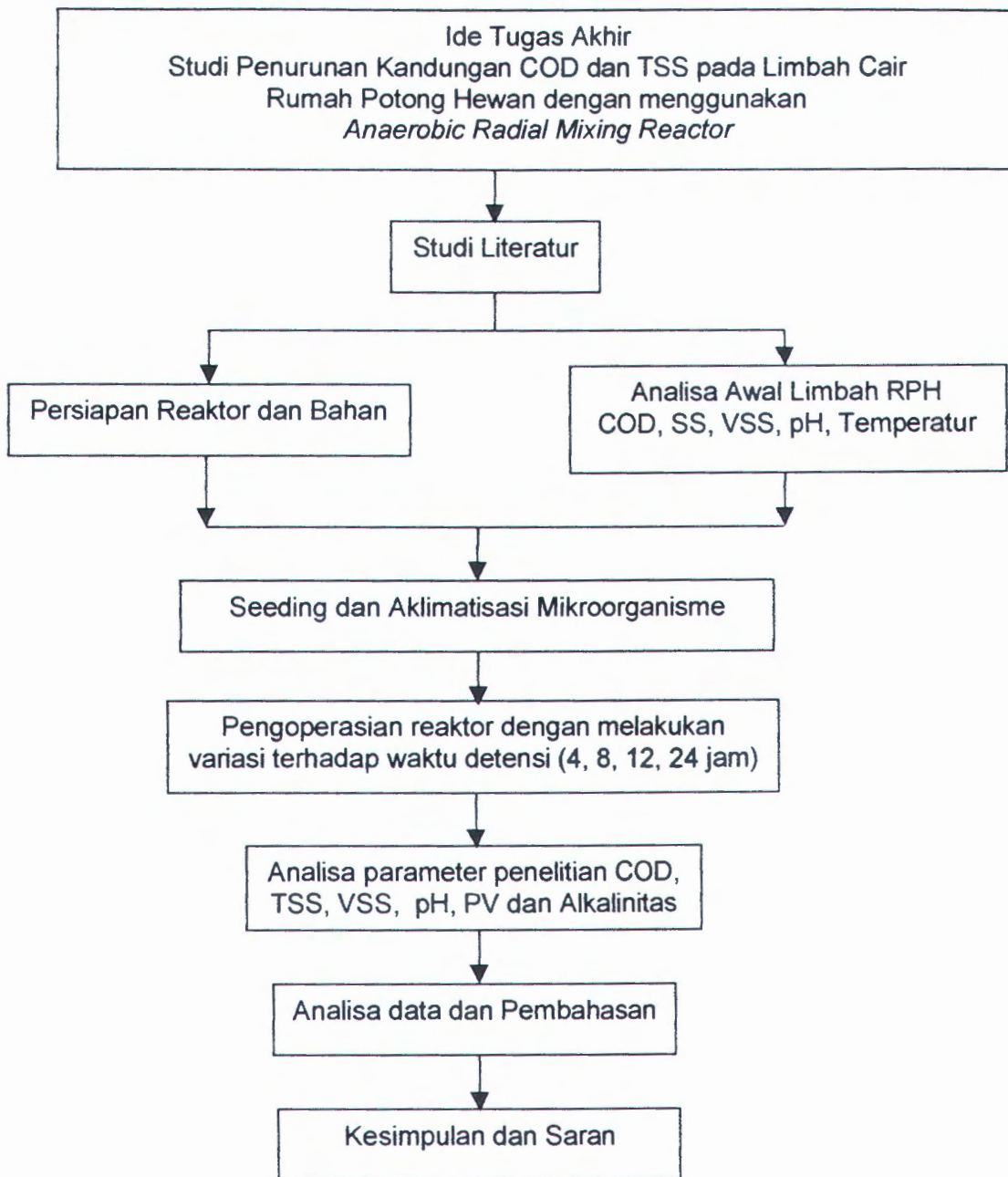
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. KERANGKA PENELITIAN

Pada tahap berikut ini dibahas mengenai segala sesuatu yang berhubungan dengan pelaksanaan tugas akhir. Penyusunan kerangka penelitian dilakukan untuk dengan tujuan

1. memudahkan pelaksanaan tugas akhir
2. mendapatkan gambaran tahapan penelitian secara sistematis
3. memperkecil tingkat kesalahan dalam pelaksanaan
4. mengevaluasi permasalahan untuk dilakukan optimasi

Berikut ini skema tentang tahapan pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan.



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.2. TAHAPAN PENELITIAN

3.2.1. Studi Literatur

Dilakukan mulai tahap awal penelitian sampai dengan penarikan kesimpulan. Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan dan mempelajari berbagai sumber informasi sebagai dasar dalam pelaksanaan penelitian dan analisa data serta pembahasan. Dalam studi literatur dipelajari mengenai proses-proses dalam sistem suspended growth, terutama pada kondisi anaerobik. Dipelajari juga tentang karakteristik sumber limbah, yaitu Rumah Potong Hewan Pegirikan. Untuk mengurangi kesalahan dalam melakukan penelitian perlu juga mempelajari dasar-dasar penelitian parameter- parameter yang digunakan.

3.2.2. Persiapan reaktor dan bahan

Persiapan reaktor adalah pembuatan reaktor. Reaktor yang dibutuhkan satu unit reaktor Anaerobic Radial Mixing yang terbuat dari fiber glass dan merupakan model reaktor anaerobik dalam skala laboratorium. Volume reaktor 40 liter.

Peralatan pelengkap pengoperasian reaktor meliputi:

1. bak sampel

Bak ini bak besar berukuran 120 liter. Dimana bak ini berfungsi sebagai tempat air limbah ditampung sebelum dialirkan ke dalam reaktor sesuai dengan debit yang dibutuhkan. Bak ini akan diletakkan lebih tinggi dari peralatan pelengkap lainnya. Hal ini bertujuan agar pengaliran ke dalam reaktor terjadi pada kondisi gravitasi.

2. bak pelimpah

Digunakan jirigen yang telah dipotong bagian atasnya agar tetap terbuka. Bak diletakan lebih rendah daripada bak sampel namun tetap memungkinkan terjadinya pengaliran influen secara gravitasi. Tujuan terdapatnya bak ini adalah untuk menjaga tekanan yang masuk reaktor konstan. Diharapkan limbah dari bak sampel akan mengalir memenuhi bak pelimpah, dan tekanan kembali pada muka air pada bak pelimpah. Tekanan tersebut akan konstan dengan kontinyunya pengaliran limbah dari bak sampel.

3. bak effluent

Digunakan bak yang cukup besar untuk menampung air limbah terolah. Tampungan air limbah terolah setiap hari dibuang tetapi masih terdapat air limbah terolah. Hal ini bertujuan untuk membantu kondisi anaerobik, karena ujung pipa efluen yang berhubungan langsung dengan reaktor masih terendam air limbah terolah.

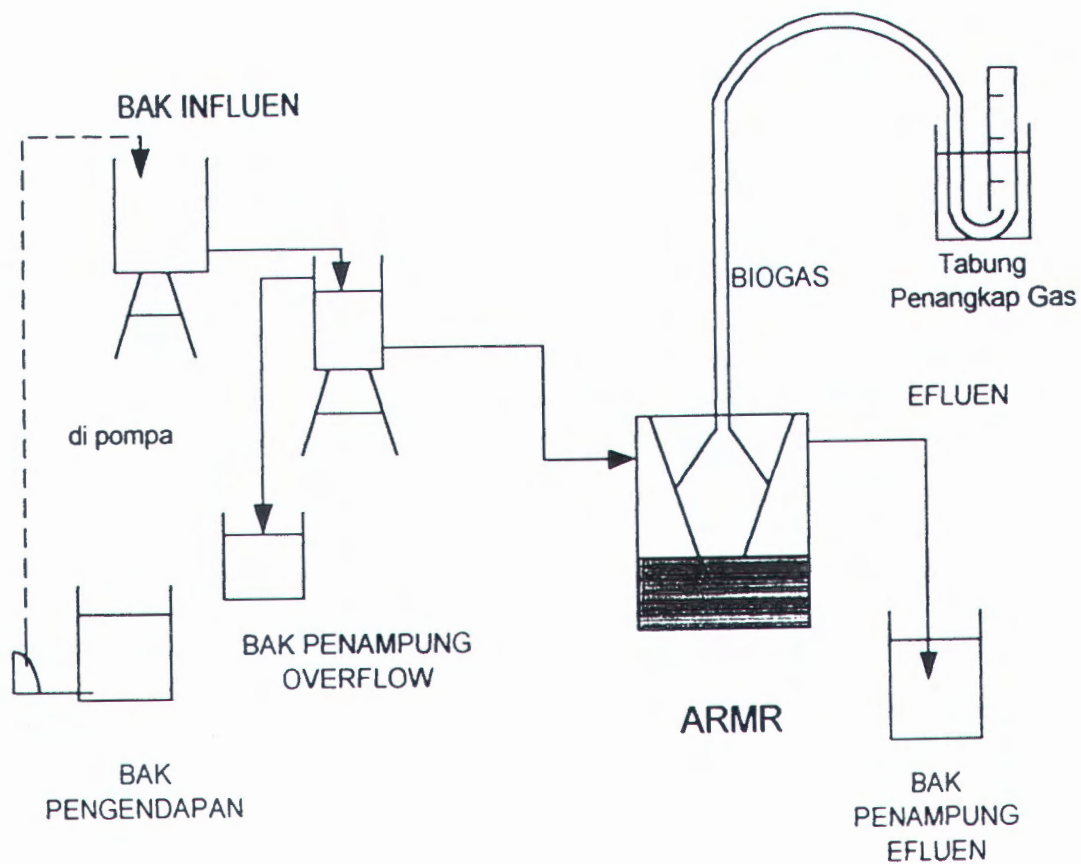
4. tabung penangkap gas

Alat yang digunakan untuk penangkap gas merupakan alat yang sederhana. Digunakan timba yang berukuran kecil untuk menampung air ditambah *metyl orange* dan gelas ukur sebagai alat pengukuran produksi gas. Timba tersebut diletakan pada posisi lebih tinggi daripada bagian atas reaktor. Antara reaktor dan posisi timba digunakan pipa gas.

5. bak pengendapan

Digunakan bak yang berukuran 70 liter sebanyak dua buah. Bak ini digunakan untuk mengendapkan kandungan TSS yang terdapat dalam limbah. Proses pengendapan dilakukan selama satu hari sebelum dialirkan kedalam reaktor.

skema reaktor penelitian dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 3.2 Skema operasional reaktor

3.2.3. Analisa awal limbah RPH

Melakukan analisa karakteristik limbah RPH yang meliputi COD, TKN, TSS, pH dan Temperatur. Analisa awal tersebut bertujuan untuk mengetahui karakteristik limbah RPH sehingga dapat dilakukan penanganan khusus yang

diperlukan. Hal ini berguna untuk mendapatkan kondisi yang diperlukan untuk kesuksesan proses anaerobik.

3.2.4. Seeding dan Aklimatisasi mikroorganismen

Tujuannya adalah untuk memperoleh sejumlah mikroorganismen agar dapat membentuk sludge blanket. Dalam pengolahan ini digunakan lumpur dari pengolahan limbah pabrik tahu. Sebelum dimasukkan ke dalam reaktor, seeding dilakukan secara *batch* di luar reaktor. Adapun cara melakukan seeding adalah lumpur dimasukkan ke dalam bejana.

Adanya gelembung gas menunjukkan adanya kehidupan mikroorganismen anaerobik. Kemudian lumpur tersebut dimasukkan ke dalam reaktor dan dilakukan pengaliran limbah secara kontinu dengan diawali debit yang kecil terlebih dahulu sampai mencapai debit yang diinginkan. Pengukuran *Pemanganat Value (PV)* selama kondisi start up dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh perkembangan pertumbuhan mikroorganismen. Pengukuran PV dilakukan pada influen dan efluen sehingga diperoleh angka pengolahan yang konstan dengan fluktuasi removal kurang dari 10 %.

3.2.5. Pengoperasian Reaktor

Pengoperasian reaktor setelah kondisi steady state, reaktor dioperasikan secara kontinu dan dilakukan variasi waktu detensi (4, 8, 12 dan 24 jam).

Adapun metode pengoperasian reaktor adalah :

1. Proses pengendapan dilakukan satu hari sebelum jadwal pengoperasian reaktor.

2. Memasukkan air limbah ke dalam bak sampel dan dilanjutkan dengan pengaturan debit berdasarkan waktu detensi yang diinginkan.
3. Melakukan analisa terhadap PV selama proses masih dalam kondisi start up. Analisa dilakukan pada influen dan efluen untuk didapatkan efisiensi removal bahan organik. Apabila perbedaan efisiensi yang dihasilkan telah menunjukkan perubahan lebih kurang 10 % dari data sebelumnya selama 5 kali berturut-turut akan dinyatakan reaktor dalam kondisi *steady state*.
4. Setelah tercapainya kondisi *steady state* maka dilakukan analisa terhadap parameter penelitian. Analisa dilakukan pada influen dan efluen. Parameter tersebut antara lain konsentrasi COD, BOD, TSS, minyak dan lemak, VFA, alkaliniti, pH. Konsentrasi COD dan TSS digunakan untuk mengetahui kemampuan kinerja reaktor didalam mendegradasikan limbah RPH. Minyak dan lemak serta pengukuran VFA dilakukan untuk kontrol adanya gangguan yang disebabkan oleh kandungan minyak dan lemak. Alkaliniti dan pH dilakukan pengukuran berguna untuk mengetahui apakah sistem proses anaerobik dalam reaktor masih berlangsung sempurna.
5. Prosedur ini diulangi terhadap setiap variasi waktu detensi.

Dilakukan pengoperasian sebanyak lima kali untuk setiap waktu detensi. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan data yang dapat mewakili kondisi yang terjadi pada reaktor. Variasi waktu detensi sebanyak empat kali, yaitu 24 jam, 12 jam, 8 jam dan 4 jam.

3.2.6. Metode sampling

Pengambilan sampling dilakukan pada kondisi operasional pada saat sistem telah mencapai kondisi *steady state*. Sampling dilakukan pada influen

dan efluen pada setiap operasional. Setiap variasi waktu detensi dilakukan pada lima kali operasional. Operasional dilakukan sesuai dengan waktu detensi yang ada.

Pengambilan sampling setiap kali operasional pada influen dilakukan satu kali dan pada efluen dilakukan dua kali. pada influen dilakukan pada saat limbah akan masuk reaktor. Pada efluen dilakukan pada awal operasional dan pada akhir operasional, yaitu sesuai dengan waktu detensi yang ada.

3.2.7. Analisa parameter penelitian

Analisa parameter penelitian meliputi : PV, COD, TSS, pH, Alkaliniti dan temperatur. Analisa dilakukan pada setiap variasi setelah tercapainya kondisi steady state. Titik sampling dilakukan pada influen, efluen. Pada waktu aklimatisasi sampai kondisi stady state hanya dilakukan pengukuran PV, pH dan temperatur. Analisa parameter penelitian dilakukan setiap hari pada awal runnimg dan akhir running untuk satu influen. Metode yang digunakan dalam menganalisa adalah sebagai berikut :

a. Permanganat Value (PV)

Pemeriksaan PV merupakan cara menentukan kadar zat organik dalam air buangan secara kimia dengan menggunakan pengoksidasi KMnO_4 . Metode analisa dengan oksidasi KMnO_4 (Permanganat)

b. Chemical Oxygen Demand (COD)

Pemeriksaan COD merupakan cara menentukan kadar zat organik dalam air buangan secara kimiawi yang dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis. Pemeriksaan COD didasarkan pada jumlah O_2 yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik yang ada dalam air buangan dengan menggunakan pengoksidasi $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Metode analisa dengan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

c. Suspended Solid (SS)

SS merupakan zat padat terendap yang bersifat organis dan inorganis, yang dalam keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh gaya beratnya. Metode analisa dengan gravimetri.

d. Minyak dan Lemak

Konsentrasi minyak dan lemak di analisa dengan alat destilasi dan menggunakan pelarut kloroform. Pengukuran konsentrasi berdasarkan berat awal dan akhir erlenmeyer destilasi.

e. VFA (Volatile Fatty Acid)

Menggunakan alat destilasi dengan penambahan H_2SO_4 pekat pada sampel dan kemudian dititrasi dengan $NaOH$ 0,1 N . satuan VFA disini adalah mg/L. Air limbah didistilasi selama dua jam setelah ditambahkan dengan H_2SO_4 pekat.

f. pH dan Temperatur

pH dan temperatur memegang peranan penting dalam kehidupan bakteri. Tujuan pengukuran suhu dan pH untuk mengetahui sejauh mana perubahan suhu dan pH pada reaktor. Metode analisa pH dengan pH meter.

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. START-UP REAKTOR

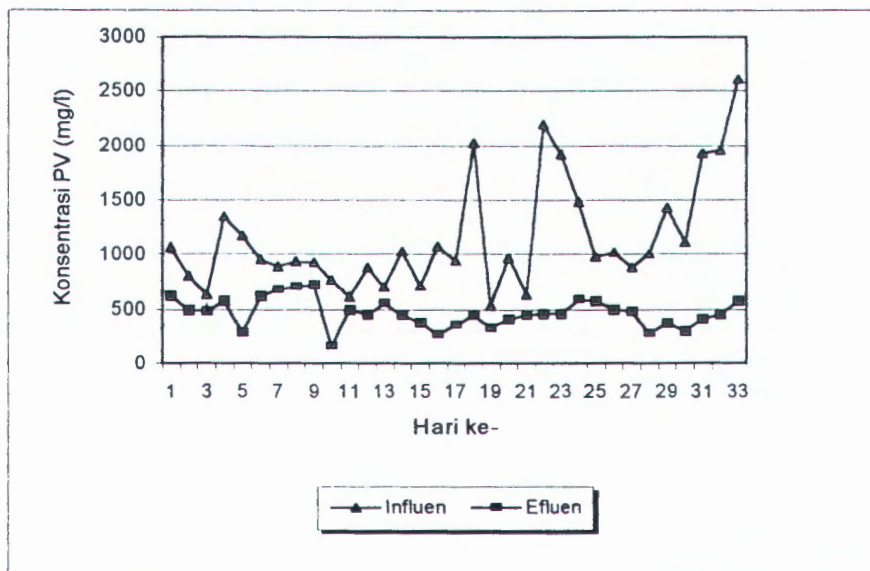
Start-up merupakan bagian terpenting dalam suatu pengolahan pada suatu unit instalasi anaerobik (Zeew dan Lettinga). Kondisi anaerobik harus benar-benar tercapai untuk menghasilkan bakteri aktif pendegradasi substrat atau air limbah. Pengoperasian reaktor pada saat *start-up* dilakukan pada *HRT* terbesar yaitu 24 jam. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan beban organik awal dan kecepatan *upflow* yang rendah sehingga mendorong pembentukan flokulan dan granular. Selain itu juga bertujuan untuk mencegah terjadinya *flying over*.

Perlakuan ini didasarkan atas selama belum terbentuknya *granular sludge* yang baik maka sistem belum siap untuk menerima beban organik yang tinggi. Pembentukan *granular sludge* sangat dipengaruhi oleh ketepatan pemilihan sumber *inoculum* yang digunakan saat kondisi *start up*, ketepatan volume *inoculum* dalam reaktor, jenis *sludge* yang digunakan. *Sludge* yang digunakan untuk *inoculum* dapat berupa *granular sludge* atau *non-granular sludge*. *Granular sludge* adalah lumpur hasil sistem pengolahan *UASB* atau modifikasinya, dimana lumpur yang terambil telah berbentuk agregat. *Non-granular sludge* adalah lumpur hasil pengolahan digester *sludge*, lumpur aktivasi *sludge* (Hickey, R.F, 1991)

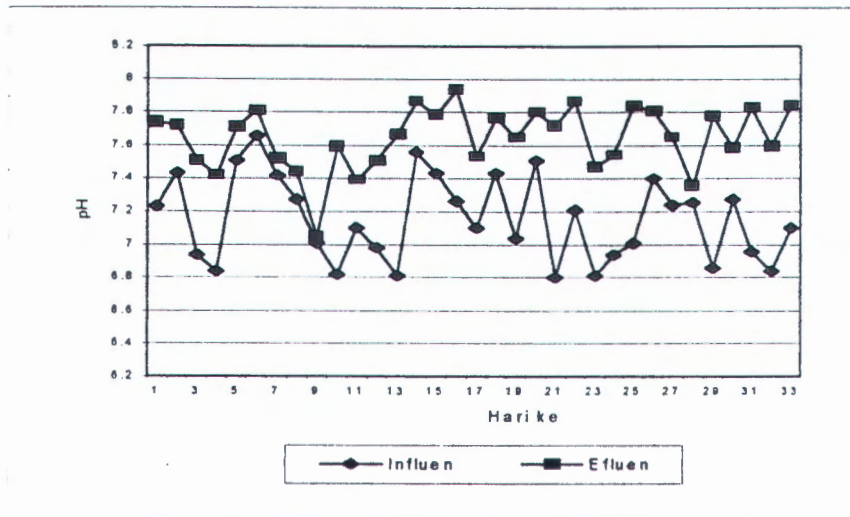
Selama proses *start-up* beban organik yang tinggi akan dapat membahayakan sistem karena fermentasi asam akan lebih dominan bila dibandingkan dengan metanogenesis sehingga dapat menyebabkan "*souring*" yang dapat menurunkan nilai pH dan mengakibatkan bakteri metanogen yang

limbah yang sebagian besar terdiri dari darah, dimana komposisi darah banyak mengandung makro dan mikro mineral (Frandsen, 1992), didukung pula banyaknya kandungan protein, karbohidrat. Protein merupakan sumber N sedangkan karbohidrat sebagai sumber C.

Selama masa *start-up* dilakukan analisa *Permanganat Value (PV)* secara *kontinyu*. Kontrol terhadap pH juga dilakukan selama masa *start-up* untuk mengetahui proses anaerobik berjalan dengan baik. Hasil analisa PV selama masa *start-up* dapat dilihat pada Gambar 4.1. Sedangkan pH selama masa *start-up* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.1. Grafik fluktuasi Analisa PV Selama Start-Up

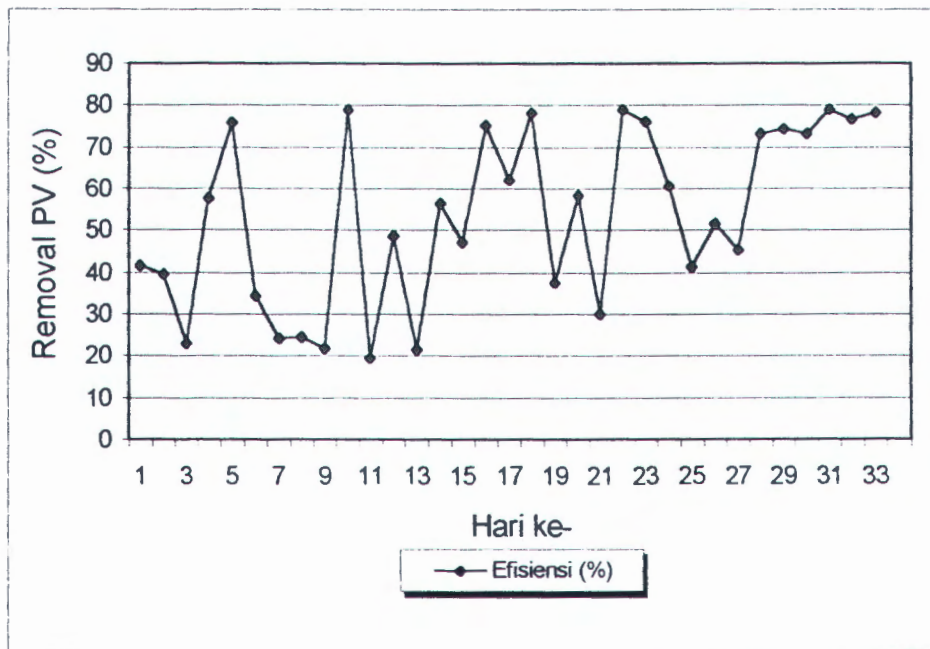


Gambar 4.2. Grafik pH Selama Start-Up

Dari Gambar 4.1. dapat dilihat bahwa pada tahap awal *start-up* efluen masih sangat berfluktuasi. Fluktuasi ini terjadi terutama pada analisa awal hingga analisa ke-25. Setelah analisa ke-25 fluktuasi semakin kecil dan menuju ke arah kondisi yang konstan. Semakin luasnya area antara influen dan efluen menunjukkan nilai efisiensi *removal* yang semakin lama semakin besar. Efisiensi reaktor *ARMR* selama proses *start-up* dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Dari Gambar 4.2. dapat dilihat bahwa nilai pH influen limbah masih dalam rentang nilai pH optimum pada pengolahan anaerobik, yaitu 6,8 – 7,2 (Vigneswaran dkk, 1986). pH efluen mengalami peningkatan dari pH influen namun masih dalam range pH netral. Peningkatan pH efluen ini yang kemungkinan pertama disebabkan oleh meningkatnya alkaliniti dalam reaktor sebagai akibat adanya pendegradasian protein membentuk amonium. Selain itu juga didukung oleh adanya ion-ion alkaliniti yang terkandung dalam limbah yang sebagian besar komposisinya adalah darah. Penyebab kedua meningkatnya pH efluen ini adalah

adanya pendegradasian *volatile fatty acids* (VFA) yang dapat meningkatkan konsentrasi hidrogen karbonat dalam reaktor (Haandel dan Lettinga, 1994). peningkatan nilai pH efluen ini juga dapat dijadikan sebagai indikator bahwa telah berlangsungnya proses methanogenesis dengan baik karena hal ini berarti telah terjadi pendegradasian *volatile fatty acids* (VFA) menjadi methan.



Gambar 4.3. Efisiensi PV Selama Start-up

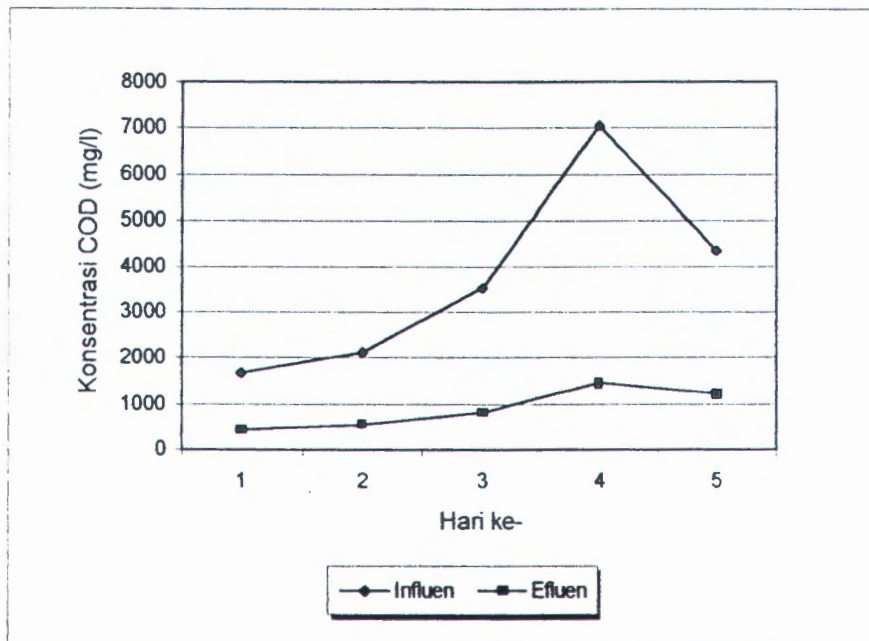
Gambar 4.3. menunjukkan efisiensi reaktor ARMOR selama *start-up* berdasarkan analisa PV, dimana efisiensi semakin bertambah besar dengan semakin bertambahnya waktu. Nilai efisiensi sangat berfluktuatif pada analisa awal hingga pada analisa ke-29. Hal ini menunjukkan bahwa belum cukup terbentuknya populasi bakteri yang berkualitas baik untuk mengkonversi bahan-bahan organik yang terdapat dalam air limbah menjadi methan. Karena pada proses metabolisme

anaerobik hanya sebagian kecil bahan organik (3 %) yang terbentuk menjadi sel baru, sedangkan sebagian besar bahan organik (97 %) tersebut diubah menjadi energi dan produk *intermediate* (Haandel dan Lettinga, 1994). Dengan pengaliran limbah secara *kontinyu* akan menyebabkan akumulasi *solid* didalam reaktor terjadi secara bertahap. Populasi bakteri ini akan bertambah seiring dengan bertambahnya waktu dan bertambahnya akumulasi *solid*, karena limbah yang mengalir *kontinyu* juga membawa konsentrasi bakteri. Mulai analisa ke-29 dapat dilihat bahwa efisiensi *removal* telah menunjukkan angka yang konstan (fluktuatif $\pm 10\%$). Hal ini menunjukkan bahwa telah terbentuknya bakteri yang aktif dan siap untuk mendegradasi bahan organik dalam air limbah. Bakteri aktif ini memiliki kecepatan pengendapan yang tinggi sehingga dapat dipertahankan di dasar reaktor untuk mencegah bakteri tersebut keluar (*flying over*) bersama dengan efluen. Pada kondisi ini sistem sudah dapat dikatakan *steady state* atau siap untuk dioperasikan dengan beban organik yang tinggi tanpa menurunkan nilai efisiensi reaktor.

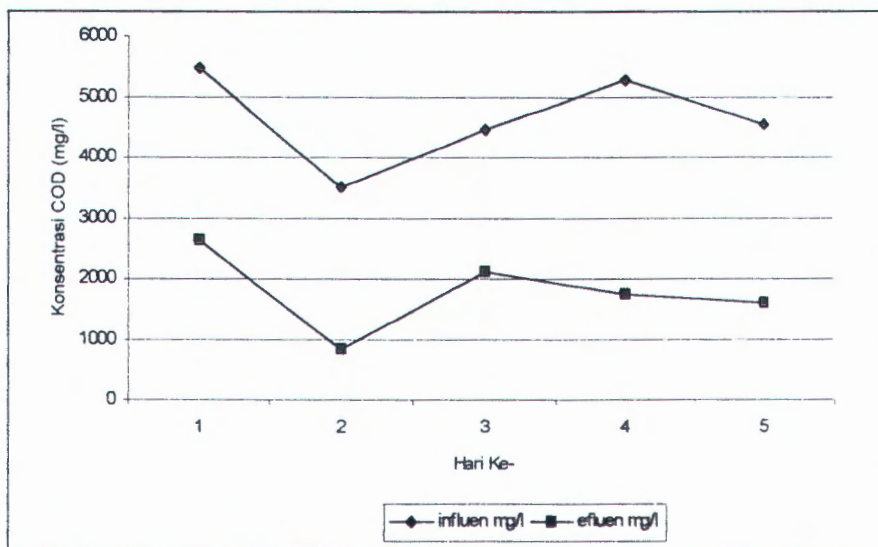
4.2. FLUKTUASI INFLUEN DAN EFLUEN

4.2.1 Fluktuasi konsentrasi COD

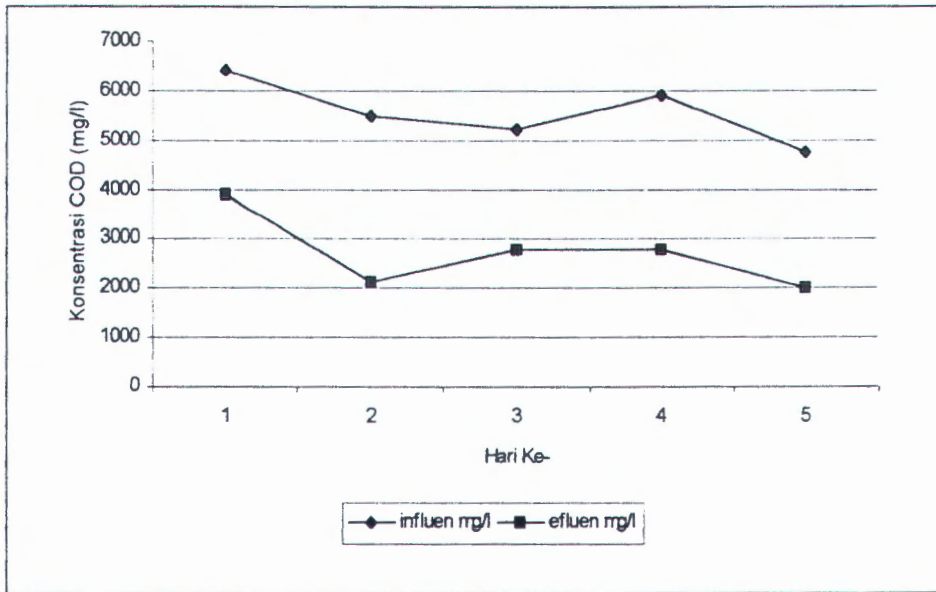
Pada penelitian ini, baik influen maupun efluen konsentrasinya berfluktuasi. Hasil penelitian terhadap fluktuasi influen – efluen dapat dilihat pada gambar 4.4, 4.5, 4.6 dan 4.7.



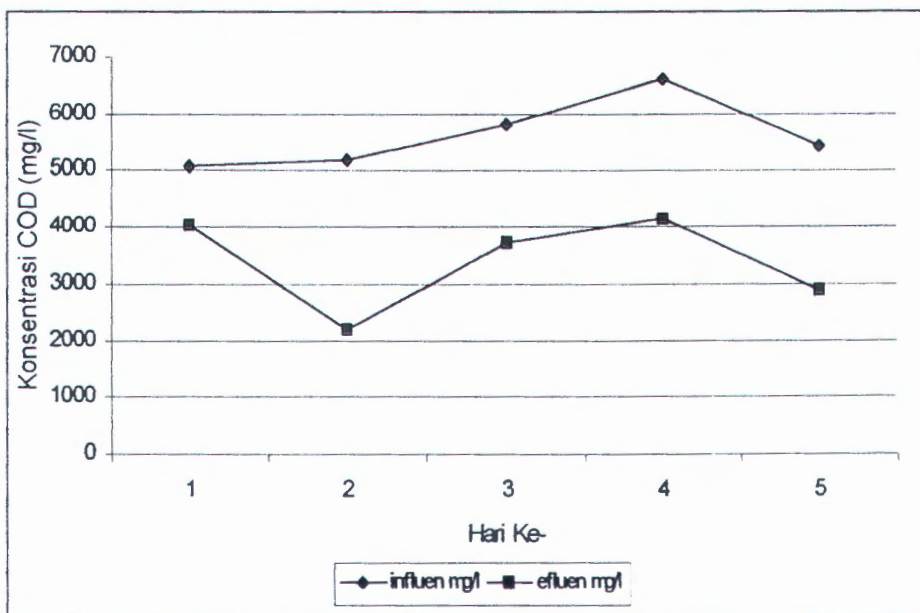
Gambar 4.4. Grafik Fluktuasi Influen – Efluen COD, td = 24 jam



Gambar 4.5. Grafik Fluktuasi Influen – Efluen COD, td = 12 jam



Gambar 4.6. Grafik Fluktuasi Influen – Efluen COD, td = 8 jam



Gambar 4.7. Grafik Fluktuasi Influen – Efluen COD, td = 4 jam

Konsentrasi influen yang sangat berfluktuatif disebabkan oleh beberapa hal : pertama adalah disebabkan oleh sumber limbah, yaitu limbah asli RPH Pegirian. Yang mana limbah ini tidak mengalami pengolahan terlebih dahulu, sehingga fluktuatif komposisi limbah yang terbuang tidak dapat diperkecil. Penelitian yang dilakukan adalah menggunakan limbah asli Rumah Potong Hewan yang telah mengalami pengendapan selama satu hari.

Faktor kedua adalah Meskipun kapasitas pemotongan hewan tetap untuk setiap harinya, namun besarnya konsentrasi limbah yang dihasilkan dapat bervariasi. Hal ini dikarenakan faktor besar kecilnya tubuh hewan yang dipotong. Semakin besar tubuh hewan maka volume darah akan semakin besar pula (Frandsen, 1992). Dengan semakin besar volume darah akan menyebabkan tingginya konsentrasi COD dari buangan proses penyembelihan hewan. Hal ini juga dipengaruhi oleh air pencuci yang bervariasi saat proses pencucian/ pengelontoran.

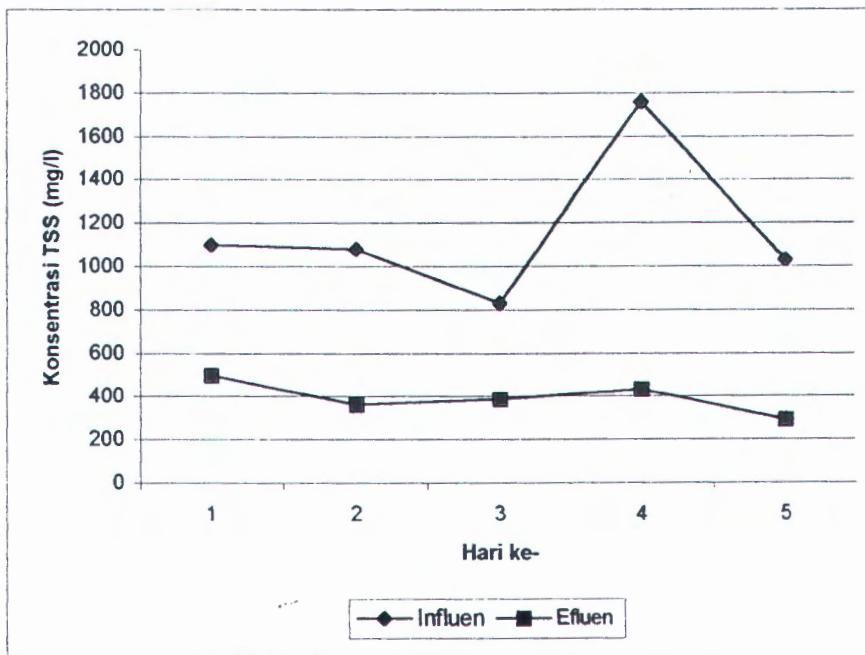
Faktor ketiga adalah perlakuan limbah pada penelitian, yang mana limbah tidak diturunkan konsentrasinya melalui pengenceran tetapi hanya disaring dan pengendapan selama satu hari. Proses ini juga berdasarkan aktivitas mikroorganisme, sehingga hasil akhirnya juga tidak konstan. Penurunan yang terjadi juga berfluktuatif baik akibat daripada persentase penurunan konsentrasi bahan – bahan organik maupun kestabilan hasil pengendapan.

Dari Gambar 4.4, 4.5, 4.6 dan 4.7 dapat dilihat bahwa konsentrasi efluen juga berfluktuasi, akan tetapi masih cenderung lebih konstan bila dibandingkan dengan fluktuasi dari konsentrasi influen. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi *steady state* benar-benar tercapai dan ditandai dengan dihasilkannya kualitas *granular sludge* yang bagus, dimana bakteri yang ada dalam reaktor telah

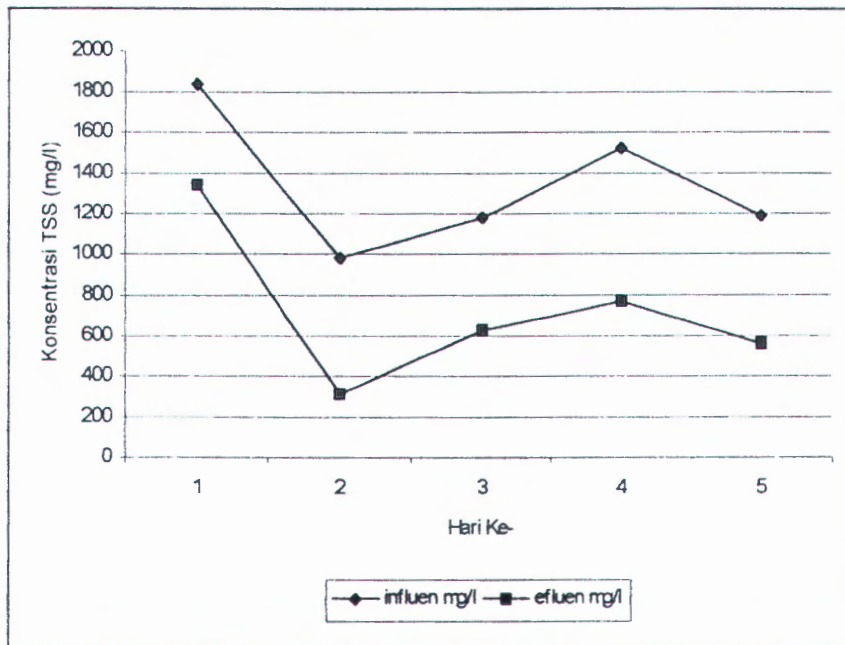
memiliki tingkat kestabilan dalam menghadapi konsentrasi influen yang berfluktuasi (Souza, 1986).

4.2.2 Fluktuasi konsentrasi TSS

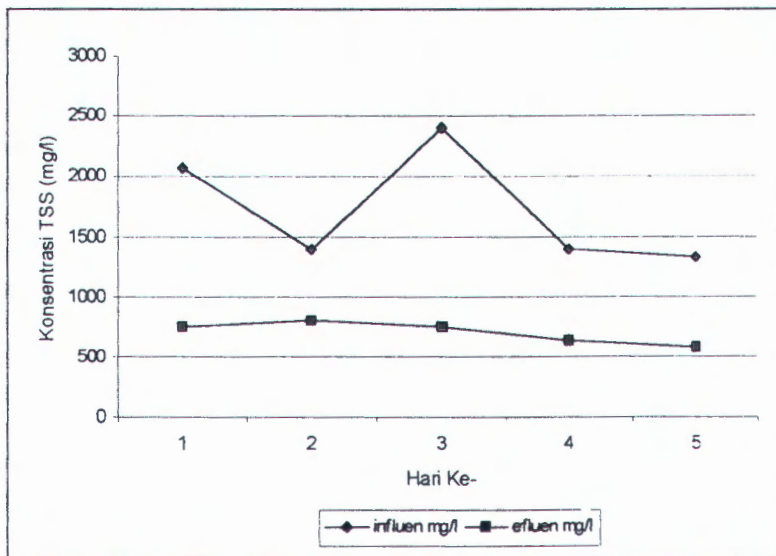
Pada penelitian ini, baik influen maupun efluen besar konsentrasi TSS berfluktuasi. Hasil penelitian terhadap fluktuasi influen – efluen dapat dilihat pada gambar 4.8, 4.9, 4.10 dan 4.11.



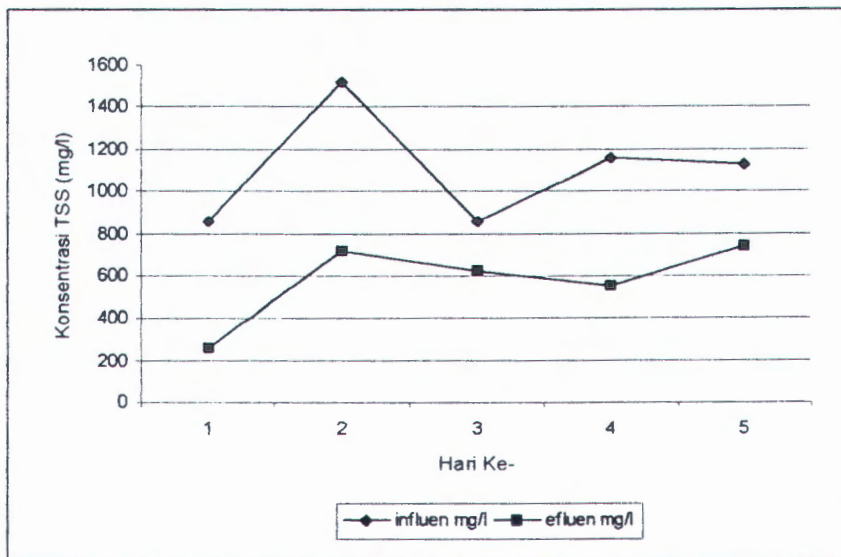
Gambar 4.8 Grafik Fluktuasi Influen – Efluen TSS, td = 24 jam



Gambar 4.9 Grafik Fluktuasi Influen – Efluen TSS, td = 12 jam



Gambar 4.10 Grafik Fluktuasi Influen – Efluen TSS, td = 8 jam



Gambar 4.11 Grafik Influen – Efluen TSS, $t_d = 4$ jam

Dari gambar dapat dilihat konsentrasi TSS baik influen maupun efluen berfluktuatif. Konsentrasi influen yang berfluktuatif disebabkan oleh masih buruknya proses penanganan limbah di RPH Pegirikan. Pemisahan kandungan pengganggu tidak dilakukan secara baik, sehingga limbah masih tercampur dengan limbah padat. Kandungan TSS yang tinggi bisa berasal dari kotoran hewan potong, isi perut hewan potong dan sisa-sisa hasil pemotongan yang sudah terbuang.

Disamping itu juga dipengaruhi oleh penanganan secara fisik terhadap pengambilan sampel yang dilakukan untuk penelitian ini. Untuk keperluan penelitian dilakukan penanganan awal untuk konsentrasi TSS, yaitu dengan penyaringan dan pengendapan. Proses ini masih memungkinkan TSS yang lebih halus ikut masuk didalam aliran limbah ke reaktor.

Sedangkan fluktuasi konsentrasi TSS pada efluen lebih dipengaruhi oleh lamanya waktu tinggal di dalam reaktor. Dimana lamanya waktu tinggal akan

mempengaruhi kecepatan ke atas aliran limbah. Dimana akan mempengaruhi ikut terbawanya kembali konsentrasi TSS tanpa mempunyai waktu untuk terjadinya proses pengendapan didalam reaktor. Fluktuatif konsentrasi TSS pada efluen terjadi pada rentang yang kecil. Keadaan ini membuktikan bahwa *granular sludge* dalam reaktor telah terbentuk dengan baik. Dengan kondisi ini efisiensi penurunan konsentrasi TSS sudah konstan.

4.3. Rasio BOD₅/COD

Untuk mengetahui tingkat biodegradasi air limbah RPH maka dilakukan pengukuran terhadap rasio BOD₅/COD. Hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Rasio BOD₅/COD

td (jam)	BOD (mg/l)		Removal (%)	COD (mg/l)		Removal (%)	Rasio BOD/COD	
	influen	effluen		influen	effluen		influen	effluen
24	1793.91	342.75	0.809	2135.59	482.76	0.774	0.840	0.710
12	3790.16	1795.14	0.526	4459.02	2122.45	0.524	0.850	0.846
8	3977.94	2155.11	0.458	6421.77	3918.37	0.390	0.619	0.550
4	4599.17	1908.16	0.585	5821.92	3741.5	0.357	0.790	0.510
Rata - rata							0.775	0.654

Sumber : Hasil Penelitian

Dari Tabel 4.1. diperoleh nilai rasio BOD₅/COD influen adalah sebesar 0.775. Angka rasio ini menunjukkan bahwa sekitar 77.5 % bahan organik

yang terkandung di dalam air limbah merupakan bahan organik yang mudah untuk didegradasi secara biologis. Hal ini dikarenakan limbah cair RPH mengandung bahan-bahan organik yang mudah dibiodegradasi seperti protein, karbohidrat, lemak dan darah. Sedangkan bahan organik yang terdapat dalam limbah dan sulit dibiodegradasi adalah selulosa yang tidak larut dalam air limbah. Kandungan selulosa inilah yang menjadi faktor pembatas dalam proses hidrolisa (Blakely dan H.Bade, 1991).

Juga terdapat kandungan lemak dan minyak, dimana bakteri alamiah yang bertugas untuk mendegradasikannya, membutuhkan waktu untuk proses mikrobiologis alamiah tersebut. Dan terdapat pula kandungan bahan anorganik yang nonbiodegradasi seperti sulfat, ferro dan fosfat dari natrium, kalium, kalsium dan magnesium tetapi hanya dalam kandungan rendah. Konsentrasi yang rendah dari kandungan tersebut tidak mengganggu keberadaan bakteri untuk melakukan oksidasi bahan organik yang ada dalam air limbah. Dengan karakteristik air limbah RPH yang bersifat *biodegradable* dan gangguan proses mikrobiologis secara alamiah maka hasil efisiensi penurunan konsentrasi BOD_5^{20} pada proses anaerobik dapat dicapai relatif tinggi.

Penurunan konsentrasi BOD_5^{20} dapat dicapai sebesar 80.9% pada waktu detensi 24 jam, pada waktu detensi 12 jam, 8 jam dan 4 jam adalah masing-masing 52.6 %, 45.8 % dan 58.5 %. Dari hasil penelitian didapatkan pada waktu detensi 4 jam dicapai efisiensi penurunan konsentrasi BOD_5^{20} lebih tinggi daripada waktu detensi 12 jam. Hal ini dapat disebabkan karena pembenihan bakteri pada analisa BOD_5^{20} pada waktu detensi 12 jam yang dilakukan kurang berhasil. Dimana tujuan pembenihan bakteri ini adalah untuk menjamin jumlah populasi dan jenis bakteri cocok bagi air limbah RPH.

Mengingat analisa BOD_5^{20} sangat tergantung dari kerja mikrobiologis yang ada, dengan ketidak berhasilan pembenihan bakteri akan sangat berpengaruh pada hasil proses kerja mikroorganismenya. Jumlah bakteri yang tidak sesuai dengan kandungan bahan organik, akan mempunyai kemampuan mengoksidasi bahan organik tersebut lebih kecil dari yang seharusnya. Untuk dapat bekerja dengan baik maka bakteri perlu konsentrasi oksigen yang semakin besar sehingga semakin besar pula konsentrasi BOD_5^{20} yang tercatat. Hal ini akan menyebabkan efisiensi penurunan konsentrasi BOD_5^{20} lebih kecil.

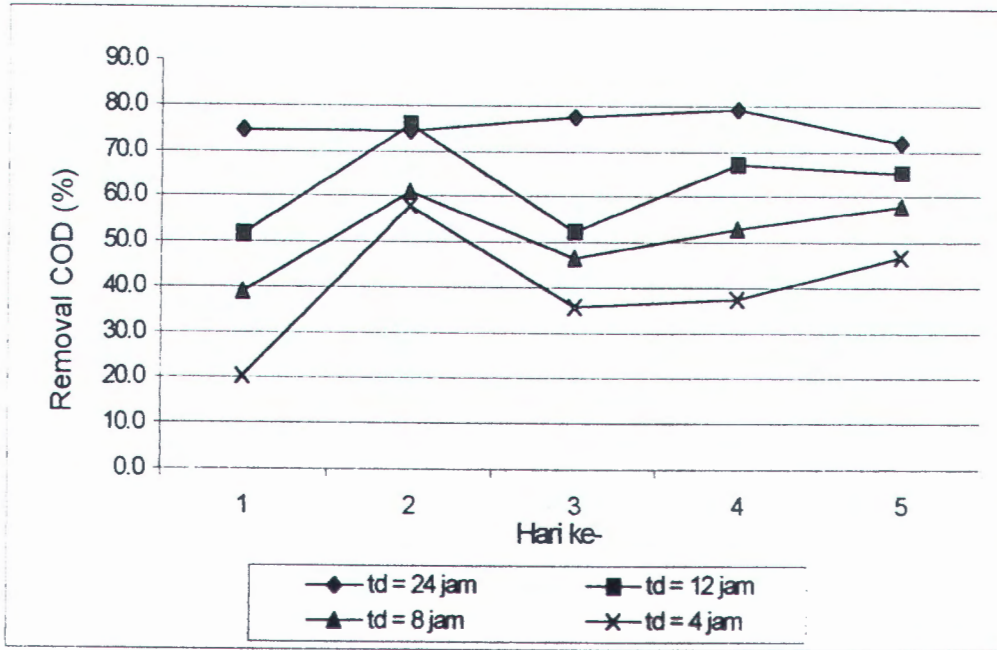
Nilai rasio BOD_5/COD effluen dari hasil penelitian sebesar 0.654. Angka ini menunjukkan bahwa 65.4 % dari air limbah yang terolah merupakan bahan yang mudah untuk dioksidasi secara biologis. Rasio ini juga menunjukkan bahwa air limbah yang terolah tidak bersifat racun terhadap lingkungan dan tidak berbahaya lagi apabila dibuang ke badan air. Hal ini disebabkan karena air limbah yang terolah ini mempunyai kemampuan untuk menguraikan bahan organik secara alamiah dengan bantuan bakteri.

Selain rasio BOD_5^{20}/COD , perlu diperhatikan juga besar konsentrasi BOD_5^{20} effluen yang akan dibuang ke lingkungan. Konsentrasi BOD yang besar akan mempengaruhi nilai kandungan oksigen yang ada di lingkungan sehingga juga dapat mempengaruhi terjadinya pencemaran air. Dari hasil penelitian konsentrasi BOD_5^{20} effluen masih tinggi, sehingga perlu diperhatikan meskipun sifat air limbah yang *biodegradable*. Hal ini disebabkan karena terdapatnya keterbatasan kemampuan alam didalam mendegradasikan bahan – bahan organik yang membebaninya.

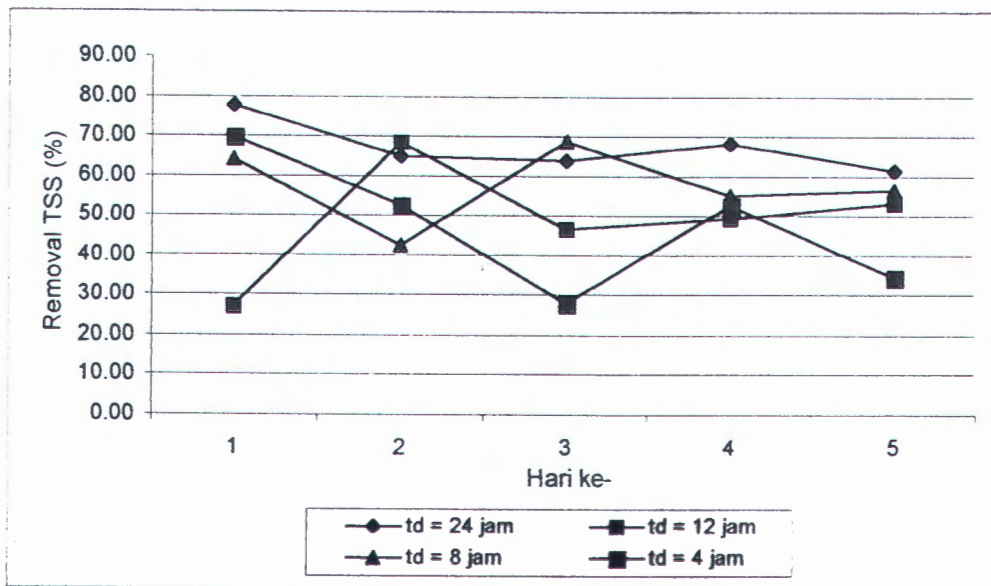
4.4. Pengaruh waktu detensi terhadap penurunan COD dan TSS

Variasi terhadap waktu detensi mengakibatkan terjadinya perbedaan lamanya air limbah berada dalam reaktor. Perbedaan waktu tinggal tersebut akan mempengaruhi waktu kontak antara limbah dan bakteri yang terdapat dalam reaktor. Semakin lama waktu tinggal yang diberikan maka semakin banyak pula kesempatan bakteri untuk membiodegradasi bahan organik yang ada dalam air limbah. Waktu tinggal yang lama juga memperkecil kecepatan keatas sehingga memberikan kesempatan untuk partikel diskrit dari air limbah untuk mengendap. Dengan demikian variasi waktu detensi akan berpengaruh terhadap removal bahan organik (konsentrasi COD) dan konsentrasi TSS.

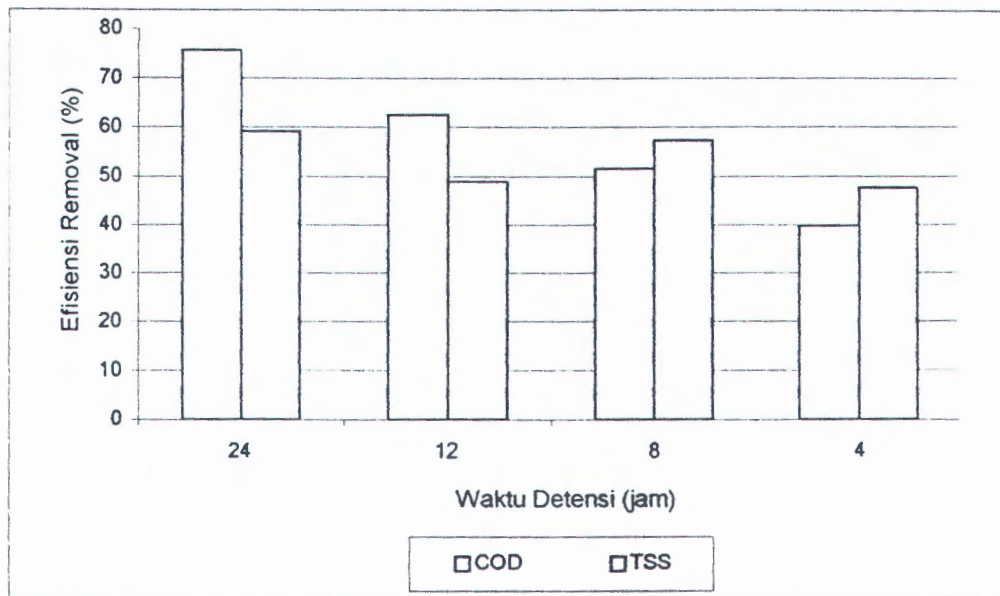
Nilai efisiensi removal COD masing-masing waktu detensi selama lima kali operasional dapat dilihat pada Gambar 4.12, efisiensi removal TSS dapat dilihat pada Gambar 4.13. Sedangkan untuk rata-rata efisiensi penurunan COD dan TSS untuk masing-masing waktu detensi dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.12. Grafik Removal COD Tiap Waktu Detensi



Gambar 4.13. Grafik Removal TSS Tiap Waktu Detensi



Gambar 4.14. Grafik Rata-rata Removal COD dan TSS Tiap Waktu Detensi

Dari Gambar 4.12. dapat dilihat pengaruh waktu detensi terhadap efisiensi penurunan COD. Dari hasil analisa diketahui bahwa pada saat waktu detensi 24 jam removal COD berkisar antara 67,778 % hingga 82,516 %, pada waktu detensi 12 jam berkisar antara 51,623 % sampai 75,673 %, pada waktu detensi 8 jam berkisar antara 38,983 % sampai 61.000 % dan pada waktu detensi 4 jam penurunan COD semakin menurun antara 20,430 % sampai 57,895 %. Dari hasil penelitian tersebut dapat dikatakan bahwa semakin besar waktu detensi maka semakin besar efisiensi penurunan COD. Hal ini disebabkan karena mekanisme kerja bakteri anaerobik dalam menurunkan kandungan organik akan menjadi lebih sempurna dengan semakin lamanya waktu detensi yang diberikan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tampilan tabel 4.2 di bawah ini:



Tabel 4.2 Efisiensi removal rata-rata konsentrasi COD dan TSS

td (jam)	Efisiensi removal konsentrasi COD _{rata-rata} (%)	Efisiensi removal konsentrasi TSS _{rata-rata} (%)
24	75.592	67.149
12	62.373	48.887
8	51.393	57.306
4	39.606	47.481

Berdasarkan tabel 4.2 dengan besarnya waktu detensi maka memberikan waktu tinggal yang lebih lama bagi bakteri untuk mendegradasikan bahan organik. Disamping itu kecilnya kecepatan influen melewati lapisan *solid* akan memberikan waktu kontak yang sempurna bagi bakteri untuk melakukan pendegradasian. Kecepatan aliran ke atas yang sempurna akan membantu pembentukan *granular sludge* yang diharapkan sehingga membantu dalam proses pendegradasian selanjutnya (Stuckey dan Barber, 1999).

Dengan demikian maka akan menyebabkan umur lumpur semakin lama dimana akan menstabilkan kondisi bakteri yang ada dalam reaktor. Menurut Joseph dan Pohlan, 1992 bahwa pada umur lumpur yang lama menghasilkan pencapaian konsentrasi mikroorganisme yang tinggi. Dengan kondisi ini kemampuan reaktor akan semakin baik jika didukung oleh waktu kontak yang lama. Berdasarkan pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa semakin besar waktu detensi yang menandakan semakin lamanya waktu kontak yang terjadi akan didapatkan efisiensi penurunan konsentrasi COD yang semakin tinggi.

Apabila berdasarkan karakteristik limbah RPH yang banyak mengandung protein, karbohidrat dan lemak maka lamanya waktu yang dibutuhkan

bakteri dalam mendegradasi dapat juga berpengaruh. Hal ini disebabkan karena bakteri hanya mampu mendegradasikan bahan organik dalam bentuk terlarut untuk mengkonversikan ke bentuk gas metan. Pendegradasian protein, karbohidrat dan lemak membutuhkan waktu untuk memberikan hasil konversi yang sempurna.

Faktor pembatas pada jenis karakteristik limbah RPH ini sangat bervariasi dan terjadi pada setiap tahap proses anaerobik. Jika limbah mengandung zat yang tak terlarut maka sebagai pembatas proses adalah pada tahap hidrolisis. Pada saat limbah telah berbentuk zat yang terlarut sebagai faktor pembatas adalah tahap konversi *volatile acids* ke bentuk metan. Sehingga jika waktu yang dibutuhkan untuk proses tersebut tidak diperhatikan bisa menyebabkan kegagalan proses. Dari hasil penelitian waktu detensi 24 jam memberikan hasil penurunan konsentrasi COD yang tertinggi, yaitu 75,592 %.

Bakteri methanogen membutuhkan waktu yang lama dalam proses pertumbuhannya (Vigneswaran, dkk, 1986) sehingga pengubahan ke dalam bentuk methan menjadi lebih sempurna dengan lamanya waktu detensi. Kestabilan *granular sludge* tidak menjamin proses pendegradasian dapat berlangsung dengan baik jika waktu detensi terlalu singkat. Hal ini dikarenakan tidak cukupnya waktu kontak aktif antara bakteri dengan air limbah. Pada reaktor ARMOR penyempurnaan proses anaerobik dibantu dengan proses kinerja reaktor. Dimana terjadinya mixing yang baik antara air limbah dan *granular sludge* akan mempertinggi waktu kontak.

Kemampuan bakteri didalam menghadapi fluktuasi beban organik didukung juga oleh faktor desain internal yang berupa *baffle* dengan kemiringan 50° . Desain *baffle* tersebut mendukung kesempurnaan pembentukan *granular sludge*, karena *baffle* tersebut dapat menahan *sludge* untuk tetap tinggal dalam rektor (Rahmawati, 1999). Mixing yang terjadi didalam reaktor juga dipengaruhi oleh

desain *baffle* yang ada sehingga menyebabkan aliran influen berbentuk *radial* atau melingkar. Aliran ini mengakibatkan limbah yang masuk reaktor tersebar merata di dalam reaktor sehingga mempertinggi proses metabolisme daripada mikroorganismen anaerobik.

Kemampuan kerja mikroorganismen didalam mendegradasikan bahan organik yang masuk ke reaktor dapat dinyatakan dalam pengukuran efisiensi penurunan konsentrasi COD terlarut ($COD_{soluble}$). Konsentrasi COD terlarut melukiskan hasil kerja bakteri didalam mendegradasikan bahan organik. Hal ini dikarenakan konsentrasi COD terlarut tidak lagi dipengaruhi oleh kandungan konsentrasi TSS yang ikut bersama dengan effluen reaktor. Pada tabel 4.3 dapat dilihat bahwa lamanya waktu detensi mempengaruhi kerja dari mikroorganismen dalam mendegradasikan bahan organik.

Semakin lama waktu detensi semakin besar efisiensi penurunan konsentrasi COD air limbah. Dari hasil penelitian didapatkan pada waktu detensi terbesar, 24 jam efisiensi penurunan konsentrasi COD terlarut sebesar 79,24 %. Pada waktu detensi 12 jam dihasilkan 63.81 %, pada waktu detensi 8 jam dihasilkan 61.54 %. Untuk waktu detensi terkecil, dimana waktu kontak antara bakteri dan air limbah juga paling singkat didapatkan hasil yang terkecil, yaitu 51.26 %.

Tabel 4.3 Efisiensi Penurunan Konsentrasi COD terlarut

td (jam)	COD soluble (mg/l)		Removal (%)
	influen	Effluen	
24	2541.83	528.00	79.24
12	2833.34	1026.51	63.81

8	2966.55	1140.95	61.54
4	2929.68	1429.68	51.26

Sumber : Hasil Penelitian

Efisiensi penurunan TSS juga akan semakin meningkat dengan bertambahnya waktu detensi. Hal ini dapat terjadi karena waktu detensi yang lama akan mengakibatkan kecilnya kecepatan aliran keatas sehingga memberikan kesempatan untuk partikel diskrit dari air limbah untuk mengendap dan tidak terjadi *wash out* pada *granular sludge* yang telah terbentuk. Dengan proses tersebut maka pembentukan *granular sludge* semakin sempurna.

Dari hasil penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 4.13. ternyata terdapat ketidaksesuaian dengan teori yang ada, yaitu pada waktu detensi 12 jam, yaitu 48,887 % lebih rendah dari waktu detensi 8 jam, yaitu 57,306 %. Efisiensi penurunan TSS terbesar terjadi pada waktu detensi terbesar, yaitu 24 jam sebesar 59,116 %. Pada waktu detensi 4 jam terjadi efisiensi sebesar 47,481 %.

Pada waktu detensi 12 jam, kemungkinan biogas yang terbentuk terperangkap dan terakumulasi pada *sludge*. Terdapatnya *mixing* dan kecepatan influen menyebabkan biogas terbebas dan mengangkat *sludge bed* sehingga terbawa keluar bersama efluen. Konsentrasi lumpur yang ikut keluar tersebut menambah kontribusi dalam pengukuran konsentrasi TSS.

Kemungkinan lain yang dapat terjadi adalah karena influen mengandung TSS yang tinggi sehingga terjadi peningkatan *sludge blanket* di dalam reaktor. Peningkatan jumlah lumpur terus berlangsung dengan influen yang *kontinyu* sehingga menyebabkan terjadinya *flying over* (Hickey, dkk, 1991). Sebagai akibatnya jumlah biomasa dalam reaktor berkurang tetapi masih sesuai dengan

konsentrasi COD yang masuk reaktor. Hal ini ditunjukkan pada efisiensi penurunan konsentrasi COD terlarut yang menunjukkan kestabilan sesuai dengan fungsi waktu detensi.

Pada tabel 4.2 terlihat pada waktu detensi 12 jam, terjadi efisiensi removal konsentrasi COD yang semakin besar sedangkan efisiensi removal konsentrasi TSS mengecil dengan semakin lamanya waktu detensi. Efisiensi removal rata-rata konsentrasi COD yang tinggi menunjukkan biomassa yang terdapat dalam reaktor telah mempunyai kemampuan yang stabil di dalam mendegradasikan konsentrasi COD yang masuk. Konsentrasi TSS efluen yang masih tinggi kemungkinan disebabkan oleh limbah banyak mengandung SS yang biodegradasi. Dengan semakin kecilnya waktu detensi akan mengurangi kesempatan kontak antara mikroorganisme dan substrat.

Sedangkan SS biodegradasi mengalami penguraian dalam waktu yang lama. Pada waktu detensi 12 jam kemungkinan konsentrasi SS yang biodegradasi lebih besar, sehingga SS tersebut ada yang lolos ikut efluen dan menyebabkan konsentrasi TSS efluen tinggi. Partikel SS yang tidak tertahan akan keluar dan terhitung sebagai konsentrasi COD efluen. Pada waktu detensi 12 jam konsentrasi COD efluen total dipengaruhi juga oleh konsentrasi TSS yang ikut keluar. Efisiensi penurunan konsentrasi COD soluble menunjukkan terdapatnya pengaruh konsentrasi SS yang ikut terukur sebagai konsentrasi COD total.

Dari gambar 4.14 dapat dilihat rata-rata penurunan konsentrasi COD meningkat dengan bertambah besarnya waktu detensi. Hal ini membuktikan bahwa lamanya waktu detensi berpengaruh terhadap nilai efisiensi penurunan konsentrasi bahan organik dalam limbah. Dipengaruhi juga dengan waktu detensi yang semakin kecil maka debit akan semakin besar yang dapat berakibat pada lama

waktu kontak antara bakteri dan limbah didalam reaktor semakin menurun. Menurunnya waktu kontak dapat menyebabkan menurunnya efisiensi penurunan konsentrasi COD.

Berdasarkan teori yang ada bahwa dibawah kondisi *steady state* jumlah massa *sludge* di dalam reaktor dipertahankan untuk tidak berubah. Adanya peristiwa *flying over* akibat akumulasi lumpur yang terjadi diikuti pula tahapan pembentukan '*granular sludge*' pada dasar lumpur yang secara bertahap berkembang. Dengan tidak adanya perubahan volume *sludge* pada reaktor disebabkan oleh kecepatan produksi *sludge* sama dengan jumlah *sludge* yang terbangun, maka kemampuan reaktor dalam mendegradasikan konsentrasi COD berlangsung sempurna.

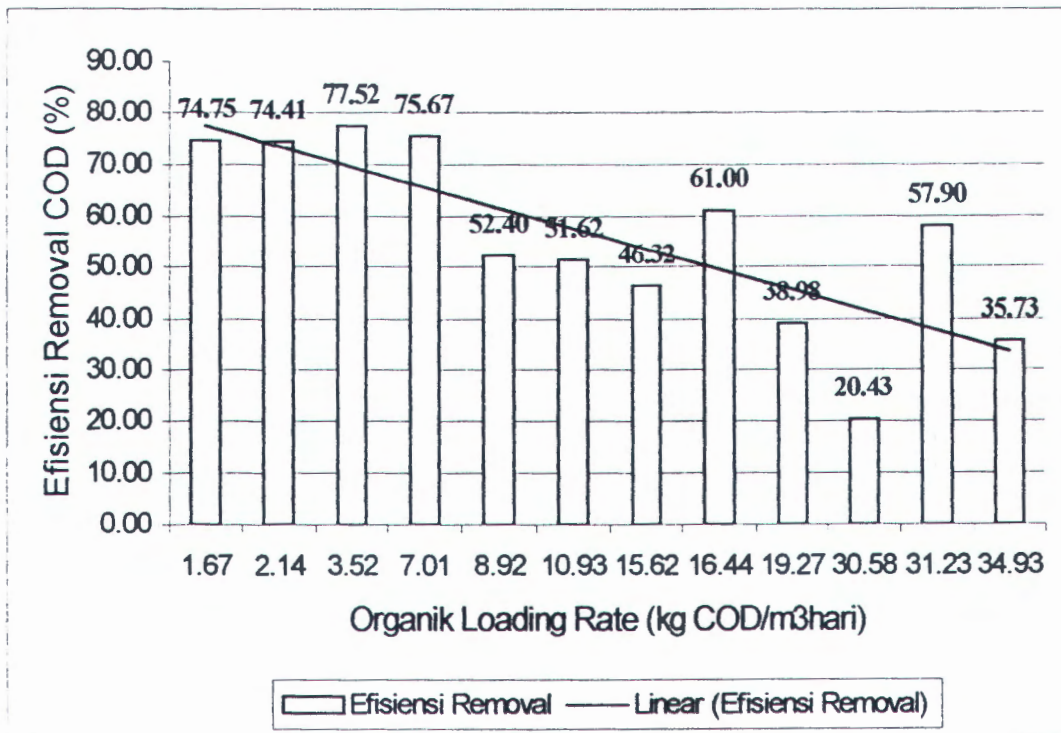
4.5 Pengaruh beban organik terhadap kinerja reaktor

Konsentrasi COD yang masuk reaktor selama lima kali operasional yang berfluktuasi mengakibatkan angka beban organik yang juga berbeda-beda pada waktu detensi yang sama. Semakin besar beban organik menunjukkan bahwa semakin besar pula konsentrasi COD yang harus diolah per volume reaktor yang tersedia. Meningkatnya beban organik disebabkan oleh besarnya debit dan fluktuasi konsentrasi limbah yang masuk reaktor. Waktu detensi yang rendah menyebabkan debit yang masuk semakin besar. Dengan debit yang besar didukung dengan besarnya konsentrasi bahan organik limbah yang masuk maka menyebabkan besarnya beban organik.

Tingginya beban organik menunjukkan lebih banyaknya limbah yang harus didegradasikan oleh biomassa yang terdapat dalam reaktor. Dengan kata lain adalah semakin besarnya beban organik maka semakin besar konsentrasi



bahan organik yang harus diolah per volume reaktor yang tersedia. Variasi beban organik yang disebabkan oleh variasi waktu tinggal akan mempengaruhi terhadap removal konsentrasi COD dan TSS. Pada gambar 4.15 dan gambar 4.16 dapat dilihat pengaruh besar beban organik terhadap efisiensi penurunan konsentrasi COD dan TSS.



Gambar 4.15 pengaruh Organik Loading terhadap removal konsentrasi COD

Pada gambar 4.15 menunjukkan kecenderungan bahwa semakin besar beban organik yang diterima reaktor maka akan semakin kecil efisiensi removal konsentrasi COD yang dicapai. Hal ini diperkirakan disebabkan oleh semakin besarnya beban organik maka jumlah bakteri dalam reaktor tidak sesuai dengan besar konsentrasi limbah yang harus didegradasi. Diperkirakan juga karena pada peningkatan beban organik dapat menyebabkan terjadinya peningkatan *dead*

space pada reaktor sehingga mengurangi kesempatan kontak antara bakteri dengan limbah. Dapat juga disebabkan oleh terjadinya *channeling* pada *sludge bed* yang dapat membatasi kontak biomassa dan substrat sehingga substrat akan melewati *sludge bed* tanpa mengalami proses pendegradasian bakteri.

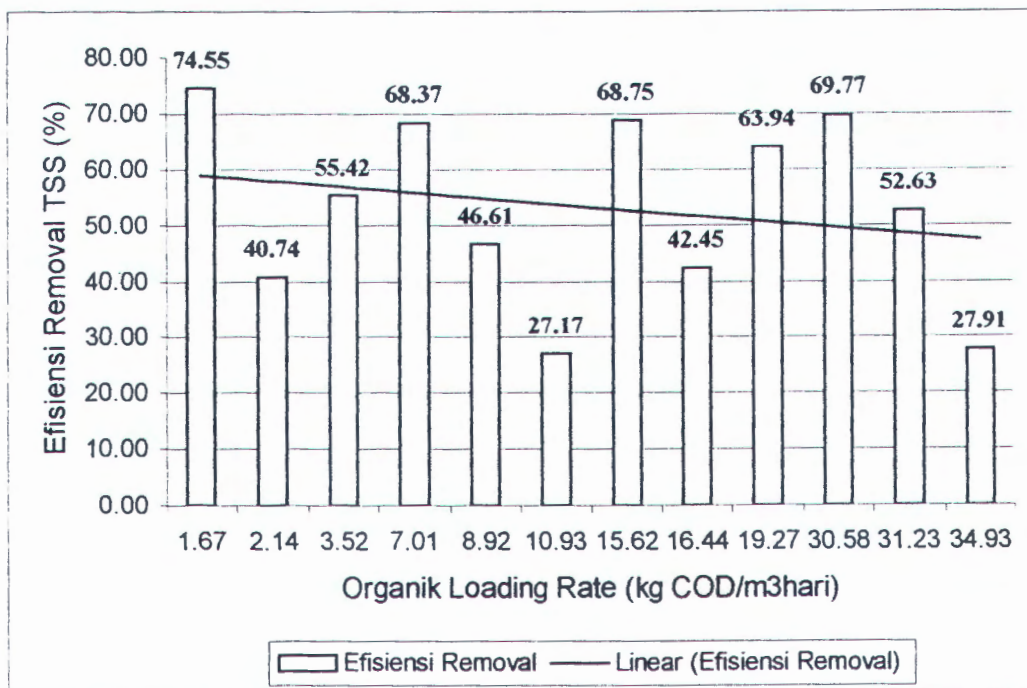
Dengan meningkatnya beban organik maka akan berpengaruh terhadap granular atau flok *sludge* yang telah terbentuk didalam reaktor. Semakin besar organik loading maka semakin besar transfer biomass yang terjadi. Tetapi karena waktu kontak antara biomassa dan substrat rendah maka menyebabkan besar removal berkurang. Kemungkinan yang lain adalah terjadinya pemecahan flok yang telah terbentuk sehingga dapat menyebabkan flok-flok tersebut keluar ikut efluen menyebabkan menurunannya efisiensi removal.

Tingginya konsentrasi TSS influen selama operasional dapat membantu pembentukan *granular sludge* atau flokulan biomassa didalam reaktor. Disamping itu harus diperhatikan juga akibat yang akan ditimbulkan. Konsentrasi TSS yang tinggi dapat pula menyebabkan terjadinya akumulasi konsentrasi lumpur didalam reaktor. Sehingga dapat mempengaruhi kinerja reaktor itu sendiri. Konsentrasi TSS tersebut akan terperangkap dan tertahan dalam lapisan lumpur dasar reaktor.

Apabila akumulasi yang terjadi secara kontinyu maka akan mempengaruhi pada kestabilan antara jumlah biomassa yang dibutuhkan per satuan volume reaktor. Jika hal itu terjadi maka dapat pula berpengaruh pada kemampuan kinerja reaktor baik dalam mendegradasikan konsentrasi COD maupun Konsentrasi TSS. Tingginya efisiensi removal COD yang terjadi kemungkinan juga didukung oleh modifikasi desain internal reaktor yang digunakan. Adanya *baffle* dengan kemiringan 50° mendukung kesempurnaan pembentukan *granular sludge*

dimana lebih kecil daripada beban organik sebesar 16,438 kg COD/m³hari yaitu 61,000 %. Keadaan ini diduga karena pada beban 16,438 kg COD/m³hari terjadi proses pendegradasian yang lebih baik yang disebabkan oleh faktor hidrolis dalam reaktor. Dalam penelitian Ekasari, Ulfiani,1999 menyatakan terdapatnya kondisi optimum didalam terjadinya proses pendegradasian pada *anaerobic radial mixing reactor*. Dimana pada debit tertentu akan berpengaruh terhadap kecepatan aliran influen yang terjadi sehingga mempengaruhi pola aliran selama dalam reaktor.

Dengan adanya pengaruh tersebut berakibat pada aliran influen yang diharapkan melalui baffle sehingga dapat dihindari *short circuit*. Berakibat pada waktu kontak substrat dengan biomassa dimana akan semakin baik. Waktu kontak yang baik akan menghasilkan pendegradasian yang lebih sempurna. sehingga walaupun beban organik lebih besar dengan tetap didukung waktu kontak yang lebih sempurna maka akan dihasilkan efisiensi yang lebih besar.



Gambar 4.16 Pengaruh Organik Loading Rate terhadap removal konsentrasi TSS

Dari gambar 4.16 juga menunjukkan kecenderungan semakin besar beban organik akan menghasilkan efisiensi removal konsentrasi TSS yang semakin kecil. Kenyataan ini disebabkan oleh semakin besarnya beban organik akan menyebabkan peningkatan transfer massa ke flok-flok biomassa sehingga dapat menyebabkan meningkatnya *mixing* karena pelepasan gas yang lebih tinggi. Dengan terjadinya peningkatan *mixing* dalam reaktor maka kesempatan pengendapan *solid* terganggu. Konsentrasi *solid* yang ikut keluar efluen lebih banyak sehingga memberikan kontribusi dalam pengukuran konsentrasi TSS. Hal inilah yang menyebabkan efisiensi penurunan konsentrasi TSS menurun.

Pada gambar 4.16 terlihat juga terjadinya efisiensi removal konsentrasi TSS yang berfluktuasi pada beban organik yang semakin besar. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh konsentrasi TSS yang dapat dibiodegradasikan masih belum sempurna proses pendegradasiannya. Sehingga ikut keluar bersama dengan efluen. Kemungkinan lainnya telah terjadi akumulasi TSS dalam lapisan lumpur dasar reaktor. Dimana disebabkan oleh tingginya konsentrasi TSS influen limbah Rumah Potong Hewan.

Dengan tingginya konsentrasi TSS influen maka proses akumulasi terjadi lebih cepat. Akibat akumulasi tersebut maka lapisan lumpur akan terangkat dan konsentrasi *sludge blanket* meningkat. Secara *kontinyu* akan meningkat dengan berlangsungnya operasional yang dijalankan sehingga menyebabkan *flying over*. Lumpur yang ikut keluar terukur sebagai konsentrasi TSS yang terolah, sehingga menyebabkan menurunnya efisiensi *removal*. Kecenderungan model efisiensi penurunan konsentrasi TSS yang semakin menurun juga membuktikan bahwa konsentrasi biomassa yang ada sudah mencukupi untuk mengatasi konsentrasi TSS yang masuk reaktor.

Kestabilan jumlah mikroorganisme dalam reaktor berlangsung cepat dimana kemungkinan didukung oleh konsentrasi TSS influen yang tinggi. Sehingga pembentukan *granular sludge* yang terjadi seiring dengan adanya peristiwa *flying over*. Kestabilan reaktor juga ditunjukkan oleh kinerja reaktor dalam menurunkan konsentrasi COD influen seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.16. Dengan kata lain reaktor *Anaerobic Radial Mixing* mampu menerima beban organik yang tinggi, yaitu 33,78 kg TSS/m³ hari.

4.6 Pengaruh konsentrasi lemak dan minyak terhadap kinerja reaktor

Air limbah RPH banyak mengandung lemak dan minyak, oleh sebab itu dilakukan pengukuran besar konsentrasi lemak dan minyak terhadap influen limbah. Pengukuran lemak dan minyak dilakukan sebanyak tiga kali, yaitu pada saat influen mengandung konsentrasi lemak dan minyak yang tertinggi, terendah dan sedang. Hasil pengukuran konsentrasi ini digunakan sebagai range kandungan minyak dan lemak pada influen, yaitu sebesar 2848 mg/l pada konsentrasi tertinggi. Pada konsentrasi sedang dan terendah masing-masing sebesar 1340 mg/l dan 508 mg/l.

Untuk mengetahui pengaruh kandungan lemak dan minyak terhadap proses pengolahan secara anaerobik dapat dilihat pada tabel 4.1. Dengan konsentrasi lemak yang tergolong tinggi (menurut P, Chongrak batasan konsentrasi yang tergolong tinggi adalah 200-800 mg/l) perlu dilakukan pengontrolan terhadap kestabilan nilai pH. Konsentrasi lemak dan minyak yang tinggi akan berakibat terjadinya akumulasi asam lemak dari hasil hidrolisis dimana akan mengakibatkan penurunan nilai pH. Salah satu faktor penghambat pada proses anaerobik adalah nilai pH, dimana sangat mempengaruhi bakteri methanogen.

Pada proses selanjutnya asam-asam lemak ini akan difermentasikan menjadi VFA (asetat, propionat dan butirat), peningkatan nilai VFA inilah yang mempengaruhi penurunan pH. Dari hasil analisa didapatkan bahwa terjadi penurunan VFA dalam reaktor, yang menunjukkan bahwa kecepatan metanogenesis lebih tinggi daripada pembentukan asam. Hal ini menandakan bahwa populasi bakteri methanogenesis meningkat atau bakteri nonmethanogenesis secara khusus telah terganggu (Grady and Lim, 1980).

Penurunan VFA akan berakibat pada peningkatan nilai alkalinitas. Efluen memiliki nilai pH yang lebih tinggi daripada nilai pH influen, meskipun konsentrasi lemak dan minyak dalam angka yang tertinggi. Kondisi ini disebabkan karena pada limbah terjadi tingkat keseimbangan bufer yang baik.

Keseimbangan bufer yang baik ini didukung oleh karakteristik dari limbah itu sendiri. Dimana karakteristik limbah disamping mengandung konsentrasi lemak dan minyak yang tinggi tetapi didukung juga sifat dasar sebagai fungsi bufer. Kandungan protein juga menandakan kemungkinan terjadinya proses amonifikasi yang dapat menyebabkan terjadinya kelebihan peningkatan alkalinitas bikarbonat. Konsentrasi lemak dan minyak akan sebagai faktor pembatas proses anaerobik pada saat tahap hidrolisis. Pada tahap ini, waktu yang dibutuhkan untuk memecah lemak dan minyak ke bentuk yang lebih sederhana (asam butirik, asam asetat, asam propionik, dll.) adalah lebih panjang. Dengan lamanya waktu akan mendukung proses anaerobik didalam mendegradasikan air limbah RPH akan lebih sempurna.

Gangguan proses anaerobik karena adanya konsentrasi VFA dalam reaktor akan kecil apabila suasana di dalam reaktor pada pH netral. Berdasarkan

hasil penelitian, hubungan antara konsentrasi lemak dan minyak dalam air limbah dengan konsentrasi VFA dan alkaliniti dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4 konsentrasi lemak dan minyak, VFA dan Alkaliniti

Minyak dan lemak (mg/l)		VFA (mg/l)		Alkaliniti (mg/l CaCO ₃)	
Influen	Efluen	Influen	Efluen	Influen	Efluen
1340	482	1200	533.7	2560	2297

Sumber: Hasil Analisa

Dari tabel 4.4 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan konsentrasi VFA setelah air limbah melalui reaktor yaitu, dari konsentrasi sebesar 1200 mg/l menjadi 533.7 mg/l. Dimana penurunan ini menunjukkan telah terjadi konversi kedalam bentuk methan akibat kerja dari bakteri methanogenesis. Jika ditinjau pada konsentrasi alkaliniti yang cukup tinggi, maka pembentukan VFA yang berasal dari penguraian lemak dan minyak masih dapat diatasi. Hal ini dapat memperkecil gangguan terhadap proses anaerobik yang terjadi di dalam reaktor. Meskipun kandungan VFA efluen yang diharapkan sebesar 250 mg/l.

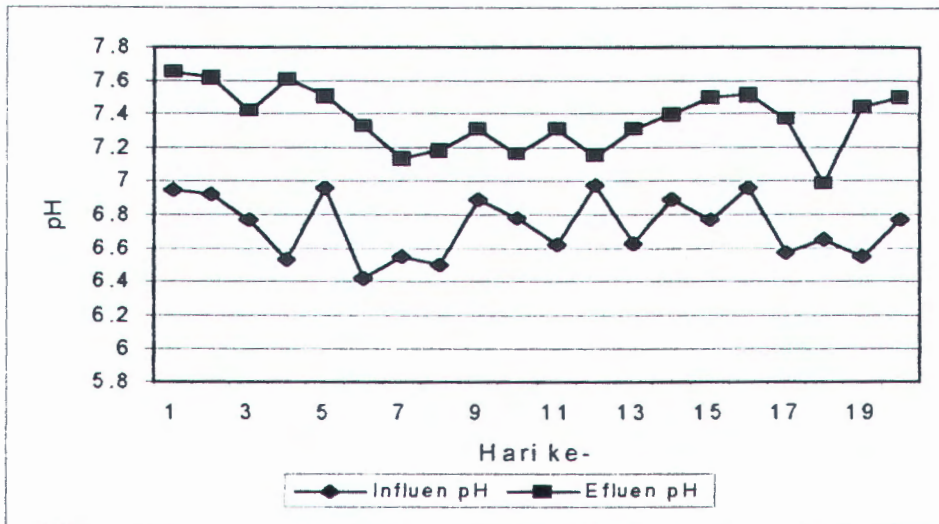
Konsentrasi VFA efluen yang masih tinggi ini menunjukkan bahwa proses belum terselesaikan secara sempurna menjadi produk akhir yaitu gas metan. Hal ini berhubungan dengan waktu tinggal limbah dalam reaktor atau dengan kata lain waktu kontak dengan mikroorganisme. Dengan waktu yang lebih lama proses degradasi lemak kemungkinan akan semakin baik.

Konsentrasi alkaliniti sebesar 2650 mg/l saat masuk reaktor dan keluar reaktor terukur 2297 mg/l. Dimana besar konsentrasi alkali ini telah mampu bertindak sebagai bufer untuk air limbah RPH.

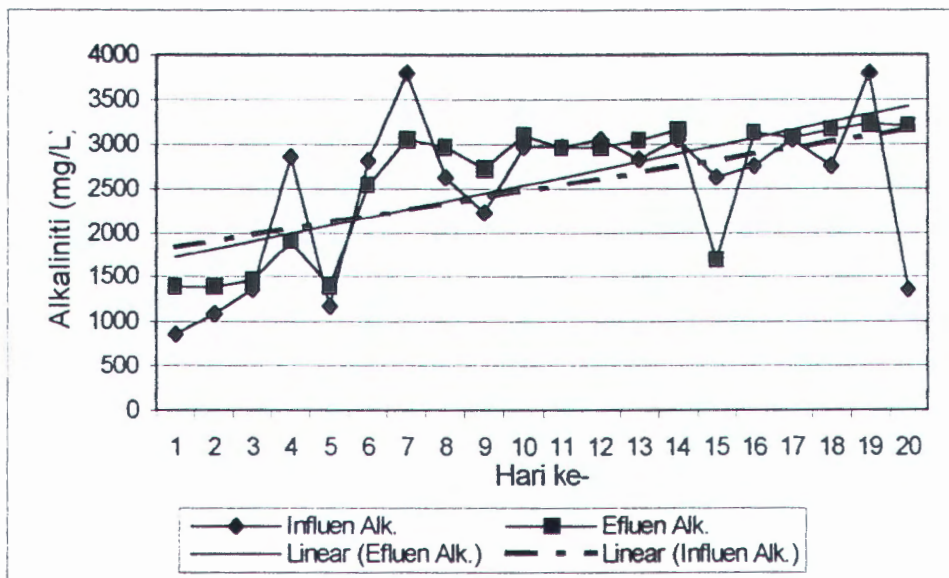
4.7 pH dan alkalinitas

Sepanjang operasional reaktor dilakukan analisa parameter pH dan konsentrasi alkalinitas terhadap influen dan efluen limbah. Pengukuran ini dilakukan dengan tujuan sebagai kontrol terhadap sistem reaktor yang sedang berlangsung. Pengukuran pH untuk mengetahui apakah influen yang akan masuk reaktor dalam rentang pH optimum berlangsungnya proses anaerobik. Sehingga dapat dilakukan perlakuan tambahan agar pH influen masih dalam rentang pH yang diinginkan, yaitu sebesar 6.5 sampai 7.5 (Droste, 1997) .

Pengukuran terhadap parameter alkalinitas bertujuan untuk mengetahui proses pendegradasian secara anaerobik bisa berlangsung dengan baik. Pada proses anaerobik alkalinitas harus mencapai konsentrasi sebesar 1000 – 5000 mg/l (Marsono, 1997) , dimana akan digunakan sebagai bufer saat terjadinya proses fermentasi asam (tahap asetogenesis). Sehingga kondisi ini bukan merupakan faktor pembatas pada proses metanogenesis. Gambaran konsentrasi alkalinitas dan pH selama operasional dapat dilihat pada gambar 4.17 dan gambar 4.18



Gambar 4.17. Grafik pH semasa waktu operasional



Gambar 4.18. Grafik Konsentrasi Alkaliniti semasa waktu operasional

Dari gambar 4.17 diketahui bahwa pH influen berada pada rentang pH optimum untuk berlangsungnya proses degradasi secara anaerobik. Hal ini dikarenakan pada limbah cair RPH telah memiliki nilai konsentrasi alkalinitas yang cukup. Serta didukung pula dengan komposisi limbah yang sebagian besar terdiri dari darah. Dimana telah disebutkan bahwa komposisi darah banyak mengandung ion-ion alkalinitas baik dalam bentuk bikarbonat alkalinitas maupun yang lainnya (amonium, sulfat, dll).

Nilai pH effluen sepanjang operasional selalu menunjukkan peningkatan. Seharusnya terjadi penurunan pH akibat proses fermentasi yang telah berlangsung. Hal ini dapat dikarenakan oleh terbentuknya konsentrasi alkalinitas selama proses pendegradasian limbah. Bertambahnya konsentrasi alkalinitas dapat berasal dari proses hidrolisis protein atau terjadinya penurunan konsentrasi VFA. Dimana keduanya menunjukkan kondisi pendegradasian pada proses anaerobik telah berlangsung sempurna.

Peningkatan konsentrasi alkalinitas yang disebabkan oleh hidrolisis protein menandakan telah dilaluinya faktor pembatas pendegradasian protein. Dengan pH yang meningkat menandakan amonifikasi telah terjadi, dimana untuk proses pendegradasian protein selanjutnya akan lebih cepat. Dengan kata lain dapat dikatakan fenomena ini menandakan proses pendegradasian terjadi baik.

Aktivitas dari bakteri metanogen yang menggunakan hidrogen hasil dari konversi asam untuk reaksi-reaksi yang terjadi dapat pula mendukung dalam peningkatan pH. Proses ini disebut *interspecies hydrogen transfer*. Proton (H^+) dapat digunakan juga oleh bakteri pereduksi sulfat untuk merombak sulfat menjadi sulfid. Dengan demikian konsentrasi H^+ berkurang dan sebagai akibatnya terjadi peningkatan pH.

Konsentrasi H^+ dapat digunakan untuk perombakan nitrat (protein dan asam amino) ke bentuk amonium maupun gas nitrogen. Reaksi yang terjadi dapat dilihat sebagai berikut: (Pohland, 1992)



Dari gambar 4.18 diketahui bahwa konsentrasi alkalinitas pada influen berfluktuatif, pada effluen konsentrasi alkalinitas sudah lebih konstan. Gambar 4.18 menunjukkan kecenderungan bahwa konsentrasi alkalinitas effluen lebih besar daripada konsentrasi alkalinitas influen. Besar konsentrasi alkalinitas yang dapat diukur adalah konsentrasi alkalinitas dalam bentuk karbonat (CO_3^{2-}), bikarbonat (HCO_3^-) dan hidroksida (OH^-). Sedangkan konsentrasi bufer darah kemungkinan tidak terukur. Sedangkan karakteristik limbah RPH yang sebagian besar mengandung darah dimana juga banyak mengandung alkalinitas selain karbonat (CO_3^{2-}), bikarbonat (HCO_3^-) dan hidroksida (OH^-). Peningkatan alkalinitas menunjukkan bahwa telah terjadi proses penguraian bahan organik ke dalam bentuk metana dan bikarbonat. Dan menandakan terjadinya proses amonifikasi dari konsentrasi protein. Reaksi yang terjadi pada masing-masing proses adalah sebagai berikut:



BAB V

KESIMPULAN dan SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Waktu detensi memberikan pengaruh terhadap efisiensi pemisahan konsentrasi COD pada reaktor *Anaerobic Radial Mixing Reactor*. Semakin lama waktu detensi semakin besar efisiensi pemisahan konsentrasi COD. Besar rata-rata efisiensi pemisahan konsentrasi COD pada waktu detensi terbesar, 24 jam, adalah 75.592 %. Sedangkan pada waktu detensi terkecil, 4 jam, besar rata-rata efisiensi pemisahan konsentrasi COD adalah 39.606 %.
2. Waktu detensi memberikan pengaruh terhadap efisiensi pemisahan konsentrasi TSS pada reaktor *Anaerobic Radial Mixing Reactor*. Besar rata-rata efisiensi pemisahan konsentrasi TSS pada waktu detensi terbesar, 24 jam, adalah 67.149 %. Sedangkan pada waktu detensi terkecil, 4 jam, besar rata-rata efisiensi pemisahan konsentrasi COD adalah 47.481 %. Efisiensi pemisahan konsentrasi TSS mengalami penurunan pada waktu detensi 12 jam, yaitu sebesar 48.887 %. Pada waktu detensi 8 jam, efisiensi penurunan konsentrasi TSS mengalami peningkatan menjadi 57.306 %.
3. *Anaerobic Radial Mixing Reactor* mampu menerima fluktuasi beban organik dalam satu variasi debit dan masih tetap memiliki kinerja yang baik dalam pengoperasian secara high rate. Hal ini dapat dilihat pada kemampuan reaktor dalam menerima beban organik yang tinggi. *Anaerobic Radial Mixing Reactor* mampu menerima beban organik terbesar yaitu 33,776 kg COD/m³hari.

Semakin tinggi beban organik yang masuk semakin rendah efisiensi yang terjadi. Pada beban organik tertinggi , 33,776 kg/m³.hari, telah menghasilkan efisiensi removal sebesar 39,606 %. Pada beban organik terendah, 3,745 kg/m³.hari, telah menghasilkan efisiensi removal sebesar 75,592 %.

4. Limbah Rumah Potong Hewan Pegirian merupakan limbah cair yang bersifat *biodegradable* dan tidak bersifat toksik. Hal ini ditunjukkan oleh angka rasio perbandingan BOD₅/COD baik pada influen maupun efluen. Besar rasio BOD₅/COD influen adalah 0.775 sedang untuk rasio BOD₅/COD efluen adalah 0.654.
5. Besarnya konsentrasi lemak dan minyak memberikan pengaruh terhadap kinerja reaktor. Hal ini ditunjukkan masih besarnya konsentrasi *Volatile Fatty Acid* pada efluen, 533.7 mg/l. Adanya pengaruh dari konsentrasi lemak dan minyak dapat diperkecil dengan besarnya konsentrasi alkaliniti yang ada dalam reaktor. Besar konsentrasi alkaliniti pada influen adalah 2560 mg/l dan efluen sebesar 2297 mg/l.

5.2 SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap besarnya gangguan konsentrasi lemak dan minyak terhadap efisiensi pengolahan.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan variasi waktu detensi pada beban organik yang tetap.
3. Perlu dilakukan penelitian terhadap pengaruh pengolahan secara seri terhadap efisiensi penurunan konsentrasi COD dan konsentrasi lemak dan minyak.

4. Perlu dilakukan penelitian dengan waktu detensi yang lebih besar dari 24 jam untuk meningkatkan efisiensi reaktor.
5. Perlu dilakukan penelitian terhadap ketinggian lumpur dalam reaktor sehingga dapat dilakukan pengurasan lumpur untuk menghindari 'flying over' dan diharapkan dapat meningkatkan efisiensi.
6. Untuk mengetahui total efisiensi dari pengolahan RPH perlu dilanjutkan pada pengolahan aerobik.

LAMPIRAN 1

DATA HASIL PENELITIAN

Tabel L.1.1 Efisiensi Reaktor ARMR Pada Kondisi Start Up Berdasarkan Analisa Permanganat Value

Analisa ke-	Permanganat Value (mg/l)		Efisiensi (%)	pH	
	Influen	Efluen		Influen	Efluen
1.	1063.85	619.24	41.79	7.23	7.74
2.	801.85	484.27	39.61	7.43	7.72
3.	627.18	482.85	23.01	6.94	7.51
4.	1353.11	574.54	57.54	6.84	7.42
5.	1175.15	286.63	75.61	7.51	7.71
6.	947.81	623.29	34.24	7.66	7.81
7.	888.03	674.53	24.04	7.42	7.52
8.	930.73	701.99	24.58	7.27	7.44
9.	922.19	719.55	21.97	7.01	7.05
10.	763.43	160.50	78.98	6.82	7.6
11.	616.75	496.85	19.44	7.10	7.39
12.	882.55	452.34	48.75	6.98	7.51
13.	697.11	546.84	21.56	6.81	7.67
14.	1032.97	448.09	56.62	7.56	7.87
15.	713.95	377.26	47.16	7.43	7.79
16.	1076.85	267.22	75.19	7.26	7.94
17.	943.22	357.59	62.09	7.10	7.53
18.	2022.84	443.19	78.09	7.43	7.77
19.	528.79	329.78	37.64	7.04	7.65
20.	971.86	404.94	58.33	7.51	7.80
21.	629.51	440.15	30.08	6.80	7.72
22.	2193.04	463.73	78.85	7.21	7.87
23.	1917.92	461.28	75.95	6.81	7.47
24.	1485.83	586.42	60.53	6.94	7.54
25.	977.47	572.66	41.41	7.01	7.84
26.	1020.31	493.67	51.62	7.40	7.81
27.	875.49	478.79	45.31	7.24	7.65
28.	1005.45	271.31	73.02	7.25	7.35
29.	1428.38	368.67	74.19	6.86	7.78
30.	1113.58	300.99	72.97	7.27	7.59
31.	1926.17	404.88	78.98	6.96	7.83
32.	1948.74	453.28	76.74	6.84	7.60
33.	2613.76	574.24	78.03	7.10	7.84

Tabel L.1.2. Data Removal COD

Debit		Waktu Detensi (jam)	Hari ke-	COD Influen (mg/L)	COD Efluen (mg/L)	Removal (%)	Removal rata-rata (%)
L/jam	mL/menit						
1.6667	27.78	24	1	1666.667	420.904	74.746	75.592
			2	2135.593	546.464	74.412	
			3	3517.241	790.805	77.516	
			4	7066.667	1466.667	79.245	
			5	4338.983	1226.768	71.727	
3.3333	55.56	12	1	5466.667	2644.628	51.623	62.373
			2	3504.132	852.459	75.673	
			3	4459.016	2122.449	52.401	
			4	5266.667	1733.333	67.089	
			5	4542.373	1586.207	65.080	
5	83.33	8	1	6421.769	3918.367	38.983	51.393
			2	5479.452	2136.986	61.000	
			3	5205.479	2794.521	46.316	
			4	5933.333	2800	52.809	
			5	4745.763	2000	57.857	
10	166.67	4	1	5095.89	4054.795	20.430	39.606
			2	5205.479	2191.781	57.895	
			3	5821.918	3741.497	35.734	
			4	6600	4133.333	37.374	
			5	5423.729	2896.552	46.595	

Tabel L.1.3. Data Removal TSS

Debit		Waktu Detensi (jam)	Hari ke-	TSS Influen (mg/L)	TSS Efluen (mg/L)	Removal (%)	Removal rata- rata (%)
L/jam	mL/menit						
1,667	27.78	24	1	1100	245	77.727	67.149
			2	1080	380	64.815	
			3	830	300	63.885	
			4	1760	560	68.182	
			5	1030	400	61.165	
3.33	56.56	12	1	1840	1340	27.174	48.887
			2	980	310	68.367	
			3	1180	630	46.610	
			4	1520	770	49.342	
			5	1190	560	52.941	
5	83.33	8	1	2080	750	63.942	57.306
			2	1390	800	42.446	
			3	2400	750	68.750	
			4	1400	630	55.000	
			5	1330	580	56.391	
10	166.67	4	1	860	260	69.767	47.481
			2	1520	720	52.632	
			3	860	620	27.907	
			4	1160	550	52.586	
			5	1130	740	34.513	

Tabel L1.4 Perhitungan Beban Organik selama operasional

td	Debit (l/hr)	Hari Ke-	Influen COD (mg/l)	Organik Loading Rate (kg COD/m ³ hari)
24	40	1	1666.667	1.667
		2	2135.593	2.136
		3	3517.241	3.517
		4	7066.667	7.067
		5	4338.983	4.339
Rata-Rata				3.745
12	80	1	5466.667	10.933
		2	3504.132	7.008
		3	4459.016	8.918
		4	5266.667	10.533
		5	4542.373	9.085
Rata-Rata				9.295
8	120	1	6421.769	19.265
		2	5479.452	16.438
		3	5205.479	15.616
		4	5933.333	17.800
		5	4745.763	14.237
Rata-Rata				16.671

Lanjutan Tabel L1.4

4	240	1	5095.890	30.575
		2	5205.479	31.233
		3	5821.918	34.932
		4	6600.000	39.600
		5	5423.729	32.542
Rata-Rata				33.776

Tabel L1.5 Pengaruh Beban Organik terhadap efisiensi

Beban Organik (kgCOD/m ³ hari)	Efisiensi Removal konsentrasi COD (%)	Efisiensi Removal konsentrasi TSS (%)
1.667	74.746	74.545
2.136	74.412	40.741
3.517	77.516	55.422
7.008	75.673	68.367
8.918	52.401	46.610
10.933	51.623	27.174
15.616	46.316	68.750
16.438	61.000	42.446
19.265	38.983	63.942
30.575	20.430	69.767
31.233	57.895	52.632
34.932	35.734	27.907

Tabel L1.5 Data pH dan konsentrasi alkaliniti selama operasional

Hari Ke-	Waktu Detensi (jam)	Alkaliniti (mg CaCO ₃ /l)		pH	
		Influen	Efluen	Influen	Efluen
1	24	856.80	1391.00	6.95	7.65
2		1088.60	1396.10	6.92	7.62
3		1360.80	1461.60	6.77	7.42
4		2852.60	1888.70	6.53	7.61
5		1169.30	1398.30	6.96	7.51
1	12	3805.20	2910.60	6.42	7.43
2		2620.80	2973.60	6.55	7.02
3		2217.60	3301.20	6.50	7.11
4		2973.60	3175.20	6.89	7.40
5		2973.60	3061.80	6.78	7.11
1	8	2822.40	3150.00	6.62	7.23
2		3049.20	3099.60	6.98	7.13
3		2620.80	1824.50	6.63	7.22
4		2759.40	3162.60	6.89	7.37
5		3049.20	3067.00	6.77	7.63
1	4	3805.20	3238.20	6.96	7.58
2		1360.80	3824.50	6.57	7.29
3		2759.40	3225.60	6.65	6.92
4		3805.20	3238.20	6.55	7.50
5		1360.80	3824.50	6.77	7.63

LAMPIRAN 2

PROSEDUR ANALISA LABORATORIUM

I. ANALISA ZAT ORGANIK (Permanganat Value)

A. PEMBUATAN REAGENT

➤ Larutan KMnO_4 0,1 N (STOCK)

- Larutkan 3,16 gr KMnO_4 dalam 1 L aquadest
- Didihkan selama 10 – 15 menit
- Biarkan di ruang gelap selama 3 hari
- Disaring dengan glass wool
- Simpan dalam botol warna gelap/coklat

Larutan KMnO_4 0,01 N

- Pipet larutan KMnO_4 0,1 N sebanyak 100 mL
- Encerkan dengan aquadest sebanyak 1 L

➤ Larutan Asam Oksalat 0,1 N

- Timbang dengan teliti 6,3 gr asam oksalat p.a
- Larutkan dalam labu ukur 1 L dengan aquadest

Tambah 50 mL H_2SO_4 4 N

- Encerkan sampai tanda batas

Larutan asam oksalat 0,01 N

- Pipet 100 mL asam oksalat 0,1 N
- Tambah 10 mL H_2SO_4 6 N
- Encerkan dengan aquadest dalam labu 1 L

➤ Larutan H₂SO₄ 4N bebas zat organik

- Encerkan 111 mL H₂SO₄ pekat dengan aquadest sampai 1 L, tambah KMnO₄ 0,01 N sampai ros
- Didihkan sampai mendidih selama 10 menit
- Jika warna ros hilang tambah lagi KMnO₄ 0,01 N sampai warna ros tipis

➤ Larutan NaOH 50 %

- Larutkan 50 gr NaOH dalam 100 mL aquadest

B. PROSEDUR ANALISA

➤ Standarisasi Larutan KMnO₄ 0,01 N

- Isi erlenmeyer dengan 100 mL aquadest
- Tambahkan 2,5 mL H₂SO₄ 4 N + 1 mL asam oksalat 0,1 N
- Panaskan sampai mendidih dan titrasi dengan larutan KMnO₄ 0,01 N sampai warna merah muda.

➤ Bebaskan erlenmeyer dari zat organik

- Isi erlenmeyer dengan aquadest/air + KMnO₄ 0,01 N sampai warna nila/ungu, panaskan selama ± 10 menit, bila warna ungu hilang tambahkan lagi KMnO₄ sampai warna ungu tetap setelah dipanaskan ± 10 menit.
- Buang air tersebut → erlenmeyer telah bebas dari zat organik

➤ Titrasi KMnO₄

- Ambil 100 mL sampel masukkan dalam erlenmeyer yang telah bebas zat organik.
- Tambah 2 mL H₂SO₄ 4 N + KMnO₄ 0,01 N sampai warna nila/ungu/ros

- Panaskan sampai mendidih, tambah KMnO_4 0,01 N sebanyak 10 mL, didihkan selama 10 menit, bila selama menunggu 10 menit warna ros hilang tambahkan lagi KMnO_4 sampai warna ros tetap
- Tambahkan 10 mL asam oksalat 0,01 N, bila warna nila hilang, angkat langsung dititrasi dengan KMnO_4 0,01 N sampai warna nila/ros tipis.
- Catat mL KMnO_4 yang untuk titrasi (a mL)

C. PERHITUNGAN

$$\text{Angka } \text{KMnO}_4 = \frac{1000}{\text{mL sampel}} \times \{ [10 + a] \times 0,01 - [10 \times 0,1] \}$$
$$\times 31,6 \times \text{faktor pengenceran}$$

II. ANALISA COD ($K_2Cr_2O_7$)

A. PEMBUATAN REAGENT

- Larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N
 - Timbang dengan teliti 12,259 gr $K_2Cr_2O_7$
 - Larutkan dalam labu 1 L dengan aquadest sampai batas

Larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,1 N

- Timbang dengan teliti 4,9036 gr $K_2Cr_2O_7$
 - Larutkan dalam labu 1 L dengan aquadest sampai batas
- Larutan Ferro Amonium Sulfat (FAS) 0,25 N
 - Larutkan 98 gr $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6 H_2O$ dalam aquadest
 - Tambah 20 mL H_2SO_4 pekat
 - Encerkan dengan aquadest sampai 1 L

Larutan Ferro Amonium Sulfat (FAS) 0,1 N

- Larutkan 39,2 gr $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6 H_2O$ dlm aquadest
- Tambah 8 mL H_2SO_4 pekat
- Encerkan dengan aquadest sampai 1 L

Standarisasi larutan FAS

- Pipet 25 mL $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N
 - Tambah 20 mL H_2SO_4 pekat
 - Titrasi dengan Ferro Amonium Sulfat
- H_2SO_4 dengan Ag_2SO_4
 - Larutkan 22 gr Ag_2SO_4 dalam 9 L H_2SO_4 pekat atau
Larutkan 10 gr Ag_2SO_4 dalam 1 L H_2SO_4 pekat
 - Biarkan 1 malam
- Kristal $HgSO_4$



➤ Larutan indikator Ferroin

- Larutkan 1,485 gr Orthophenantrolin dan 0,695 gr $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ dalam 100 mL aquadest

B. PROSEDUR ANALISA

- Ambil $\pm 0,4$ g kristal HgSO_4
- Tambah 20 mL sampel
- Tambah 10 mL $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,25 N
- Tambah 30 mL H_2SO_4 pekat campur Ag_2SO_4
- Panaskan dengan destilasi selama 2 jam
- Tambah aquadest sampai 150 mL, dinginkan
- Tambah 3 tetes indikator Ferroin
- Titrasi dengan FAS 0,1 N sampai warna merah

C. PERHITUNGAN

$$\text{COD} = (\text{Blanko} - \text{titran sampel}) \times \text{NFAS} \times \frac{8 \times 1000}{\text{mL sampel}} \times f$$

f : Blanko + 10 mL $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,1 N + Ferroin , dititrasi dengan FAS 0,05 N

$$f = \frac{\text{mL } \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times \text{N } \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{\text{titran FAS} \times \text{NFAS}}$$

III. ALKALINITY

A. PEMBUATAN REAGENT

- Larutan HCl 0,1 N
Encerkan 8,3 mL HCl pekat dalam 1 L aquadest
- Indikator PP 0,035 %
 - Larutkan 0,035 gr PP dalam 100 mL alkohol/ethanol 70 %
 - Netralkan dengan larutan NaOH 0,1 N sampai ros
- Indikator metyl orange 0,1 %
Larutkan 0,1 gr methyl orange dalam 100 mL

B. PROSEDUR ANALISA

- Standarisasi Larutan HCl 0,1 N
 - Timbang secara teliti 200 mg $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$
 - Masukkan dalam erlenmeyer + aquadest 25 mL
 - Kocok sampai larut
 - Tambah indikator metyl orange/metyl red
 - Titrasi dengan HCl 0,1 N sampai warna orange/merah.
 - Normalitas HCl = $200 / (190,685 \times \text{mL titrasi})$
- Ambil 100 mL larutan sampel + 20 tetes PP warna merah
- Titrasi dengan HCl 0,1 N sampai warna merah tepat hilang, catat banyaknya larutan HCl 0,1 N yang digunakan (p mL)
- Tambahkan 3 – 5 tetes indikator methyl orange (mo) 0,1 %.

- Titrasi dengan larutan HCl 0,1 N lagi sampai cairan berubah warna dari kuning menjadi orange (jingga), catat banyaknya larutan HCl 0,1 N yang digunakan (m mL).

C. PERHITUNGAN

- Jika $p = m$ maka air mengandung CO_3^{2-}
 - $\text{CO}_3^{2-} (\text{mg/L}) = 1000/100 \times p \times N \text{ HCl} \times 60$
- Jika $p < m$ maka air mengandung CO_3^{2-} dan HCO_3^-
 - $\text{CO}_3^{2-} (\text{mg/L}) = 1000/100 \times p \times N \text{ HCl} \times 60$
 - $\text{HCO}_3^- (\text{mg/L}) = 1000/100 \times (m - p) \times N \text{ HCl} \times 61$
- Jika $p > m$ maka air mengandung OH⁻ dan CO_3^{2-}
 - $\text{OH}^- (\text{mg/L}) = 1000/100 \times (p - m) \times N \text{ HCl} \times 17$
 - $\text{CO}_3^{2-} (\text{mg/L}) = 1000/100 \times m \times N \text{ HCl} \times 60$

IV. ANALISA BOD

A. PEMBUATAN REAGENT

➤ Larutan MnCl_2 20 %

- Larutkan 20 gr MnCl_2 dalam 100 mL aquadest
- Atau 40 gr MnSO_4 atau 48 gr $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ atau 36,4 gr $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

➤ Pereaksi O_2

Larutkan 40 gr NaOH dan 15 gr KI dalam 100 mL aquadest + NaH_3 sebanyak 2 gr

➤ Indikator kanji/amilum 1 %

Larutkan 1 kg kanji dalam sedikit air K mol + air panas sampai 100 cc + pengawet HgI_2 sedikit

➤ Larutan thiosulfat 0,1 N

Larutkan 24,82 gr $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dalam 1 L aquadest yang telah dididihkan dan didinginkan lagi + 5 mL CHCl_3 atau 5 gr NaOH atau 8 cc buffer pH 1,2

➤ Larutan thiosulfat 1/80 N

Encerkan 25 mL thiosulfat 0,1 N sampai 200 mL dengan aquadest.

➤ H_2SO_4 pekat

B. PROSEDUR ANALISA

➤ Standarisasi larutan thiosulfat 0,1 N

- Pipet 25 mL KIO_3 0,1 N / KBrO_3 0,1 N / $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,1 N
- + 2 mL H_2SO_4 pekat
- + 2 gr KI (1 spatula)
- Titrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ sampai kuning
- + indikator amilum sampai biru

- Titrasi dilanjutkan sampai tidak berwarna
- Dilihat dari tes analisa PV.
Hasil analisa PV kemudian dibagi 3
Misal : nilai PV : 1500
Untuk pengenceran BOD = $1500/3 = 500$
Kemudian → volume labu ukur/pengenceran
→ $500/500 = 1$
Jadi yang diambil 1 mL air limbah kemudian diencerkan sampai 500 mL
dengan air pengencer BOD
- Dibagi 2 (Botol besar dan Botol kecil)
Botol besar untuk DO_5 dan botol kecil untuk DO_0
- Kemudian untuk blanko (air pengencer) juga sama. Botol besar disimpan,
botol kecil dianalisa.
- + 2 mL (0,5 mL) $MnSO_4$
- + pereaksi O_2 2 mL (0,5 mL) ditunggu 10 menit
- + 2 mL H_2SO_4 pekat, dikocok sampai larut
- Pindahkan ke gelas ukur 100 mL, lalu pindahkan ke erlenmeyer 250 mL + 5
tetes indikator amilum
- Titrasi dengan thiosulfat 0,125 N sampai bening
- Catat mL titrasi thiosulfat
- Catatan : Dipakai 2 mL apabila yang dianalisa botol besar, apabila yang
dipakai botol kecil (untuk DO_0) cukup 1 mL saja.

C. PERHITUNGAN

$$DO = \frac{a \times N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times 8000}{\text{volume larutan yang dititiasi}}$$

$$BOD_{20}^5 = (X_0 - X_5) - (B_0 - B_5) \times P$$

Keterangan :

a = volume titran Natrium thiosulfat

X_0 = DO sampel pada saat t = 0 hari (mg O_2/L)

X_5 = DO sampel pada saat t = 5 hari (mg O_2/L)

B_0 = DO sampel pada saat t = 0 hari (mg O_2/L)

B_5 = DO sampel pada saat t = 5 hari (mg O_2/L)

P = derajat pengenceran



V. ANALISA TSS**A. PROSEDUR ANALISA**

- Timbanglah kertas saring dan cawan porselen yang telah dioven 105 °C (setelah diambil dari oven, didinginkan dalam desikator 15 menit)
- Kertas tersebut (telah ditimbang) digunakan untuk menyaring 50 mL sampel dengan pompa penghisap.
- Cawan dan kertas yang telah digunakan, dipanaskan lagi dengan oven 105 °C selama 1 jam.
- Kemudian pindahkan ke dalam desikator selama 15 menit dan akhirnya timbang lagi

B. PERHITUNGAN

$$\text{mg/L TSS} = \frac{1000}{\text{mL sampel}} \times ((\text{kertas saring} + \text{SS}) - \text{kertas saring}) \times 1000$$

VI. ANALISA VSS**A. PROSEDUR ANALISA**

- Kertas saring yang diketahui kadar SS-nya, dimasukkan ke dalam cawan yang diketahui beratnya.
- Masukkan dalam oven 550 °C selama 30 menit
- Pindahkan pada oven 105 °C selama 30 menit
- Masukkan desikator selama 15 menit dan timbang.

B. PERHITUNGAN

$$\text{mg/L FSS} = \frac{1000}{\text{mL sampel}} \times ((\text{cawan} + \text{FSS}) - \text{cawan kosong}) \times 1000$$

$$\text{mg/L VSS} = \text{TSS} - \text{Total FSS}$$

VII. PENGUKURAN Ph

A. ALAT DAN BAHAN

- Larutan buffer pH 3 dan 9
- Aquades
- pH meter
- Botol semprot
- Beker gelas

B. PROSEDUR PENGUKURAN

- Batang elektroda disemprot dengan aquades dan dikeringkan dengan kertas tissue
- Sampel yang akan diukur dikocok agar homogen dan diukur dengan pH meter.

VIII. PENGUKURAN SUHU

A. PERALATAN

- Termometer
- Beker gelas

B. PROSEDUR PENGUKURAN

Sampel terlebih dahulu dikocok kemudian dilakukan pengukuran dengan menggunakan termometer.

LAMPIRAN 3

PERHITUNGAN DEBIT

DAN ORGANIC LOADING

A. PERHITUNGAN DEBIT

Rumus :

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

dimana :

Q = Debit air limbah yang masuk ke dalam reaktor, L/jam

V = Volume reaktor, L

 t_d = Waktu detensi, jam

Hasil perhitungan dapat dilihat dalam tabel berikut ini :

Volume reaktor, V (Liter)	Waktu detensi, t_d (jam)	Debit, Q	
		(L/jam)	(mL/menit)
40	24	1,67	27.78
40	12	33,33	55.56
40	8	5	83,33
40	4	10	166,67

B. PERHITUNGAN ORGANIC LOADING

Rumus :

$$OL = \frac{So \times Q}{V}$$

dimana :

OL = Organic Loading, $\text{kg/m}^3 \cdot \text{hari}$

So = Konsentrasi COD, $\text{kg/m}^3 \cdot \text{Hari}$

Q = Debit air limbah yang masuk ke dalam reaktor, L/jam

V = Volume reaktor, Liter

Debit dan Konsentrasi limbah merupakan variabel independen sehingga dua hal inilah yang menentukan besarnya organic loading yang diterima reaktor. Sedangkan volume reaktor adalah sebagai variabel tetap (28 Liter).

Contoh perhitungan organic loading :

Diketahui :

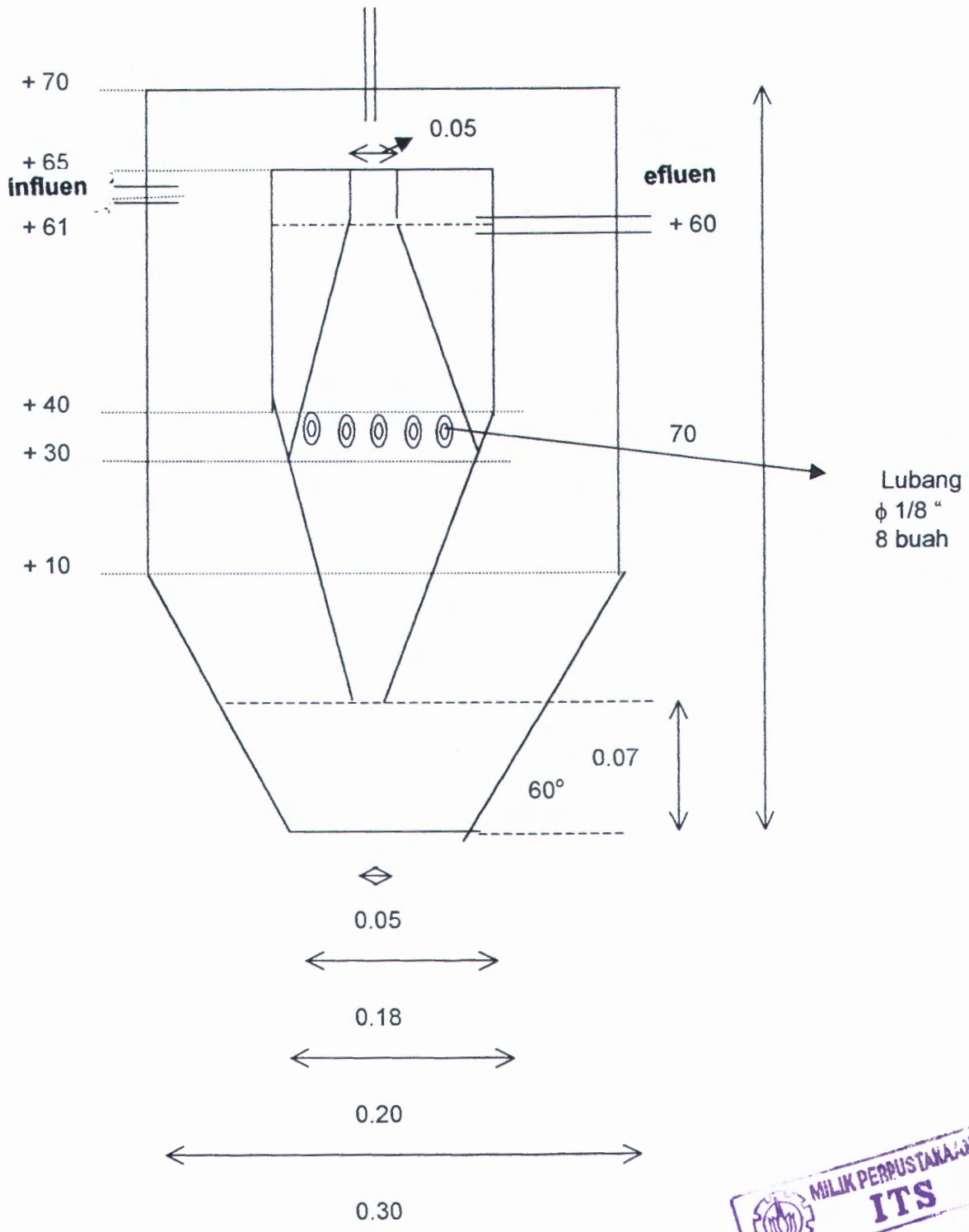
Konsentrasi COD influen = 3517,2414 mg/L dengan debit = 1,67 L/jam

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Organic Loading (OL)} &= \frac{3517,2414 \text{ mg/L} \times 1,67 \text{ L/jam}}{40 \text{ L}} \\ &= 146,845 \text{ mg/L} \cdot \text{jam} \\ &= 3,524 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \end{aligned}$$

LAMPIRAN 4

GAMBAR DETAIL ANAEROBIC RADIAL MIXING



ANALISIS STATISTIK

Analisis statistik yang digunakan adalah analisis varian yang bertujuan untuk mengidentifikasi variabel independen yang memberikan kontribusi secara signifikan terhadap variabel respon dan menghitung sejauh mana interaksi serta pengaruh yang ditimbulkan. Analisis statistik yang dilakukan meliputi pengaruh waktu detensi terhadap removal COD dan removal TSS.

☞ Pengaruh waktu detensi terhadap removal COD

Kesimpulan didasarkan pada hipotesis :

H0 = Tidak ada pengaruh waktu detensi terhadap removal COD

H1 = Ada pengaruh waktu detensi terhadap removal COD

Data Efisiensi Removal COD Tiap Waktu Detensi

Sampling	Waktu detensi (jam)			
	4	8	12	24
1	50.00	59.70	69.70	74.70
2	49.30	54.50	61.40	74.40
3	53.70	57.90	68.80	77.50
4	47.50	60.70	67.70	79.20
5	45.20	59.60	70.60	71.70

Keterangan : satuan dalam %

Analisis Varian untuk Data Efisiensi Removal COD Tiap Waktu Detensi

Sumber Variasi	Dk	JK	KT	F hitung	P
Perlakuan	3	2726.72	908.91	358.01	0.00
Galat	16	40.62	2.54		
Jumlah	19	2767.34			

Dari hasil analisis varian P value $\leq 0,1$, sehingga dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak, yang berarti ada pengaruh antara waktu detensi terhadap removal COD.

☛ Pengaruh waktu detensi terhadap removal TSS

Kesimpulan didasarkan pada hipotesis :

H_0 = Tidak ada pengaruh waktu detensi terhadap removal TSS

H_1 = Ada pengaruh waktu detensi terhadap removal TSS

Data Efisiensi Removal TSS Tiap Waktu Detensi

Sampling	Waktu detensi (jam)			
	4	8	12	24
1	50.58	66.83	59.24	77.73
2	60.53	44.96	58.67	64.82
3	52.33	72.50	51.70	63.86
4	50.86	58.21	53.95	68.18
5	50.44	57.14	55.04	61.17

Keterangan : satuan dalam %

Analisis Varian untuk Data Efisiensi Removal TSS Tiap Waktu Detensi

Sumber Variasi	Dk	JK	KT	F hitung	P
Perlakuan	3	573.43	191.14	4.24	0.022
Galat	16	720.44	45.03		
Jumlah	19	1293.87			

Dari hasil analisis varian P value $\leq 0,1$, sehingga dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak, yang berarti ada pengaruh antara waktu detensi terhadap removal TSS.

FORMULIR PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Nama / Nrp. : Lida Candra Nigita / 3395.100.011.
Bidang Studi : ~~Studi Amaranan~~ Klinik Lingkungan
Judul Tugas Akhir : ~~Studi~~ Studi Penurunan Kandungan COD dan
TSS pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan
dengan menggunakan Anaerobic Sludge
Mixing Reactor

Yang perlu diperbaiki :

1. istilah td diganti dengan OLR ✓
2. perhitungan efisiensi removal & efisiensi kumulatif untuk effluent no 2 saja.
3. grafik & diganti tidak dengan td tetapi dengan OLR. ✓
4. hal 54 peren spesifik lagi.
5. wash out perlu diperbaiki maksudnya.

Surabaya,

Mengetahui :
Pembimbing Tugas Akhir,

Nip.

Tim Penguji :

1. Eddy Setiawan Soedjito
2. Niki Kasaningrum NK
3. Agus Slamet A-
4.