

**Laporan Hasil Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi
Tahun Anggaran 2012**



**Pengembangan Rancangan
Pengolahan Air Limbah Kantin Untuk Produksi Biogas**

Nur Indradewi Oktavitri, S. T., M. T.

Prof. Dr. Ir. Agoes Soegianto, DEA

Taufik, S.T., M.Kom.

**Dibiayai oleh DIPA Universitas Airlangga sesuai dengan
Surat Keputusan Rektor Tentang Kegiatan Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi
Tahun Anggaran 2012 Nomor 2613/H3/KR/2012, Tanggal 9 Maret 2012**

Universitas airlangga

2012

HALAMAN PENGESAHAN

1. JUDUL : PENGEMBANGAN RANCANGAN AIR LIMBAH KANTIN UNTUK PRODUKSI BIOGAS

2. Ketua Peneliti

- a. Nama Lengkap : Nur Indradewi Oktavetri, S. T., M. T.
- b. Jenis Kelamin : Laki-laki/Perempuan
- c. NIP : 19831001 200812 2004
- d. Pangkat / Golongan / : Penata Muda Tk. I/III b
- e. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
- f. Bidang keahlian : Teknologi Pengolahan Limbah
- g. Fakultas / Jurusan / Puslit : Fak. Sains dan Teknologi / Departemen Biologi
- h. Perguruan Tinggi : Universitas Airlangga

Tim Peneliti

NO	NAMA PENELITI	BIDANG KEAHLIAN	FAKULTAS / JURUSAN	PERGURUAN TINGGI
1.	Prof. Dr. Ir. Agoes Soegianto, DEA	Ekologi Lingkungan	Fak. Sains dan Teknologi / Departemen Biologi	Universitas Airlangga
2.	Taufik, ST., M. Kom.	Pemodelan Bioinformatika / Lingkungan	Fak. Sains dan Teknologi / Departemen Matematika	Universitas Airlangga

3. Pendanaan dan Jangka Waktu Penelitian

- a. Jangka waktu penelitian yang diusulkan : 2 Tahun
- b. Biaya yang diusulkan : Rp. 100.000.000,-
- c. Biaya yang disetujui tahun ini : Rp. 60.000.000,-

Mengetahui
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi,

Prof. Drs. Win Darmanto, M. Si., Ph. D
NIP. 19610616 198701 1 001

Surabaya, 1 Oktober 2012
Ketua Peneliti,

Nur Indradewi Oktavetri, S. T., M. T.
NIP.19831001 200812 2 004

Mengetahui
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Unair,

Dr. Diko Agus Purwanto, Apt., M.Si.
NIP. 195908051987011001

RINGKASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi air limbah kantin yang diolah sebagai bahan baku produksi biogas, khususnya gas metan dengan menggunakan biofilter anaerob. Dari penelitian diketahui bahwa rata-rata laju produksi biogas dari air limbah dengan COD rata-rata 7894,67 mg/l inihanya mencapai 0,00325 ml/hari dengan produksi tertinggi 0,02198 mg/L/hari dan besar degradasi bahan organik hanya mencapai 64%. Dalam penelitian ini apabila dilakukan pengolahan selama satu tahun, air limbah kantin hanya berpotensi menghasilkan biogas sejumlah 1,18625 ml dengan kalori sebesar 10,558 kal. Meskipun hasil tersebut cukup rendah akan tetapi tidak berarti air limbah ini tidak bisa dimanfaatkan. Apabila dilakukan peningkatan berbagai kondisi yang dapat menunjang terjadinya proses metanogenesis dan degradasi bahan organik pada biofilter anaerob tidak menutup kemungkinan biofilter ini dapat menghasilkan produksi gas metan dan degradasi bahan organik yang lebih besar nantinya.

SUMMARY

The aims of this research to evaluated canteen wastewater potention as raw material for biogas production, especially methan gas with biofilter anaerob. From this research has known that the average of biogas production from wastewater with the average of COD reached 7894,67 mg/l was 0,00325 ml/day. The highest production of biogas reached 0,02198 mg/l/day. The highest degradation of organic matter was 64%. Based in this research, if the treatment has done in 1 years, canteen wastewater will produce biogas until 1.18625 ml with 10.558 calories. Eventhough the biogas production was not too high but it does not mean that wastewater could not be reused. If the ability of treatment has been improved, it would improved the potential production of biogas

ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk mengetahui rancangan terbaik untuk menghasilkan biogas serta efisiensi pengolahan air limbah dengan menambahkan media kerikil pada reaktor pengolahan air limbah anaerob hidrolis. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dengan menggunakan air limbah kantin Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga. Pada Tahun pertama, dilakukan uji variasi debit dan ketinggian media kerikil pada reaktor. Parameter yang diukur adalah volume biogas, *Chemical Oxygen Demand* (COD), nitrogen, fosfor, alkalinitas, *Volatile Suspended Solid* (VSS), pH, suhu.. Hasil dari tahun pertama diperoleh debit yang memberikan removal tertinggi adalah 0,3 ml/dt dan ketinggian media kerikil yang optimum menghasilkan volume biogas terbesar adalah 50 cm. Berdasarkan penelitian ini diketahui bahwa penurunan BOD maksimal mencapai 64% dan penurunan TSS mencapai 98%.

ABSTRACT

The aim of this research was to get the best design to resulted biogas and efficiency of wastewater treatment with added the gravel media in hydrolic reactor. This research has been done in laboratory scale with used wastewater canteen from Faculty of Science and Technology, Airlangga University. In first year, evaluated the effect of flow and depth of media in reactor. The parameters have evaluated were biogas volume, Chemical Oxygen Demand, Nitrate, phosphate, alkalinity, volatile suspended solid, pH, temperature. The result of the first year were the great flow for this system was 0,3 ml/s and the optimum depth of gravel media was 50 cm. From this research has known that COD removal was 64% and TSS removal was 98%

PRAKATA

Alhamdulillah, segala puji syukur ke hadirat Allah SWT, dengan rahmat dan hidayah-Nya laporan penelitian yang berjudul " Pengembangan Rancangan Pengolahan Air Limbah Kantin Untuk Produksi Biogas" ini telah selesai. Laporan penelitian ini membahas tentang kajian pengolahan anaerob untuk memproduksi biogas dari kualitas air limbah restoran atau kantin. Manfaat dari penelitian ini sebagai dasar untuk alternatif pengolahan yang dapat dilakukan untuk mengolah air limbah kantin agar dapat menghasilkan produksi biogas.

Laporan penelitian ini terdiri atas 4 bab, dimana pada Bab 1 merupakan Pendahuluan yang meliputi latar belakang beserta permasalahan; Bab 2 tentang Tinjauan Pustaka yang berhubungan dengan penelitian ini; Bab3 adalah tujuan dan manfaat dari penelitian ini; sedangkan Bab 4 tentang Metode Penelitian; Bab 5 adalah Hasil dan Pembahasan dari data yang telah diperoleh dari penelitian ini; dan Bab 6 tentang Kesimpulan dan Saran dari penelitian ini.

Ucapan terima kasih yang tak terhingga ditujukan kepada semua pihak yang telah memberi banyak dukungan dalam penelitian ini. Serta ucapan terima kasih ditujukan kepada seluruh mahasiswa Ilmu dan Teknologi Lingkungan yang telah membantu penelitian ini dan berbagai pihak lain yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

Surabaya, 1 Oktober 2012

Tim Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR IDENTITAS DAN HALAMAN PENGESAHAN	i
A. LAPORAN HASIL PENELITIAN	
RINGKASAN	ii
<i>SUMMARY</i>	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Urgensi keutamaan	1
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Air Limbah Kantin	3
2.2 Rancangan Pengembangan Pengolahan Air Limbah Anaerob Bersekat	3
2.3 Biogas dari Pengolahan Air Limbah Anaerob	4
2.4 Mekanisme dalam Pengolahan Anaerob	4
2.5 Pemodelan Pertumbuhan Bakteri dan Biogas	6
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	8
3.1 Tujuan Penelitian	8
3.2 Manfaat Penelitian	8
BAB IV METODE PENELITIAN	9
4.1 Tempat dan Waktu Penelitian	9
4.2 Bahan dan Alat	9
4.3 Prosedur Penelitian	9
4.4 Luaran Penelitian	15
4.5 Sarana	15
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	16
5.1 Pengaruh Variasi Ketinggian Media Terhadap Penurunan COD	16
5.2 Pengaruh Variasi Ketinggian Media Terhadap Penurunan TSS	20
5.3 Pengaruh Debit Terhadap Penurunan COD	22
5.4 Pengaruh Variasi Debit Terhadap Penurunan TSS	23
5.5 Pengaruh Gas Metan	24

vii



BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	27
6.1 Kesimpulan	27
6.2 Saran	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN	
B. DRAFT ARTIKEL ILMIAH	
C. SINOPSIS PENELITIAN LANJUTAN **	

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 4.1 Daftar Sarana Yang Diperlukan Dalam Pelaksanaan Penelitian	15
Tabel 5.1 COD Persiapan Awal Reaktor	16
Tabel 5.2 Komposisi Bahan Pada Biogas	24

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Kandungan Nutrien Dalam Proses	5
Gambar 2.2 Proses Fermentasi Glukosa Menjadi Methan	5
Gambar 3.1 Rangkaian Reaktor	12
Gambar 5.1 Penurunan Konsentrasi COD Dengan Variasi Ketinggian Media	17
Gambar 5.2 Persentase Penurunan COD Dengan Variasi Ketinggian Media	17
Gambar 5.3 Nilai pH tiap Media	18
Gambar 5.4 Nilai Suhu Tiap Media	18
Gambar 5.5 Nilai Alkalinitas Tiap Media	19
Gambar 5.6 Nilai NO ₃ tiap Media	19
Gambar 5.7 Nilai PO ₄ Tiap Media	19
Gambar 5.8 Penuruna Konsentrasi TSS Tiap Media	20
Gambar 5.9 Efisiensi Removal TSS Tiap Media	20
Gambar 5.10 Efisiensi Penurunan COD	23
Gambar 5.11 Efisiensi Penurunan TSS	23
Gambar 5.12 Hasil Produksi Gas Methan	25
Gambar 5.13 Hubungan Antara Gas Methan dan Penyisihan COD	36

BABI PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis energi merupakan isu global yang sering diperbincangkan masyarakat Indonesia dan dunia. Krisis energi yang dampaknya langsung dapat dirasakan adalah tingginya harga bahan bakar. Biogas sebuah teknologi sederhana dan mudah untuk diaplikasikan dapat menjadi sebuah solusi yang baik untuk krisis energi. Saat ini yang marak dilakukan adalah penelitian menghasilkan biogas melalui kotoran hewan seperti yang dilakukan oleh Imrowati (2006). Sedangkan menurut Foresti *et al* (2006) pengolahan air limbah domestik dengan anaerob memiliki potensi menghasilkan biogas. Salah satu dari air limbah domestik adalah air limbah kantin.

Salah satu dari jenis pengolahan anaerob adalah anaerob bersekat yang telah diteliti oleh Malakahmad dkk (2004) dan Gašpariková (2004). Gašpariková (2004) berpendapat bahwa semakin lama waktu pengolahan limbah anaerob dapat meningkatkan biogas. Penelitian yang melakukan modifikasi pengolahan anaerob bersekat dengan menambahkan media kerikil belum ada padahal memungkinkan untuk meningkatkan waktu pengolahan sehingga berimplikasi pada meningkatnya biogas. Penelitian ini menambahkan kerikil pada tiap ruang sekat pada pengolahan anaerob bersekat dengan aliran inlet dari bawah ke atas. Pada penelitian tahun pertama dilakukan variasi debit dan ketinggian kerikil untuk mengetahui pengaruh produksi gas. Penelitian ini mengukur parameter penting dalam pengolahan air limbah menurut Metcalf and Eddy (2004) yaitu: *Chemical Oxygen Demand* (COD), nitrogen (N), fosfor (P), alkalinitas, *Volatile Suspended Solid* (VSS), pH, suhu, dan pertumbuhan mikroorganisme.

Bagus S (2008) menambahkan bahwa rasio COD, N, dan P akan mempengaruhi produksi biogas. Sehingga penelitian tahun kedua menambahkan variasi rasio COD, N, dan P pada reaktor dengan debit dan ketinggian kerikil yang menghasilkan biogas optimum. Penelitian ini juga melakukan pemodelan untuk pertumbuhan mikroorganisme dan biogas selama 1, 3, dan 5 tahun berdasarkan hasil dari penelitian tahun pertama dan tahun kedua.

Dalam penelitian ini juga dilakukan kajian tentang efisiensi pengolahan. Hal ini dimaksudkan agar rancangan yang dihasilkan selain optimal menghasilkan biogas juga optimal dalam efisiensi pengolahan sehingga rancangan ini juga mampu mengolah air limbah dengan baik sebelum di buang ke badan air.

1.3. Urgensi (Keutamaan) penelitian

Optimalisasi dalam menghasilkan biogas pada proses pengolahan air limbah domestik dapat dilakukan dengan meningkatkan waktu proses. Waktu proses dapat dilakukan dengan memodifikasi rancangan pengolahan. Rancangan pengolahan ini diuji kehandalannya dibanding dengan pengolahan anaerob bersekat konvensional dengan melakukan variasi debit, ketinggian media kerikil. Hasil dari tahapan ini dapat dioptimumkan lagi dalam menghasilkan biogas dengan melakukan variasi nutrisi. Sehingga dapat diperoleh variasi yang paling optimum menghasilkan biogas.

Penelitian ini berorientasi agar modifikasi pengolahan anaerob bersekat dapat diaplikasikan ke masyarakat sehingga dilakukan pemodelan pertumbuhan mikroba sebagai sumber penghasil biogas dan biogasnya sendiri. Hasil dari tahap ini dapat diperoleh kinetika pertumbuhan mikroba dan biogas yang dihasilkan dalam jangka panjang

Penelitian ini sangat dibutuhkan untuk :

- 1) Menghasilkan teknologi energi terbarukan alternatif, biogas, dari air limbah domestik di tengah krisis energi.
- 2) Menghasilkan teknologi selain dapat menghasilkan biogas optimum tetapi juga memiliki efisiensi pengolahan air limbah yang tinggi sehingga dapat juga mengatasi krisis air karena semakin buruknya kualitas badan air. Hingga saat ini, air limbah domestik cenderung dibuang langsung ke badan air sehingga semakin mencemari badan air.
- 3) Teknologi ini dapat merubah paradigma masyarakat untuk mengolah air limbah domestik menjadi energi yang dapat bermanfaat bagi masyarakat sendiri.
- 4) Teknologi ini dapat membantu perekonomian masyarakat di tengah semakin naiknya harga dari energi gas.
- 5) Menghasilkan sebuah teknologi dengan spesifikasi yang detail serta formulasi rasio nutrien, metode operasional dan perawatan sehingga dapat mudah diaplikasikan di masyarakat

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air Limbah Kantin

Kantin FSaintek Unair merupakan fasilitas yang ada di FSaintek Unair untuk tempat membeli makanan dan minuman. Tiap kantin menjual berbagai jenis masakan yang berbeda seperti makanan jawa dan makanan cina. Air limbah kantin tersebut tidak dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke badan air, padahal kualitas air limbah kantin FSaintek Unair kandungan BOD dan TSS nya melebihi baku mutu (Tabel 1). BOD adalah kebutuhan oksigen dari mikroorganisme untuk mengolah bahan organik air limbah. Sedangkan TSS adalah kandungan partikel tersuspensi pada air limbah.

Tabel 1 Kualitas Air Limbah Kantin FSaintek, Unair

No.	Parameter	Satuan	Kualitas air limbah kantin	Baku mutu*	Keterangan
1	Biological Oxygen Demand (BOD)	mg/l	169 -3185	100	Melebihi baku mutu
2	Total Suspended Solid (TSS)	mg/l	123 - 493	100	Melebihi baku mutu
3	Minyak dan lemak	mg/l	1,7-3,9	10	Sesuai baku mutu
4	pH	-	6-6,19	6-9	Sesuai baku mutu

Sumber: Oktavetri, dkk (2010)

*Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003

Aktivitas dari kegiatan kantin juga berfluktuasi, sehingga debit air limbah juga mengalami fluktuasi sehingga memerlukan bak ekualisasi jika hendak melakukan pengolahan. Debit air limbah kantin cukup kecil berkisar 0,01-0,04 L/dt (Oktavetri dkk,2010)

2.2. Rancangan Pengembangan Pengolahan Air Limbah Anaerob Bersekat

Pengolahan air limbah bersekat merupakan salah satu jenis pengolahan *suspended growth* yang memanfaatkan sekat (*baffle*) dalam pengadukan bertujuan memungkinkan terjadinya kontak antara air limbah dan biomassa (Metcalf and Eddy, 2004). Pengolahan anaerob bersekat memiliki pengurangan zat padat tersuspensi kurang baik, karena zat padat yang mendekati densitas air dapat terbawa keluar ke outlet pengolahan (Indriani dan Herumurti, 2010). Metcalf and Eddy (2004) menyatakan bahwa pengolahan air limbah yang menggunakan penyaring/media dapat menurunkan zat padat tersuspensi.

Dalam penelitian Indriani dan Herumurti (2010) melakukan kombinasi proses anaerob bersekat dan biofilter dalam pengolahan air limbahnya memiliki removal cukup baik untuk COD dan zat padat terlarut berkisar 80%. Hal ini dikarenakan HRT yang semakin tinggi dari kombinasi tersebut. Penelitian

Indriani dan Herumurti (2010) memisahkan kedua proses tersebut, sehingga ada dua tahap, yaitu setelah dari anaerob bersekat lalu ke biofilter. Sehingga, luas area yang dibutuhkan untuk reactor ini cukup luas.

Malakahmad dkk (2004) juga melakukan pengembangan anaerob bersekat dengan menambah jumlah sekat, agar aliran dalam air (HRT) semakin lama. Metcalf and Eddy (2004) menyakan bahwa jumlah minimal dalam pengolahan anaerob bersekat adalah tiga. Bagus S (2010) menambahkan bahwa panjang atau lebar dari unit pengolahan anaerob berkisar 20% dari tinggi bak serta tinggi sekat minimal 30 cm untuk reactor.

Penambahan media filter pada anaerob bersekat akan menjadi terobosan baru karena akan terjadi kombinasi dua metode pertumbuhan bakteri yaitu *suspended growth* dan *attach growth*. Selain itu penambahan media juga akan memperlama waktu hidrolik sehingga menurut Gašpariková (2004), jumlah biogas akan meningkat dan efisiensi pengolahan akan meningkat.

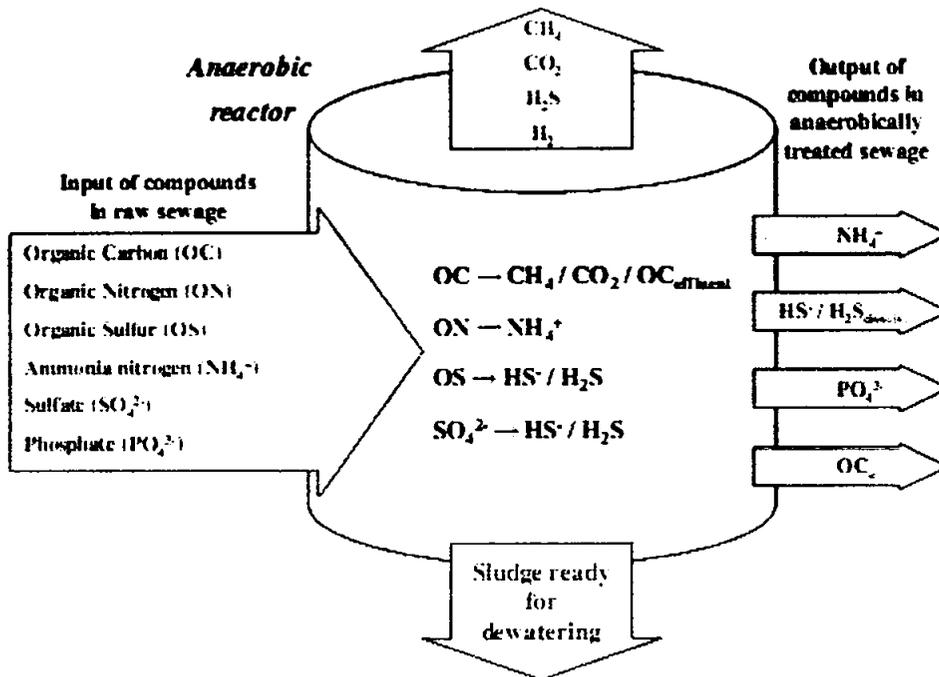
2.3. Biogas dari Pengolahan Air Limbah Anaerob

Biogas adalah gas yang dihasilkan oleh bakteri apabila bahan organik mengalami proses fermentasi dalam reactor pada kondisi anaerob (tanpa udara). Biogas dapat diproduksi dari bahan organik dengan bantuan bakteri untuk proses fermentasi anaerobnya. Beberapa penelitian tentang produksi biogas dari pengolahan air limbah anaerob adalah Malakahmad dkk (2004); Malakahmad dkk (2009); dan Bagus S (2010). Dalam penelitian tersebut ada beberapa faktor yang berpengaruh pada proses produksi biogas:

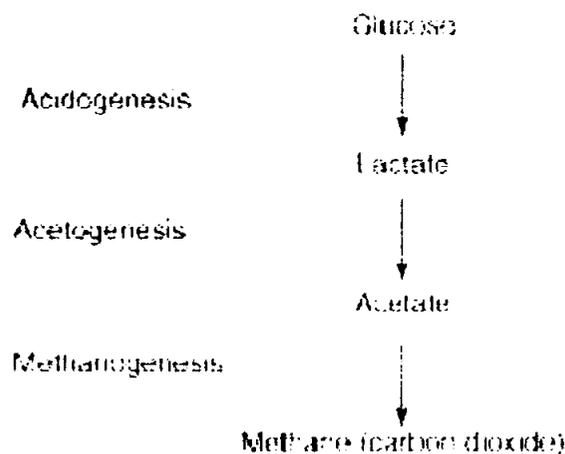
- a. Bahan organik dan nutrisi dalam air limbah, pada umumnya ditunjukkan dengan rasio COD:N:P (Bagus S, 2010 dan Foresti (2006))
- b. *Hydraulic Retention Time* (HRT) dari proses tersebut (Malakahmad dkk, 2011 dan 2009)
- c. Pengadukan pada proses pengolahan (Malakahmad dkk, 2011)
- d. Gangguan dalam reactor, seperti bahan toksik, bocornya biogas (Bagus S, 2010)

2.4. Mikroorganisme dalam pengolahan anaerob

Aktivitas mikroorganisme dalam pengolahan anaerob memiliki pengaruh penting dalam pengolahan air limbah. Aktivitas tersebut tentunya tidak lepas dari nutrisi yang terkandung didalamnya seperti yang terlihat pada Gambar 1. Dari gambar 1 terlihat bahwa kandungan karbon, nitrogen, sulfur, fosfat memiliki peranan dari terhasilnya biogas (gas metan). Malakahmad dkk (2009) menyampaikan bahwa ada proses fermentasi perubahan glukosa menjadi metan melalui bantuan bakteri acidogenesis, acetogenesis, methanogenesis (gambar 2).



Gambar 2.1. Kandungan nutrisi dalam proses (Foresti, 2006)



Gambar 2.2. Proses Fermentasi Glukosa menjadi Methan (Malakahmad dkk, 2009)

Nutrisi

Mikroba sangat bergantung pada nutrisi untuk bertahan hidup. Mampu atau tidaknya mikroba bertahan hidup akan terlihat dari kecukupan nutriennya. Nutrien-nutrien merupakan pendukung untuk hidup, berkembang biak dan menghasilkan enzim-enzim untuk mendegradasi hidrokarbon. Nutrien yang dibutuhkan oleh mikroba bervariasi menurut jenis mikroba, namun seluruh mikroba memerlukan nitrogen, fosfor dan karbon (Waluyo, 2010)

Selain itu, ada beberapa mineral-mineral lain yang dibutuhkan dalam jumlah kecil seperti potassium, mangan, kalsium, besi, tembaga, kobalt, dan seng. Senyawa-senyawa tersebut biasanya

berbentuk garam-garam inorganik dan biasanya sudah terdapat dalam jumlah yang cukup di lingkungan baik tanah maupun air sehingga tidak memerlukan perhatian khusus pada proses bioremediasi.

Kondisi Lingkungan

Selain membutuhkan nutrisi, mikroba membutuhkan kondisi lingkungan tertentu untuk hidup, karena pertumbuhan mikroba dan aktivitas enzim dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan yang akhirnya mempengaruhi laju degradasi. Beberapa diantaranya adalah (Bagus S, 2010):

a. Oksigen

Biodegradasi didominasi oleh proses oksidasi. Enzim-enzim bakteri akan mengkataliskan pemasukan oksigen ke dalam hidrokarbon sehingga molekul dapat dikonsumsi untuk metabolisme sel. Karena itu, oksigen adalah kebutuhan terpenting dalam proses biodegradasi minyak bumi.

b. pH

Untuk mendukung pertumbuhan mikroba, pH tanah harus berada antara 6-8, dengan pH optimal 7. Nilai pH tanah asam dapat dinaikkan dengan penambahan kapur dan pH tanah basa dapat diturunkan dengan penambahan sulfur.

c. Temperatur

Temperatur merupakan faktor yang penting dalam biodegradasi walaupun degradasi hidrokarbon terjadi pada rentang temperatur yang cukup besar. Temperatur menjadi penting karena pada temperatur rendah, pergerakan molekul cenderung lambat dan molekul-molekul yang menyatu cenderung tidak ikut bereaksi. Peningkatan temperatur akan meningkatkan kemungkinan terjadinya reaksi dan meningkatkan laju difusi. Laju reaksi enzimatik secara umum dapat meningkat setiap kenaikan 10°C temperatur selama enzim tidak berubah sifatnya. Semakin tinggi reaksi enzimatik maka semakin cepat proses biodegradasinya.

2.5 Pemodelan Pertumbuhan Bakteri dan Biogas

Beberapa metode model boundary telah banyak digunakan di bidang mikrobiologi prediksi sebagai sebuah pendekatan untuk menentukan kemampuan pertumbuhan mikrobiologi. Beberapa pendekatan matematik telah dikembangkan didasarkan pada estimasi deterministik dari nilai-nilai minimal parameter lingkungan pertumbuhan mikrobiologi (Pitt, 1992), persamaan-persamaan polinomial dan non-linier (Presser et al., 1998; Salter et al., 2001; Skandamis et al., 2007; Valero et al., 2007a) yang dapat dibangun menggunakan prosedur regresi logistik yang diusulkan oleh Ratkowsky dan Ross (1995) atau Artificial Neural Network (ANNs) yang dapat diterapkan untuk mendefinisikan pertumbuhan dari mikroorganisme (Hajmeer and Basheer, 2003).

Keuntungan penggunaan ANNs di bidang mikrobiologi prediksi (Garcia-Gimeno et al., 2005; Zurera-Cosano et al., 2005; Hervas-Martinez et al., 2006) adalah sebagai alternatif terhadap teknik regresi yang telah dikemukakan oleh Basheer dan Hajmeer (2000). Keduanya memiliki fleksibilitas dan derajat keakuratan yang tinggi untuk mencocokkan data percobaan. ANNs terkenal memiliki jumlah

parameter yang lebih(Hajmeer et al., 1997). Namun jika dibandingkan antara ANNs dengan model polinomial, jumlah parameter ANNs lebih kompetitif sebab jumlah parameter bertambah secara non-linier ketika jumlah kondisi bertambah dan / atau derajat dari model polinomial (Geeraerd et al., 1998).

Bagaimanapun, ANNs memberikan beberapa keuntungan, termasuk kemampuan mendeteksi secara implisit kompleksitas hubungan-hubungan non-linier antara variabel-variabel dependent atau independent, dan kemampuan mendeteksi semua kemungkinan interaksi antara variabel-variabel prediksi. Secara umum, fungsi Sigmoid telah digunakan secara luas untuk membangun struktur ANNs (Multi-Layer Perceptron)(Leshno et al., 1993) bersama dengan jenis lain dari ANNs seperti Jaringan Gaussian, model-model umum Neural Network Regresi atau Fungsi-fungsi dasar Radial.

Hajmeer dan Basheer (2002) menggunakan pendekatan Probabilitas Neural Network (PNN) untuk klasifikasi data bakteri yang tumbuh/tidak dan pemodelan probabilitas pertumbuhan bakteri sebagai respon terhadap temperatur dan aktivitas air. Mereka menunjukkan keunggulan PNN terhadap model regresi linier dan non-linier dalam keakuratan pengelompokan dan kemudahan. Selanjutnya ANNs telah digunakan sebagai perantara untuk memprediksi tumbuh atau tidaknya bakteri (Valero et al.,2007b).

Hasil yang sudah dicapai

1. Karakter kualitas air limbah kantin
2. Efektifitas pengolahan anaerob untuk mengolah air limbah kantin

Studi pendahuluan yang sudah dilakukan oleh peneliti

1. Kajian karakter kualitas air limbah kantin
2. Tahun 2011, studi tentang efektifitas pengolahan anaerob untuk mengolah air limbah kantin

BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

- 1) Mengetahui efektivitas variasi debit dan ketinggian media kerikil pada modifikasi rancangan pengolahan air limbah anaerob bersekat dibanding pengolahan anaerob bersekat konvensional dalam menghasilkan biogas
- 2) Mengetahui efektivitas variasi penambahan nutrisi dari reaktor hasil rancangan dalam menghasilkan biogas (Tahun ke-2).
- 3) Mengetahui pemodelan pertumbuhan mikroorganisme dan biogas dari reaktor hasil rancangan dalam menghasilkan biogas (Tahun ke-2).

3.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

- a. Menghasilkan teknologi pengolahan air limbah domestik tepat guna yang dapat mengatasi krisis energi yang terjadi di masyarakat dan krisis kualitas badan air
- b. Mengoptimalkan potensi air limbah menjadi energi dan air yang berharga bagi masyarakat
- c. Menjaga lingkungan agar tetap lestari
- d. Menghasilkan keilmuan yang terus berkelanjutan untuk mengatasi permasalahan bangsa di bidang energi dan air bersih

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Basah, Ekologi dan Lingkungan, dan Mikrobiologi, Departemen Biologi Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga Surabaya dan Balai Besar BTKL Surabaya.

Waktu

Penelitian akan dilaksanakan selama 10 bulan.

4.2. Bahan dan Alat

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah : air limbah, bahan untuk pembuatan media cair selektif (NaCl, NaNO₃, CaCl₂, MgSO₄.7H₂O, KCl, FeSO₄.7H₂O, ZnSO₄.7H₂O, CuSO₄.5H₂O, MnSO₄.H₂O, NaMoO₄.2H₂O, H₃BO₃, CoCl₂.6H₂O, K₂HPO₄, H₂PO₄, (NH₄)₂SO₄, NaOH, molase, dan minyak goreng, media pertumbuhan mikroba (*Nutrient Agar* (NA), *Nutrient Broth* (NB), *Saboroud Dekstrosa Agar* (SDA), *Saboroud Dekstrosa Broth* (SDB), Agarosa, anaerobic kit, amilum, spirtus, alcohol, kapas, aluminum foil. Bahan untuk VSS dengan kertas saring whatman no.42. Sedangkan untuk analisis COD adalah K₂Cr₂O₇, Ag₂SO₄, H₂SO₄ pekat, Fe(NH₄)₂(SO₄)₂.6H₂O, Fenantrolin monohidrat, FeSO₄, HgSO₄.

Alat

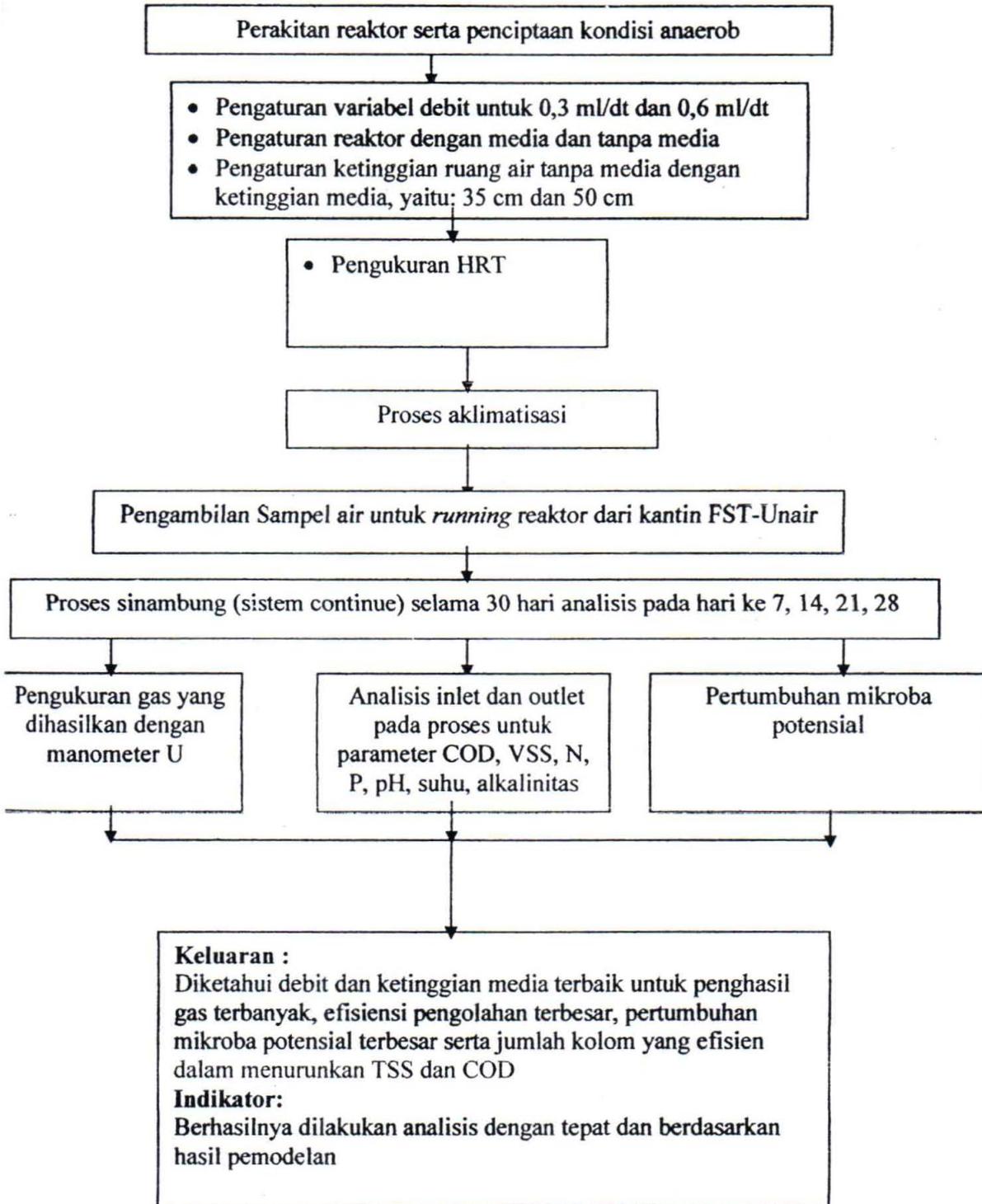
Alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah : reactor, pompa, bak penampung air, botol sampel, pH meter, thermometer, gas meter, alat-alat gelas yang lazim digunakan di laboratorium mikrobiologi (tabung rekasi, cawan petri, gelas Beaker, labu Erlenmeyer, gelas ukur), neraca analitik (Shimadzu AEL-200), pII meter, autoklaf (Ogawa Seiki), vortex, pII meter, shaker inkubator, spektrofotometer (spectronic 20 Bausch-Lomb), evaporator, tensiometer du-Notly, dan *freeze dryer*.

4.3. Prosedur Penelitian

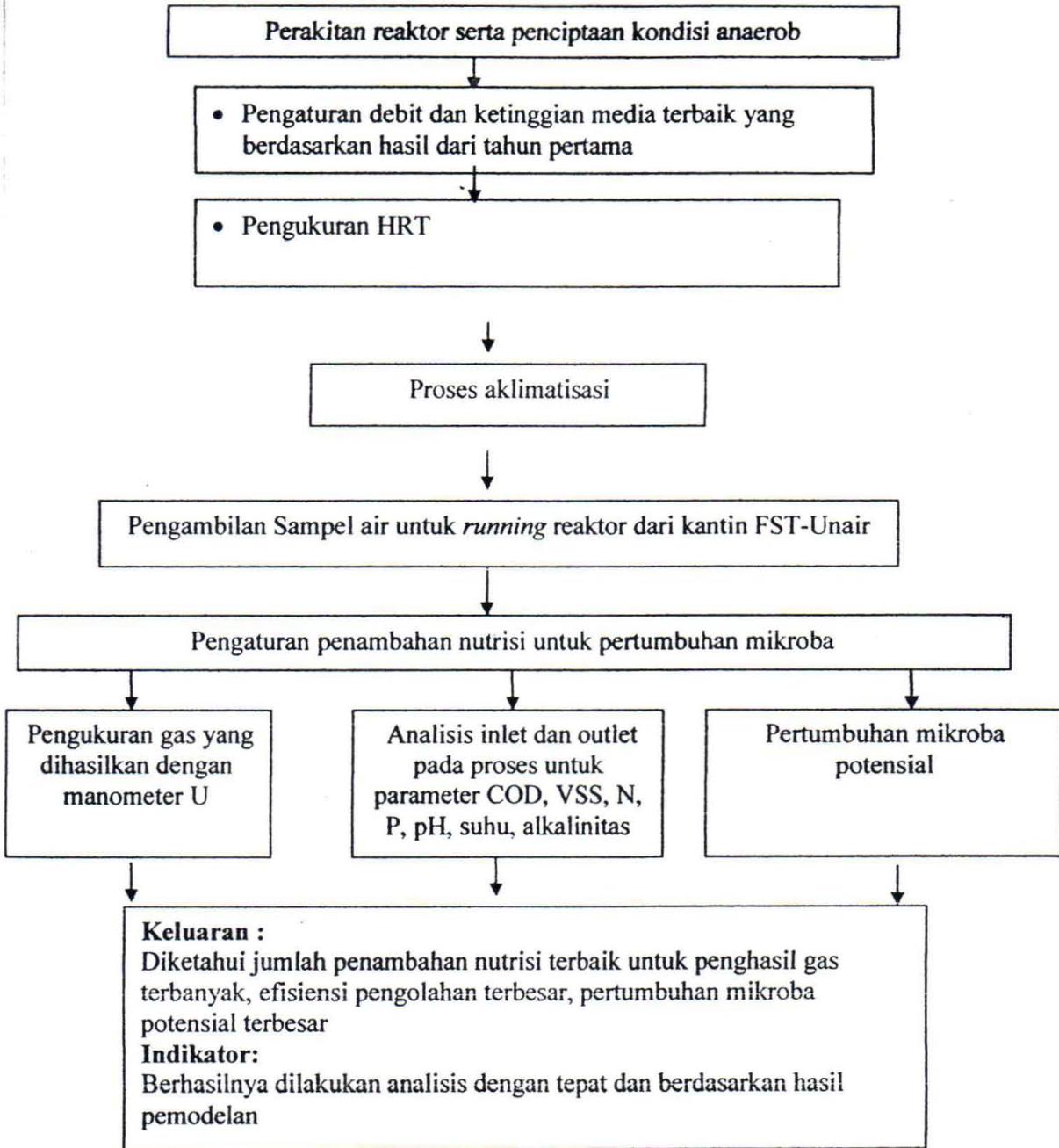
Prosedur penelitian secara garis besar disajikan dalam bentuk bagan alir yang disajikan pada awal tahapan prosedur penelitian ini. Sedangkan paparan penjelasan diuraikan kemudian.

Bagan Alir Penelitian

Tahun 1: UJI EFEKTIFITAS MODIFIKASI REAKTOR



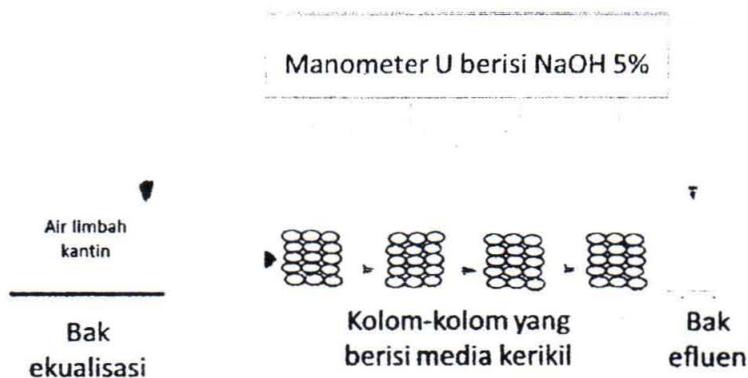
Tahun II : EFEKTIFITAS PENAMBAHAN NUTRISI PADA MODIFIKASI REAKTOR



PERLAKUAN TAHUN I

- **Perakitan reactor dan penciptaan kondisi anaerob**

Perakitan reactor ini dilakukan dengan pembuatan reactor anaerob dengan kerikil didalamnya. Reactor ini dibuat dari pipa. Dimensi dari reactor yang akan digunakan memiliki diameter 11 cm, dan tinggi 100 cm. Reactor ini terbagi 5 ruang bersekat.. Ketinggian kerikil dibuat sesuai dengan rasio ruang air tanpa kerikil dengan ketinggian yang ditentukan yaitu 35 cm dan 50 cm. Air limbah yang masuk ke inlet disuplai dari bak ekualisasi dengan menggunakan pompa. Gambar rangkaian reactor dapat dilihat pada Gambar 3. Kondisi anaerob dapat dilakukan dengan menutup rapat reactor.



Gambar 3.1. Rangkaian Reaktor

- **Pengaturan debit dan ketinggian media**

Pengaturan debit dilakukan dengan mengatur besar kecil aliran yang memasuki reactor. Ketinggian media dilakukan dengan mengatur peletakan media kerikil.

- **Analisis Hydraulic Retention Time (HRT)**

Analisis HRT dilakukan dengan mengalirkan air pada inlet lalu diukur waktu yang diperlukan dari air mencapai titik outlet.

- **Proses aklimatisasi**

Proses aklimatisasi dilakukan dengan merendam media dengan air limbah yang kaya akan bakteri anaerob, misal air limbah dari instalasi pengolahan air limbah tinja. Perendaman media dapat dilakukan selama 1 minggu. Kemudian dilakukan pengaliran air sampel ke reactor. Proses aklimatisasi telah selesai jika efisiensi penghilangan COD telah stabil.

- **Pengambilan sampel air limbah kantin**

Pengambilan sampel dilakukan pada tiap outlet warung yang ada di kantin FSaintek Unair. Sampel dibawa ke laboratorium dengan segera

PERLAKUAN PADA TAHUN KE II

- **Perakitan reactor dan penciptaan kondisi anaerob**

Cara perlakuan sama dengan tahun I.

- **Pengaturan debit dan ketinggian media**

Pengaturan debit dan ketinggian media berdasarkan debit dan ketinggian media yang memberikan hasil terbaik pada riset tahun I

- **Analisis Hydraulic Retention Time (HRT)**

Cara perlakuan sama dengan tahun I.

- **Proses aklimatisasi**

Cara perlakuan sama dengan tahun I.

- **Pengambilan sampel air limbah kantin**

Cara perlakuan sama dengan tahun I.

- **Proses sinambung reactor**

Cara perlakuan sama dengan tahun I.

- **Pengukuran biogas yang dihasilkan**

Pengukuran biogas yang dihasilkan dengan mencatat nilai yang ditunjukkan oleh jarum yang ada di gas meter basah. Pencatatan ini dilakukan tiap pengambilan sampel. Untuk mengumpulkan gas metan yang telah terproduksi, biofilter ini dilengkapi dengan manometer berbentuk U berisi NaOH 5%.

- **Analisis *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Volatile Suspended Solid* (VSS), nitrogen, fosfor, pH, suhu, alkalinitas.**

Cara perlakuan sama dengan tahun I.

- **Isolasi, karakterisasi, dan pertumbuhan mikroba**

Cara perlakuan sama dengan tahun I.

- **Pengaturan COD, N, dan P**

Pengaturan kandungan COD dilakukan dengan menambahkan molase pada air limbah. Sedangkan untuk mengatur kandungan nitrogen dengan menambahkan larutan yang mengandung unsure nitrogen. Sedangkan untuk mengatuu kandungan fosfat dengan KH_2PO_4 .

- **Pemodelan pertumbuhan mikroba dan biogas**

Pemodelan ini menggunakan metode *artificial neural network* (ANN). Pemodelan ini dilakukan untuk memprediksi kandungan mikroba dan biogas (gas methan) pada kurun waktu 1, 3, dan 5 tahun setelah penggunaan reactor.

• Analisis Data

Analisis data menggunakan metode grafis dan hasil dari pemodelan, tujuannya untuk melihat pengaruh berbagai variable terhadap gas yang dihasilkan, efisiensi pengolahan, dan pertumbuhan mikroba.

4.4 Luaran Penelitian

Penelitian ini akan menghasilkan berbagai luaran tiap tahunnya:

- a. Tahun I
 - Prototipe
 - Publikasi jurnal nasional dan internasional
- b. Tahun II
 - Formulasi COD:N:P yang tepat untuk reactor yang dikembangkan
 - Publikasi jurnal nasional dan internasional
 - Bahan ajar

4.7. Sarana

Penelitian ini dikerjakan di laboratorium basah, ekologi dan lingkungan dan Mikrobiologi Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga. Laboratorium ini mendukung kelancaran penelitian karena pemakaian ruang dan alat laboratorium yang lengkap dengan waktu pemakaian yang tidak dibatasi. Sarana yang menunjang penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Daftar Sarana yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian

No.	JENIS PERALATAN	LOKASI
1.	Laminary Air Flow	Laboratorium Mikrobiologi dan Laboratorium Biologi Lingkungan (Ekologi) Departemen Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga
2.	Shaker inkubator	
3.	Autoclave	
4.	Refrigerated Centrifuge	
5.	Analitycal Balance	
6.	pH meter, soil tester	
7.	Tensiometer Du Nouy	
8.	Thermolin Vortex	
9.	Magnetic stirer	
10.	Incubator	
11.	Cooling incubator	
12..	Water bath	
13.	Evaporator	
14.	Labu pemisah	
15.	Peralatan alat gelas mikrobiologi	

BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengaruh variasi ketinggian media terhadap penurunan COD

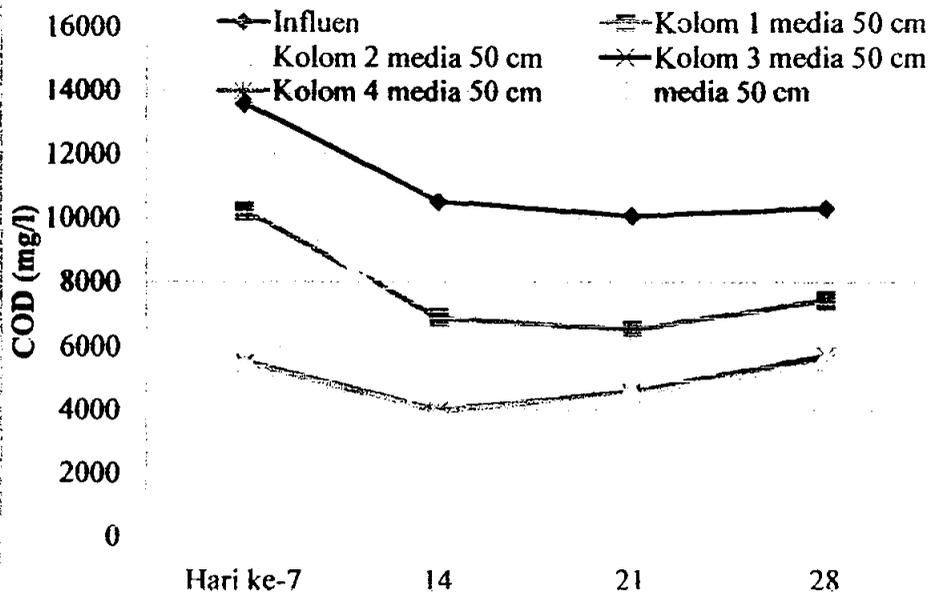
Pengembangan reaktor yang dilakukan dalam penelitian ini merupakan pengembangan *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB). Pada reaktor UASB pada umumnya, konsep ditekankan pada aliran air limbah dimana metode UASB mempunyai beberapa keuntungan dibanding dengan proses anaerobik saja. Beberapa keuntungan adalah mempunyai konstruksi dan operasi sederhana dan memungkinkan toleransi organik dan hidraulik loading rate tinggi (Lettinga et al., 1980, Li et al. 1995). Dengan mengacu pada kelebihan metode upflow maka dilakukan modifikasi reaktor yaitu dengan upflow bertingkat. Dengan menggunakan metode upflow bertingkat diharapkan dapat menghasilkan nilai removal yang lebih baik dan air hasil pengolahan tidak lagi berbahaya. Pada operasional reaktor UASB ini dilakukan pengoperasian awal untuk mengetahui waktu selesainya proses aklimatisasi dinyatakan telah selesai jika penurunan COD telah mencapai diatas 50%. Dari data Tabel 4.1 terlihat bahwa sejak hari ke-0 telah mencapai 73% hari ke-7 74%, dan hari ke-14 menurun menjadi 45%. Proses aklimatisasi dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor untuk membuat mikroba dapat beradaptasi. Dari Tabel 4.1, hari ke0 sudah tinggi, tetapi kemudian menurun. Hal ini menunjukkan belum stabil. Hal ini disebabkan pada hari ke-0, air limbah baru pertama kali masuk ke sisitem reaktor. Sehingga belum sepenuhnya mikroba melakukan penyesuaian. Maka dari itu, untuk perjalanan reaktor yang kedua dilakukan pengambilan sampel dari hari ke-0 sampai hari ke-28. Tetapi pemantauan lebih detail untuk parameternya pada hari ke-7, 14, 21, 28 dimana pada hari tersebut, aklimatisasi sudah selesai (penurunan bahan organik telah diatas 50%).

Tabel 4.1. COD persiapan awal reaktor

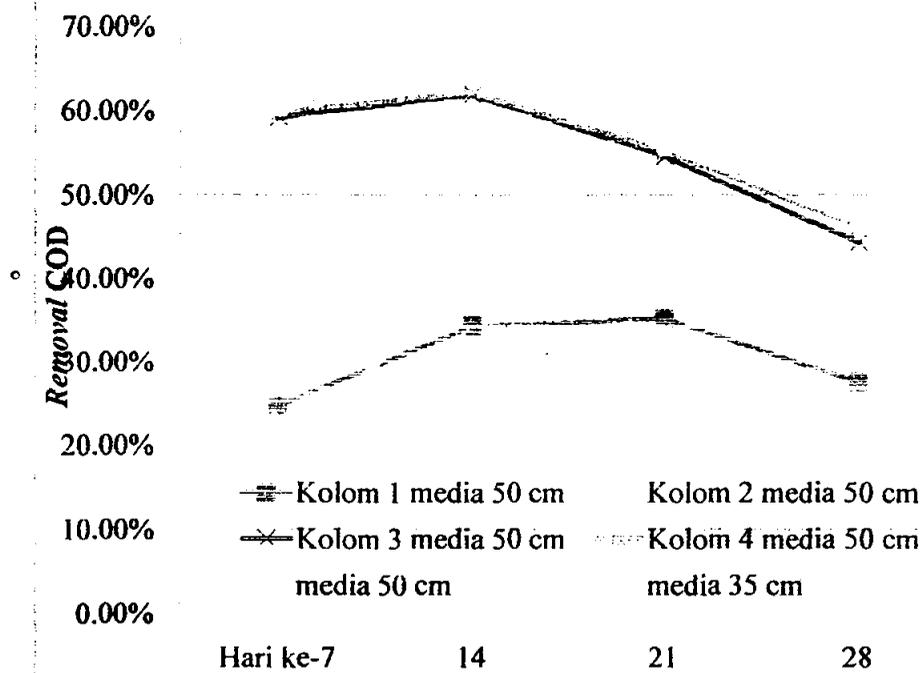
COD		Removal	
Hari ke	Inffluent	Effluent	COD
0	3360	909,6	73%
7	3680	960	74%
14	6960	3840	45%
Rata-Rata	4666.67	2400	64%

Sumber: hasil perhitungan

Setelah dilakukan perjalanan reaktor, untuk mengetahui selesainya waktu aklimatisasi dan kinerja reaktor. Maka selanjutnya dilakukan running selama 28 hari dengan variasi ketinggian media. Ketinggian media yang digunakan adalah 50 cm dan 35 cm. Hasil dari penurunan COD dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Penurunan Konsentrasi COD dengan variasi ketinggian media

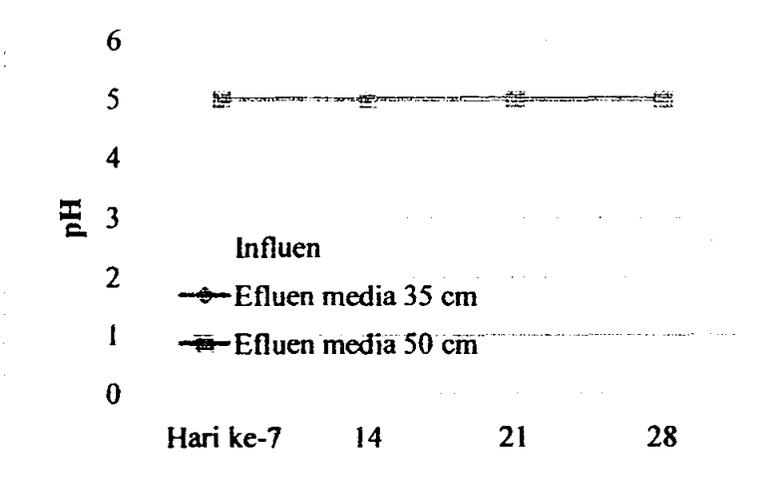


Gambar 5.2 Persentase penurunan COD dengan variasi ketinggian media.

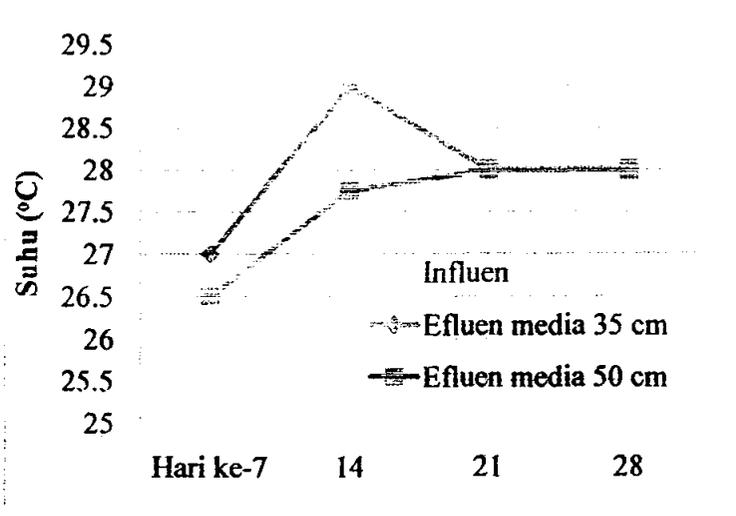
Berdasarkan Gambar 4.1 terlihat bahwa ketinggian media memberikan penurunan konsentrasi bahan organik yang berbeda. Media yang lebih tinggi memberikan persentase lebih tinggi mencapai 60%. Dari hasil percobaan dapat dilihat bahwa reaktor anaerobik up flow bertingkat dengan media kerikil berpengaruh terhadap nilai penurunan COD. Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa penurunan tertinggi COD terjadi pada hari ke-14 mencapai 64%. Media kerikil menjadi salah satu tahap

pengolahan untuk mikroba untuk menempel selain itu tahap ini juga terjadi penyaringan bahan-bahan organik oleh kerikil. Semakin terjadi efisiensi penyaringan yang semakin besar karena adanya proses upflow sehingga aliran ini dapat mengurangi kecepatan partikel yang ada pada limbah cair dan partikel yang tidak terbawa aliran ke atas akan mengendap di kerikil. Limbah yang mengalir ke atas melewati sludge blanket memiliki komponen partikel biologi, dalam pengolahan terjadi sirkulasi kontak internal dengan partikel biologi (Huishoff pol et al, 1983). Partikel biologi tersebut mengendap di kerikil sehingga dapat membantu kontak mikroba dengan limbah sehingga mikroba dapat bekerja secara efisien. Dalam proses anaerobik, polutan organik pada air limbah terdegradasi oleh mikroba (Hulshoff Pol et al., 1998).

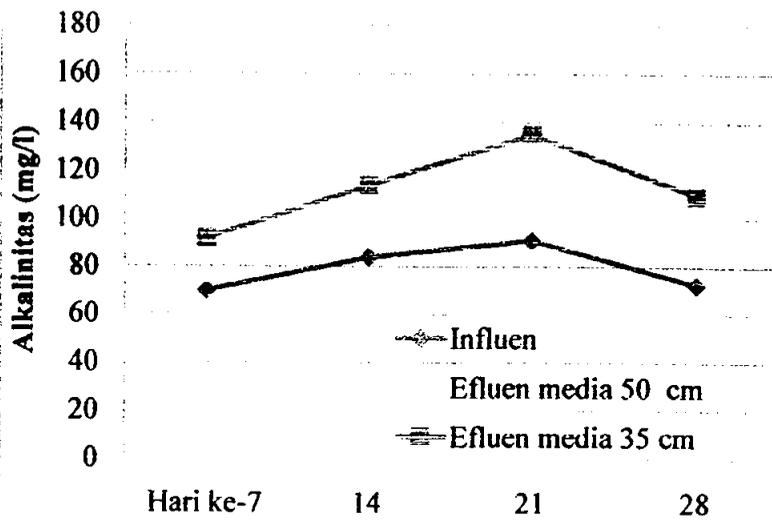
Kemampuan penguraian bahan organik oleh mikroorganisme dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungannya. Dari penelitian ini dilakukan analisis pH, suhu, alkalinitas, NO₃, dan PO₄ di titik inlet dan outlet dari kedua variasi tinggi media, dapat dilihat pada Gambar 5.3 sampai 5.6



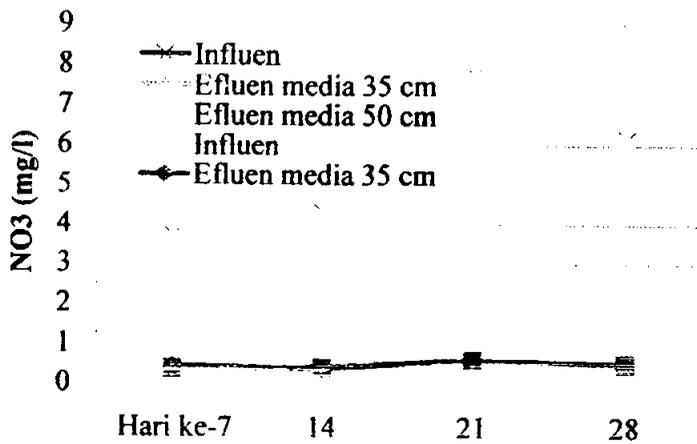
Gambar 5.3 Nilai pH dari tiap media,



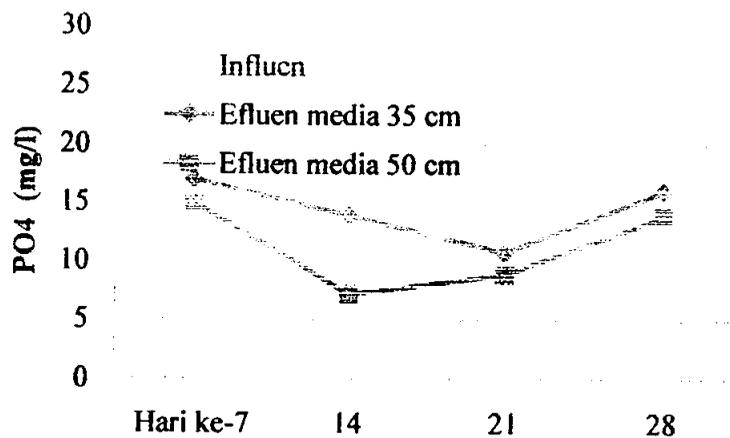
Gambar 5.4 Nilai suhu dari tiap media



Gambar 4.5 Nilai alkalinitas dari tiap media



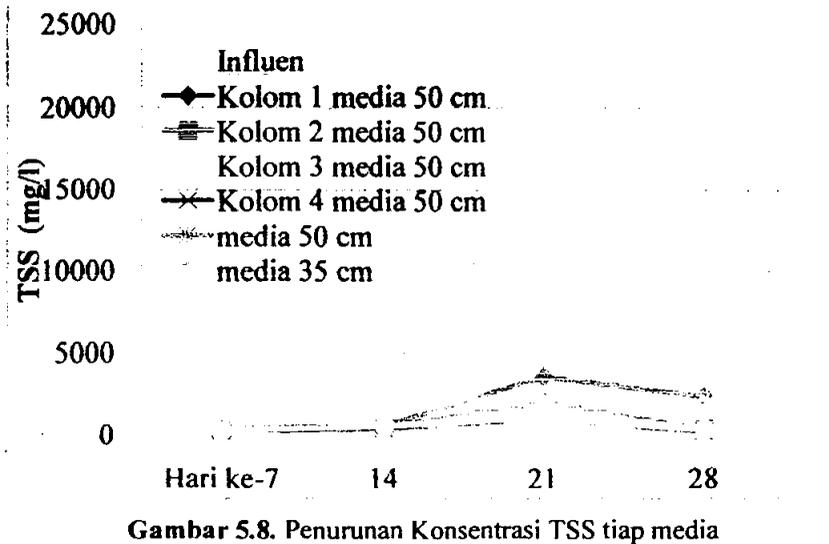
Gambar 5.6 Nilai Nitrat di tiap efisiensi media.



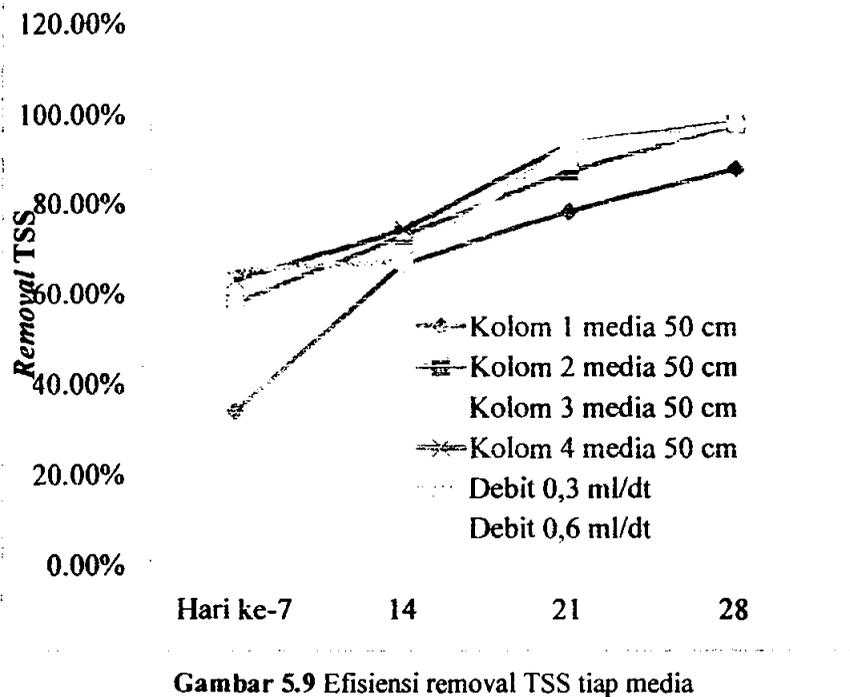
Gambar 5.7 Nilai fosfat tiap tinggi media.

5.2 Pengaruh variasi ketinggian media terhadap penurunan TSS

Hasil penelitian efisiensi penurunan TSS pada proses aklimatisasi, diperoleh sebesar 64,25%. Hasil penelitian efisiensi penurunan TSS pada hari ke-7, 14, 21, dan 28 menunjukkan peningkatan. Hasil tersebut ditunjukkan pada gambar 1. Suhu dan pH selama proses *running* sebesar 28°C dan 4-5.



Gambar 5.8. Penurunan Konsentrasi TSS tiap media



Gambar 5.9 Efisiensi removal TSS tiap media

Pada tahap awal penelitian yaitu proses *seeding* dan aklimatisasi. Proses *Seeding* merupakan tahap pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme anaerob. Proses aklimatisasi merupakan adaptasi mikroorganisme dengan limbah cair yang akan diolah. Limbah cair domestik pada penelitian ini adalah limbah cair kantin FSaintek Unair. Dari analisis TSS, diperoleh penurunan TSS proses aklimatisasi sebesar 64,25% (di hari ke-7). Hasil tersebut menyatakan bahwa mikroorganisme telah beradaptasi dengan limbah cair yang akan diolah sehingga reaktor siap dioperasikan.

Reaktor biofilter anaerob memiliki empat kolom. Dari bak ekualisasi, limbah cair domestik dialirkan dengan pompa. Dari kolom pertama limbah cair domestik mengalir secara *upflow* setelah melewati media kerikil.

Gambar 5.9 menjelaskan efisiensi penurunan TSS pada setiap titik efluen kolom. Pada hari ke-7, efisiensi penurunan TSS pada kolom ke-1 hanya 34,29%. Limbah cair (influen) dari bak ekualisasi kali pertama mengalami pengolahan di kolom ke-1 sehingga penurunan TSS belum sepenuhnya optimal. Pada kolom selanjutnya, yaitu kolom ke-2, 3, dan 4, TSS mengalami penurunan yang relatif stabil. Berturut-turut penurunan TSS sebesar 58,19%, 60%, 63,33%. Pada hari ke-14, efisiensi penurunan TSS dari kolom ke-1 sampai ke-4 mengalami peningkatan yang tidak jauh berbeda, yaitu sebesar 66,88%, 73,16%, 74,34%, dan 74,44%. Hal demikian juga terjadi pada hari ke-21 dan 28. Pada hari ke-21, efisiensi penurunan TSS dari kolom ke-1 sampai ke-4 sebesar 78,56%, 87,54%, 89,87%, 93,82%. Efisiensi penurunan TSS terus mengalami peningkatan hingga hari ke-28. Penurunan TSS setiap kolom berturut-turut sebesar 88,12%, 98,11%, 98,27%, 98%.

Ada dua fenomena yang terjadi dalam reaktor. Yang pertama adalah pengolahan anaerobik filter. Limbah cair mengalami pengolahan anaerob ketika melewati media filter kerikil. Limbah cair didegradasi oleh mikroorganisme *attached growth*. Setelah pengolahan tersebut, limbah cair mengalir secara *upflow*. Pada proses tersebut terjadi pengadukan hidrolis yang menyebabkan efisiensi penurunan TSS semakin besar. Barber dan Stuckey (1999) dalam Indriani dan Herumurti (2010) menyatakan bahwa hidrodinamika dan tingkat pengadukan pada reaktor berpengaruh erat terhadap kontak antara substrat dan bakteri, sehingga terjadi kontrol aliran massa dan performa reaktor.

Penyebab lainnya adalah debit alir umpan yang rendah, sehingga mikroorganisme memiliki waktu yang lebih lama untuk mendegradasi senyawa organik yang terkandung di dalam limbah cair. Laju aliran yang tinggi membuat mikroorganisme tidak mendapatkan waktu yang cukup untuk mendegradasi senyawa organik. Ahmad (1999) menyatakan bahwa peningkatan debit umpan menyebabkan pola aliran di dalam sistem menjadi turbulen dan dapat menghanyutkan padatan biomassa sehingga terbawa aliran keluar sistem.

Kombinasi antara pengadukan hidrolis dan debit aliran umpan yang rendah menghasilkan efisiensi penurunan TSS yang besar. Pernyataan ini semakin didukung dengan banyaknya kolom sebanyak empat buah. Jumlah kolom tersebut membuat limbah cair tinggal lebih lama di dalam reaktor.

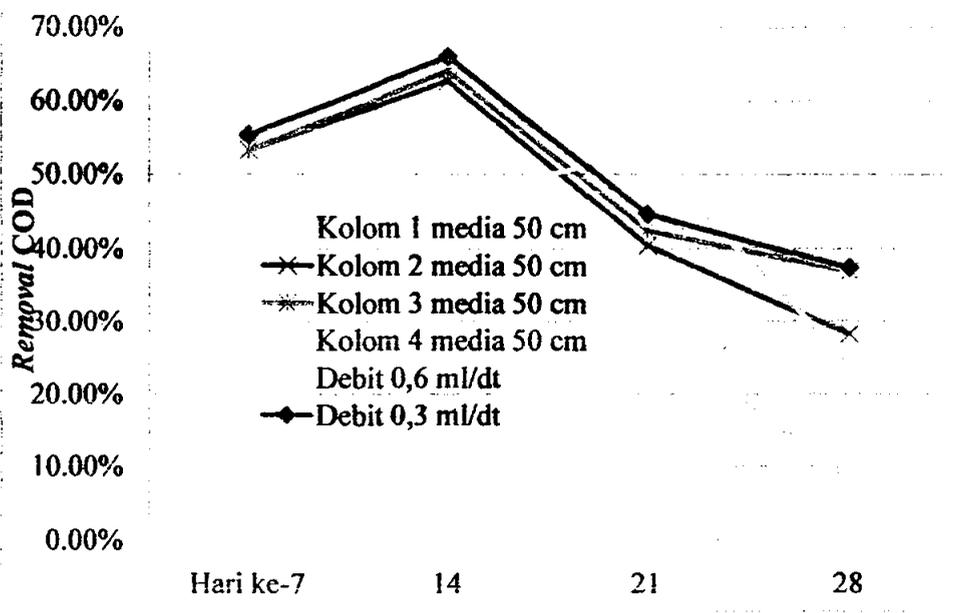
Peneliti Purwanto (2008), melaporkan bahwa penggunaan *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) untuk mengolah air limbah domestik didapatkan besarnya penyisihan TSS tertinggi sebesar 70%. Sarathai, dkk (2010) juga melakukan riset tentang penelitian ABR menghasilkan efisiensi TSS 90%. Hal ini dikarenakan HRT yang semakin tinggi dari kombinasi tersebut.

Penurunan COD diikuti dengan nilai TSS akan semakin naik. Nilai TSS ini berhubungan dengan nilai COD. Penurunan nilai COD berbanding terbalik dengan nilai TSS hal ini sesuai dengan penelitian Young-Gyun Cho, Sung-Keun Rhee and Sung-Taik Lee, (2000) bahwa semakin besar konsentrasi MLSS berarti semakin banyak jumlah mikroba yang terdapat dalam lumpur aktif sehingga semakin banyak

limbah yang terdegradasi oleh mikroba dan penurunan COD semakin tinggi. Dapat dilihat pada tabel 4.1 dan 2 pada hari ke 7 removal COD meningkat dibandingkan dengan hari ke 0 tetapi pada hari ke 14 terjadi penurunan yang signifikan hal ini disebabkan telah terjadi proses pendegradasi oleh mikroba. Kenaikan persen reduksi COD yang signifikan menunjukkan bahan-bahan organik yang sudah terdegradasi, semakin besar reduksi COD berarti bahan organik yang terdegradasi menjadi asam-asam semakin besar dan untuk penurunan persen reduksi dimana asam organik sudah tidak ada lagi yang terurai (Widjaja, 2008). Terdapat kemiripan metode antara penelitian yang telah dilakukan dengan penelitian yang dilakukan Hasky dkk ,(2011) yaitu pada kedua penelitian ini menggunakan metode upflow anaerobik reaktor dan menggunakan kotoran sapi sebagai media seeding. Pada penelitian Hasky dkk, (2011) diketahui bahwa removal COD nya mencapai 63% pada hari ke 7 dan 66% pada hari ke-14, hal ini hamper mendekati penelitian ini tetapi tidak sama persis. Adanya perbedaan hasil removal COD dari kedua penelitian tersebut yang diakibatkan karena pada penelitian Hasky dkk, (2011) melakukan proses seeding yang lebih lama yaitu selama 10 hari, melakukan penjagaan pH di dalam reaktor dengan melakukan penambahan Kristal NaOH serta melakukan penambahan urea untuk memenuhi kebutuhan nutrisi selama penelitian. Sedangkan pada penelitian kami proses seeding hanya dilakukan selama 2 hari serta tidak melakukan penjagaan pH serta pemberian nutrisi tambahan. Hal ini yang menyebabkan perbedaan hasil removal COD antara kedua penelitian tersebut. Berdasarkan PP 82 tahun 2001 hasil effluent COD yang rata- rata sebesar 2400 mg/l masih berbahaya untuk dibuang langsung di badan air. Sehingga perlu adanya pengolahan lanjutan (*secondary treatment*).

5.3 Pengaruh debit terhdap penurunan COD

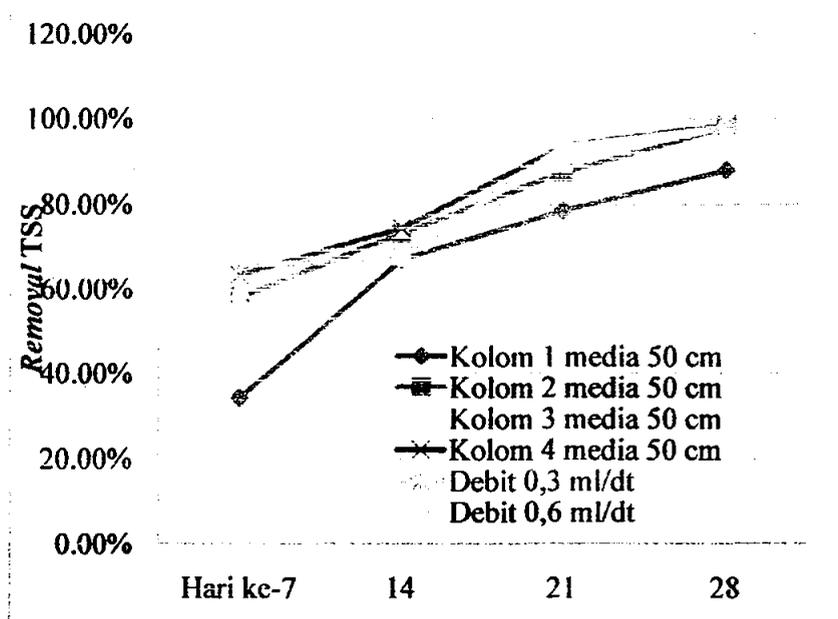
Penurunan COD dengan variasi debit sebesar 0,3 ml/dt dan 0,6 ml/dt diterapkan pada reaktor dengan ketinggian media terbaik yaitu 50 cm. Dari gambar 4.10 terlihat bahwa debit 0,3 ml/dt memiliki efisiensi pengolahan lebih baik dibanding 0,6 ml/dt. Dari gambar tersebut juga terlihat bahwa efisiensi tertinggi terjadi pada hari ke-14 berkisar 60%. Perbedaan debit yang mengalir di sistem reaktor menunjukkan memiliki pengaruh terhadap removal COD. Debit akan berpengaruh ke waktu tinggal limbah. Untuk debit 0,3 ml/dt waktu tinggalnya berkisar 1,5 jam sedangkan untuk debit 0,6 ml/dt waktu tinggal berkisar 1 jam. Jika waktu tinggal cukup lama maka akan member kesempatan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik yang ada di limbah.



Gambar 5.10. Efisiensi penurunan COD

5.4 Pengaruh variasi debit terhadap penurunan TSS

Perubahan debit juga menunjukkan kemampuan removal yang berbeda dalam menurunkan TSS. Akan tetapi beda penurunan antara debit 0,6 ml/dt dan 0,3 ml/dt tidak terlalu besar. Hal ini dikarenakan endapan atau suspensi mengendap pada bagian bawah reaktor baik untuk debit 0,3 maupun 0,6 ml/dt. Pengaruh adanya perubahan debit terjadi pada penurunan bahan organik (COD) dibanding TSS.

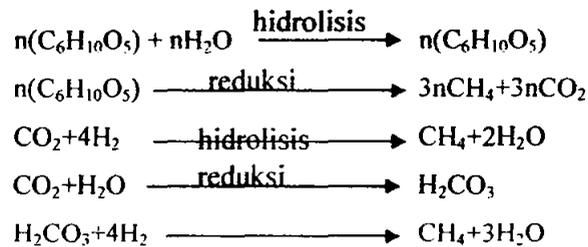


Gambar 5.11 Efisiensi penurunan TSS

5.5 Pengaruh gas metan

Biofilter anaerob merupakan kolom-kolom yang berisi berbagai tipe media padat untuk mengolah bahan organik karbon yang ada dalam air limbah (Srinikethan dkk, 2008). Biofilter ini dapat digunakan untuk

produksi biogas karena kondisi anaerob yang diciptakan biofilter dapat menunjang terjadinya proses metanogenesis dimana bakteri metanogen berperan sebagai bakteri penghasil gas metan. Dixit dkk (2010) menerangkan bahwa bakteri ini menghasilkan gas metan dengan dua cara, yakni melalui proses fermentasi asam asetat menjadi metana dan karbon dioksida atau dengan mengurangi karbon dioksida untuk metana melalui gas hidrogen. seperti yang ditunjukkan pada reaksi di bawah ini: .



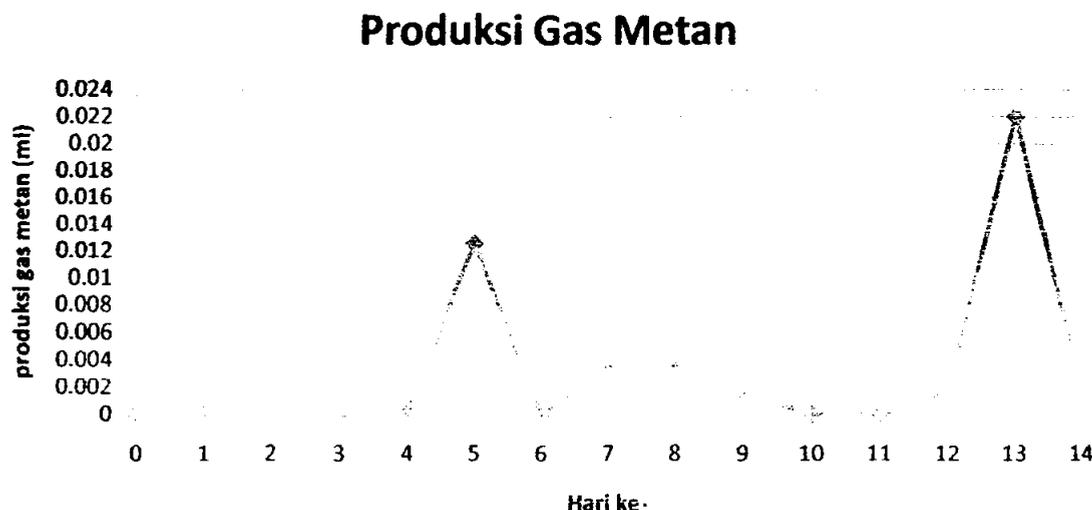
Biogas yang dihasilkan oleh bakteri metanogen tidak hanya berisi bahan kimia yang tergolong jenis tidak mudah terbakar, namun juga yang mudah terbakar. Komposisi dari kedua jenis bahan kimia ini sangat tergantung pada bahan organik yang terbentuk selama proses fermentasi. Namun secara umum komposisinya adalah sebagai berikut (Mursec dkk, 2009):

Tabel 5.2 Komposisi Bahan pada Biogas

Jenis Bahan	Bahan	Konsentrasi (%)
Mudah terbakar	Metan (CH ₄)	50-70
	Hidrogen (H ₂)	<1
	Hidrogen sulfida (H ₂ S)	2
Tidak Mudah terbakar	Karbon dioksida (CO ₂)	25-50
	Uap air (H ₂ O)	2-7
	Oksigen (O ₂)	0-0,5
	Amoniak (NH ₃)	0-2

Dari komposisi pada tabel 5.2, konsentrasi gas metan terlihat paling dominan. Menurut Mursec dkk(2009), dari sudut pandang pemanfaatan energi, jumlah gas metan inilah yang menentukan kualitas dari biogas nantinya. Hal inilah yang mendasari tujuan dari penelitian ini, yakni mengevaluasi produksi gas metan yang merupakan hasil dari pengolahan air limbah kantin menggunakan biofilter anaerob agar nantinya dapat terlihat kualitas biogasnya. Penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui potensi air limbah kantin dalam memproduksi biogas. Biofilter anaerob yang digunakan dalam penelitian ini merupakan gabungan dari beberapa kolom yang berisi media kerikil. Menurut Srinikethan dkk (2008), biofilter anaerob mampu digunakan untuk mengolah air limbah. Karena pengkondisian sistem yang anaerobik, biofilter ini juga mampu memproduksi gas metan selain mendegradasi bahan organik di air limbah, khususnya air limbah kantin.

Biofilter anaerob ini dioperasikan untuk mengolah air limbah kantin selama 2 minggu untuk dapat memproduksi gas metan. Secara umum, rata-rata produksi gas metan dari biofilter ini cenderung kecil yakni sebesar 0,00325 ml/hari dengan produksi tertinggi 0,02198 mg/L/hari. Sedangkan seluruh hasil produksi gas metan per hari dari pengolahan air limbah tersebut terdapat pada gambar 5.12.



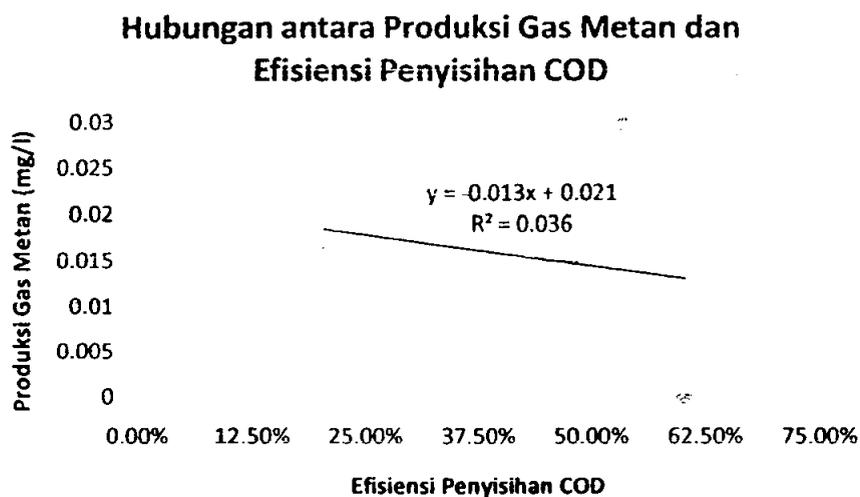
Gambar 5.12 Hasil Produksi Gas Metan

Dari gambar di atas terlihat bahwa produksi gas metan terjadi mulai hari ke-5. Hal ini berarti dibutuhkan 5 hari untuk dapat mengubah bahan organik dari air limbah kantin menjadi gas metan. Selain itu, hal ini juga mengindikasikan terdapat hubungan antara hasil produksi gas metan dengan proses pertumbuhan bakteri metanogen yang sedang terjadi. Selama 4 hari awal operasional biofilter belum terlihat adanya produksi gas metan, hal ini dapat dikarenakan bakteri metanogen sedang mengalami fase lag pada saat tersebut (Nophratana dkk, 2007 dalam Abubakar dan Ismail, 2012). Sedangkan terjadinya peningkatan produksi biogas secara substansial pada pada hari ke-5, menurut Abubakar dan Ismail (2012), merupakan hal yang wajar karena saat itu tengah terjadi pertumbuhan eksponensial bakteri metanogen.

Fluktuasi produksi gas metan dapat terlihat jelas pada gambar 2 dimana penurunan produksi biogas sering terjadi setelah terdapat kenaikan produksi, seperti pada hari ke-13. Produksi tertinggi gas metan terjadi pada hari tersebut yakni sebesar 0,02198 mg/L dan langsung menurun secara drastis pada hari ke-14. Penurunan produksi gas metan setelah mengalami kondisi produksi optimal/tinggitersebut dapat terjadi karena adanya asam lemak volatil yang terbentuk akibat proses. Keberadaan asam lemak ini dapat menghambat aktivitas metagonesis dalam biofilter sehingga menurunkan jumlah produksi gas metan (Agdag dan Sponza, 2006 dalam Zakarya dkk, 2008). Menurut Zakarya dkk (2008), keberadaan asam lemak volatil ini berkaitan dengan pH substrat dan aktivitas metanogenesis dapat meningkat kembali apabila pH-nya berkisar antara 7-8. Sayangnya pH air limbah kantin di influen, dalam biofilter dan di effluen hanya berkisar antara 4-5 sehingga kurang mendukung adanya peningkatan kembali aktivitas metanogenesis tersebut. Dalam penelitian ini, besar degradasi bahan organik yang terlihat pada efisiensi penyisihan COD air limbah turut menjadi salah satu unsur penilaian kinerja dari biofilter anaerob

ini. Nilai efisiensi penyisihan COD tersebut dapat dilihat pada gambar 4 dimana rata-rata efisiensi penyisihan COD hanya mencapai 44,66%. Pada minggu ke-1, nilai efisiensi penyisihan COD menurun secara drastis. Hal ini dapat disebabkan karena bakteri metanogen tengah mengalami pertumbuhan eksponensial yang berdampak pada peningkatan COD sistem. Hal ini juga terjadi pada penelitian Abubakar dan Ismail (2012) dimana aktivitas mikroba yang sedang mendominasi sistem menyebabkan efisiensi penyisihan COD yang lebih rendah.

Besaran nilai efisiensi penyisihan COD berhubungan dengan jumlah produksi gas metan. Grafik hubungan keduanya dapat dilihat pada gambar 5.13. Besar koefisien determinasi dari hubungan dua variabel tersebut adalah 0,0367, hal ini menunjukkan bahwa bertambahnya produksi gas metan sebesar 0,0367ml dipengaruhi oleh efisiensi penyisihan COD-nya.



Gambar 5.13 Hubungan antara Produksi Gas Metan dan Efisiensi Penyisihan COD

Biofilter anaerob dalam penelitian ini terbukti mampu menghasilkan gas metan dari proses pengolahan air limbah kantin. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai produksi gas metan per hari sebesar 0,00325 ml/hari. Hal ini berarti dalam satu tahun, biofilter anaerob ini hanya mampu mengolah air limbah kantin untuk menghasilkan gas metan sejumlah 1,18625 ml. Nilai kalori gas metan yang dihasilkan biofilter ini dapat dihitung untuk mengetahui potensinya. Menurut Slamet (2010), gas metan murni mempunyai nilai kalor 8900 kkal/m³. Jadi untuk setiap satu ml gas metan tersebut memiliki nilai kalor sejumlah 8,9 kal. Sehingga nilai kalori gas metan yang dihasilkan biofilter ini dalam satu tahun adalah 10,558 kal.

Mikroba yang berperan dalam proses degradasi bahan-bahan organik dalam limbah cair adalah mikroba-mikroba yang bersifat amilolitik, proteolitik, dan lipolitik. Menurut Hammer (1975), dalam pengolahan limbah secara biologi, hal-hal yang paling mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme adalah suhu, ketersediaan nutrient dan oksigen, dan adanya bahan toksik. Hal ini mempengaruhi kelimpahan bakteri *indigenous* pada setiap bagian reaktor pengolahan limbah cair.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dalam penelitian ini adalah:

1. Tinggi media yang dapat menghasikan penyisihan *Chemical Oxygen Demand* terbesar dan *Total Suspended Solid* terbesar adalah 50 cm
2. Debit yang dapat menghasikan penyisihan *Chemical Oxygen Demand* terbesar dan *Total Suspended Solid* terbesar adalah 0,3 ml/dt

6.2 Saran

Saran dalam penelitian ini adalah:

1. Perlu dilakukannya penelitian lanjutan untuk meningkatkan nutrisi pada pengolahan air limbah
2. Perlu dilakukaan menjaga pH dalam proses pengolahan air limbah.

DAFTAR PUSTAKA

- Bagus S, IN. 2008. *Start Up dan Perancangan Bioreaktor Anaerobik untuk Pengolahan Limbah Cair dengan Konsentrasi Garam Tinggi*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Basheer, I., Hajmeer, M., 2000. Artificial neural networks: fundamentals, computing, design and application. *Journal of Microbiological Methods* 43, 3-31.
- Foresti, E., Zaiat, M., Vallero, M.. 2006. Anaerobic Process as The Core Technology For Sustainable Domestic Wastewater Treatment: Consolidate Applications, New Trends, Perspective, and Challenges. *Environmental Science and Bio/Technology* 5: 3-19.
- Garcia-Gimeno, R.M., Hervas-Martinez, C., Rodriguez-Perez, R., Zurera-Cosano, G., 2005. Modelling the growth of *Leuconostoc mesenteroides* by artificial neural networks. *International Journal of Food Microbiology* 105 (3), 317-332.
- Gašpariková, E., Kapusta, Š., Bodík, I., Derco, J., and Kratochvíl, K. 2005. Evaluation of Anaerobic-Aerobic Wastewater Treatment Plant Operations. *Journal of Environmental Studies* 14(1): 29-34.
- Geeraerd, A.H., Herremans, C.H., Cenens, C., Van Impe, J.F., 1998. Application of artificial neural networks as a non-linear modular modeling technique to describe bacterial growth in chilled food products. *International Journal of Food Microbiology* 44 (1-2), 49-68.
- Hajmeer, M., Basheer, I., 2003. Comparison of logistic regression and neural network based classifiers for bacterial growth. *Food Microbiology* 20 (1), 43-55.
- Hajmeer, M.N., Basheer, I.A., Najjar, Y.M., 1997. Computational neural networks for predictive microbiology ii. application to microbial growth. *International Journal of Food Microbiology* 34 (1), 51-66.
- Hervás-Martínez, C., Garcia-Gimeno, R.M., Martínez-Estudillo, A.C., Martínez-Estudillo, F.J., Zurera-Cosano, G., 2006. Improving microbial growth prediction by product unit neural networks. *Journal of Food Science* 71 (2), 31-38.
- Imrowati. 2006. Pengolahan Limbah Padat Kotoran Sapi untuk Menghasilkan Gas Bio. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS, Surabaya.
- Indriani, T., Herumurti, W. 2010. Studi Efisiensi Paket Pengolahan Grey Water Model Kombinasi ABR-Anaerobic Filter. Tugas Akhir. Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember . Surabaya.
- Koutsoumanis, K., Taoukis, P., Nychas, G., 2005. Development of a safety monitoring and assurance system for chilled food products. *International Journal of Food Microbiology* 100 (1-3), 253-260.
- Leshno, M., Lin, V., Pinkus, A., Shocken, S., 1993. Multilayer feed-forward networks with a nonpolynomial activation function can approximate any function. *Neural Networks* 6, 861-867.
- Malakahmad, A., Ezlin, ABN, Shahron, Md Z. 2011. Study Performance of Modified Anaerobic Baffled Reactor to Treat High Strength Wastewater. *Journal of Applied Science* 11 (8): 1449-1452.

- Malakahmad, A, Zain SM, Basri, NEA, Kutty, SRM, Isa, MH, 2009. Identification of Anaerobic Microorganisms for Converting Kitchen Waste to Biogas. *World Academy of Science Engineering and Technology* 60.
- Malakahmad A., Basri, NZA, Zain, SM. 2004. Anaerobic Co-Digestion of Kitchen Waste and Sewage Sludge For Producing Biogas. *International Conference on Environmental Management*, Bangi.
- Musavi, M.T., Ahmed, W., Chan, K.H., Farms, K.B., Hummels, D.M., 1992. On the training of radial basis function classifiers. *Neural Networks* 5, 595–603.
- Mulgrew, B., 1996. Applying radial basis functions. *IEEE Signal Processing Magazine* 13 (2), 50–65.
- Oktavetri, NI., Soegianto, A., Burhan, AL., Putranto, TWC., Citrasari, N., dan Kuncoro, EP. 2010. *Kajian Karakteristik Air Limbah Kantin Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, Laporan Penelitian*, Departemen Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.
- Pitt, R., 1992. A descriptive model of mold growth and aflatoxin formation as affected by environmental conditions. *Journal of Food Protection* 56, 139–146.
- Presser, K., Ross, T., Ratkowsky, D., 1998. Modelling the growth limits (growth/ no growth interface) of *Escherichia coli* as a function of temperature, pH, lactic acid concentration and water activity. *Applied and Environmental Microbiology* 1773–1779.
- Ratkowsky, D., Ross, T., 1995. Modelling the bacterial growth/no growth interface. *Letters in Applied Microbiology* 20, 29–33.
- Salter, M., Ratkowsky, D., Ross, T., McMeekin, T., 2001. Modelling the combined temperature and salt (NaCl) limits for growth of a pathogenic *Escherichia coli* strain using nonlinear logistic regression. *International Journal of Food Microbiology* 61, 159–167.
- Skandamis, P., Stopforth, J., Kendall, P., Belk, K., Scanga, J., Smith, G., Sofos, J., 2007. Modeling the effect of inoculum size and acid adaptation on no growth/no growth interface of *Escherichia coli* O157:H7. *International Journal of Food Microbiology* 120, 237–249.
- Valero, A., Hervás, C., García-Gimeno, R.M., Zurera, G., 2007a. Product unit neural network models for predicting the growth limits of *Listeria monocytogenes*. *Food Microbiology* 24 (5), 452–464.
- Valero, A., Hervás, C., García-Gimeno, R.M., Zurera, G., 2007b. Searching for new mathematical growth model approaches for *Listeria monocytogenes*. *Journal of Food Science* 72 (1), M16–M25.
- Waluyo, Lud. 2010. *Teknik dan Metode Dasar dalam Mikrobiologi*, UMM Press, Malang.
- Zurera-Cosano, G., García-Gimeno, R.M., Rodríguez-Pérez, M.R., Hervás-Martínez, C., 2005. Validating an artificial neural network model of *Leuconostoc mesenteroides* in vacuum packaged sliced cooked meat products for shelf-life estimation. *European Food Research and Technology* 221 (5), 717–724.