

EFEKTIVITAS PEMAKAIAN ZEOLIT SEBAGAI MEDIA BIOFILTER DALAM MENURUNKAN POLUTAN ORGANIK LIMBAH CAIR TAHU

Oleh :

Budijono¹, M. Hasbi² dan Ahmali

Department of Marine Science, Faculty of Fisheries and Marine Science
University of Riau, Pekanbaru 28293 Indonesia

ABSTRAC

The objective of this study is to assess the influence of zeolit biofilter application in degrading organic pollutant in waste of tofu industry at combination anaerobic-aerobic system. This study was carried out in tofu industry at Tampan region, Pekanbaru. The total amount of wastewater that produced from one small tofu industry is around 15-20 m³/day, and now is collected in wastewater drainage. Basically this wastewater treatment relies on bacteria in degrading pollutants. The use of zeolit is to increase specific surface of media for attaching bacteria. The system consist of one reactor that is made of 5 mm glass, and the volume reactor 140 liters. The reactor was equipped with one circulating pump and blower in the aerobic zone. It took 3 weeks for seeding micoorganism.

The raw water used in this experiment is waste water from tofu industries that have organic compound around 1554 - 2539 mg/l. The water for physical and chemical analysis is sampled daily. It took from raw water and anaerobic-aerobic colum of reactor. The results showed that the zeolit biofilter gives a big influence to degrade organic pollutant. The efectivity process in decreasing organic compund value \pm 90% better than non zeolit biofilter.

Key words : Biofilter, Wastewater Treatment, Organic Pollutans, Waste of Tofu Industry.

I. PENDAHULUAN

Tahu merupakan produk makanan padat yang dicetak dari sari kacang kedelai (*glycine* spp) dengan proses pengendapan protein pada titik isoelektriknya, tanpa atau dengan penambahan zat lain yang diizinkan (Suryanto *dalam* Hartaty, 1994). Pada prinsipnya, tahu dibuat dengan cara mengekstraksi dan mengumpulkan protein sehingga terbentuk padatan protein.

Tahu merupakan makanan padat berprotein dari sari kacang kedelai (*Glycine* spp). Oleh karena itu, tahu diakui sebagai makanan bergizi dan murah serta digemari oleh masyarakat. Dalam proses pembuatan tahu, juga menghasilkan air limbah yang

berpotensi mencemari lingkungan. Hal ini disebabkan dalam proses produksi kacang kedelai menjadi tahu banyak menggunakan air dan ternyata kandungan polutan orgnaiknya pun tinggi. Kandungan BOD₅ mencapai 1.324 mg/l dan COD 6.698 mg/l ini yang mendasari bahwa industri tahu memerlukan pengolahan limbah karena melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu BOD₅ 150 mg/l dan COD 300 mg/l.

Air limbah tahu umumnya dibuang langsung ke perairan, terutama sungai dan sebagian lagi meresap ke dalam air tanah dangkal yang dapat mencemari sumur dangkal atau sumur galian karena tidak diolahnya atau belum optimalnya proses pengolahan air limbah tahu jika ada. Polutan

organik yang tinggi dalam air limbah tahu yang tidak diolah dapat meningkatkan BOD, COD, amonia, nitrit dan nitrat serta *suspended solids* di perairan. Di lain pihak, jika air limbah tahu diolah oleh pengrajin tahu yang tergolong industri skala kecil, sehingga perlu pertimbangan biaya investasi pengolahan limbah yang tidak tinggi, biaya operasi murah, mudah dioperasikan dan pemeliharaan, namun memiliki efektivitas dan efisiensi tinggi.

Teknologi biofilter telah banyak dan berhasil digunakan untuk mengolah berbagai limbah, terutama bermedia plastik PVC tipe sarang tawon yang sangat sesuai dengan efektivitas yang tinggi mencapai 80%. Kendalanya terletak pada harganya yang masih relatif mahal sehingga perlu diupayakan alternatif media yang lebih murah, ketersediaan mudah diperoleh dan melimpah. Pemanfaatan zeolit sebagai media dimungkin. Mengingat potensi zeolit cukup besar dan umum digunakan sebagai adsorben serta struktur batuan zeolit tidak beraturan dan keras diharapkan sebagai media biofilter, namun belum diketahui kemampuannya. Untuk itu, sangat menarik untuk dikaji pemakaian zeolit sebagai media biofilter dalam menurunkan polutan organik pada air limbah tahu.

II. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian di lokasi pengrajin tahu UD. Dika Pratama Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru pada bulan Juli- September 2009 dengan metode eksperimen. Air limbah berasal dari seluruh aktivitas dalam proses pembuatan tahu yang diitampung dalam bak 3 m³. Mikroorganisme yang digunakan adalah mikroorganisme alami yang terkandung dalam air limbah, dimana untuk tumbuh dan berkembang dalam reaktor dengan cara mengalirkan air limbah secara kontinyu ke dalam reaktor bermedia zeolit dengan proses

anaerob-aerob. Pada proses aerob diberikan suplai udara secara terus menerus untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme aerobik melalui alat pompa udara (aerator).

Reaktor terbuat dari bahan kaca dan berdimensi 50 cm (P) x 28 cm (L) x 100 cm (T) dengan rancangan reaktor merujuk pada Herlambang (2002). Zeolit berasal toko akuarium yang terdapat di Kota Pekanbaru berbentuk pecahan batu dengan permukaan tidak beraturan dan diisikan dalam reaktor hingga tinggi 60 cm. Tiap reaktor dilengkapi dengan lubang inlet dan lubang outlet pada kedua sisi reaktor. Lumpur yang terendapkan dapat dikeluarkan melalui ruang lumpur pada bagian bawah reaktor. Peralatan pendukung pada reaktor adalah pengukur waktu, pompa celup, pompa sirkulasi, blower udara, paralon PVC ½", elbow PVC ½", floksok PVC bentuk T, Floksok PVC ½", kran PVC ½", siltif, lem PVC, gergaji besi dan meteran. Sedangkan untuk analisis polutan organik diperlukan bahan dan alat seperti larutan KMnO₄, H₂SO₄ pekat, KI 10%, amilum, larutan thiosulfat 0.1N, botol COD, beuret, erlemeyer, labu ukur, labu semprot, pipet gondok dan beaker glass. Peralatan pendukung lainnya adalah pH meter dan termometer.

Respon yang diukur dalam penelitian ini adalah penurunan polutan organik melalui uji COD. Selain itu, juga diukur suhu dan pH. Pengukuran dan pengambilan sampel air limbah dilakukan sebanyak 10 kali dalam sebulan dengan interval waktu tiap 3 hari sekali..

Prosedur penelitian dilakukan dengan terlebih dahulu mengumpulkan dan menampung air limbah tahu, kemudian air limbah tersebut dialirkan ke dalam reaktor dengan arah aliran dari atas ke bawah (*down flow*). Air akan mengalir menuju ke ruang pengendapan awal, seterusnya

mengalir ke ruang kedua (ada/tanpa suplai udara) dan selanjutnya menuju ke ruang ketiga yang bermedia zeolit dengan aliran dari bawah ke atas (*up flow*). Tahapan pelaksanaan penelitian meliputi : (1) persiapan alat – alat dan media serta pembuatan reaktor, lengkap dengan pompa celup untuk memompa air limbah, pompa udara, pompa resirkulasi dan sistem perpipaannya; (2) pengambilan dan pengisian air limbah ke dalam reaktor; (3) *seeding* mikroorganisme selama 2-3 minggu pada reaktor reaktor bermedia zeolit baik pada proses anaerob maupun aerob dengan cara mensirkulasi air limbah ke dalam tiap reaktor tersebut; dan (4) pengukuran dan pengambilam sampel air limbah tahu dilakukan setelah 2-3 minggu masa *seeding* sebanyak 10 kali pengamatan selama 30 hari dengan interval waktu 3 hari pada inlet dan outlet reaktor.

Sampel air limbah tahu yang diambil untuk keperluan analisis COD dilaboratorium sebanyak 500 ml. Sebelum dibawa ke laboratorium, terlebih dahulu diawetkan dengan H₂SO₄ hingga pH 2 dan dimasukkan ke *ice box*. Evaluasi terhadap kemampuan pemakaian zeolit sebagai media biofilter dilihat dari perbandingan nilai COD air limbah tahu sebelum diolah (inlet biofilter) dan setelah diolah (outlet).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pertumbuhan Mikroorganisme

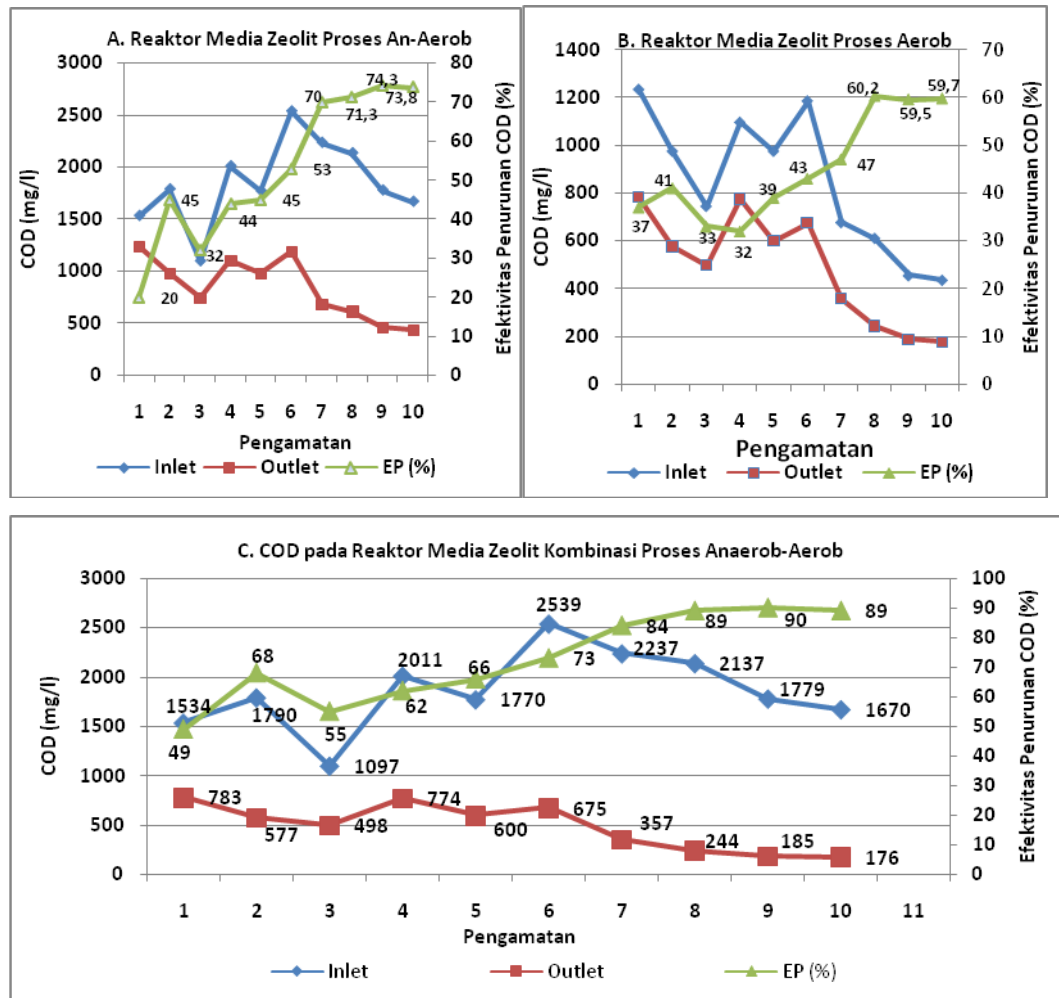
Pembiakan mikroorganisme (bakteri) dalam biofilter bermedia zeolit dilakukan selama 3 minggu. Pertumbuhan mikroorganisme tidak diamati melalui penurunan polutan selama masa tersebut untuk menunjukkan proses biofilter telah berada pada kondisi stabil. Menurut

Said dan Hidayati (2002), proses biofilter dikatakan telah berada dalam kondisi stabil (*steady state*) jika biofilm tumbuh dengan baik dan efisiensi penghilangan relatif konstan.

Efektivitas penurunan polutan organik pada awal pengoperasian sangat rendah sehingga waktu *seeding* dilakukan selama 3 minggu. Menurut Rittmann *et al.* (dalam Herlambang dan Marsidi, 2003), proses awal pertumbuhan mikroba dan pembentukan lapisan biofilm pada media membutuhkan waktu beberapa minggu, yang dikenal dengan proses pematangan.

3.2. Pengujian Zeolit Sebagai Media Biofilter dalam Menurunkan Polutan Organik

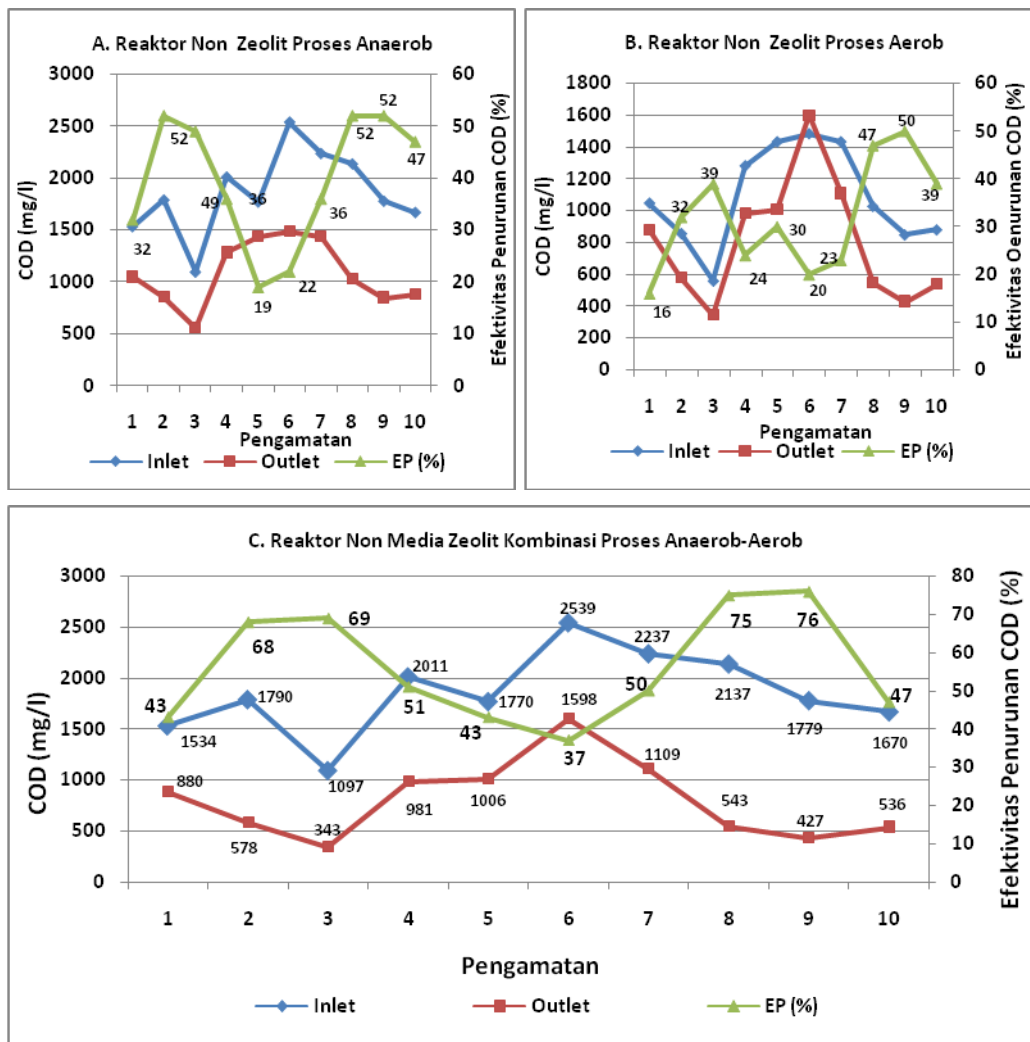
Pengujian ini dilakukan setelah *seeding* mikroorganisme berjalan selama 3 minggu dengan laju alir air limbah 360 liter/menit. Sampel air limbah diambil selama penelitian ini berjumlah 60 sampel air yang terbagi 2 yaitu reaktor bermedia zeolit dengan proses anarob-aerob dan reaktor tanpa media dengan proses anaerob-aerob. Tiap reaktor bermedia dan tanpa media zeolit, titik pengambilan sampel air dibagi 3 titik, yaitu 1 titik di inlet dan 2 titik di outlet reaktor bermedia zeolit dengan proses anaerob-aerob. Begitu pula dengan reaktor tanpa media. Parameter yang diukur dan dianalisis adalah COD, suhu dan pH air limbah tahu dengan hasil awal sebelum diproses diperoleh COD 1097,2 – 2539,4 mg/l, suhu 28 – 30,5°C dan pH 5. Hasil pengujian ditunjukkan dari fluktuasi nilai COD pada inlet dan outlet pada reaktor bermedia zeolit pada Gambar 1 dan tanpa media zeolit pada Gambar 2.



Gambar 1. Fluktuasi COD pada Reaktor Media Zeolit Proses Anaerob (A), Aerob (B) dan Kombinasi Anaerob-Aerob (C)

Dari Gambar 1c diatas menunjukkan bahwa pengujian pemakaian zeolit sebagai media biofilter dengan kombinasi proses anaerob-aerob selama 30 hari dalam menurunkan polutan organik air limbah tahu cenderung stabil. Selama waktu tersebut, polutan organik dari uji COD mampu diturunkan dari 2539 mg/l menjadi 176 mg/l. Dengan demikian, efektivitas penurunan polutan organik dalam air limbah tahu yang terjadi mencapai $\pm 90\%$ dan telah dibawah baku mutu yang ditetapkan, yaitu 300

mg/l (KepMenLH No.51/1995). Penurunan polutan organik dalam reaktor bermedia zeolit ini tidak terlepas dari kinerja reaktor media zeolit dengan proses anaerob (Gambar 1a), dimana efektivitas penurunan polutan organik sebesar $\pm 74\%$. Selanjutnya olahan air limbah tahu tersebut diolah lagi dengan proses aerob dengan efektivitas sebesar $\pm 60\%$ (Gambar 1b). Dari kedua proses tersebut, efektivitas olahan air limbah tahu pada reaktor media zeolit dengan proses anaerob lebih tinggi daripada proses aerob.



Gambar 2. Fluktuasi COD pada Reaktor Media Non Zeolit Proses Anaerob (A), Aerob (B) dan Kombinasi Anaerob-Aerob (C)

Dari Gambar 2c diatas menunjukkan bahwa pengujian non media zeolit sebagai media biofilter dengan kombinasi proses anaerob-aerob selama 30 hari tidak stabil atau sangat berfluktuatif, walaupun terjadi penurunan polutan organik dari mampu menurunkan polutan organik (COD) dalam air limbah tahu dari 2539 mg/l menjadi 536 mg/l. Dengan demikian, efektivitas penurunan polutan organik dalam air limbah tahu yang terjadi mencapai $\pm 70\%$ dan masih diatas baku mutu yang ditetapkan dalam KepMenLH No.51/1995. Penurunan polutan organik dalam reaktor non zeolit ini juga tidak terlepas dari kinerja reaktor tersebut, dimana efektivitas pada

proses anaerob (Gambar 2a) sebesar 47%. Selanjutnya olahan air limbah tahu tersebut diolah lagi dengan proses aerob dengan efektivitas sebesar $\pm 39\%$ (Gambar 2b). Dari kedua proses tersebut, efektivitas olahan air limbah tahu pada proses anaerob tetap lebih tinggi daripada proses aerob.

Pemakaian media zeolit sebagai media biofilter memiliki kemampuan menurunkan polutan organik yang lebih tinggi, yaitu $\pm 90\%$ dibandingkan tanpa media sebesar 70%. Perbedaan efektivitas dalam menurunkan polutan organik disebabkan zeolit menjadi media melekatnya mikroorganisme, hingga membentuk lapisan biologis (biofilm) yang berfungsi menguraikan

bahan organik karena kebanyakan mikroorganisme dapat tumbuh pada permukaan padat jika terdapat senyawa organik, garam mineral dan oksigen. Mikroorganisme melekat dengan menggunakan bahan eksopolimer gelatin yang dihasilkan oleh bakteri.

Penguraian senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh suatu aktivitas mikroorganisme menandakan senyawa tersebut digunakan oleh mikroorganisme untuk kelangsungan hidupnya. Semua reaksi degradasi atau pembusukan secara biologi dilakukan tidak hanya oleh suatu jenis mikroorganisme, melainkan terdapat hubungan simbiotik di antara kelompok-kelompok mikroorganisme. Kumpulan mikroorganisme, umumnya bakteri terlibat dalam transformasi kompleks organik dan terdapat interaksi sinergis antara bermacam-macam kelompok bakteri yang berperan dalam penguraian limbah (Herlmabng, 2002), sehingga bakteri merupakan mikroorganisme paling dominan yang bekerja di dalam proses anaerob (Brault, 1991).

Penggunaan metode biofilm untuk pengolahan air menunjukkan bahwa bakteri yang melekat mempunyai aktivitas yang lebih tinggi dibandingkan yang tersuspensi dalam air olahan (Brault, 1991). Menurut Lin dan Grady (1980), mekanisme yang terjadi pada reaktor melekat diam dan terendam adalah (1) transportasi dan adsorpsi zat organik dan nutrisi dari fasa liquid ke fasa biofilm, (2) transportasi mikroorganisme dari fasa liquid ke fasa biofilm, (3) adsorpsi mikroorganisme yang terjadi ke dalam lapisan biofilm, (4) reaksi metabolisme mikroorganisme yang terjadi dalam lapisan biofilm memungkinkan terjadinya mekanisme pertumbuhan, pemeliharaan, kematian dan lisis sel, (5) pelekatan mikroba pada permukaan media pada saat lapisan biofilm mulai terbentuk dan terakumulasi pada lapisan biofilm dan

(6) mekanisme pelepasan (*detachment biofilm*) dari produk lainnya (*by product*).

Zeolit juga berperan dalam menurunkan polutan organik melalui sifatnya sebagai adsorben yang dapat menjerap partikel tersuspensi organik pada lubang pori-pori zeolit. Di samping itu, tumpukan batuan zeolit satu dengan lainnya memberikan efek filtrasi yang juga dapat menahan atau menyaring partikel tersuspensi organik.

Air limbah tahu pada inlet dan outlet memiliki suhu 27 – 30°C dan pH 5.5 – 7. Suhu air yang didapatkan tidak dikondisikan dan dipengaruhi oleh iklim setempat karena penempatan dan operasional unit alat biofilter di lapangan (pengrajin tahu). Menurut Said dan Hidayati (2002), setiap jenis mikroorganisme (bakteri) membutuhkan pH tertentu untuk dapat tumbuh dengan baik dan umumnya semua bakteri memiliki kondisi pertumbuhan antara 4 – 9,5 dengan pH optimum 6,5 – 7,5. Sedangkan mikroorganisme seperti bakteri akan tumbuh dengan baik pada kondisi sedikit basa dengan kisaran 7 – 8 (Flatman, 1994) dan kisaran pH 6,5 – 9 (Reynold, 1982).

IV. KESIMPULAN

Zeolit dapat digunakan sebagai media biofilter dengan efektivitas penurunan polutan organik air limbah tahu cenderung stabil dan mencapai $\pm 90\%$ dibandingkan tanpa media sebesar $\pm 70\%$. Kondisi suhu dan pH selama pengujian cukup mendukung pertumbuhan mikroorganisme.

DAFTAR PUSTAKA

Brault, J.L. 1991. Water Treatment Handbook. 6 th Edition. Volume II. Degremont. Lavoiser Publishing, Paris.

Flatman, P.E. 1994. Bioremediation: Field Experiences. CRC Press, USA.

Hartaty, S. 1994. Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dan Kiyambang (*Salvinia molesta*) sebagai Biofilter Dalam Menurunkan BOD5 dan COD pada Limbah Cair Pabrik Tahu. Skripsi. Fakultas Biologi UNSOED, Purwokerto.

Herlambang, A. 2002. Pengaruh Pemakaian Biofilter Struktur Sarang tawon pada Pengolahan Limbah Organik Sistem Kombinasi Anaerobik-Aerobik (Studi Kasus Limbah Tahu dan Tempe. Disertasi Program Pasca Sarjana IPB, Bogor. 304 hal.

_____ dan R. Marsidi. 2003. Proses Denitrifikasi dengan Sistem Biofilter untuk Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Nitrat. Jur. T. Ling. P3TL-BPPT. Vol. 4 (1): 46 – 55.

Lin, H.C. and C.P.I. Grady, 1980. Biological Wastewater Treatment. Marcel Dekker Inc., New York. 324 pp.

Reynold, T.D. 1982. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering. B/C Engineering, United State of America.

Said, N. I dan S.M. Hidayati. 2002. Pengaruh Biofilter Tercelup terhadap Penghilangan Polutan Organik dalam Air Baku Air Minum. Jur. Tek. Lingkungan. 2 (1): 12-25.