



## Pengaruh Penambahan NPK dalam Pendegradasian Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Biofiltrasi Anaerob dengan Reaktor *Fixed-Bed*

Amalia Sasamita Yusuf<sup>✉</sup>, Panca Nugrahini F

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Jl. Prof. Dr. Soemantri Bojonegoro No.1 Bandar Lampung, Lampung, Indonesia

### Info Artikel

Diterima Agustus 2019

Disetujui Oktober 2019

Dipublikasikan November 2019

#### Keywords:

feses sapi

reaktor *fixed-bed*

limbah cair kelapa sawit

NPK

### Abstrak

Proses pengolahan Limbah Cair Minyak Kelapa Sawit menggunakan *fixed-bed reactor* memiliki kekurangan dimana effluent pengolahan tersebut tidak seimbang dengan nutrient ataupun substrat yang tersedia di dalam limbah maupun lumpur aktif. Untuk penanganan masalah tersebut maka perlu dilakukan penambahan senyawa nitrogen dan fosfor dalam bentuk NPK didalam activator. Dilakukan 3 variasi perlakuan untuk NPK yaitu sebanyak 2,5; 5 g dan tanpa NPK. Nilai akhir COD tanpa NPK 1.843 mg/L; 2,5 g NPK 623 mg/L; dan 5 g NPK sebesar 709 mg/L. Nilai akhir TSS tanpa NPK yaitu 4.728 mg/L; 2,5 g NPK yakni 4.098 mg/L; 5 g NPK 3.924 mg/L. Nilai akhir VSS tanpa NPK adalah 601 mg/L; 2,5 g NPK sebesar 414 mg/L; dan 5 g NPK yaitu 525 mg/L. Dari hasil analisa dapat disimpulkan bahwa pendegradasian terbaik diperoleh pada penambahan NPK 2,5 g.

### Abstract

The processing of Liquid Palm Oil Waste using a fixed-bed reactor has disadvantages where the effluent of wastewater treatment are not balanced with nutrients or substrates available in both waste and activated sludge. For handling these problems, it is necessary to add nitrogen and phosphorus compounds in the form of NPK in activators. There are 3 variations of treatment for NPK, which are 2.5, 5 grams and without NPK. The final value of COD without NPK is 1.843 mg/L, 2.5 g of NPK 623 mg/L, and 5 g of NPK of 709 mg/L. The final value of TSS without NPK is 4,728 mg/L, 2.5 g of NPK which is 4,098 mg/L, 5 g of NPK 3,924 mg/L. The final value of VSS without NPK is 601 mg/L, 2.5 g of NPK is 414 mg/L, and 5 g of NPK which is 525 mg/L. From the results of the analysis it can be concluded that the best degradation is obtained by adding 2.5 g of NPK.

© 2019 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:

Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145

E-mail: [amaliasamita12@gmail.com](mailto:amaliasamita12@gmail.com)

p-ISSN 2252-6951

e-ISSN 2502-6844

## Pendahuluan

Provinsi Lampung adalah salah satu provinsi memiliki banyak industri pengolahan kelapa sawit di Indonesia. Di provinsi ini tersebar beberapa industri pengolahan kelapa sawit dengan kapasitas pengolahan bervariasi.

Salah satunya yaitu PT. *Perkebunan Nusantara VII* (Persero) Unit Usaha *Bekrie*, industri ini banyak mengeluarkan sisa bahan cair organik. Kandungan organik dari industri tersebut memiliki tingkat *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang tinggi yaitu sebesar 55.000 mg/L. Sisa bahan cair tersebut menyebabkan pencemaran yang diakibatkan oleh pembuangan limbah cair ke luar pabrik melalui badan air. Penanganan yang khusus sangat diperlukan sebelum limbah cair tersebut dibuang ke lingkungan (Tobing *et al.*, 2000).

Salah satu perusahaan pengolahan limbah cair yaitu PT. *Tunas Baru Lampung* (PT. TBL) di kecamatan Terbanggi Besar, kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung. Kedua industri tersebut menggunakan beberapa kolam, yang terdiri dari kolam pengutipan minyak (*fat pit*), kolam pengendapan pasir dan kotoran, kolam pendinginan (*cooling pond*), kolam anaerob, dan kolam aerob. Kolam yang digunakan pada sistem ini sebanyak 18 kolam. Pengolahan dengan cara tersebut kurang efisien dikarenakan membutuhkan kolam yang banyak dan juga besar sehingga dibutuhkan lahan yang luas, hasilnya berupa gas yang berpotensi menimbulkan pemanasan global dan meningkatkan polusi. Limbah dari kolam anaerobik kemudian dilanjutkan ke dalam kolam-kolam aerobik dengan luas minimal kolam aerobik sebesar 20 m x 40 m. Limbah dalam kolam-kolam anaerobik (*anaerob ponds*) memiliki waktu tinggal sampai 60 hari. Alasan menggunakan kolam-kolam tersebut karena luasnya areal perkebunan, misalnya minimum 5.000 Ha, sehingga bukan menjadi masalah yang berarti dengan kebutuhan lahan yang luas untuk pengelolaan dan pengolahan limbah cair suatu PKS. Akan tetapi ada masalah yang timbul yaitu pada pengoperasian proses pengolahan limbah cair dan perawatan unit-unit prosesnya yang ternyata tidak dijalankan dengan benar, sehingga menyebabkan hasil pengolahannya menjadi tidak optimal. Untuk menangani permasalahan tersebut peneliti mengganti proses tersebut dengan biofiltrasi anaerobik.

Aplikasi media biofiltrasi anaerobik itu sendiri sudah banyak dilakukan khususnya dalam pengolahan limbah cair, seperti limbah cair rumah sakit, air buangan industri, tahu-tempe, air sungai yang sangat, limbah pabrik alkohol (BPPT, 1997a; BPPT, 1997b; Darmawan, 1998; Herawati & Andang, 2010; Laura, 1995). Dari hasil analisa laboratorium untuk ketiga parameter (BOD, COD dan TSS) dapat dilihat korelasinya dengan perubahan waktu tinggal, yaitu bahwa hasil pengolahan limbah cair PKS dengan menggunakan sistem anaerobik dan dengan media biofilter biakan melekat menunjukkan efisiensi pengurangan terbaik untuk ketiga parameter tersebut diperoleh pada waktu tinggal 6 hari. Menurut Young (1991) dan Rittmann dan McCarty (2001), selain pengolahan pada industri di atas biofiltrasi juga bisa diterapkan dalam pengolahan limbah cair domestik, bahan-bahan kimia, *soft drink*, bahan makanan, *landfill leachate*, dan industri farmasi (Rittmann & McCarty, 2001).

Pada proses anaerobik menghasilkan sedikit lumpur, menyebabkan kebutuhan senyawa nitrogen dan fosfor untuk pertumbuhan biomassa sedikit, akan tetapi pada kebanyakan limbah cair industri, jumlah kebutuhan nutrient belum mencukupi. Limbah cair yang sudah diproses belum memenuhi baku mutu limbah cair yang dapat dibuang ke lingkungan. Penyebabnya dikarenakan mikroorganisme yang digunakan dalam pengolahan tersebut tidak sesuai dengan banyaknya COD yang terkandung didalam limbah cair, sehingga membutuhkan waktu yang relatif lama dalam pendegradasiannya dan tidak tercapainya tingkat penurunan COD yang diharapkan. Untuk mengatasi permasalahan diatas, maka dibutuhkan penambahan NPK yang bertujuan memberikan nutrisi yaitu berupa senyawa nitrogen dan fosfor dalam bentuk NPK ke dalam aktivator sehingga mikroorganisme dapat lebih maksimal dalam mendegradasikan limbah cair dan mempersingkat waktu tinggal (HRT) limbah cair di dalam reaktor. Proses ini merupakan pengolahan aerobik yang mengoksidasi senyawa organik menjadi CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>4</sub> dan sel bio massa baru.

## Metode

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *fixed-bed reactor*, pH-meter, neraca elektronik, oven, spektrofotometer Vis, dan COD reactor, *furnace*, dan porcelain. Prosedur kerja pada penelitian ini meliputi preparasi, pengukuran COD menggunakan spektrofotometer Vis, serta pengukuran TSS, dan VSS.

Pada tahap preparasi, limbah cair kelapa sawit *Seeding anaerobic biofilter reactor* dilakukan dengan menginokulasi lumpur inokulum sebesar 40% dari kerja reaktor. Selanjutnya umpan ditambahkan dengan feses sapi sebanyak 20% dari lumpur inokulum. Setelah itu, umpan yang telah ditambahkan dengan feses sapi dialirkan secara *batch recycle* untuk beberapa hari sampai kondisi stabil yaitu reduksi COD mencapai

80%. *Seeding anaerobic biofilter reactor* dilakukan dengan menginokulasi lumpur inokulum sebesar 40% dari kerja reaktor. Selanjutnya umpan ditambahkan dengan feses sapi sebanyak 20% dari lumpur inokulum dan juga pupuk NPK sebanyak 2.5 gram. Setelah itu, umpan yang telah ditambahkan dengan feses sapi dan pupuk NPK dialirkan secara *batch recycle* untuk beberapa hari sampai kondisi stabil yaitu reduksi COD mencapai 80%. Metode yang digunakan untuk pengukuran COD adalah *COD reactor digestion method* (USEPA).

### Hasil dan Pembahasan

Hasil percobaan terhadap limbah cair industri pengolahan kelapa sawit PTPN VII Unit *Bekrie* yang dinyatakan dalam hasil pengukuran kualitas COD, TSS sebelum keluar reaktor *fixed-bed* di dalam seluruh sistem dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data kondisi awal limbah cair

Parameter	Limbah cair industri sawit
COD (mg/L)	52.000
TSS (mg/L)	2.213
pH	4,6

(Sumber: Anonim, 2018)

Pada saat percobaan dimulai limbah cair kelapa sawit segar yang berada di bak sedimentasi pertama mempunyai kandungan COD 52.000 mg/L, terjadi perubahan kandungan menjadi 50.789 mg/L untuk percobaan tanpa NPK, 49.827 mg/L dengan penambahan 2,5 g NPK dan 49.827 mg/L dengan penambahan 5 g NPK dimana kualitas limbah cair segar tersebut diperkirakan karena adanya proses pengolahan biologis selama perjalanan pengangkutan dari lokasi PKS ke laboratorium yang membutuhkan waktu tempuh selama 4 jam. Limbah cair segar yang baru diambil langsung dari pabrik tersebut dikemas dalam jerigen plastik yang bervolume 20 liter dan dalam kondisi tertutup rapat, dikarenakan proses pengolahan biologis yang terjadi berlangsung secara anaerobik sehingga menghasilkan gas metan yang terbentuk dan tertahan didalam jerigen yang tertutup rapat sehingga terjadi penggelembungan jerigen-jerigen limbah cair PKS. Adanya pengolahan biologis itu, menyebabkan terjadinya degradasi bahan-bahan pencemar yang terkandung dalam limbah cair tersebut. Dengan demikian, kandungan bahan pencemar baik COD telah berkurang.

Limbah tersebut dimasukkan kedalam reaktor melalui bagian samping. Proses *start-up* dilakukan selama 17 hari, dikarenakan pada hari ke 17 kandungan COD limbah cair kelapa sawit sudah terdegradasi mencapai 80%, *start-up* dimulai tanggal 9 Maret 2018 pada pukul 10.00 WIB sampai dengan 23 Maret 2018 pukul 09.00 WIB. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah, kualitas limbah cair yang telah layak dibuang ke sistem perairan seperti dalam Tabel 2.

**Table 2.** Baku mutu air limbah industri minyak sawit

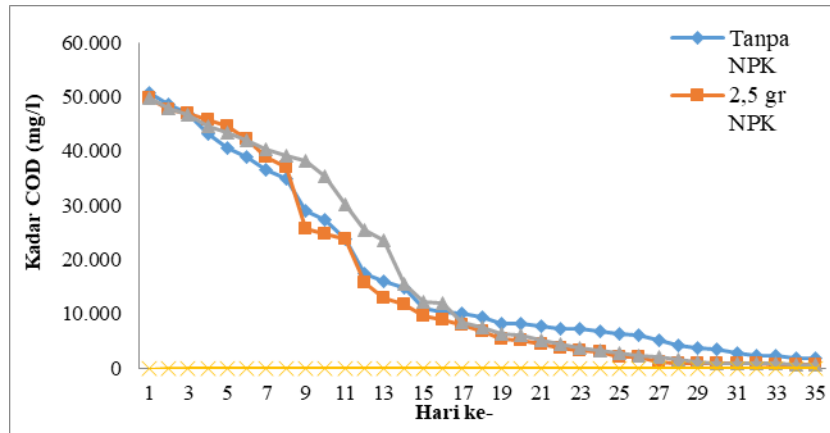
Parameter	Limbah cair industri sawit
COD (mg/L)	350
TSS (mg/L)	250
pH	6,0-9,0
Minyak & Lemak (mg/L)	25

(Sumber: Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2004)

Pertama analisa kadar COD limbah cair kelapa sawit tanpa NPK yaitu 50.789 mg/L setelah 35 hari turun menjadi 1.843 mg/L, penurunan kadar COD sebesar 48.946 mg/L. Untuk 2,5 g NPK, kadar COD limbah cair kelapa sawit pada hari pertama yaitu 49.827 mg/L turun menjadi 623 mg/L pada hari ke 35, penurunan kadar COD sebesar 49.204 mg/L. Untuk 5 g NPK kadar COD limbah cair kelapa sawit dengan pada hari pertama yaitu 49.827 mg/L turun menjadi 709 mg/L pada hari ke 35, penurunan kadar COD sebesar 49.204 mg/L.

Dari Gambar 1 dapat disimpulkan bahwa penurunan kadar COD paling besar terjadi pada NPK sebanyak 2,5 g, diikuti penambahan NPK 5 g kemudian tanpa NPK. Dari hasil analisa laboratorium untuk ketiga reaktor dapat dilihat korelasinya, yaitu bahwa hasil pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit dengan menggunakan sistem anaerobik dengan media biofilter biakan melekat menunjukkan pengurangan terbesar untuk ketiga parameter tersebut diperoleh pada penambahan 2,5 g NPK, karena banyak mikroorganisme yang hidup, sehingga banyak juga enzim-enzim yang dihasilkan untuk mereaksikan zat-zat kimia. Mikroorganisme mampu menghasilkan banyak enzim, dikarenakan faktor lingkungan serta nutrisi yang diberikan pada 2,5 g NPK. Pada penambahan 2,5 g NPK, pH lingkungan

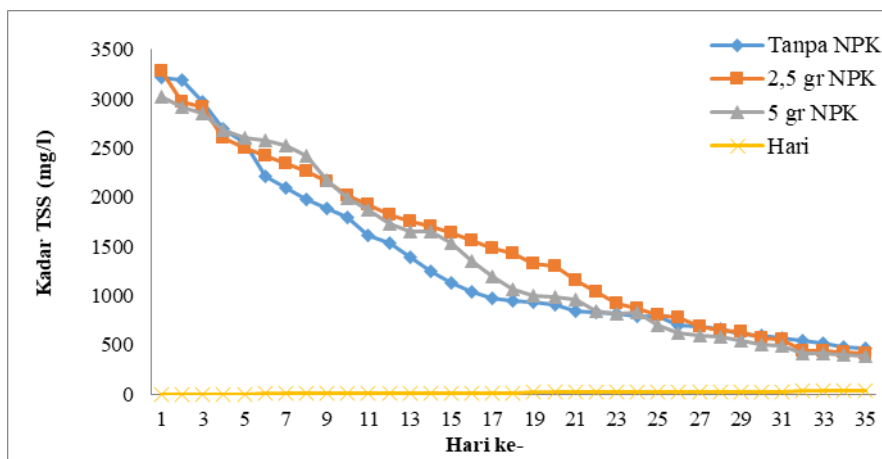
netral yaitu 6,6-7, mikroorganisme berupa bakteri seperti hidrolitik, asidogen, asetogen serta metanogen hidup pada kondisi lingkungan pH netral. Lingkungan dengan pH yang sesuai sangat menguntungkan karena mikroorganisme mampu hidup dan sangat reaktif, sehingga mikroorganisme mampu berkembang biak dan menghasilkan banyak mikroorganisme yang bisa menghasilkan enzim. Nutrisi juga dibutuhkan oleh mikroorganisme, penambahan 2,5 g NPK mampu memenuhi kebutuhan nutrisi mikroorganisme, bahkan sebagai sumber energi. Sumber energi digunakan untuk aktivitas metabolisme yaitu semua reaksi kimia yang terjadi di dalam organisme tersebut.



**Gambar 1.** Profil penurunan kadar COD limbah cair kelapa sawit

Pada penambahan 5 g NPK, mikroorganisme banyak hidup, akan tetapi hanya sedikit yang aktif sehingga hanya sedikit enzim yang dihasilkan. Hal tersebut disebabkan karena NPK yang diberikan sudah berubah menjadi toksik karena kadarnya yang berlebih, sedangkan kebutuhan konsentrasi nitrogen, fosfor dan kalium dalam fasa cair berturut-turut tidak kurang dari 3000 mg/L (Ritmann & McCarty, 2001).

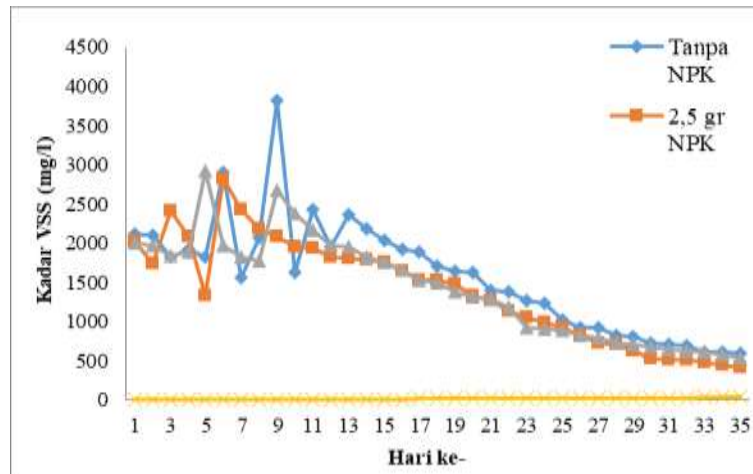
Pada hari pertama analisa kadar TSS limbah cair kelapa sawit tanpa NPK yaitu 3.216,3 mg/L setelah 35 hari turun menjadi 472,8 mg/L, penurunan kadar TSS sebesar 2.743,5 mg/L. Untuk penambahan 2,5 g NPK, kadar TSS limbah cair kelapa sawit pada hari pertama yaitu 3.1281,2 mg/L turun menjadi 409,8 mg/L pada hari ke 35, penurunan kadar TSS sebesar 2.871,4 mg/L. Untuk penambahan 5 g NPK, kadar TSS limbah cair kelapa sawit dengan pada hari pertama yaitu 3.022,6 mg/L turun menjadi 392,4 mg/L pada hari ke 35, penurunan kadar TSS sebesar 2.630,2 mg/L. Hasil lengkap seperti tersaji dalam Gambar 2.



**Gambar 2.** Profil penurunan TSS (*Total Suspended Solid*) limbah cair kelapa sawit

Dari Gambar 2 dapat diketahui bahwa efisiensi pengurangan terbesar untuk ketiga parameter tersebut diperoleh pada penambahan 2,5 g NPK. Akan tetapi secara keseluruhan limbah kelapa sawit mengalami penurunan kadar TSS. Penurunan nilai TSS yang semakin kecil menunjukkan juga semakin kecil proses degradasi bahan organik tersebut. Penurunan *Total Suspended Solid* (TSS) disebabkan juga karena proses degradasi oleh mikroorganisme pada limbah cair kelapa sawit yang mengandung bahan organik berupa protein, lemak, dan karbohidrat rantai panjang. Terlihat semakin menurun kadar *Total*

*Suspended Solid* TSS terjadi dikarena bahan organik mengalami degradasi pada saat proses hidrolisis. Saat proses hidrolisis terjadi, padatan tersuspensi tersebut menjadi berkurang dikarenakan telah berubah menjadi terlarut. Fitoplankton, zooplankton, lumpur, kotoran, tumbuhan, bakteri dan fungi merupakan zat-zat yang tersuspensi dalam air. Hasil lengkap seperti tersaji dalam Gambar 3.



**Gambar 3.** Profil penurunan VSS (*Volatile Suspended Solid*) limbah cair kelapa sawit

Dari Gambar 3 dapat diketahui bahwa tingkat perubahan VSS sangat fluktuatif. Pada hari pertama analisa kadar VSS limbah cair kelapa sawit tanpa NPK yaitu 2.128 mg/L setelah 35 hari turun menjadi 601 mg/L, penurunan kadar VSS sebesar 1.527 mg/L. Untuk penambahan 2,5 g NPK, kadar TSS limbah cair kelapa sawit pada hari pertama yaitu 2.028 mg/L turun menjadi 414 mg/L pada hari ke 35, penurunan kadar VSS sebesar 1.614 mg/L. Pada penambahan 5 g NPK, kadar VSS limbah cair kelapa sawit dengan pada hari pertama yaitu 2008 mg/L turun menjadi 525 mg/L pada hari ke 35, penurunan kadar VSS sebesar 1.483 mg/L.

Pada Gambar 3 terlihat bahwa profil VSS untuk ketiga reaktor menunjukkan efisiensi pengurangan terbesar untuk ketiga parameter tersebut diperoleh pada penambahan 2,5 g NPK. Nilai VSS pada reaktor dengan penambahan NPK 5 g lebih tinggi dikarenakan pada penambahan ini terdapat banyak pasokan nutrisi yang berasal dari NPK yang menyebabkan mikroorganisme tersebut dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Sedangkan pada penambahan NPK 2,5 g hasilnya tidak jauh berbeda dengan penambahan NPK 5 g ini dikarenakan jumlah penambahan nutrisi untuk feses sapi lebih sedikit, tanpa penambahan NPK tetap terjadi penurunan akan tetapi masih tinggi, ketika diuji VSS senyawa anorganik yang ada pada reaktor tanpa NPK tersebut menguap dan mengakibatkan rendahnya nilai VSS.

### Simpulan

Penurunan kadar COD, TSS, dan VSS terbesar dalam pendegradasian limbah cair kelapa sawit menggunakan *fixed-bed reactor* yaitu pada penambahan NPK sebanyak 2,5 g. Pada penambahan NPK sebanyak 2,5 g pada *treatment* awal dapat mempengaruhi pertumbuhan dari mikroorganisme yang berada di dalam limbah cair kelapa sawit.

### Daftar Pustaka

- Ahmad, AL., Ismail, S. dan Bathia, S. 2003. Water Recycling from Palm Oil Mill Effluent (POME) Using Membrane Technology. *Desalination*, 157: 87-95
- Anonim. 2018. *Hasil Laboratorium PTPN VII Unit Bekrie*. Lampung Tengah
- Appels, L., Baeyens, J., Degreve, J., dan Dewil, R. 2008. Principles and Potential of the Anaerobic Digestion of Waste-Activated Sludge. *Progress in Energy and Combustion Science*, 34: 755-781
- BPPT. 1997a. Teknologi Pengolahan Limbah Tahu-Tempe dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob. [Http://www.enviro.bppt.go.id/~Kel-1.4](http://www.enviro.bppt.go.id/~Kel-1.4)
- BPPT. 1997b. *Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Sistem Biofilter Anaerob*. Laporan Kegiatan. Kelompok Teknologi Pengolahan Air Bersih & Limbah Cair
- Darmawan, B. 1998. Studi Penggunaan Bahan Media Biofilter untuk Menurunkan Material Organik pada Pengolahan Buangan Industri. dalam Hadi, W. dan Santoso, B. 2000. Biofiltrasi Air Kali Tengah sebagai Alternatif Peningkatan Kualitas Sumber Daya Air. *Majalah IPTEK*, 11(3): 133-139

- Doraja, P.H., Shovitri, M., dan Kuswytasari, N.D. 2012. Biodegradasi Limbah Domestik dengan Menggunakan Inokulum Alami dari Tangki Septik. *Jurnal Sains dan Seni*, 1(1): 44-47
- Herawati, D.A., dan Andang, A.W. 2010. Pengaruh Pretreatment Jerami Padi pada Produksi Biogas dari Jerami Padi dan Sampah Sayur Sawi Hijau Secara Batch. *Jurnal Rekayasa Proses*, 4(1): 25-29
- Jenie, B.S.L., dan R.W. Pudji. 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2004. *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Kawasan Industri*. Jakarta: Kementerian Negara Lingkungan Hidup
- Laura, G.M. 1995. Studi Kemampuan Rounding Filter dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Air Kali Surabaya. *Skripsi*. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Surabaya
- Parkin, G.F., and Owen. 1986. *Fundamentals of Anaerobic Digestion of Wastewater Sludge*. dalam Rittmann, B.E., and McCarty, P.L. 2001. *Environmental Biotechnology: Principles and Applications*. McGraw Hill International Ed. New York
- Pratama, P. 2007. *Karakterisasi Perombakan Limbah Cair Industri Menggunakan Reactor UASB*. Laporan Penelitian Mandiri Jurusan Teknik Kimia. Universitas Lampung
- Rittmann, B.E. and McCarty, P.L. 2001. *Environmental Biotechnology: Principles and Applications*. McGraw Hill International Ed. New York
- Speece, R.E. 1983. *Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewater Treatment*. dalam BPPT. 1997a. *Teknologi Pengolahan Limbah Tahu-Tempe dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob*. [Http://www.enviro.bppt.go.id/~Kel-1](http://www.enviro.bppt.go.id/~Kel-1)
- Tobing, P.L., E.S. Sutarta, dan Sufianto. 2000. *Aplikasi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit pada Perkebunan Kelapa Sawit*. Makalah dalam Pertemuan Teknik Kelapa Sawit II. PKKS Medan. 13-14 Juni 2000. Medan
- Widyantoro, A. 2008. *Karakteristik Anaerobik Campuran Limbah Cair Industri Menggunakan Reaktor Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) dengan Variasi COD yang Tinggi pada Kondisi Optimum*. Laporan Penelitian. Universitas Lampung