

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DOMESTIK MENGGUNAKAN LUMPUR AKTIF PROSES ANAEROB

Nur Rahmi Sa'adah (L2C006082) dan Puji Winarti (L2C006090)

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

Pembimbing: Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA

Abstrak

Pemanfaatan limbah cair domestik merupakan salah satu cara untuk memproduksi energi terbarukan. Pengolahan limbah cair secara anaerob berarti yang bekerja atau yang hidup adalah bakteri anaerob yang tidak memerlukan oksigen bebas. Jenis limbah yang diolah yaitu limbah selokan sekitar jalan Pahlawan, Semarang. pH operasi yaitu 7 (netral), suhu operasi adalah suhu kamar (30°C), tekanan 1 atm, volume limbah 15 L, variasi penambahan volume lumpur aktif yaitu 1, 3, 5, dan 7 L yang diolah selama 6 hari, sementara untuk penambahan lumpur aktif sebanyak 9 L diolah selama 30 hari. Penelitian ini dilakukan untuk mengolah limbah cair domestik dengan parameter penurunan kadar COD, sekaligus untuk mengetahui berapa volume biogas yang terbentuk. Semakin lama waktu fermentasi, kontak antara bakteri dengan limbah dan lumpur akan semakin lama dan waktu untuk menguraikan senyawa organik juga semakin lama. Penurunan kadar COD tertinggi diperoleh pada variabel rasio volume lumpur aktif terhadap limbah 9/15, selama waktu tinggal 30 hari, yaitu sebesar 34,78 %. Waktu yang diperlukan untuk menurunkan kadar COD sampai batas yang diijinkan (250 ppm) adalah selama 3 bulan. Biogas yang dihasilkan selama 30 hari dengan rasio volume lumpur aktif terhadap limbah 9/15 adalah 2,2 L.

Kata Kunci: limbah cair domestik; anaerob; bakteri; lumpur aktif; COD; biogas

Abstract

Using domestic waste water is one way to produce renewable energy. Waste water manufacture anaerobically means who works or who life is anaerob bacteria who does not need free oxygen. The kind of waste which is manufactured is ditch waste surrounding Jalan Pahlawan, Semarang. Operation pH is 7 (netral), operation temperature at room temperature (30°C), pressure 1 atm, waste volumee 15 L, variation of addition active sludge volumee are 1, 3, 5, and 7 L which is manufactured for 6 days, meanwhile for addition active sludge is 9 L which is manufactured for 30 days. The research is conducted to manufacture domestic waste water with parameter decrease of COD level, all at once to know how much biogas volumee which is formed. The longer the fermentation time, contact between bacteria with waste and sludge will be longer and the time to loosen organic coumpond will be longer too. The decrease of the highest COD level got on the variable volumee ratio of active sludge to waste 9/15, for the resident time 30 day is 34,78 %. The time to degrade COD level until the limit that is allowed (250 ppm) is 3 months. Biogas which is produced for 30 days with the volumee ratio of active sludge to the waste 9/15 is 2,2 L.

Key Words: domestic waste water; anaerob; bacteria; activated sludge; COD; biogas

1. Pendahuluan

Limbah domestik menyebabkan pencemaran sungai dan saluran di berbagai kota besar di Indonesia. Limbah domestik dengan kandungan bahan organik sebenarnya dapat dilihat sebagai bahan baku dapat diolah menjadi produk yang berguna. Beberapa tahun terakhir ini energi merupakan persoalan yang krusial didunia, sehingga penyediaan energi alternatif perlu digiatkan. Pemanfaatan limbah cair domestik merupakan salah satu cara untuk memproduksi energi terbarukan.

Salah satu indikasi tercemarnya air perkotaan adalah kadar COD. Data menunjukkan kandungan COD dari berbagai saluran pembuangan dan sungai di dalam kota yang melebihi nilai ambang batas 250 ppm. Pengolahan limbah domestik dapat dilakukan dengan cara fisika, kimia maupun biologi agar dampak negatif limbah dapat

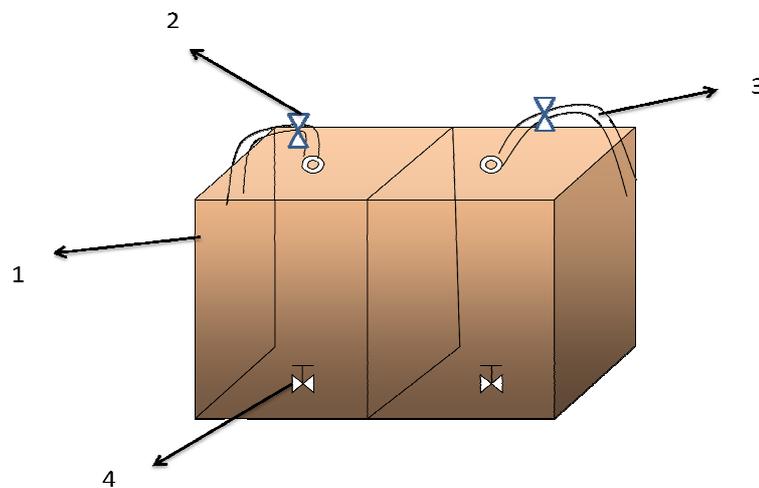
diminimalkan. Pemilihan pengolahan limbah didasarkan pada aspek teknologi yang efektif dan efisien, sehingga pertimbangan biaya yang rendah menjadi bahan pertimbangan. Penelitian ini menggunakan proses anaerob dengan lumpur aktif untuk menurunkan kadar COD agar dapat memenuhi baku mutu limbah dan menghasilkan produk yang berguna berupa biogas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu tinggal dan volume lumpur aktif terhadap penurunan COD dan waktu yang diperlukan untuk menurunkan kadar COD sampai nilai ambang batas yang diijinkan, serta produksi biogas yang dihasilkan.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Limbah yang diolah yaitu limbah selokan yang diambil pada saluran Jalan Pahlawan, Semarang. Kondisi operasi pengolahan dilakukan pada pH 7 (netral), suhu kamar (30°C) dan tekanan atmosferik. Volume limbah yang digunakan sebanyak 15 L dengan variasi penambahan lumpur aktif sebanyak 1, 3, 5, dan 7 L yang diolah selama 6 hari. Penambahan lumpur aktif sebanyak 9 L dilakukan selama 30 hari untuk mengetahui profil COD dan produksi biogas.

Alat yang digunakan berupa bak anaerob ukuran (40 x 30 x 20)cm dengan rangkaian seperti pada Gambar 1.

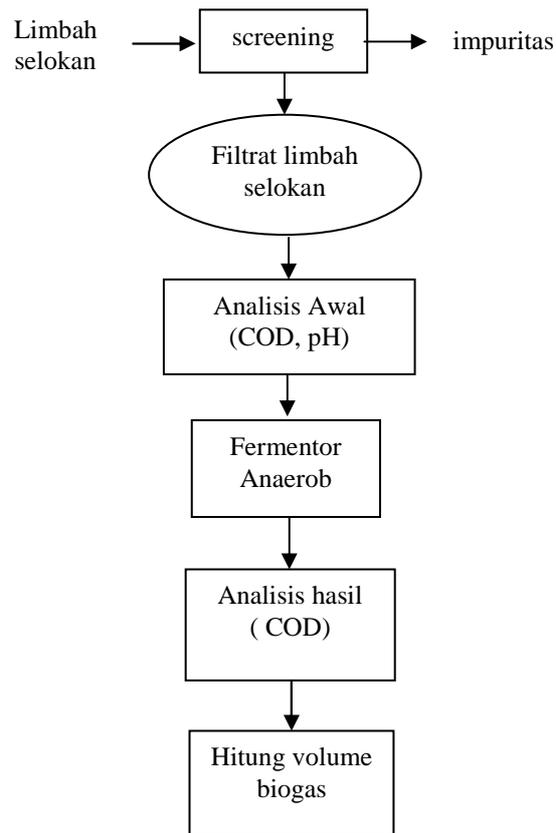


Gambar 1. Rangkaian alat percobaan: (1). Bak anaerob; (2). Penjepit selang; (3). Selang; (4). Kran untuk mengambil sampel

Bahan utama yang digunakan adalah air limbah domestik yang diperoleh dari selokan sekitar jalan Pahlawan, Semarang. Air limbah tersebut berwarna keruh dan nilai COD sebesar 958,33 mg/L, dan lumpur aktif yang dibuat sendiri dengan proses *seeding* lumpur aktif selama kurang lebih 2 minggu. *Seeding* dilakukan dengan mencampurkan 10 L lumpur dengan 5 L limbah yang sudah diencerkan 1:4 selama 1 minggu, serta ditambahkan nutrisi berupa NPK dan urea, selanjutnya berturut-turut kadar air limbah dinaikkan 1:3, 1:2, dan 1:1 setiap 3 hari sekali. Bahan-bahan tambahan yang digunakan adalah H_2SO_4 0,1N, KMnO_4 , $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 0,1 N, NPK, dan urea.

(Majalah Reaktor, 2001)

Percobaan yang dilakukan pada penelitian ini dapat digambarkan secara umum seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema percobaan

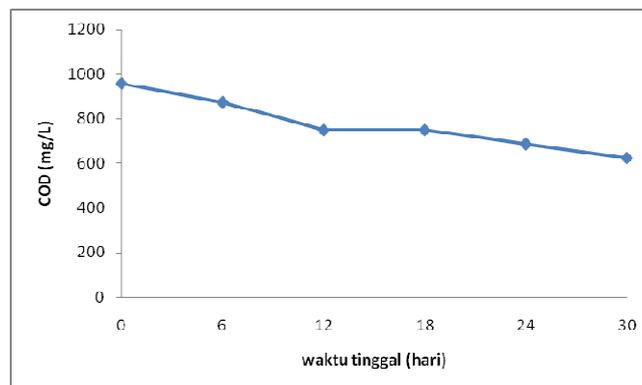
Bahan baku limbah selokan mula-mula disaring menggunakan screening (penyaring). Filtrat hasil saringan kemudian dianalisis sesuai dengan parameter yang diinginkan dan impuritas hasil saringan dibuang. Setelah dianalisis, bahan baku dimasukkan ke dalam reaktor dan dikondisikan agar berada pada pH 7 (netral), serta ditambahkan nutrisi sesuai kebutuhan. Proses pengolahan secara anaerob berjalan, dilakukan pengambilan sampel pada periode tertentu untuk mengetahui kadar COD dan volume biogas.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengaruh Waktu Tinggal terhadap Penurunan COD

Penelitian ini dilakukan dengan memasukkan 15 L limbah selokan dan ditambah 9 L lumpur aktif, dengan penambahan nutrient berupa NPK dan urea sebagai makanan bagi bakteri agar tetap bisa hidup. Penelitian ini berlangsung selama 30 hari, dan di analisis kadar COD setiap 6 hari sekali.

Proses tersebut memerlukan bakteri untuk menguraikan glukosa sampai terbentuk biogas. Terbentuknya biogas diindikasikan dengan turunnya kadar COD. Semakin besar penurunan kadar COD, maka volume biogas yang dihasilkan juga semakin banyak. Penurunan kadar COD pada penelitian ini ditampilkan dalam bentuk grafik (lihat Gambar 3).



Gambar 3. Hubungan antara penurunan kadar COD dengan waktu tinggal

Penurunan kadar COD yang paling besar pada penelitian ini dicapai pada waktu tinggal 30 hari dengan rasio volume lumpur aktif terhadap limbah 9:15, yaitu sebesar 34,78 %. Sedangkan penurunan kadar COD yang paling kecil dicapai pada waktu tinggal 6 hari yaitu turun sebesar 8,69 %. Waktu tinggal dalam bak anaerob sangat mempengaruhi penurunan kadar COD, karena bakteri memerlukan waktu untuk menguraikan senyawa organik menjadi biogas. Proses fermentasi anaerobik berlangsung dalam 4 tahap secara berantai, yaitu tahap hidrolisa, acidogenesis, acetogenesis, dan metanogenesis.

Semakin lama waktu fermentasi, kontak antara bakteri dengan limbah dan lumpur akan semakin lama dan waktu untuk menguraikan senyawa organik juga semakin lama. Dari penelitian ini hanya didapat penurunan COD sebesar 34,78 %. Hal ini karena waktu fermentasi yang kurang lama, sehingga belum semua senyawa organik diuraikan menjadi biogas atau bahkan belum sampai ke tahap metagenesis. Selain itu juga karena jumlah bakteri yang kurang. Dalam penelitian ini, tidak ditambahkan bakteri apapun, hanya memanfaatkan bakteri yang ada dalam lumpur aktif dengan menambahkan nutrisi berupa NPK dan urea. Jumlah bakteri yang menguraikan juga mempengaruhi proses, karena semakin banyak bakteri maka proses penguraian senyawa organik semakin cepat.

Dari grafik pada Gambar 3 dapat diperoleh nilai k , dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{---} \quad (1)$$

$$\text{---} \quad (2)$$

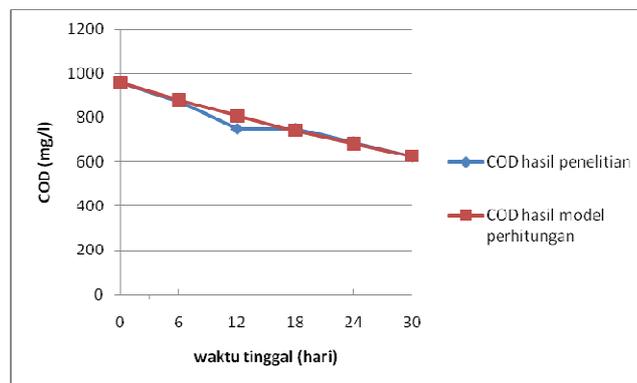
$$\text{---} \quad (3)$$

$$k = 0,0142$$

Jadi, diperoleh persamaan,

(4)

Dari model tersebut bisa diperoleh grafik perbandingan COD hasil penelitian dengan COD model perhitungan, seperti tampak pada Gambar 4.



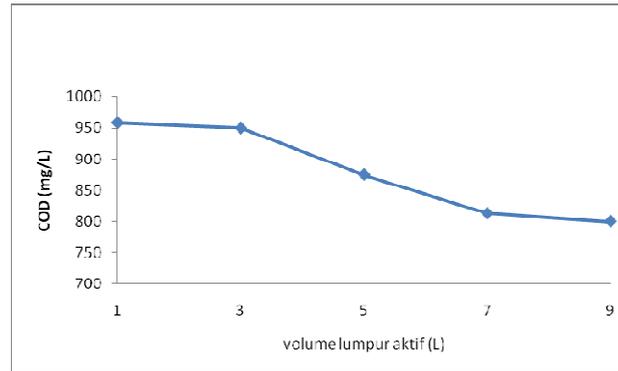
Gambar 4. Perbandingan kadar COD hasil penelitian dan COD model perhitungan.

Dari grafik pada Gambar 4 tersebut diperoleh % kesalahan sebesar 1,637 %.

Dari persamaan diatas dapat diperoleh waktu yang diperlukan untuk menurunkan kadar COD hingga batas COD yang diizinkan sesuai keputusan Menteri KLH No.03/MENKLH/II/1991 (250 ppm), yaitu sekitar 95 hari atau kurang lebih 3 bulan. Jadi untuk menurunkan COD limbah cair domestik menggunakan proses anaerob, dengan volume limbah 15 L dan volume lumpur aktif 9 L agar menjadi 250 ppm diperlukan waktu kurang lebih 3 bulan.

3.2. Pengaruh Volume Lumpur Aktif

Penelitian ini dilakukan dengan variabel berubah berupa rasio volume lumpur aktif terhadap volume limbah. Rasio tersebut ada 5 variabel, yaitu 1/15, 3/15, 5/15, 7/15, 9/15. Dengan rasio tersebut dimasukkan ke dalam digester dalam waktu yang sama, yaitu selama 6 hari. Hasil penelitian ini disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan penurunan kadar COD dengan rasio volume lumpur aktif terhadap volume limbah

Penurunan kadar COD yang paling besar pada penelitian ini dicapai pada rasio volume lumpur aktif terhadap volume limbah 9/15, yaitu sebesar 15,83 %. Sedangkan penurunan COD paling kecil dicapai pada rasio volume lumpur aktif terhadap limbah 1:15, yaitu 0,83 %. Semakin besar ratio volume lumpur aktif terhadap volume limbah pada variabel waktu tinggal yang sama persentase penurunan kadar COD semakin besar. Hal ini disebabkan karena makin banyak lumpur yang ada di dalam bak anaerob maka makin banyak pula bakteri yang menguraikan bahan organik yang ada dalam air limbah dan kontak yang terjadi antara air limbah dan lumpur menjadi semakin banyak (lama).

3.3. Biogas yang Dihasilkan

Biogas yang dihasilkan pada penelitian ini diindikasikan dengan turunnya kadar COD selama proses. Semakin banyak penurunan kadar COD, maka volume biogas yang dihasilkan semakin banyak. Dari penelitian ini dapat dilihat biogas yang dihasilkan dari berbagai gambar yang diambil tiap 6 hari berikut.



Gambar 6. Limbah hari ke-0

Pada hari ke-0, yaitu hari saat memasukkan limbah dan lumpur aktif. Dari gambar terlihat bahwa warnanya kecoklatan, kotor, tidak jernih. Hal ini karena limbah tersebut masih baru, yang berasal dari selokan jalan Pahlawan, Semarang. Campuran limbah dan lumpur aktif tersebut ditambahkan nutrisi agar bakteri tetap bisa tumbuh dan hidup sehingga bisa menguraikan senyawa organik, yang nantinya menghasilkan metana.



Gambar 7. Limbah hari ke-6

Pada hari ke-6 terlihat adanya uap air yang menempel pada dinding atas digester. Gelembung yang muncul dipermukaan limbah sangat sedikit, bahkan sampai tidak kelihatan. Akan tetapi warna air limbah sudah mulai agak jernih. Hal ini menunjukkan bakteri sudah mulai menguraikan senyawa organik, tapi belum maksimal.



Gambar 8. Limbah hari ke-12

Pada hari ke-12 sudah mulai terlihat gelembung udara diatas permukaan limbah. Walaupun tidak banyak tapi sudah bertambah dibanding pada hari ke-6. Warna dari limbah juga semakin jernih, ini menunjukkan bakteri sudah menguraikan senyawa organik.



Gambar 9. Limbah hari ke-18

Pada hari ke-18 warna limbah semakin jernih, gelembung juga semakin bertambah.



Gambar 10. Limbah hari ke-24

Pada Gambar 10 terlihat bahwa pada hari ke-24 warna air limbah semakin jernih dari sebelumnya. Hal ini menunjukkan bakteri sudah menguraikan senyawa organik yang ada dalam limbah.



Gambar 11. Limbah hari ke-30

Pada hari ke-30 warna air limbah juga semakin jernih. Gelembung yang dihasilkan bertambah dari hari sebelumnya, tapi hanya sedikit. Gelembung tersebut menunjukkan adanya biogas yang dihasilkan. Karena gelembung yang terbentuk sedikit, maka biogas yang dihasilkan pun juga sedikit. Penurunan COD setelah 30 hari hanya sebesar 333,33 mg/l. Dari penurunan kadar COD tersebut bisa dihitung volume biogas yang dihasilkan, yaitu sebesar 2,2 L.

Biogas yang dihasilkan sangat kecil kemungkinan dikarenakan 2 faktor yaitu jumlah bakteri yang kurang dan waktu fermentasi yang kurang lama seperti terlihat pada penurunan COD yang rendah.

4. Kesimpulan

Penurunan kadar COD tertinggi diperoleh pada variabel rasio volume lumpur aktif terhadap limbah 9/15, selama waktu tinggal 30 hari, yaitu sebesar 34,78 %. Waktu yang diperlukan untuk menurunkan kadar COD sampai batas yang diijinkan (250 ppm) adalah 3 bulan. Biogas yang dihasilkan selama 30 hari dengan rasio volume lumpur aktif terhadap limbah 9/15 adalah 2,2 L.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA selaku dosen pembimbing dan Staf Laboratorium Pengolahan Limbah Teknik Kimia Universitas Diponegoro.

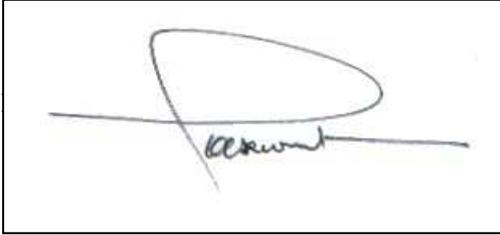
Daftar Notasi

t = waktu tinggal, hari
k = konstanta, hari⁻¹

Daftar Pustaka

- Agung, Pambudi, (2008), “Pemanfaatan Biogas sebagai Energi Alternatif”, Universitas Surakarta.
- Ahmad adrianto, (2003), “Penentuan Parameter Kinetika Proses Biodegradasi Anaerob Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit”, *Jurnal Natur Indonesia* 6 (1), ISN 1410-9379, Pekanbaru.
- Basuki, B.T., (2001), “Pengolahan Limbah Cair ‘Tank Cleaning’ Tangki Timbun di Instalasi Pertamina UPPDN IV Semarang”, *Majalah Reaktor*, Vol.5, No.2, hal. 67-70, Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Budiarsa, I. W dkk, (2009), “Biodegradasi Dodecyl Benzene Sulfonat dalam Sistem Lumpur Aktif”, *Jurnal Bumi Lestari* Vol 9 No 1. Hal 66-70.
- Darsono, V., (2009), “Produksi Biogas melalui Pemanfaatan Limbah Cair pabrik Minyak Kelapa Sawit dengan Digester Anaerob”, Bengkulu.
- Djajadiningrat, A., (1999), “Pengolahan Limbah Cair”, *Penelitian Pengelolaan Limbah*, ITB, Bandung.
- Edward D. S., (1997), “*Water and Waste Water Treatment*“, Mc Graw Hill, Kogakusha, LTD, New York
- Gumilar Arif., (1998), “Penurunan Kadar COD pada Limbah Cair Tahu dengan Proses Anaerobik Bersekat”, *Laporan Penelitian*, Teknik Kimia, Universitas Diponegoro.a
- Hardyanti, Nurandani, dan Sutrisno, Endro, (2007), “Uji Pembuatan Biogas dari Kotoran Gajah dengan Variasi Penambahan Urine Gajah dan Air”, *Jurnal Presipitasi* Vol 3 No 2 ISN 1907-187 X. hal 73-77.
- Manurung, Renita, (2004), “Proses Anaerobik sebagai Alternatif untuk Mengolah Limbah Sawit”, Universitas Sumatera Utara, Sumatera.
- Metcalf and Eddy Inc., (1979), “Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse”, 2nd Eddition. *Mc, Graw Hill Series Water Resource and Enviromental Engiining*, New York
- Octavia Henry, yunitasari, (1992), “Pembuatan Biogas dari Kombinasi Campuran Kotoran Sapi dan Sampah Pasar”, *Laporan Penelitian*, Teknik Kimia, Universitas Diponegoro.
- Priyono, Adi dan D.U.,Wahyu, (2009), “Pengolahan Leachate pada Tempat Pembuangan Akhir Jatibarang Semarang secara Anaerob”, *Seminar Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro*.
- Rusdjjati, Raliby, dan Rosyidi, (2008), “Turning Liquid Waste of ‘Tahu’ into Biogas as an Alternative Fuel In ‘Tahu’ Industry”.
- Sugiharto, (1987), “Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah”, edisi 1. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Takiyah Salim dan Sukirno, Sriharti, (2004), “Teknologi Pengolahan Limbah Cair Tahu, Proseding Seminar Rekayasa dan Proses”, ISSN : 1411 – 4216, Teknik Kimia, Universitas diponegoro, Semarang.
- Tito Nur Afandi, dkk, (2008), “Aplikasi Limbah Cair Tapioka sebagai Sumber Energi Alternatif berupa Biogas”, Universitas Negeri Malang, Malang.
- Utami Sri, Budiati., (2000), “ Penurunan Kadar COD Limbah CairTekstil Dengan Proses Anaerob dan Anaerob Menggunakan Lumpur Aktif“, *Laporan Penelitian*, Teknik Kimia, Universitas Diponegoro.
- Vik, Thomas, (2003), “Focus on Energy”, Neenah Wisconsin.

Telah diperiksa
Pembimbing

A handwritten signature is enclosed in a rectangular box. The signature consists of a large, stylized letter 'D' with a horizontal line extending from its base. Below the horizontal line, the word 'Akumad' is written in a cursive script.