

Kemampuan Isolat *Bacillus* sp. dalam Mendegradasi Limbah Tangki Septik

Andarini Ayu Retnosari dan Maya Shovitri

Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

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

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan isolat *Bacillus* sp. dalam mendegradasi bahan organik yang terdapat pada limbah tangki septik. Penelitian ini menggunakan sistem pengolahan limbah berupa bioreaktor secara tertutup (anaerob) dan hasil proses biodegradasi diketahui dari nilai parameter derajat keasaman (pH), *total suspended solid* (TSS), *total dissolved solid* (TDS) dan viabilitas mikroorganisme yang dilakukan pada awal dan akhir masa inkubasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Bacillus* sp. dapat menyebabkan terjadinya penurunan derajat keasaman (pH) dari 8 menjadi 6,7; penurunan nilai kandungan TSS dari 504 mg/l menjadi 205 mg/l; penurunan nilai kandungan TDS dari 81667 mg/l menjadi 24067 mg/l; dan peningkatan jumlah rata-rata sel/ml dari $2,56 \times 10^{11}$ CFU/ml menjadi $1,05 \times 10^{14}$ CFU/ml selama 31 hari masa inkubasi.

Kata Kunci—Bioaktivator, Biodegradasi, Bioreaktor, Limbah tangki septik

I. PENDAHULUAN

Limbah merupakan buangan atau sesuatu yang tidak terpakai, dapat berbentuk cair, gas, dan padat. Limbah dapat berupa kotoran dari masyarakat, rumah tangga dan juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan, serta buangan lainnya [1]. Biodegradasi merupakan proses pengolahan limbah secara biologis dengan sistem pengolahan yang diarahkan untuk menurunkan kandungan organik yang terkandung dalam air limbah dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan substrat menjadi bentuk yang lebih sederhana [2].

Mikroorganisme menguraikan limbah organik menjadi senyawa organik sederhana dengan mengkonversinya menjadi bentuk gas karbondioksida (CO₂), metana (CH₄), hidrogen (H₂) dan hidrogen sulfida (H₂S), serta air (H₂O) maupun energi yang diperuntukkan bagi proses pertumbuhan dan reproduksinya [3].

Parameter kimia yang digunakan untuk mengukur tingkat biodegradasi limbah organik adalah dengan mengukur derajat keasaman (pH) [4]. Parameter fisika dilakukan dengan mengukur nilai kandungan *total suspended solid* (TSS) dan *total dissolved solid* (TDS). Parameter biologi dilakukan dengan menghitung banyaknya jumlah mikroorganisme yang terkandung dalam air limbah [4]. Metode *total plate count* (TPC) atau penghitungan angka perkiraan terdekat

merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui mikroorganisme dapat hidup dan berkembang atau tidak [5].

Bacillus sp. mampu memanfaatkan bahan organik yang terkandung di dalam limbah dengan cara melepaskan enzim untuk menguraikan senyawa organik untuk menghasilkan produk sampingan berupa gas karbondioksida (CO₂), metana (CH₄), hidrogen (H₂) dan air (H₂O), serta energi sebagai penunjang aktivitas metabolisme [6]. Karakteristik *Bacillus* sp. adalah *selulolitik*, *proteolitik*, *lipolitik*, dan *amilolitik* [7].

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Limbah Organik

Limbah organik meliputi limbah yang mengandung minyak dan lemak, karbohidrat, protein, hidrokarbon, dan fenol [8]. Limbah organik pada umumnya berupa limbah yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme [9].

B. Pengolahan Limbah Secara Biologi

Pengolahan limbah cair secara biologi didefinisikan sebagai suatu sistem pengolahan yang digunakan untuk menurunkan kandungan organik yang terkandung dalam air limbah dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan substrat menjadi bentuk yang lebih sederhana. Mikroorganisme memanfaatkan makanan terlarut sebagai sumber nutrisi dan untuk bereproduksi [2]. Pengolahan limbah cair bertujuan untuk meminimalkan limbah yang ada dengan cara mengurangi atau menghilangkan pengaruh volume, konsentrasi dan toksisitas limbah cair dengan memanfaatkan mikroorganisme untuk mengkonsumsi polutan-polutan yang berupa zat organik. Pemanfaatan aktivitas pertumbuhan mikroorganisme yang berkontak dengan limbah merupakan proses pendegradasian limbah organik dengan mengubah bahan organik pencemar sebagai nutrisi dengan bentuk yang lebih sederhana. Karakteristik yang dimiliki oleh bakteri beragam dan kebutuhan lingkungan yang sederhana membuat mereka dapat bertahan pada lingkungan air limbah [10].

C. Pengolahan Limbah Secara Anaerob

Pengolahan limbah secara anaerob dilakukan dengan cara menguraikan bahan organik maupun anorganik yang

terkandung di dalam limbah tanpa kehadiran oksigen. Produk akhir yang dihasilkan dari proses degradasi secara anaerob umumnya berupa gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) dan sebagian kecil berupa gas hidrogen (H_2) dan hidrogen sulfida (H_2S). Proses penguraian bahan organik terbagi menjadi dua fase, yakni meliputi fase non-metanogenik dan fase metanogenik (penghasil gas metana). Pada fase non-metanogenik terjadi proses penguraian bahan organik oleh bakteri pembentuk asam yang terdiri atas bakteri yang bekerja secara anaerob dan fakultatif [11].

D. Parameter Fisika, Kimia dan Biologi

Total suspended solid (TSS) atau zat padat tersuspensi merupakan semua zat padat atau partikel yang tersuspensi di dalam air limbah dan dapat berupa komponen hidup (biotik) seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, dan fungi; atau berupa komponen mati seperti detritus dan partikel-partikel anorganik (pasir, lumpur, dan tanah liat) [12].

Total dissolved solid (TDS) atau zat padatan terlarut merupakan padatan-padatan yang memiliki ukuran lebih kecil dibandingkan dengan padatan-padatan tersuspensi. Zat padatan terlarut terdiri atas zat organik, garam organik dan gas terlarut [13].

Derajat keasaman (pH) merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan intensitas keadaan asam atau basa sesuatu larutan. pH merupakan salah satu faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi kehidupan mikroorganisme dalam air [14].

Total plate count (TPC) merupakan metode penentuan jumlah mikroorganisme secara keseluruhan baik yeast, jamur, maupun bakteri pada suatu bahan. Analisis TPC bertujuan untuk mengetahui pola pertumbuhan mikroorganisme selama proses bioremediasi berlangsung [15]. TPC dilakukan dengan metode cawan tuang yang mengacu pada [16].

III. METODOLOGI

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2012 - Januari 2013 di Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi, Jurusan Biologi ITS Surabaya.

B. Bioreaktor

Bioreaktor yang digunakan berupa toples plastik yang berbentuk tabung dengan tinggi ± 27 cm dan \pm diameter 20 cm. Penutup bioreaktor diberi selang kecil untuk mengeluarkan gas yang dihasilkan selama proses fermentasi dengan panjang ± 50 cm. Ujung luar selang kecil dimasukkan ke dalam gelas atau botol kaca berisi air.

C. Limbah Organik Domestik

Limbah organik domestik yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari tangki septik Asrama Mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Sampel

limbah tangki septik diambil sebanyak 2000 ml diletakkan ke dalam bioreaktor.

D. Proses Degradasi Limbah Tangki Septik

Stok kultur mikroorganisme sebelum digunakan terlebih dahulu disubkultur. Subkultur dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahapan pertama subkultur dilakukan pada medium padat *nutrient agar* (NA), yang disiapkan mengikuti [16] dan dilakukan secara bertahap hingga didapatkan isolat murni.

Hasil pemurnian subkultur tahap pertama, selanjutnya dilakukan subkultur tahap kedua di medium cair. Koloni mikroorganisme yang terpisah di permukaan medium padat diambil 1 ose dan ditanam ke dalam 300 ml *nutrient broth* (NB) mengikuti [16].

Kemudian, dari subkultur kedua dihitung kerapatan selnya dengan menggunakan *Hemocytometer*. Sebanyak 1 ml dari subkultur diencerkan dalam aquadest steril, sehingga diperoleh nilai kerapatan sel 1×10^{10} sel/ml. Tahap selanjutnya adalah menggunakan sebanyak 200 ml hasil subkultur yang disebut sebagai kultur kerja. Selanjutnya, kultur kerja tersebut dicampurkan ke dalam 1800 ml limbah tangki septik.

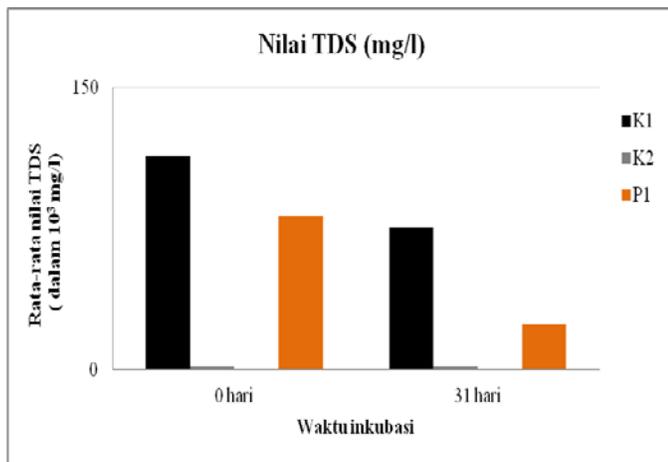
Proses degradasi yang dilakukan dengan penambahan isolat *Bacillus* sp. selanjutnya disebut sebagai perlakuan (P1). Kontrol negatif terdiri atas 2 jenis, yaitu kontrol 1 (K1) dilakukan dengan limbah tangki septik tanpa penambahan inokulum. Sedangkan, kontrol 2 (K2) dilakukan dengan menggunakan air keran yang tidak disterilisasi.

E. Pengujian Parameter

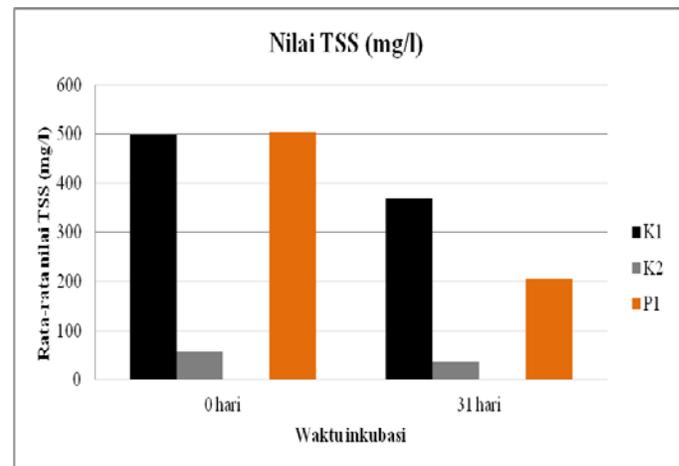
Parameter TSS dan TDS dilakukan mengacu pada [17], pH diuji dengan menggunakan indikator pH, dan viabilitas mikroorganisme dilakukan mengacu pada [16]. Proses degradasi limbah tangki septik dilakukan selama 31 hari. Parameter diukur pada awal dan akhir pengamatan proses degradasi limbah tangki septik.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tangki septik merupakan tempat penampungan limbah sisa metabolisme manusia berupa feses dan urine. Feses manusia mengandung protein, karbohidrat, dan lemak yang dapat didegradasi oleh mikroorganisme pengurai menjadi bentuk gas dan senyawa organik yang lebih sederhana. Biodegradasi merupakan proses pengolahan limbah yang dapat dilakukan secara biologis dengan sistem pengolahan yang diarahkan untuk menurunkan kandungan organik yang terkandung dalam air limbah dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan substrat menjadi bentuk yang lebih sederhana [2]. Dalam penelitian ini, biodegradasi limbah tangki septik dilakukan dengan isolat *Bacillus* sp. dengan parameter pH, TSS, TDS dan viabilitas mikroorganisme. Kontrol negatif berupa limbah tangki septik tanpa penambahan isolat *Bacillus* sp dan air keran yang tidak disterilisasi. Karena limbah yang digunakan tidak



Gambar. 1. Grafik perubahan nilai TSS selama masa inkubasi.



Gambar. 2. Grafik perubahan nilai TDS selama masa inkubasi.

disterilisasi, sehingga apabila terjadi perubahan nilai parameter pada kontrol negatif, ada kemungkinan disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme *indigenous* dalam limbah tangki septik. Dan apabila terjadi penurunan nilai parameter pada perlakuan, maka dianggap sebagai hasil akumulasi biodegradasi mikroorganisme *indigenous* limbah tangki septik dan isolat *Bacillus* sp.

A. Derajat keasaman (pH)

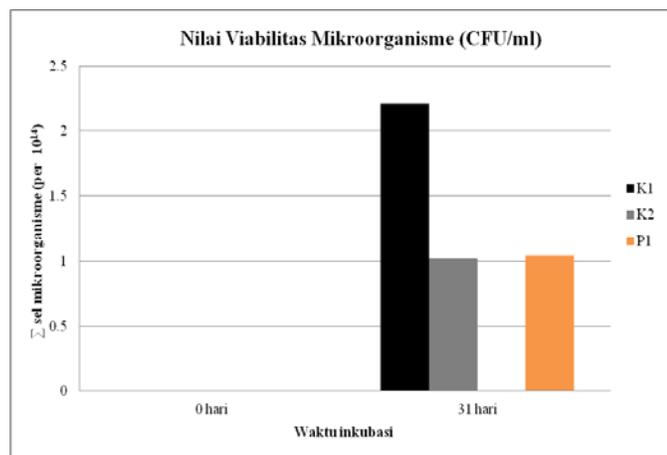
Berdasarkan hasil yang didapatkan, terdapat perubahan nilai pH dari 8 menjadi 6,7 pada perlakuan. Sedangkan, pada K1 mengalami perubahan nilai pH dari 8 menjadi 7 dan K2 tidak mengalami perubahan nilai pH. Adanya perubahan pH menunjukkan terjadinya proses biodegradasi bahan organik. Aktivitas mikroorganisme pendegradasi memungkinkan terjadi penurunan pH karena senyawa organik telah diuraikan menjadi asam organik [11]. Hidrolisis senyawa organik terjadi dimana ion hidrogen berfungsi untuk mengkatalisis reaksi pemutusan ikatan pada polisakarida, lipid dan protein. Dengan demikian, melalui proses hidrolisis, senyawa organik makromolekul dalam limbah tangki septik dapat diuraikan menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh bantuan mikroorganisme. Hasil hidrolisis senyawa organik selanjutnya akan mengalami proses asidogenesis dan asetogenesis. Pada proses asidogenesis dan asetogenesis terjadi penurunan pH yang disebabkan oleh adanya asam organik yang dihasilkan [18]. Sehingga, pada penelitian ini nilai pH perlakuan mengalami penurunan selama masa inkubasi, hal ini dapat disebabkan karena proses yang terjadi di dalam bioreaktor sudah memasuki tahap pembentukan asam organik dengan adanya aktivitas biodegradasi yang dilakukan oleh isolat *Bacillus* sp. dan mikroorganisme *indigenous* limbah tangki septik.

B. Perubahan Nilai TSS dan TDS

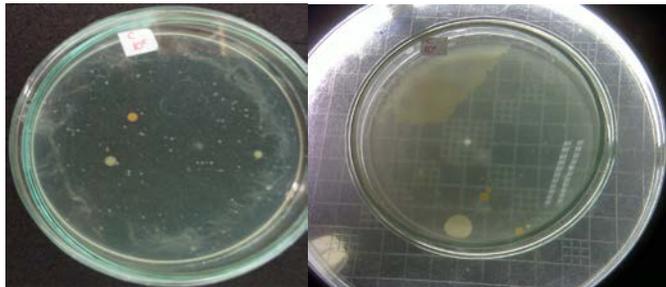
TSS merupakan jumlah zat padat tersuspensi dalam air limbah yang tersaring oleh membran filter, dimana semakin kecil penurunan nilai TSS menunjukkan semakin kecil proses biodegradasi limbah yang terjadi [19].

Berdasarkan Gambar 1, nilai TSS awal pada K1 dan P1 secara berturut-turut adalah 499 mg/l dan 504 mg/l yang bernilai lebih tinggi apabila dibandingkan dengan K2 (58 mg/l). Hal ini menunjukkan bahwa K1 dan P1 mengandung bahan organik yang berasal dari limbah tangki septik. Sedangkan, K2 adalah air keran yang tidak disterilisasi diduga hanya mengandung bahan mineral. Setelah diinkubasi selama 31 hari, terlihat adanya penurunan nilai TSS pada K1, K2 dan P1. Adanya aktivitas mikroorganisme *indigenous* pada limbah tangki septik dimungkinkan menyebabkan terjadinya penurunan nilai TSS pada K1 menjadi 370 mg/l. Sedangkan, pada K2 terjadinya penurunan nilai TSS diduga karena adanya faktor pengendapan partikel di bagian dasar bioreaktor dan dimungkinkan terjadinya proses dekomposisi partikel tersuspensi menjadi partikel terlarut dengan nilai 36 mg/l. Selanjutnya, pada P1 terlihat bahwa dengan adanya penambahan isolat *Bacillus* sp. dapat menurunkan nilai TSS secara signifikan menjadi 205 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa adanya peningkatan aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik yang terkandung dalam limbah tangki septik.

TDS merupakan jumlah zat padat terlarut yang berukuran $\leq 1 \mu\text{m}$, dimana semakin besar peningkatan nilai TDS mengindikasikan pada bahan organik limbah belum tergedradasi sempurna menjadi gas [20]. Berdasarkan Gambar 2, nilai TDS awal pada K1 dan P1 secara berturut-turut 113867 mg/l dan 81667 mg/l yang bernilai lebih tinggi dari K2 (2200 mg/l). Setelah 31 hari masa inkubasi, terjadi penurunan nilai TDS pada K1 dan P1, serta pada K2 nilai TDS cenderung tidak mengalami penurunan. Penurunan nilai kandungan TDS disebabkan pada partikel terlarut telah terkonversi ke dalam bentuk gas yang dikeluarkan sebagai hasil samping proses biodegradasi oleh mikroorganisme. Sebab, partikel berukuran lebih kecil yang terlarut di dalam air limbah akan melalui fase metanogenik, sehingga partikel yang terlarut di dalam limbah akan dikonversikan dalam bentuk gas [11]. Sementara itu, pada K2 tidak mengalami



Gambar. 3. Grafik perubahan nilai viabilitas mikroorganisme selama masa inkubasi.



Gambar. 4. Pengamatan dan penghitungan nilai viabilitas mikroorganisme dengan *colony counter*.

penurunan nilai TDS yang mengindikasikan bahwa tidak terjadinya proses dekomposisi partikel terlarut.

C. Viabilitas Mikroorganisme

Penurunan kandungan TSS dan TDS pada air limbah terkait dengan adanya aktivitas mikroorganisme yang mendegradasi bahan organik pada limbah tangki septik. Semakin menurunnya kandungan TSS dan TDS dipengaruhi oleh peningkatan jumlah mikroorganisme. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, pada awal masa inkubasi terlihat bahwa mikroorganisme yang hidup berkisar $1,4 \times 10^{11}$ CFU/ml hingga $2,56 \times 10^{11}$ CFU/ml. Setelah diinkubasi selama 31 hari, terjadi peningkatan nilai viabilitas mikroorganisme dengan kisaran $1,02 \times 10^{14}$ CFU/ml hingga $2,21 \times 10^{14}$ CFU/ml. Pada K1, terlihat bahwa mikroorganisme *indigenous* lebih dominan hidup dalam limbah tangki septik dengan nilai viabilitas $2,21 \times 10^{14}$ CFU/ml apabila dibandingkan dengan P1 ($1,05 \times 10^{14}$ CFU/ml). Terjadi peningkatan nilai viabilitas mikroorganisme pada P1, namun tidak lebih tinggi daripada K1 yang diduga disebabkan oleh adanya faktor kompetisi mikroorganisme terhadap kesamaan sumber nutrisi yang digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangbiakannya. Sementara itu, walaupun pada medium K2 tidak mengandung sumber energi berupa bahan-bahan organik, mikroorganisme di dalamnya masih dapat hidup.

V. KESIMPULAN

Isolat *Bacillus* sp. mampu mendegradasi bahan organik yang terdapat pada limbah tangki septik yang ditunjukkan dengan adanya penurunan nilai derajat keasaman (pH) dari 8 menjadi 6,7; penurunan nilai kandungan TSS dari 504 mg/l menjadi 205 mg/l; penurunan nilai TDS dari 81667 mg/l menjadi 24067 mg/l; dan peningkatan jumlah rata-rata sel/ml dari $2,56 \times 10^{11}$ CFU/ml menjadi $1,05 \times 10^{14}$ CFU/ml.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sugiharto, *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Universitas Indonesia: Jakarta (1987).
- [2] Muljadi, *Penurunan Kadar BOD Limbah Cair Secara Proses Biologi dengan Tipe Rotating Biological Contractors (RBCs)*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret: Surakarta (2005).
- [3] Departemen Perindustrian, *Cleaner Production: Pengelolaan Limbah Industri Pangan*. Direktorat Jenderal Industri Kecil dan Menengah Departemen Perindustrian: Jakarta (2012).
- [4] Junaidi dan B.P.D. Hatmanto, "Analisis Teknologi Pengolahan Limbah Cair pada Industri Tekstil (Studi Kasus PT. Iskandar Indah Printing Textile Surakarta)," *Jurnal Presipitasi*, Vol.1 No.1 (2006, Sept.).
- [5] Ardeniswan, Y, M. Tontowi dan A. Rahman, "Evaluasi Kembali Metode Analisis untuk Penutupan Nilai BOD di Indonesia", *Buletin IPT*. Vol. III No.2 (1997) 3-4.
- [6] S. Sumarsih, *Bioaktivator Kompos*. Fakultas Pertanian Universitas Pendidikan Nasional "Veteran": Yogyakarta (2008).
- [7] N. Sutiamiharjo, *Isolasi Bakteri dan Uji Aktivitas Amilase*. Gramedia: Jakarta (2008).
- [8] T. Welasih, *Penurunan BOD dan COD Limbah Industri Kertas dengan Air Laut Sebagai Koagulan*. Jurusan Teknik Kimia UPN Veteran: Surabaya (2008).
- [9] K. D. Harmayani, *Pencemaran Air Tanah Akibat Pembuangan Limbah Domestik di Lingkungan Kumuh, Studi Kasus Banjar Ubung Sari Kelurahan Ubung*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana: Bali (2007).
- [10] Metcalf and Eddy, *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. 4th edition. McGraw Hill Book Company: New York (2003).
- [11] N.I. Milasari, dan S.B. Ariyani, *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: Semarang (2010).
- [12] 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, Des)
- [13] Togatorop, "Korelasi antara biological oxygen demand (BOD) limbah cair pabrik kelapa sawit terhadap pH, total suspended solid (TSS), alkalinitas dan minyak atau lemak". Thesis, Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara: Medan (2009).
- [14] C. T. Sutrisno, dan E. Suciastuti, "Teknologi Penyediaan Air Bersih". Rineka Cipta: Jakarta 32, 73 (2002).
- [15] S.I. Zam, "Optimasi konsentrasi inokulum bakteri hidrokabonoklastik pada pengilangan minyak bumi di Sungai Pakin," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, Vol.4 No. 4 (2010) 117-127.
- [16] J.G. Cappucino, *Microbiology: a Laboratory Manual*. Adison-Wesley Publishing Company: California (1983).
- [17] Lestari, W.P, *Perbedaan EM4 dan Starbio dalam Menurunkan Kadar TSS dan TDS Limbah Cair Batik Brotojoyo di Desa Pilang, Kecamatan Masaran, Kabupaten Sragen*. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Surakarta: Surakarta (2008).
- [18] B. Iswanto, W. Astono, dan Sunaryati, "Pengaruh Penguraian Sampah Terhadap Kualitas Air Ditinjau dari Perubahan Senyawa Organik dan Nitrogen dalam Reaktor Kontinyu Skala Laboratorium", Vol. 4 No.1 (2007).
- [19] F.R. Wirda, and H. Handajani, *Degradation of Organic Compound in Liquid Phase Biowaste with Additional Water Variation at Ratio 1:2 in Batch Reactor*. Institut Teknologi Bandung: Bandung (2011).
- [20] S. Carolina, dan Neni, "Netralisasi limbah karet oleh beberapa jenis mikroalga". Prosiding Seminar Perhimpunan Bioteknologi Pertanian

Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Fisika Terapan LIPI:
Subang (2012).