

Biodegradasi Limbah Domestik Dengan Menggunakan Inokulum Alami Dari Tangki Septik

P. H. Doraja, Maya Shovitri, dan N.D. Kuswytasari

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: maya@bio.its.ac.id

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi mikroorganisme dari tangki septik dalam proses biodegradasi bahan organik limbah domestik pada kondisi terang. Penelitian ini menggunakan sistem pengolahan limbah bioreaktor secara tertutup (anaerob) dan hasil proses biodegradasi diketahui dari nilai parameter Derajat Keasaman (pH), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), dan *Total Dissolved Solid* (TDS). Hasil menunjukkan bahwa inokulum mikroorganisme mampu mendegradasi limbah organik dengan rasio inokulum : limbah domestik = 1:4 (v/v) selama 5 hari masa inkubasi. Perubahan yang terjadi terutama pada pH, BOD, dan TSS; pH 5 (asam) menjadi pH 10 (basa). Nilai BOD₅ dari nilai awal sebesar 1770 mg/l menjadi 388,33 mg/l dan nilai TSS dari nilai awal sebesar 20200 mg/l menjadi 193,33 mg/l.

Kata Kunci— Biodegradasi, Limbah organik, Mikroorganisme, Anaerob

I. PENDAHULUAN

Limbah merupakan buangan atau sesuatu yang tidak terpakai, dapat berbentuk cair, gas dan padat [1]. Limbah domestik adalah air buangan yang berasal dari limbah rumah tangga, seperti air bekas cucian, dapur, kamar mandi, dan toilet [2]. Limbah cair domestik mengandung 99,9% air dan 0,1% zat padat. Zat padat terdiri dari 85% protein; 25% karbohidrat; 10% lemak dan sisanya zat anorganik terutama butiran pasir, garam-garam dan logam [3].

Biodegradasi merupakan salah satu pengolahan limbah secara biologi yang sering dipilih karena efektif untuk pengolahan limbah organik terlarut dan membutuhkan biaya yang sedikit. Namun keberhasilan pengolahan limbah secara biologi sangat tergantung pada aktivitas dan kemampuan mikroorganisme pendegradasi bahan organik dalam limbah [4]. Prinsip pengolahan limbah secara biologi adalah pemanfaatan aktivitas mikroorganisme seperti bakteri, fungi, dan protozoa. Mikroorganisme tersebut merombak limbah organik menjadi senyawa organik sederhana dan mengkonversikannya menjadi gas karbondioksida (CO₂), air (H₂O) dan energi untuk pertumbuhan dan reproduksinya [5].

Tangki septik adalah tempat penampungan limbah kotoran manusia (tinja). Walaupun sebagai produk akhir dari proses metabolisme tubuh, tinja manusia masih mengandung sisa nutrisi organik seperti protein, karbohidrat dan lemak. Di dalam tangki septik, bahan organik tersebut akan didegradasi oleh mikroorganisme pengurai menjadi gas dan bahan organik

sederhana lainnya. Sedangkan sisa bahan yang tidak dapat diuraikan akan mengendap menjadi lumpur (*sludge*) [5].

Parameter kimia untuk mengukur tingkat biodegradasi limbah organik adalah dengan mengukur nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD), nilai *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), dan pH limbah. Apabila kandungan bahan organik dalam limbah tinggi, maka semakin banyak pula oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik tersebut, sehingga nilai BOD dan COD limbah juga akan tinggi. Sebaliknya jika nilai BOD dan COD rendah, maka dapat diinterpretasikan bahwa bahan organik yang ada dalam limbah tersebut rendah.

Parameter fisika untuk mengetahui kandungan bahan organik dan anorganik dari limbah cair adalah dengan mengukur nilai kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) dan *Total Dissolved Solid* (TDS). Zat padat tersuspensi atau TSS adalah semua zat padat atau partikel yang tersuspensi dalam air dan dapat berupa komponen hidup (biotik) seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi, ataupun komponen mati (abiotik) seperti detritus dan partikel-partikel anorganik (pasir, lumpur, dan tanah liat). Zat padat tersuspensi merupakan tempat berlangsungnya reaksi-reaksi kimia yang heterogen dan berfungsi sebagai bahan pembentuk endapan yang paling awal dan dapat menghalangi kemampuan produksi zat organik di suatu perairan [6]. Sedangkan *Total Dissolved Solid* atau padatan terlarut adalah padatan-padatan yang mempunyai ukuran lebih kecil dari padatan tersuspensi. Jumlah TDS biasanya terdiri atas zat organik, garam organik dan gas terlarut [7].

II. TINJAUAN PUSTAKA

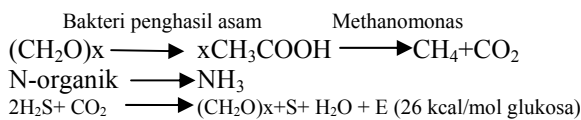
A. Limbah Organik

Limbah organik pada umumnya berupa limbah yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme. Hal tersebut dapat mengakibatkan semakin berkembangnya mikroorganisme, termasuk mikroba patogen. Berkembangnya mikroba patogen akan mengakibatkan berbagai macam penyakit [7]. Berdasarkan sifat yang dimiliki, karakteristik limbah organik dibagi menjadi tiga, yaitu karakteristik fisika, kimia, dan biologi. Karakteristik fisika meliputi padatan total, kekeruhan, bau, suhu, dan warna. Karakteristik biologi dengan melihat golongan mikroorganisme (patogen atau tidak) yang terdapat dalam limbah organik. Karakteristik kimia dalam

limbah organik adalah protein (mengandung karbon, hidrogen, dan oksigen serta pembentuk sel dan inti sel), karbohidrat (gula, pati, selulosa dan benang-benang kayu yang terdiri dari unsur C, H, dan O), minyak adalah lemak yang bersifat cair, deterjen, dan phenol yang mempunyai sifat larut dalam air [8].

B. Pengolahan Limbah Cair Secara Biologi

Pada dasarnya, cara biologi adalah pemutusan molekul kompleks menjadi molekul sederhana oleh mikroorganisme. Proses ini sangat peka terhadap faktor suhu, pH, oksigen terlarut (DO), dan zat-zat inhibitor terutama zat-zat beracun. Mikroorganisme yang digunakan untuk pengolahan limbah adalah bakteri, algae, atau protozoa [9]. Pengolahan limbah anaerob adalah sebuah metode biologi untuk peruraian bahan organik atau anorganik tanpa kehadiran oksigen. Produk akhir dari degradasi anaerob adalah gas, paling banyak metana (CH₄), karbondioksida (CO₂), dan sebagian kecil hidrogen sulfida (H₂S) dan hidrogen (H₂) [7]. Bakteri anaerob tidak memerlukan oksigen bebas dan dapat bekerja dengan baik pada suhu yang semakin tinggi hingga 40°C, serta pada pH sekitar 7. Bakteri anaerob juga akan bekerja dengan baik pada keadaan yang gelap dan tertutup [10]. Reaksinya adalah sebagai berikut:



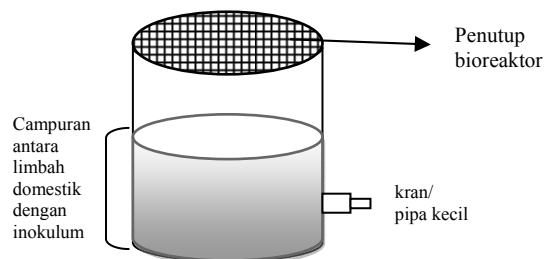
Dalam proses anaerob ini, penguraian bahan organik dilakukan oleh mikroorganisme dan dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama, fase non-methanogenic. Bakteri pembentuk asam yang terdiri dari bakteri anaerob dan fakultatif [8] menghidrolisis senyawa organik kompleks menjadi molekul sederhana. Pati yang terhidrolisis menjadi gula sederhana dan protein yang dipecah menjadi asam amino, sementara lemak tetap utuh. Metabolisme ini akan menekan pH dan menghambat pertumbuhan bakteri dekomposisi [10]. Tahap kedua, fase methanogenic (penghasil metan). Mikroorganisme ini disebut sebagai bakteri pembentuk metan yang memanfaatkan asam organik sebagai substrat dan memetabolisme asam organik yang dibentuk oleh tahap pertama menjadi karbondioksida (CO₂) dan metan (CH₄). Asam amino akan dipecah dan mengakibatkan pembentukan amonia yang berfungsi untuk menetralkan asam dan meningkatkan pH bagi bakteri metan. Asam lemak didekomposisi menjadi senyawa sederhana, yaitu CH₄ dan CO₂ [10].

III. METODOLOGI

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Agustus-Oktober 2011 di Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi dan Laboratorium Botani Jurusan Biologi FMIPA ITS.

A. Bioreaktor

Bioreaktor yang digunakan berupa toples yang terbuat dari plastik berbentuk tabung dengan tinggi ± 20 cm (Gambar 1).



Gambar 1. Replika bioreaktor anaerob

B. Perlakuan

Limbah diletakkan dalam bioreaktor. Limbah ditambahkan NPK 0,5 gram (0,1%) dan Urea 10% (V/V) per 500 ml limbah [18]. Lalu diaduk hingga homogen. Kemudian limbah domestik siap diinokulasi dengan inokulum alami tangki septik. Rasio limbah domestik : inokulum = 1:4 (v/v), yaitu limbah cair inokulum alami tangki septik sebanyak 300 ml dan limbah cair domestik sebanyak 1200 ml.

C. Pengukuran Parameter Limbah

Pengukuran parameter pH, BOD, COD, TSS, dan TDS dilakukan selama masa inkubasi 5 hari yang mengikuti protokol baku masing-masing metode.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Limbah organik yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair yang berasal dari rumah tangga (domestik) jenis *grey water*. Limbah domestik *grey water* berasal dari kegiatan mencuci dan memasak yang umumnya langsung dibuang ke saluran penampung maupun perairan umum [11]. Limbah tersebut diduga mengandung protein, karbohidrat, dan lemak tinggi karena berasal dari campuran sisa daging, susu, minyak dan nasi. Protein merupakan penyebab utama terjadinya bau akibat proses penguraian. Minyak berwarna kuning berada pada permukaan limbah [3]. Walaupun kandungan organik dalam limbah domestik ini tidak dianalisa, namun merujuk pada baku mutu limbah cair domestik, limbah yang mengandung bahan organik tinggi akan mempunyai nilai BOD dan COD yang tinggi. Limbah domestik yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai parameter awal seperti yang disebutkan dalam Tabel 1.

Tabel 1.

Perubahan nilai parameter selama masa inkubasi pada kondisi terang

Parameter	Hari ke-0	Hari ke-5
pH	5	10
BOD	1770 mg/lt	388,33 mg/lt
COD	200 mg/lt	293,33 mg/lt
TSS	20200 mg/lt	193,33 mg/lt
TDS	356 mg/lt	6756,67 mg/lt

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa limbah domestik yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai nilai lebih tinggi daripada yang telah disebutkan oleh Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang

Baku Mutu Air Limbah Domestik, yaitu pH sebesar 6-9; BOD sebesar 100 mg/l; dan TSS sebesar 100 mg/l. Tingginya nilai BOD dan COD pada limbah domestik tersebut menunjukkan tingkat pencemaran yang kuat dan mempunyai jumlah oksigen yang rendah, yaitu 2-3 mg. Oksigen dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam proses biodegradasi, sehingga diperlukan pengenceran sebelum limbah organik dilakukan uji BOD [12].

Derajat keasaman (pH) merupakan nilai yang menunjukkan aktivitas ion hidrogen dalam air. Nilai pH dalam limbah dapat mencerminkan keseimbangan antar asam dan basa dalam limbah tersebut. Limbah domestik biasanya mempunyai pH mendekati netral [12]. Akan tetapi, limbah domestik yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan pH 5 (Tabel 1) yang berarti limbah tersebut bersifat asam. Hal ini menunjukkan bahwa limbah domestik tersebut mengandung konsentrasi asam organik yang cukup banyak [6]. Kebanyakan kapang tumbuh baik pada pH 4-5 [12], sedangkan khamir pada pH antara 4-4,5 dan tidak dapat tumbuh dengan baik pada keadaan alkali. Bakteri membutuhkan pH optimum antara 6,5 dan 7,5 [13].

Tabel 1 menunjukkan perubahan pH menjadi basa (pH 10) selama masa inkubasi 5 hari. Perubahan pH pada air limbah menunjukkan bahwa telah terjadi aktifitas mikroorganisme yang mendegradasi bahan organik. Degradasi protein dan nitrogen organik yang menjadi ammonium (NH_4) dapat menaikkan pH menjadi basa [14]. Bioreaktor yang digunakan adalah tertutup (anaerob) sehingga ada penurunan kadar oksigen (O_2), maka diduga terjadi proses denitrifikasi, dimana nitrogen nitrat dan nitrit direduksi menjadi gas nitrogen dibawah kondisi anaerobik [12]. Kondisi pH yang relatif tinggi akan melarutkan nitrogen dan selanjutnya akan diemisikan sebagai amoniak (NH_3) [15].

Uji BOD merupakan metode analisis yang umum digunakan untuk mengetahui jumlah bahan organik yang dapat diuraikan secara biologis oleh mikroorganisme. Uji BOD ini dilakukan selama 5 hari.

Setelah diinkubasi selama 5 hari, terjadi penurunan nilai BOD_5 . Hal ini membuktikan bahwa penambahan inokulum alami dari tangki septik mampu menurunkan nilai BOD. Nilai BOD awal sebesar 1770 mg/l turun menjadi sebesar 388,33 mg/l (Tabel 1). Menurunnya nilai BOD_5 disebabkan karena terdegradasinya sebagian bahan organik yang sebelumnya tidak terurai pada proses anaerob menjadi sel-sel baru yang tersuspensi dan dipisahkan dengan cara pengendapan [16].

Kebanyakan mikroorganisme yang terdapat dalam limbah organik adalah bakteri kemoheterotrof yang menggunakan bahan organik sebagai sumber energi dan karbon. Bakteri ini berperan penting dalam penanganan limbah cair karena dapat mendegradasi bahan organik [12].

Nilai COD awal limbah domestik adalah sebesar 200 mg/l naik menjadi sebesar 293,33 mg/l pada hari ke-5 (Tabel 1). Tidak adanya penurunan nilai COD pada perlakuan diduga karena terjadi peningkatan biomassa mikroorganisme. Meningkatnya biomassa mikroorganisme akan menyebabkan turunnya konsentrasi bahan organik pada limbah. Peningkatan biomassa disebabkan oleh pertumbuhan mikroorganisme dalam limbah tersebut [12]. Kenaikan nilai COD disebabkan oleh semakin banyaknya biomassa yang terbentuk akibat penambahan sel, sehingga bahan organik yang harus

didegradasi pun akan bertambah dengan sendirinya. Pada dasarnya fluktuasi nilai COD berbanding lurus dengan pertambahan sel. Nilai COD naik pada saat jumlah sel cenderung naik [17]. Pertumbuhan populasi mikroorganisme berpengaruh penting terhadap efisiensi proses penyisihan nilai COD [19]. Makin lama waktu tinggal mikroorganisme akan memberikan waktu kontak antara bahan organik yang terdapat dalam limbah cair dengan mikroorganisme juga semakin lama, sehingga degradasi senyawa organik (penurunan COD) menjadi besar [19].

Nilai TSS awal limbah domestik adalah sebesar 20200 mg/l turun menjadi sebesar 193,33 mg/l pada hari ke-5 (Tabel 1). Ukuran fungi berkisar 1 sampai 5 μm [13] yang diduga terdapat dalam suspensi tersebut.

Nilai TSS dan TDS berpengaruh terhadap proses pengolahan limbah secara anaerob. Pada proses pengolahan limbah secara anaerob, bahan organik kompleks dihidrolisis menjadi organik sederhana (asam organik) [10]. Pada fase non-methanogenic ini nilai TSS akan turun dan nilai TDS akan naik karena bahan organik yang berukuran besar diubah menjadi ukuran yang lebih kecil (proses degradasi). Pada fase methanogenic, asam organik diubah menjadi karbondioksida (CO_2) dan metan (CH_4) [13]. Hal ini yang menyebabkan nilai TDS akan turun karena bahan organik telah terdegradasi secara sempurna menjadi gas, sehingga penurunan nilai TSS seharusnya diikuti pula dengan turunnya nilai TDS. Akan tetapi pada penelitian ini nilai TDS mengalami kenaikan menjadi sebesar 6756,67 mg/l. Nilai TDS awal adalah sebesar 356 mg/l (Tabel 1).

Kenaikan nilai TDS ini menunjukkan bahwa bahan organik yang berukuran kecil $\leq 1 \mu\text{m}$ belum terdegradasi secara sempurna menjadi gas dan adanya peningkatan biomassa mikroorganisme yang berukuran lebih kecil dari kertas saring ukuran 1 μm [17]. Ukuran bakteri paling kecil sekitar 0,15 – 0,3 mikron [13] yang diduga terdapat dalam filtrat tersebut. Dari Tabel 1 terlihat bahwa nilai TDS lebih besar daripada nilai TSS. Hal ini menggambarkan bahwa padatan yang terkandung dalam limbah domestik lebih banyak yang berukuran kecil $\leq 1 \mu\text{m}$. Hal ini mungkin dikarenakan limbah domestik mengandung sabun dan detergen yang merupakan bahan organik berbasis asam lemak [20].

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah rasio inokulum dari tangki septik terhadap limbah organik = 1:4 (v/v) mampu menurunkan nilai BOD_5 dari nilai awal sebesar 1770 mg/l menjadi 388,33 mg/l dan nilai TSS dari nilai awal sebesar 20200 mg/l menjadi 193,33 mg/l dalam 5 hari masa inkubasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Putra. "Pengelolaan Limbah Rumah Tangga (Upaya Pendekatan Dalam Arsitektur)," Skripsi Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara: Sumatera Utara (2011).
- [2] N.R. Sa'adah dan P. Winarti. (2009). *Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Lumpur Aktif Proses Anaerob*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang. [Online] Available: http://eprints.undip.ac.id/11591/2/laporan_penlit_Puji_Rahmi.pdf

- [3] Sugiharto. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: UI Press, Jakarta (1987).
- [4] Syamsudin, S. Purwati, dan A. Taufick R, “Efektivitas Aplikasi Enzim Dalam Sistem Lumpur Aktif Pada Pengolahan Air limbah Pulp Dan Kertas,” *Balai Besar Pulp dan Kertas: Bandung. Berita Selulosa*, Vol. 43, No. 2 (2006) 83-92.
- [5] Firdus dan Muchlisin Z.A., “Degradation Rate Of Sludge and Water Quality of Tangki septik (Water Closed) by Using Starbio and Freshwater Catfish as Biodegradator,” *Jurnal Natural*, Vol.10, No. 1 (2010).
- [6] M.S. Tarigan dan Edward, “Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (Total Suspended Solid) Di Perairan Raha, Sulawesi Tenggara,” *Makara Sains*, Vol. 7, No. 3 (2003).
- [7] K.D. Harmayani dan I.G.M. Konsukartha, “Pencemaran Air Tanah Akibat Pembuangan Limbah Domestik Di Lingkungan Kumuh, Studi Kasus Banjar Ubung Sari Kelurahan Ubung,” *Jurnal Permukiman Natak* Vol. 5, No. 2 (2007) 62-108.
- [8] N.I. Milasari dan S.B. Ariyani. (2010). *Pengolahan Limbah Cair Kadar COD Dan Fenol Tinggi Dengan Proses Anaerob Dan Pengaruh Mikronutrien Cu: Kasus Limbah Industri Jamu Tradisional*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. [Online] Available: http://eprints.undip.ac.id/11892/1/Bab1-5_skripsi_nurita-sukma.pdf
- [9] N. Pohan. “Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Proses Biofilter Aerobik”. Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara, Medan (2008).
- [10] R.B. Seabloom. “University Curriculum Development for Decentralized Wastewater Management : Septic Tanks”. Emeritus Professor of Civil and Environmental Engineering Dept. of Civil and Environmental Engineering, University of Washington (2004).
- [11] Supradata. (2005). *Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias Cyperus Alternifolius, L. Dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (Ssf-Wetlands)*. [Online]. Available: <http://eprints.undip.ac.id/18696/1/Supradata.pdf>
- [12] B.S.L. Jenie dan W.P. Rahayu, *Penanganan Limbah Industri Pangan*, Yogyakarta: Penerbit Kanisius Anggota IKAPI (1993).
- [13] O. Rachmawan. “Ruang Lingkup Mikroorganism”. Departemen Pendidikan Nasional Proyek Pengembangan Sistem dan Standar Pengelolaan SMK Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan Jakarta: Jakarta (2001).
- [14] C. Polprasert. *Organik Waste Recycling*. Inc. Indonesia (1989).
- [15] R. Rizaldi. “Pengelolaan Sampah Secara Terpadu Di Perumahan Dayu Permai Yogyakarta,” Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta (2008).
- [16] K. Sofyan. dan S. Sy. “Pengaruh Waktu Tinggal dan Waktu Aerasi Terhadap Penurunan Bahan-bahan Pencemar Dalam Limbah Cair Industri Tapioka,” *Tapioka Disk 3I*, Vol. IV (2011).
- [17] Sriharti Carolina dan Neni “Netralisasi Limbah karet Oleh Beberapa Jenis Mikroalga,” dalam *Prosiding Seminar Perhimpunan Bioteknologi Pertanian Indonesia*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Fisika Terapan LIPI Subang (2012) 433-439.
- [18] I.D.A. Sutapa, “Lumpur Aktif: Alternatif Pengolah Limbah Cair,” *Jurnal Studi Pembangunan, Kemasyarakatan dan Lingkungan*, Vol I, No. 3 (1999) 25-38.
- [19] Syarfi A. Achmad dan M. Atikalidia, “Penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) dan Produksi Biogas Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Cangkang Sawit,” dalam *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” ISSN 1693 – 4393*. Laboratorium Rekayasa Bioproses, Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau (2011) 5-6.
- [20] L. Warlina, “Pencemaran Air: Sumber, Dampak dan Penanggulangannya,” Tesis Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor: Bogor (2004).