

APLIKASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI TAPIOKA DENGAN SISTIM ABR DAN UAF

APPLICATION OF TAPIOKA WASTEWATER TREATMENT BY ABR AND UAF SYSTEM

Djarwanti

Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri
Jl. Ki Mangunsarkoro no. 6, Semarang
Email : wanti235@yahoo.co.id

Naskah diterima tanggal 6 Januari 2015, disetujui tanggal 30 April 2015

ABSTRACT

For environmental pollution prevention, many Tapioca industries have designed their own anaerobic wastewater treatment plant (WWTP). However, the treatment process was less effective due to lack of study about important aspects in designing Anaerobic WWTP. The lack of study about these parameters design lead to wrongly chosen on what kind of Anaerobic WWTP reactor should be applied, and this particularly can make the anaerobic process not effective.

This review aims to compare the technical feasibility and economical feasibility of tapioca wastewater treatment between Anaerobic Baffled Reactor (ABR) technology and Upflow Anaerobic System (UAF). ABR technology has been applied in Sekalong Small-Medium Scale enterprises (SME) centre, while UAF has been applied in Margoyoso SME's centre, Central Java.

Data used in this review was based on data gained from application of the prototype from both sekalong and margoyoso SME's centre.

The result shows that UAF system is technically and economically reasonable to substitute ABR system. Hydraulic retention time (HRT) of UAF is shorter than ABR, which lead to reactor volume minimization in UAF system. For capacity of 20 m³/day, construction budget for UAF is 47.77% cheaper than ABR.

Key words : tapioca industry's waste water, ABR, UAF

ABSTRAK

Dalam rangka mencegah pencemaran lingkungan beberapa industri tapioka telah menerapkan IPAL dengan sistim biologi anaerob. Pada umumnya pembuatan IPAL ini tidak dilandasi kajian faktor-faktor yang mempengaruhi dalam disain reaktor, sehingga pemilihan jenis reaktor menjadi kurang tepat.

Kajian ini bertujuan membandingkan kelayakan teknis dan kelayakan ekonomis penerapan pengolahan air limbah tapioka dengan sistem ABR (Anaerobic Baffled Reactor) dan sistem UAF (Upflow Anaerobic Filter). Sistim ABR telah diterapkan di Sentra Sekalong dan sistim UAF diterapkan di Sentra Margoyoso, Jawa Tengah

Data yang digunakan untuk penelitian bersumber pada hasil penelitian dan penerapan prototipe IPAL industri tapioka di sentra Sekalong dan sentra Margoyoso.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem UAF layak menggantikan sistem ABR dalam pengolahan air limbah industri tapioka ditinjau dari segi teknis maupun ekonomis. Waktu tinggal proses degradasi bahan organik didalam sistim UAF lebih pendek sehingga volume bangunan lebih kecil, kebutuhan lahanpun menjadi lebih kecil. Untuk kapasitas 20 m³/hari biaya konstruksi sistem UAF lebih murah 47,77% dibanding sistem konvensional menggunakan ABR.

Kata kunci : air limbah tapioka, ABR, UAF

PENDAHULUAN

Air limbah Industri tepung tapioka berasal dari proses pencucian dan pengendapan. Air limbah tersebut dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan apabila langsung dibuang ke sungai tanpa terlebih dahulu dilakukan pengolahan untuk menurunkan kadar atau menghilangkan bahan yang dapat menimbulkan pencemaran.

Telah terbukti bahwa di beberapa daerah air limbah industri tapioka menimbulkan dampak pencemaran lingkungan yang serius. Salah satu contoh adalah di kasus pencemaran yang terjadi di Kecamatan Margoyoso Kabupaten Pati. Dilokasi tersebut terdapat beberapa sentra industri tapioka. Air limbah langsung dibuang melalui dua sungai utama yaitu Sungai Suwatu dan Sungai Bango. Aliran kedua sungai ini melewati areal persawahan dan pertambakan sebelum akhirnya menuju kelaut. Diperkirakan lebih 243 unit pengusaha membuang air limbahnya ke dua buah sungai tersebut. Bau busuk yang menyengat serta penurunan produktivitas padi menimbulkan keresahan masyarakat. Didalam upaya mengatasi masalah ini pemerintah daerah setempat bekerjasama dengan Departemen Perindustrian serta Kementerian KLH membuat satu unit percontohan IPAL. Semula IPAL ini berfungsi dengan baik, namun beberapa tahun kemudian IPAL ini tidak dioperasikan sebagaimana mestinya. Penyebab utama karena tidak ada tenaga yang cukup memadai untuk mengoperasikan IPAL, sumber dana yang tidak kontinyu serta kurangnya perhatian dari pihak yang berwajib untuk mengelola.

Sebagaimana diketahui pada prinsipnya pengolahan air limbah ada 3 cara yaitu cara fisika, kimia dan biologi. Air limbah tapioka kaya akan bahan organik. Cara yang umum digunakan dalam pengolahan limbahnya adalah cara biologis dengan memanfaatkan mikroba sebagai pengurai bahan organik.

Secara garis besar tahapan proses metabolisme anaerobik dapat dibagi dalam tiga tahap yaitu hidrolisa, asidifikasi dan metanasi. Pada tahap hidrolisa senyawa polimer didegradasi menjadi monomer yang kemudian oleh bakteri asidogenik akan didegradasi menjadi asam-asam organik pada tahap asidifikasi. Asam organik dalam bentuk asetat akan diubah menjadi gas metan dan CO₂ pada tahap metanasi. Tahap metanasi merupakan tahap yang dapat mereduksi COD air limbah paling tinggi. Pada temperatur dan tekanan standard 0,454 kg COD dapat

menghasilkan 0,16m³ gas metan (Eckenfelder, 1980).

Saat ini jenis reaktor anaerob yang paling banyak digunakan oleh industri khususnya di Jawa Tengah adalah *lagooning* (septik tank) dan *UAF*. Reaktor yang pertama, septik tank atau lebih dikenal dengan sistem konvensional. Konstruksinya sederhana, berupa bak kedap yang dibagian atas dilengkapi dengan cerobong untuk mengeluarkan gas-gas yang terbentuk selama terjadi proses peruraian air limbah oleh aktivitas mikroba. Modifikasi pada sistem konvensional ini adalah dengan memasang sekat-sekat didalam bak untuk mengatur aliran limbah menjadi lebih sempurna. Sistem ini dikenal dengan *ABR (Anaerobic Baffled Reactor)*. Beberapa peneliti telah membuktikan bahwa pengoperasian sistem ini mudah dan biaya operasinya murah, namun memerlukan lahan yang luas karena waktu tinggal cukup lama. Reaktor yang kedua yaitu *UAF* merupakan pengembangan dari sistem *ABR*. *UAF* pertama kali ditemukan oleh Young dan MC Carty pada tahun 1962. Proses berlangsung dalam sebuah reaktor bersekat yang diisi dengan filter material. Filter material yang bisa digunakan antara lain : batu, PVC, keramik atau media plastik dengan berbagai konfigurasi (Suwarnarat dan Weyrauch, 1978). Filter berperan sebagai permukaan tempat melekatnya mikroba dan tumbuh membentuk lapisan lendir, semacam film yang menyelimuti seluruh permukaan filter. Semakin luas permukaan film semakin banyak bidang kontak antara mikroba dengan air limbah. Filter media selalu terendam penuh oleh cairan sehingga kontak antara mikroba dengan oksigen terhindar. Dengan demikian kondisi akan tetap terpelihara dalam suasana anaerob. Konstruksi yang lebih rumit memberikan kesan bahwa biaya investasi lebih tinggi.

Sistem anaerob lain yang saat ini banyak dikembangkan untuk pengolahan air limbah dengan kandungan bahan organik tinggi yaitu *UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)*. Sistem *UASB*, waktu tinggalnya lebih pendek, kebutuhan lahan lebih kecil dan efisiensi pengolahan tinggi (Handel Adrianus, 1994). *UASB* kurang tepat diterapkan pada industri menengah kebawah karena biaya investasi yang relatif tinggi dan pengoperasiannya sulit. Sistem *UASB* sangat sensitif terhadap perubahan beban Hidrolik dan beban organik laju perombakan relatif rendah dibanding dengan reaktor anaerobik lainnya. Kadar bahan organik dalam efluen *UASB* umumnya masih tinggi, sehingga

memerlukan pengolahan tambahan, misalnya dengan proses aerobik.

Bagaimana menentukan kelayakan setiap jenis untuk diterapkan dalam IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah)? Untuk setiap jenis dan kapasitas limbah tersedia sistem yang paling tepat dan biaya yang ideal. Seringkali sebuah unit pengolahan yang harganya mahal bisa diganti dengan cara yang lebih sederhana dengan biaya investasi yang murah. Namun selain biaya investasi, biaya operasi juga harus menjadi pertimbangan. Investasi yang kecil tidak ada gunanya jika biaya operasinya tinggi, demikian pula sebaliknya. Kadang-kadang kita menemui biaya investasi untuk sebuah unit murah, demikian pula perhitungan biaya operasi perharinya rendah. Tetapi setelah dua atau tiga tahun beroperasi menjadi mahal karena biaya perawatan atau pemakaian bahan kimia yang harus dikeluarkan, atau harus *start up* ulang. Pertimbangan kelayakan teknis, kelayakan ekonomi serta kelayakan lingkungan akan membantu pemilihan jenis reaktor dalam penerapannya. BBT PPI telah melakukan penelitian dan menerapkan percontohan IPAL industri kecil tapioka di Sentra Sekalong Kabupaten Batang dengan sistem ABR. Beberapa tahun kemudian melakukan penyempurnaan dengan menerapkan sistem UAF di Sentra Margoyoso Kabupaten Pati. Sampai saat ini belum pernah dievaluasi sampai sejauh mana sistem UAF ini lebih menguntungkan dibanding sistem ABR. Oleh karena itu perlu pengkajian terhadap sistem tersebut dari segi teknis maupun non teknis.

Tujuan daripada pengkajian ini adalah untuk membandingkan kelayakan teknis dan kelayakan ekonomis penerapan pengolahan air limbah tapioka dengan sistem ABR dan sistem UAF.

METODOLOGI

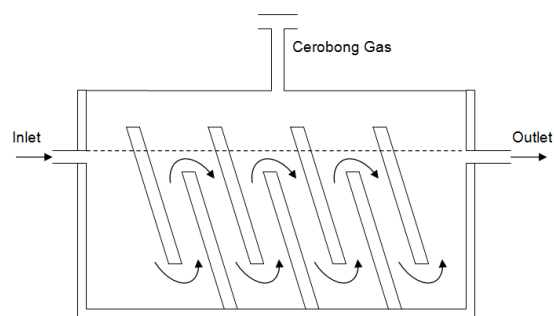
Kriteria desain

Pengolahan air limbah di sentra Sekalong adalah proses pengendapan kemudian proses biologis sistem ABR. Dari hasil uji coba didapatkan data sebagai berikut : kandungan COD rata-rata awal 14.656 mg/l diendapkan menjadi 3.124 mg/l. Selanjutnya pengolahan sistem ABR dengan HRT (*Hydraulic retention Time*) selama 10 hari turun menjadi 1.853 mg/l dan HRT selama 20 hari turun menjadi 1.594 mg/l (Balai Industri Semarang, 1985). Diinginkan COD turun sampai memenuhi Baku Mutu yaitu 300 mg/l. Dengan perhitungan ekstrapolasi, untuk menurunkan COD 3000 mg/l menjadi 300 mg/l diperlukan HRT 32,22 hari \approx 32 hari.

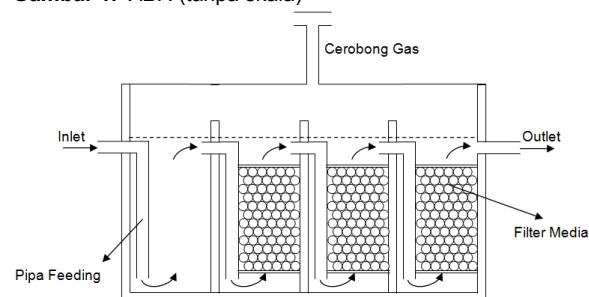
Sementara itu di sentra Margoyoso pengolahan air limbah adalah dengan sistem pelayuan, pengendapan dan proses biologis UAF. Uji coba yang telah dilaksanakan didapatkan data sebagai berikut : Kandungan COD awal 7.363 mg/l, setelah proses pelayuan COD turun menjadi 4.798 mg/l. Selanjutnya dengan proses pengendapan COD turun menjadi 2.938 mg/l diteruskan dengan proses biologis UAF COD turun menjadi 47,03 mg/l dengan HRT 9,5 hari (Hariastuti N., 1998). Dengan perhitungan ekstrapolasi, untuk menurunkan COD 3000 mg/l menjadi 300 mg/l diperlukan HRT 8,66 hari \approx 9 hari.

Air limbah sebelum diolah secara anaerob dikenakan proses pendahuluan terlebih dahulu, yaitu pelayuan dan pengendapan. Diasumsikan proses pendahuluan ini sama waktu tinggal maupun bentuk baknya, baik itu untuk proses ABR maupun . Tujuan pengkajian ini adalah membandingkan kelayakan dari sistem ABR dan UAF, oleh karena itu perhitungan hanya didasarkan pada kedua proses biologis tersebut. Berikut ini diberikan contoh disain IPAL untuk mengolah air limbah dengan debit 20m³/hari dan dioperasikan secara kontinyu Kriteria desain bisa dilihat pada Tabel 2.

Sket gambar bak ABR dan bak UAF disajikan pada gambar 1 dan gambar 2. ABR telah diterapkan di Sentra tapioka Sekalong, Batang sedangkan UAF diterapkan di Sentra tapioca Margoyoso, Pati.



Gambar 1. ABR (tanpa skala)



Gambar 2. UAF (tanpa skala)

Tabel 2: Kriteria desain

Kriteria desain	Sistim ABR	Sistim UAF
Debit air limbah	20m ³ /hari	20m ³ /hari
COD influen	3.000 mg/l *	3.000 mg/l *
COD effluen	300 mg/l **	300 mg/l **
COD removal	81,81 %	81,81 %
HRT	32 hari ***	9 hari ****
Kelengkapan	Baffle 7 buah	<ul style="list-style-type: none"> • Filter media (potongan botol plastik) • Pipa influen

Keterangan :

- * Nilai COD setelah melalui bak pengendap awal
- ** Sesuai Baku Mutu Air Limbah, Kemen LH No.1815,2014
- *** HRT optimal untuk proses ABR
- **** HRT optimal untuk proses UAF

Kelayakan teknis

Menurut Liu R.R et all, 2010, ditinjau dari konstruksinya sistim ABR mempunyai beberapa keunggulan, yaitu desainnya sederhana, tanpa teknik pemisahan yang khusus, tanpa bahan isian dan tidak ada bahan yang bergerak *Baffle* yang dipasang dalam reaktor menjadikan reaktor terbagi menjadi beberapa bagian. Struktur yang unik ini menyebabkan terjadinya pembagian *acidogenesis* dan *methanogenesis*. Pembagian ini meningkatkan perlindungan terhadap bahan beracun dan lebih tahan terhadap parameter lingkungan seperti pH, suhu dan beban organik. Adanya *baffle* memungkinkan kecepatan linear dari aliran limbah didalam bak meningkat. ABR tidak memerlukan media untuk tempat pertumbuhan mikroba. Salah satu kelemahannya kontak antara mikroba dengan limbah kadang-kadang kurang sempurna karena tidak merata. Apalagi jika masa mikroba bergerombol didasar bak. Oleh karena itu sistim ini mempunyai HRT yang relatif lama dibanding UAF. Konsekuensinya bangunan menjadi lebih besar dan kebutuhan lahan juga luas. Data terbaru diambil dari penelitian Vegantara (2009), sistem konvensional dengan sekat bisa menurunkan COD 59,40 – 70,03% dalam waktu 30 hari.

Degradasi organik di UAF mampu menurunkan COD 98,40% (dari 2.938 mg/L menjadi 47,03 mg/L) dengan HRT 9,5 hari (Harihastuti N., 1998). Nilai prosentase ini lebih tinggi dibandingkan dengan sistim ABR yang mampu menurunkan COD dari 3.124 mg/l menjadi 1.594 mg/l dalam HRT 20 hari (Permadi P., 1985). Inilah salah satu keunggulan dari sistem UAF yaitu waktu tinggal lebih pendek. Pipa feeding yang dipasang sedemikian rupa dimasing-masing bak memungkinkan terjadinya aliran dari bawah keatas (*upflow*) tersebar diseluruh

bagian bak. Dengan demikian kontak antara mikroba dengan air limbah menjadi lebih sempurna. Media filter selain berfungsi sebagai tempat tumbuhnya mikroba juga berfungsi sebagai media penyaring air limbah yang melalui media ini. Sebagai akibatnya, kandungan *suspended solids* setelah melalui filter ini akan berkurang konsentrasinya. Efisiensi penyaringan akan sangat besar karena dengan adanya penyaringan sistem aliran dari bawah ke atas akan mengurangi kecepatan partikel yang terdapat pada air buangan dan partikel yang tidak terbawa aliran ke atas dan akan mengendap di dasar bak filter. Sistem biofilter anaerob ini sangat sederhana, operasinya mudah dan tanpa memakai bahan kimia serta tanpa membutuhkan banyak energi (Said N.I., 2005). Tahapan proses anaerob adalah hidrolisis, asidifikasi dan methanasi. Didalam proses asidifikasi yang aktif adalah mikroba asidifikasi dan acetobacter. Sedangkan dalam proses methanasi yang aktif adalah *methanococcus*, *methanosarcina*, *methano bacterium*. Agar tidak terjadi kontaminasi antar mikroba maka idealnya masing-masing proses terjadi pada bak yang berbeda. Hal ini dimungkinkan terjadi pada sistem UAF. Selain efisiensi lebih tinggi, waktu tinggal lebih pendek sehingga kebutuhan lahan relatif kecil. Penelitian yang dilakukan oleh Hidayat dkk (2012) membuktikan bahwa dengan sistem UAF menggunakan filter dari pasir kerikil dan serabut kelapa bisa menurunkan COD 88,96% dengan waktu tinggal 9 hari.

Dengan jalan menempatkan filter media didalam reaktor maka akan ada pemisahan waktu tinggal biomassa (*SRT = Sludge Retention Time*) dan waktu tinggal hidrolis (*HRT*). Mikroba dapat tumbuh dan melekat pada *packing* dan dapat tertahan lebih lama dalam reaktor karena tidak ikut mengalir bersama air limbah. Cara ini memberi kemungkinan tersedianya konsentrasi biomassa yang besar untuk menjamin diperolehnya tingkat efisiensi pengolahan yang tinggi (Young dkk, 1990).

Kelayakan ekonomis

Evaluasi ekonomi didasarkan pada perhitungan biaya penyediaan lahan, biaya konstruksi dan biaya peralatan pendukung. Bak ABR berbentuk empat persegi panjang berjumlah 2 buah yang dibangun bersebalahan. Masing-masing bak dilengkapi *baffle* berjumlah 7 buah. Bangunan separuh terpendam dibawah permukaan tanah. Bangunan kedap ini atapnya menggunakan lembar polikarbonat yang berfungsi sebagai penutup agar udara tidak masuk kedalam bak.

Ukuran masing-masing bak adalah panjang 15m, lebar 4m dan tinggi 3,25m. Bak terisi air limbah setinggi 2,75m. Bangunan ini memerlukan lahan seluas $\pm 135 \text{ m}^2$.

Konstruksi bak anaerob sistim *UAF* juga berbentuk empat persegi panjang. Ruangan disekat menjadi 4 bagian. Tiga ruangan pertama diisi filter media dari potongan plastik, PVC, kerikil, batu pecah atau media lain yang berfungsi sebagai tempat mikroba melekat dan berkembangbiak. Penutup bak digunakan polikarbonat. Air limbah masuk kedalam bak melalui pipa-pipa pralon. Pipa dipasang sedemikian rupa sehingga air limbah mengalir menuju keatas kemudian kontak dengan mikroba yang menempel pada filter. Ukuran masing-masing bak adalah panjang 24m, lebar 5m dan tinggi 3,25m. Bak terisi air limbah setinggi 2,75m. Bangunan ini memerlukan lahan seluas $\pm 90 \text{ m}^2$.

Tabel 3. Dimensi Bak ABR dan UAF

No	Komponen	Satuan	ABR	UAF
1	Panjang	M	30	24
2	Lebar	M	8	5
3	Kedalaman	M	3,25	3,25
4	Luas lahan	m ²	135	90

Tabel 4. Perincian biaya investasi sistim ABR dan UAF

No	Uraian	ABR (Rp)	UAF (Rp)
1.	Persiapan lahan	9.590.200.	3.044.500.
2.	Pekerjaan pondasi dan beton	75.246.900.	22.862.900.
3.	Pekerjaan pemasangan dan plester	48.057.800.	19.746.600.
4.	Pekerjaan atap (penutup bak)	67.410.000.	26.964.000.
5	Pemipaan	-	5.000.000.
6	Filter media	-	18.000.000.
	Biaya bangunan	200.304.900.	82.618.000.
	Biaya lahan	67.500.000.	45.000.000.
	Biaya bangunan dan lahan	267.804.900.	140.618.000.

Ditinjau dari biaya ,sistem *UAF* jauh lebih murah. Meskipun menggunakan media filter yang harganya cukup mahal. Selisih biaya antara kedua sistim 48,77%.

Biaya tutup reaktor akan lebih murah jika polikarbonat diganti dengan asbes. Dengan tutup asbes sistim ABR biaya turun dari Rp.267.804.900,- menjadi Rp.213.876.900,-. Sedangkan sistim *UAF* turun dari Rp.130.618.000,- menjadi Rp. 109.046.800,-.

Menurut Abdul H, dkk (2014) air limbah Pusat Pertokoan di Surabaya mengandung BOD 248,5 mg/l dan COD 397,5 mg/l dengan debit 184 m³/hari. Apabila air limbah tersebut diolah sampai memenuhi baku mutu dengan sistim ekualisasi, pengendapan dan ABR memerlukan biaya konstruksi sebesar Rp.239.247.347,-. Jika ABR diganti dengan AF biayanya hanya Rp.178.383.608,-. Adanya perbedaan biaya yang cukup tinggi ini maka disarankan untuk memilih sistim *Anaerobic Filter* dibandingkan dengan sistim ABR.

KESIMPULAN

Sistem *UAF* layak menggantikan sistem anaerobik konvensional atau sistem ABR dalam pengolahan air limbah industri tapioka ditinjau dari segi teknis maupun ekonomis. Waktu tinggal proses degradasi bahan organik didalam sistim *UAF* lebih pendek sehingga volume bangunan lebih kecil, kebutuhan lahanpun menjadi lebih kecil. Untuk kapasitas 20 m³/hari biaya konstruksi sistem *UAF* lebih murah 47,77% dibanding sistem konvensional menggunakan ABR.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Hamid dan Mohammad Razif, 2014, Perbandingan Desain Ipal Proses *Attached Growth Anaerobic Filter* dengan *Suspended Growth Anaerobic Baffled Reactor* untuk Pusat Pertokoan di Kota Surabaya, JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 3, No. 2, (2014) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print).
- Djarwanti D., Muryati M., Pramudyanto B., Balai Industri Semarang, 1984, Disain Bak Pengendap Industri Kecil Tapioka, Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Semarang.
- Eckenfelder (1980), Principle of Water Quality Management, Boston, CBI Publishing Company.
- Haandel, Adrianus C. Van, (1994), Anaerobic Sewage Treatment, A Practical Guide For Regions with a Hot Climate, John Wiley & Sons, Singapore.
- Hariastuti N., Moertinah S., Djarwanti D., Balai Industri Semarang, 1998, Uji Coba Operasional IPAL Terpadu Industri Tapioka di Sentra Industri Kecil Tapioka, Kec Margoyoso, Kab Pati Jawa Tengah, Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Semarang.
- Hidayat.N., Suhartini. S., and Indriana. D, 2012, Horizontal Biofilter System in Tapioca Starch Wastewater Treatment:

- The Influence of Filter Media on the Effluent Quality, *Agroindustrial Journal Vol. 1 Issue 1 (2012) 1-6*.
- Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Perubahan atas Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Permadi P., Moertinah S., Nurhasan N., Djarwanti D., 1985, Balai Industri Semarang., Uji Coba Pilot Proyek Pengolahan Air Buangan Industri Tapioka dengan Penggerak Kincir Angin di Batang, Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Semarang.
- Said NI, 2005, Aplikasi Bioball untuk Media Biofilter, Studi Kasus Pengolahan Air Limbah Pencucian Jean, *Journal Air Indonesia*, Vol 1, No 1, Pebruari 2005, hal 1 – 11.
- Stephen P, Etheridge, 2003, Biogas Use In Industrial Anaerobic Wastewater Treatment, CETESB.
- Suwarnarat, K and Weyrauck, W, (1978), Waste Treatment and Methane Production by A Plastic Media Anaerobic Filter, International Conference on Water Pollution Control in Developing Countries, Bangkok Thailand.
- Vegantara D.A, 2009, Pengolahan Limbah Cair Tapioka, Menggunakan Kotoran Sapi Perah Dengan Sistem Anaerobik Departemen Ilmu Produksi Dan Teknologi Peternakan, Fakultas Peternakan, IPB
- Young, Y.C, and Carthy, P.L, 1962, The Anaerobic Filter for Waste Treatment, Proc, of 2nd Ind Waste Conf, Purdue Univ, Ex, Series, 129,550.