

**TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU
SEBAGAI SUMBER ENERGI DAN MENGURANGI PENCEMARAN AIR
INDUSTRIAL WASTE WATER TREATMENT TECHNOLOGY OF TOFU
AS SOURCE OF ENERGY AND TO REDUCE AIR POLLUTION**

Novarina Irnaning Handayani¹ dan Ikha Rasti Julia Sari²

^{1,2} Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri
Jl. Ki Mangunsarkoro No. 6 Semarang
Email : nova.bbtpi@yahoo.com, ikharasti@kemenperin.go.id

Abstract: Tofu Industry developed rapidly out in Central Java, generally its small scale industries or households. Characteristics of tofu wastewater has a high organic content and biodegradable. Sources of waste water coming from the washing process, soaking and stripping soy and whey from clotting process. Wastewater normally discharged directly into the environment without treatment processes causing pollution and harmful to the environment. The purpose of this study was to look for alternative technologies that can be used to treat industrial wastewater out so it can meet the required quality standards and can produce renewable energy sources. Wastewater treatment know distinguishable from waste water sources, tofu wastewater whey who has the content high organic processed in the biogas reactor, with an efficiency reaching 80%. Waste water output from biogas reactors performed advanced processing reactor Buffled Anaerobic Reactor (ABR) in conjunction with waste water from the washing process with an efficiency of 70-95%. Constructed wetland with an efficiency of 78-97% as a complement to the wastewater treatment already meet the quality standards required and safely discharged into the environment.

Keywords: tofu wastewater, biogas, ABR, constructed wetland

1. PENDAHULUAN

Tahu merupakan makanan kaya protein yang sangat diminati oleh masyarakat Indonesia, dengan bahan baku utama adalah kedelai. Menurut Cowan J.C and Wolf W.J (1974), kedelai mengandung protein 40%, karbohidrat 34%, lemak 21% dan abu 4,9%. Seiring permintaan tahu yang semakin meningkat, maka semakin banyak industri tahu. Data dari Disperindag Propinsi Jawa Tengah tahun 2010, jumlah industri tahu mencapai 3.011 yang tersebar di 26 kabupaten kota. Industri ini umumnya merupakan jenis industri kecil dan rumah tangga. Kegiatan produksinya dilakukan menggunakan teknologi sederhana dan mayoritas lokasi produksi tahu menyatu dengan rumah tinggal.

Prinsip pembuatan tahu meliputi tahapan perendaman dan pencucian, penggilingan, pemasakan, penyaringan, penggumpalan,

pemisahan tahu dari *whey*, pencetakan dan pengepresan, serta pemotongan. Dari 1 kg kedelai dihasilkan tahu 3,3±0,7 kg dan ampas tahu 2,0-2,2 kg. Limbah cair tahu berasal dari proses perendaman dan pencucian kedelai, limbah cair dari tahap proses pencetakan dan pengepresan tahu (disebut *whey*), serta limbah cair pencucian peralatan dan lantai. Jumlah limbah cair industri tahu per kilogram kedelai yang diolah adalah 17±3 Liter, perbedaan kuantitas pemakaian air lebih disebabkan karena perbedaan unit fasilitas produksi dan kebiasaan kerja antar daerah (Romli, 2009).

Menurut Prihantoro (2010) limbah cair tahu memiliki keasaman dengan pH 4-5, COD berkisar 10.000 mg/liter dan BOD 5.000 mg/liter. Limbah cair tahu ini umumnya langsung dibuang ke sungai yang menyebabkan kematian organisme perairan karena kekurangan oksigen. Jika dibuang ke sawah

akan menghasilkan gas metan yang menyebabkan unsur hara di dalam tanah menjadi tidak seimbang. Ketidakseimbangan ini menyebabkan tanaman padi yang dialiri limbah cair tahu menyebabkan bulir padi menjadi puso atau kosong.

Banyaknya potensi sumber pencemar dan adanya dampak negatif terhadap perairan maka kadar dan beban pencemar limbah cair tahu telah dimasukkan dalam peraturan lingkungan. Untuk Propinsi Jawa Tengah termuat dalam Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012 baku mutu limbah cair industri tahu.

Beberapa penelitian telah dilakukan dalam skala laboratorium untuk mengolah limbah cair industri tahu diantaranya menurut Wagiman (2006), pengolahan limbah cair tahu campuran dengan kombinasi ABR dan lumpur aktif efektif untuk mengolah limbah cair tahu dengan COD < 5.000 mg/L dengan model operasi kontinu. Herlambang (2002) menyampaikan bahwa *whey* dapat diolah dengan beberapa cara, antara lain diolah secara fisik, khemis serta biologis (an-aerobik, aerobik dan kombinasi aerob dan an-aerobik). Pengolahan *whey* secara anaerobik dapat menghasilkan biogas akan tetapi mempunyai sedikit kelemahan yaitu masih memberikan limbah cair yang berbau busuk.

Pengolahan limbah cair industri tahu oleh pengrajin sulit diterapkan biasanya karena kondisi ekonomi yang tidak memungkinkan bila harus membuat unit pengolah limbah. Untuk mengantisipasi keadaan tersebut banyak bantuan yang datang baik dari berbagai pihak (pemerintah maupun nonpemerintah). Beberapa bantuan unit pengolahan limbah cair (IPAL) baik berupa unit-unit proses maupun biodigester komunal diantaranya adalah IPAL bantuan Kemeterian Lingkungan Hidup (KLH) di Sentra Industri Tahu Mojosongo dan digester bantuan JICA di Desa Tanjung sari Magelang yang kondisinya mangkrak tidak beroperasi. Beberapa kendala utama yang dihadapi adalah standar operasional prosedur (SOP) yang tidak dijalankan karena kurangnya kesadaran, pengetahuan dan rasa memiliki dari masyarakat akan keberlanjutan unit IPAL tersebut. Dari

pengamatan di lapangan, bantuan digester biogas untuk perorangan cenderung lebih terawat dan berfungsi dengan baik karena nilai tambah langsung dapat dirasakan dengan adanya biogas yang dapat digunakan untuk keperluan rumah tangga maupun produksi.

Tujuan dari tulisan ini adalah melakukan suatu kajian konsep teknologi pengolahan limbah cair tahu yang tepat guna (mudah dalam operasional dan perawatan) bagi industri tahu. Dari sisi fungsi dapat memberikan efisiensi penurunan beban pencemar pada masing-masing sistem pengolahan yang digunakan sehingga pada saat di buang ke lingkungan limbahnya telah memenuhi persyaratan baku mutu. Dengan demikian kelestarian lingkungan dapat terjaga. Disisi lain dapat menghasilkan nilai tambah energi dari biogas yang bermanfaat bagi pengrajin.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan analisa diskriptif dari berbagai sumber pustaka, pengamatan langsung di lapangan yang digabungkan seluruhnya hingga menghasilkan sebuah rekomendasi cara pengolahan limbah cair industri tahu tepat guna yang ramah lingkungan.

3. PEMBAHASAN

Karakteristik Limbah Cair Tahu

Proses produksi tahu selain bahan baku utama adalah kedelai, juga digunakan air dengan volume yang cukup besar. Sebagian air (sekitar 15%) yang ditambahkan ke dalam proses terikut dalam tahu dan ampas tahu, dan sebagian besar sisanya keluar sebagai limbah cair (Romli, 2009). Karakteristik umum limbah cair industri tahu disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Variasi Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1.	BOD ₅	mg/L	3.500±900
2.	COD Total	mg/L	7.300±1.700
3.	COD Terlarut	mg/L	5.600±1.800
4.	TSS	mg/L	500±250
5.	TKN	mg/L	280±140
6.	pH	mg/L	5,7±0,9

Sumber : Romli, 2009

Menurut Capps dalam Romli (2009), jika nilai $BOD_5/COD < 0,4$ maka limbah cair tersebut mudah terdegradasi secara biologi. Dari Tabel 1 menunjukkan rata-rata nilai BOD_5/COD limbah cair industri tahu adalah 0,6.

Melihat dari karakteristik limbah cairnya, limbah cair tahu dapat dibedakan menjadi 2 jenis :

1. Limbah cair dari proses pencucian dan perendaman kedelai serta pencucian peralatan proses. Limbah cair ini mengandung kotoran kedelai maupun detergen hasil pencucian peralatan proses
2. Limbah cair dari sisa *whey*
Limbah cair ini memiliki keasaman tinggi sehingga disebut kecutan. Cairan ini masih mengandung protein yang cukup tinggi. Kadar padatan tersuspensi dan COD masih cukup tinggi.

Pengelompokkan ini bertujuan memudahkan kita dalam menentukan teknologi pengolahan limbah cair yang tepat guna.

Teknologi Pengolahan Limbah cair Tahu

Pemilihan tipe pengolahan limbah cair yang tepat perlu memperhatikan parameter keluaran yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan sesuai dengan Perda Propinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Limbah cair Industri seperti dapat dilihat pada Tabel 2.

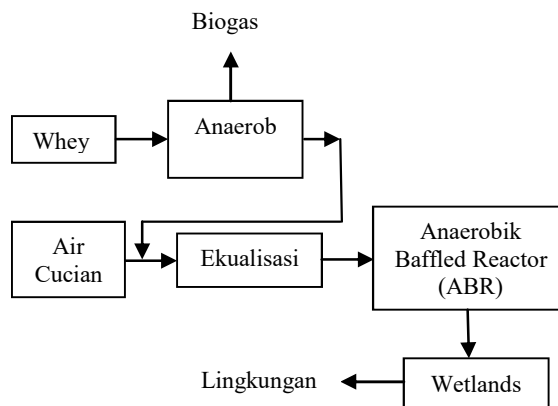
Tabel 2. Baku Mutu Limbah cair Tahu

No.	Parameter	Industri Tahu	
		Kadar Max (mg/l)	Beban Pencemaran Max (kg/ton kedelai)
1.	Temperatur	38°C	-
2.	BOD	150	3
3.	COD	275	5,5
4.	TSS	100	2
5.	PH		6,0 – 9,0
6.	Debit Maksimal	20 m ³ / ton kedelai	

*) Perda Propinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012

Pertimbangan lainnya adalah kemudahan dalam perawatan dan pemeliharaan serta dapat memberikan nilai tambah yang memberikan manfaat bagi pengrajin tahu.

Konsep teknologi pengolahan limbah cair tahu yang dibuat berdasarkan perbedaan karakteristik buangnya, disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Teknologi Pengolahan Limbah cair Tahu

Dilihat dari gambar diatas, untuk limbah dengan kandungan COD yang cukup tinggi dalam *whey* langsung diolah dalam digester anaerob untuk memperoleh hasil berupa biogas (gas metana). Keluaran dari anaerob bersama dengan air cucian diolah dalam ABR untuk menurunkan kandungan zat organik yang masih terkandung dalam air limbah, sedangkan untuk ammonia direduksi dengan melewati dalam wetlands. Teknologi ini sangat dimungkinkan untuk dapat diterapkan karena minim akan perawatan rutin, sehingga keberlanjutan operasional dapat berjalan.

Reaktor Anaerob

Salah satu alternatif pengolahan limbah cair industri tahu adalah pengolahan biologis dengan sistem anaerob. Proses degradasi sistem anaerob berlangsung pada kondisi tanpa oksigen dan menghasilkan produk akhir berupa metana.

Proses pengolahan limbah cair secara anaerobik kembali menjadi perhatian seiring dengan semakin langkanya sumber energi minyak bumi. Hal ini menyebabkan dewasa ini,

ada kecenderungan aplikasi pengolahan limbah cair secara anaerobik dibandingkan secara aerobik (Geissen, 2008; Rangsivek, 2008; Iza, Palencia, dan Fernandez-Polanco, 1990).

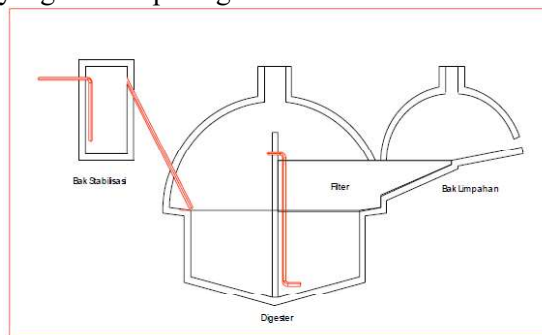
Pengolahan limbah cair industri tahu dengan sistem anaerobik merupakan pemilihan yang tepat, karena pengolahan dengan biaya investasi dan operasional rendah serta menghasilkan energi terbarukan yang bermanfaat berupa biogas

UNIDO (1993) membagi 5 (lima) jenis pengolahan limbah cair secara anaerob yaitu : lagooning (*septic tank*), digestion yang dilengkapi dengan pengaduk, *anaerobic contact process*, Anaerobic Filter (AF) dan Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB). Masing-masing jenis mempunyai kelebihan dan kekurangan. Pertimbangan tekno ekonomi serta kelayakan lingkungan akan membantu pemilihan jenis reaktor dalam penerapannya. Reaktor yang pertama mempunyai kelebihan prosesnya mudah dan biaya operasi murah, namun memerlukan waktu tinggal 20 hari. Reaktor yang kedua efisiensi lebih tinggi, karena waktu tinggal lebih pendek, tidak memerlukan lahan luas, pengoperasian mudah, tetapi biaya investasi agak mahal. Ada lagi reaktor yang lebih bagus namun kurang tepat untuk industri menengah ke bawah yaitu reaktor UASB karena biaya investasi dan biaya operasi tinggi, serta memerlukan operator khusus. Reaktor jenis ini konstruksinya dibuat sedemikian rupa sehingga pengaliran influen, pemisahan padatan-gas dan pembuangan efluen sangat efisien. Waktu tinggal UASB antara 4 – 24 jam dengan efisiensi pengolahan mencapai 80 – 90%. mempunyai kemampuan terhadap fluktuasi debit dan beban polutan.

Reaktor anaerob jenis *septic tank* lebih tepat digunakan untuk industri tahu karena kemudahan dalam perawatan dan pengoperasiannya, meskipun waktu tinggal cukup lama.

Sistem pengolahan biogas meliputi inlet (masuknya limbah cair), bak equalisasi, bak pengendapan, bak *Anaerobik Filter*, bak peluapan, bak pengurasan, dan outlet (keluarnya limbah cair yang telah diolah) (KLH, 2006). Bentuk dasar peralatan proses

biogas tipe kubah (*fixed dome digester*) seperti yang terlihat pada gambar 2.



Sumber : DEWATS

Gambar 2. Sketsa Gambar Tipe *Fixed Dome Digester*

Biogas adalah gas yang dihasilkan oleh aktifitas bakteri anaerobik terhadap bahan-bahan organik. Kandungan utama dalam biogas adalah metana dan karbon dioksida. Gas metana bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi non BBM.

Dalam proses degradasi ini selain metana juga terbentuk gas hidrogen sulfida, karbon dioksida dan amoniak dalam jumlah sedikit. Kandungan metana berkisar antara 54 – 70 % (Fillino Harahap, 1978). Pembentukan biogas bisa dikendalikan dengan mengatur faktor-faktor yang berpengaruh seperti: pH, alkalinitas, suhu, F/M ratio, nutrien, waktu tinggal dan keberadaan zat toksik.

Apabila limbah cair industri tahu terdegradasi secara anaerobik, selain menyebabkan bau busuk juga menghasilkan emisi metana yang merupakan gas rumah kaca yang memiliki efek 25 kali lebih kuat dibandingkan dengan efek karbon dioksida (Proteous, 1992). Jumlah biogas yang dihasilkan dari proses degradasi anaerobik limbah cair industri tahu dapat diestimasi dari data nilai COD dan tingkat degradasinya. Setiap kg COD yang terdegradasi pada kondisi anaerobik dapat dihasilkan sebanyak 0,39 m³ CH₄ pada suhu 35°C (USDA and NSCS, 2007). Informasi lain menyebutkan nilai konversi 0,35 m³ CH₄ /kg COD terdegradasi (Wilkie, 2005).

Menurut Romli (2009) beban limbah cair industri tahu sekitar 110 g COD/ kg kedelai. Hutzer dalam Romli (2009) menyatakan bahwa

nilai kalor biogas 16.000 – 20.000KJ/ m³ atau sekitar 60-80% dari nilai kalor gas alam atau setara 0,5 L solar. Berdasarkan neraca bahan proses pembuatan tahu, untuk industri tahu kapasitas 100 kg kedelai, bila tingkat degradasi 80% dan nilai konversi 0,39 m³ metana/kg COD terdegradasi maka akan dihasilkan sejumlah 3,432 m³ biogas atau setara dengan 4,4 liter solar.

ABR (*anaerobic baffled reaktor*)

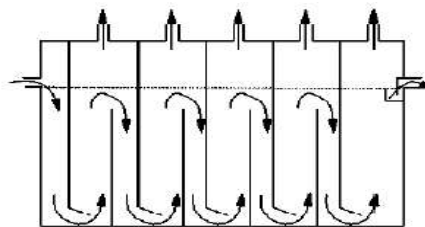
Anaerobic baffled reaktor tergolong dalam reaktor *anaerobic high rate* karena memiliki waktu tinggal (HRT) antara 6 hingga 20 jam. Reaktor ini dikembangkan oleh McCarty dan rekan kerja di Stanford University. ABR merupakan bagian dari reaktor *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) yang dibagi menjadi beberapa kompartemen namun tidak memerlukan butiran granul dalam operasionalnya. Sebuah ABR terdiri dari serangkaian *baffle* vertikal yang mengarahkan limbah cair ke bawah (*down flow*) dan ke atas (*up flow*) *baffle* saat lewat dari inlet ke outlet. Aliran cairan dari atas ke bawah akan mengurangi terjadinya pelepasan bakteri dalam reaktor sehingga memungkinkan ABR untuk mempertahankan massa biologis aktif tanpa menggunakan media tetap. Gerakan horisontalnya juga lambat sehingga memungkinkan limbah cair bersentuhan dengan biomassa aktif saat melewati ABR (Nguyen et al, 2010).

Kelebihan reaktor ABR dari sisi disain adalah sederhana, tidak ada pencampuran mekanik, kemungkinan terjadi sumbatan kecil, dan biaya pembangunan relatif murah, sedangkan dilihat dari sisi biomassa adalah umur generasinya rendah, waktu retensi padatan cukup tinggi, serta tidak memerlukan pemisahan gas dan lumpur secara khusus. Selain itu dilihat dari operasinya memerlukan waktu retensi yang rendah, sangat stabil pada kejutan hidraulik, terdapat perlindungan dari masuknya bahan beracun dalam influen, waktu pengoperasian panjang tanpa membuang lumpur. Produksi lumpur yang dihasilkan dekomposisi anaerob hanya bernilai 10 %

dibandingkan yang dihasilkan metode aerob (Aiyuk et al., 2006).

Namun disisi lain menurut Bell (2002) reaktor ABR memiliki kelemahan yaitu harus dibangun cukup rendah untuk mempertahankan aliran ke atas (*upflow*) cairan maupun gas. Menurut Mulyani (2012) kelemahan ABR terletak pada rendahnya efisiensi penghilangan TSS yang kurang baik, yaitu berkisar antara 40-70%. Zat padat dengan densitas yang mendekati densitas air juga akan terbawa keluar dari kompartemen pertama dan terbawa keluar reaktor bersama dengan efluen.

Untuk meningkatkan kinerja ABR, perlu dipertimbangkan beberapa aspek yang berkaitan dengan struktur mikroorganisme yang akan terbentuk dalam reaktor, yaitu: kecepatan aliran permukaan, waktu kontak, laju pembebanan organik, karakteristik limbah cair, jenis bibit lumpur yang digunakan, suhu, pH dan alkalinitas, serta keberadaan polimer dan kation seperti Ca, Mg dan Fe.



Gambar 3. Skema ABR (Foxon et al, 2006)

Digesti secara anaerobik yang terjadi dalam ABR terdiri dari berbagai kelompok organisme. Kelompok pertama organisme adalah hidrolitik fermentatif (*Acidogenic*) bakteri yang menghidrolisis substrat polimer kompleks untuk asam organik, alkohol, gula, hidrogen, dan karbon dioksida. Kelompok kedua adalah organisme *acetogenic* yang mengkonversi produk fermentasi dari tahapan sebelumnya (hidrolisis dan asidogenesis) menjadi asetat dan karbon dioksida. Kelompok ketiga adalah *metanogenic* yang mengubah senyawa sederhana seperti asam asetat, metanol, dan karbon dioksida dan hidrogen menjadi metana. Empat langkah utama yang biasanya menentukan reaksi organisme dalam

proses anaerobik adalah: hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis.

Berdasarkan hasil penelitian Bachman et al (1982) dalam Sani (2002), reaktor jenis ini mampu menyisihkan COD hingga 80% sedangkan menurut Foxon et al, 2006 Sistem ABR mampu menurunkan 70-90 % BOD dan 72-95 % COD. Yuliati dan Sarwoko Mangkudiharjo (2001) mengemukakan hasil penelitiannya bahwa menggunakan reaktor AHBR dengan komposisi nutrisi (COD : N : P = 8738 mg/l : 23,77 mg / l : 1,92 mg/l atau 300 : 0,8 : 0,06) menunjukkan efisiensi penurunan COD limbah cair sebesar 81,92 %. Dalam penelitian Sani (2002) yang menggunakan ABR yang dilanjutkan dengan reaktor Aerob untuk mengolah limbah cair tahu menunjukkan bahwa efisiensi penurunan COD dari ABR mencapai angka tertinggi 64% setelah dilanjutkan dengan reaktor aerob efisiensi penurunan COD akhir menjadi 86%. Menurut Rahayu et al, 2013 Teknologi yang dapat dikembangkan dalam pengolahan limbah tahu dan tempe adalah teknologi pengolahan limbah cair melalui proses Anaerob untuk menghasilkan biogas sebagai energi alternative yang ramah lingkungan. Dengan teknologi ini nilai COD dapat diturunkan berkisar 75-90% (Anonim,1995). Selain itu, dengan metode Anaerob, teknologi yang digunakan sederhana, mudah dipraktekkan dengan peralatan yang relatif murah dan mudah didapat sehingga para pelaku industri kecil dan menengah tidak lagi beranggapan bahwa pengolahan limbah cair merupakan beban yang sangat mahal.

Pada jenis limbah cair yang lain, seperti yang dilakukan pada penelitian Manalu yang menggunakan ABR pada limbah cair pedagang makanan kaki lima dari COD awal 290 – 4290 mg/l menghasilkan efluen dengan efisiensi 95%. Kondisi tersebut sesuai dengan keterangan yang disampaikan Tchobanoglous, et al, (2003) bahwa dengan didahului dengan bak penampungan dan dilanjutkan dengan unit bak ABR terjadi penyisihan parameter dengan efisiensi masing – masing dari ketiga parameter adalah 80% untuk TSS, 95% untuk BOD, dan 95% untuk COD. Mulyani (2012) yang menggunakan ABR untuk mengolah limbah

cair tapioka menunjukkan hasil bahwa pada waktu tinggal 9 hari dapat menurunkan COD dari 8000 bg/L menjadi 954 mg/L atau sekitar 88%.

Proses anaerobik berlangsung dengan baik pada suhu sekitar 30-40°C, maka pada daerah tropis proses anaerobik ini mampu mencapai hasil pengolahan limbah yang cukup memuaskan. Pengurangan BOD dan COD bisa mencapai 70% sampai 95%. Meskipun demikian, hasil dari pengolahan anaerobik ini (terutama untuk pengolahan limbah cair industri) masih relatif belum sesuai dengan ketentuan untuk dapat dibuang langsung ke badan air. Oleh karena itu, pengolahan tambahan masih diperlukan agar kualitas air hasil pengolahan cukup bagus untuk dapat dibuang langsung ke sungai.

Dari beberapa keterangan di atas menunjukkan setelah diolah dalam reaktor anaerob, limbah cair tahu masih perlu diolah kembali dalam reaktor yang lain agar dapat memenuhi baku mutu yang disyaratkan. Salah satu sistem yang dapat digunakan adalah *Constructed wetland*.

Constructed Wetland

Sistem lahan basah buatan (*Constructed Wetlands*) merupakan proses pengolahan limbah yang meniru dari proses penjernihan air yang terjadi dilahan basah/rawa, dimana tumbuhan air (*Hydrophita*) yang tumbuh didaerah tersebut memegang peranan penting dalam proses pemulihan kualitas limbah cair secara alamiah (Suprihatin 2014). Menurut Metcalf & Eddy (1993), *constructed wetland* merupakan suatu sistem yang termasuk pengolahan alami, terjadi aktivitas pengolahan sedimentasi, filtrasi, transfer gas, adsorpsi, pengolahan kimiawi dan biologis, karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman. Bahan organik yang terdapat dalam limbah cair akan dirombak oleh mikroorganisme menjadi senyawa lebih sederhana dan akan dimanfaatkan oleh tumbuhan sebagai nutrient, sedangkan sistem perakaran tumbuhan air akan menghasilkan oksigen yang dapat digunakan sebagai sumber

energi/katalisator untuk rangkaian proses metabolisme bagi kehidupan mikroorganisme.

Secara umum sistem pengolahan limbah dengan Lahan Basah Buatan (*Constructed Wetland*) ada 2 (dua) tipe, yaitu sistem aliran permukaan (*Surface Flow Constructed Wetland*) atau *SF-Wetland* dan sistem aliran bawah permukaan (*Sub-Surface Flow Constructed Wetland*) atau sering dikenal dengan sistem *SSF-Wetlands* (Leady, 1997). Pada *Surface Flow Constructed Wetland* digunakan tanah sebagai media tanam, dangkal, dan *open water*, biayanya murah, namun kerugiannya sebagai sarang nyamuk dan tikus. Pada *Subsurface Flow Constructed Wetland* media tanamnya pasir atau gravel, dan cenderung lebih dalam daripada *Surface Flow Constructed Wetland*, biaya konstruksi dan operasional lebih murah.

Berdasar jenis tanamannya, *constructed wetland* dibagi menjadi 3 kelompok yaitu: sistem yang menggunakan tanaman makrophyta mengambang atau sering disebut dengan Lahan Basah sistem Tanaman Air Mengambang (*Floating Aquatic Plant System*), Sistem yang menggunakan tanaman makrophyta dalam air (*Submerged*) dan umumnya digunakan pada sistem Lahan Basah Buatan tipe Aliran Permukaan (*Surface Flow Wetlands*), Sistem yang menggunakan tanaman makrophyta yang akarnya tenggelam atau sering disebut juga *amphibiuous plants* dan biasanya digunakan untuk Lahan Basah Buatan tipe Aliran Bawah Permukaan (*Subsurface Flow Wetlands*) *SSF-Wetlands*. (Suriawiria, 1993).

Kelebihan *constructed wetland* menurut Haberl dan Langergraber (2002) dalam Suprihatin (2014) adalah berdasarkan pendekatan teknis maupun efektivitas biaya, system tersebut lebih banyak dipilih dengan alasan sistem *wetlands* seringkali pembangunannya lebih murah dibandingkan dengan alternatif sistem pengolahan limbah yang lainnya. Biaya operasional dan pemeliharaan yang rendah dan waktu operasionalnya dapat secara periodik, tidak harus secara kontinyu. Sistem *Wetlands* ini mempunyai toleransi yang tinggi terhadap fluktuasi debit limbah cair. Mampu mengolah

limbah cair dengan berbagai perbedaan jenis polutan maupun konsentrasinya. Memungkinkan untuk pelaksanaan pemanfaatan kembali & daur ulang (*reuse & recycling*) airnya.

Teknologi ini telah banyak terbukti di banyak negara dapat menurunkan kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), Nitrogen (N) dan Phosphor (P), serta bakteri coli, nutrient dan logam berat secara signifikan. Selain itu *Constructed Wetland* merupakan teknologi yang efektif, murah dan perawatan mudah (Dallas et al., 2004; Chang et.al., 2011). *Wetland* juga dapat menambah estetika sehingga dapat menciptakan lingkungan yang lebih asri (Kusrijadi, 2010).

Sistem pengolahan limbah cair industri karet dan hotel menggunakan *Constructed Wetland* dengan tanaman *Mensiang* (*Scirpus grossus L. f*) memberikan efisiensi penyisihan yang relatif tinggi terhadap pencemar yaitu BOD sebesar 82-98%, COD 87-97%, TSS 78-92% dan nitrogen total 90-93% serta amoniak total 87-91 % (Komala, et al 2005). Pada penelitian Prabowo dan Mangkoediharjo (2015) penggunaan *SSF* untuk pengolahan limbah kantin dengan tanaman *Canna indica* mampu menghasilkan efisiensi penurunan yang optimum pada COD sebesar 87%, dan pada BOD sebesar 75%. Pada penelitian Hidayat et al 2014, *constructed wetland* type *SSF* untuk mengolah limbah cair Musala dengan menggunakan tanaman *Cyperus* menghasilkan efisiensi total tertinggi untuk parameter COD yaitu sebesar 78,07%, TSS sebesar 78,72%,

4. KESIMPULAN

Konsep pengolahan air limbah tahu dilakukan dengan memilah jenis air limbah whey dan limbah cair lainnya. Limbah cair whey diolah dalam digester anaerob untuk memperoleh hasil berupa gas metana yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Keluaran dari digester anaerob bersama dengan air cucian diolah dalam *ABR* untuk menurunkan kandungan zat organik yang masih terkandung dalam limbah cair, sedangkan untuk

ammonia, fosfat direduksi dengan melewati dalam wetlands. Teknologi ini sangat dimungkinkan untuk dapat diterapkan karena minim akan perawatan rutin, sehingga keberlanjutan operasional dapat berjalan.

Dengan prosentase penurunan beban pencemar COD di digester anaerob penghasil biogas mencapai sekitar 80 % dilanjutkan dengan efisiensi penurunan COD setelah melewati ABR sebesar 70-95 % dan disempurnakan dengan efisiensi penurunan dari constructed wetland terutama type SSF sebesar 78-97 % maka diprediksi beban cemaran yang masuk ke badan air penerima sudah memenuhi persyaratan baku mutu.

5. SARAN

Konsep teknologi pengolahan limbah cair tahu dengan sistem anaerob biogas-ABR-constructed wetland perlu diujicobakan langsung pada industri tahu untuk mengetahui secara pasti efektifitasnya dalam penurunan beban cemaran.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada Ir. Sartamtama yang telah menginspirasi hingga terwujudnya tulisan ini.

7. REFERENSI

- Aiyuk, S., I. Forrez, D.K. Lieven, A.V. Haandel and W. Verstraete, 2006, Anaerobic and Complementary Treatment of Domestic Sewage in Regions with Hot Climates A Review, *Bioresource Technology* 97(1): 2225–2241.
- Bell J, 2002, Treatment of Dye Wastewaters in The Anaerobic Baffled Reaktor and Characterisation of The Associated Microbial Populations, Ph.D Thesis, School of Chem. Eng., Univ. of Natal, Durban.
- Chang, N.B., Z.Xuan, A.Daranpob, M.Wanielista, 2011, A subsurface upflow wetland system for removalof nutrients and pathogens in on-site sewage treatment and disposal systems, *Environ Eng Sci* 28(1):11–24
- Cowan J.C and Wolf W.J, 1974, Soybeans, *Encyclopedia of Food Technology*. The Avi Publishing Company, Inc. Westport ,Connecticut. Volume 2,818-828.
- Dallas, S., B.Scheffe dan Goen Ho, 2004, Reedbeds for greywater treatment-case study in Santa Elene-Monteverde, Costa Rica, Central America, *Journal Ecological Engineering*, Volume 23, issue 1, 1 August 2004, Pages 55-61.
- Fillino Harahap, 1979, *Teknologi Gas Bio*. International Sun Day. Pusat Teknologi Pembangunan, ITB, Bandung.
- Foxon, K.M., C.A. Buckley, C.J. Brouckaert, P. Dama, Z. Mtembu, N. Rodda, M. Smith, S. Pillay, N. Arjun, T. Lalbahadur and F. Bux, 2006, The Evaluation of the Anaerobic Baffled Reaktor for Sanitation in Dense Perl-Urban Settlements. Durban: Report to the Water Research Commission.
- Geissen, S.U., 2008, Wertstoffgewinnung aus dem Abwasser. Paper Internationale Alumni - Sommerschule '7rinkwasser-versorgung und Abwasserbehandlung in Ballungraeumen -New Anwendungen und Technologien, Berlin, 27.49.5.2008.
- Iza, I., Palencia J.I., dan Fernandez-Polanco, F, 1990, Wastewater Management in Sugar Beet Factory: A Case Study Comparison Between Anaerobic Technologies, *Wat. Res.* 22 (9), pp. 123130.
- Komala , Primasar, Budhi, 2005, Pengolahan Limbah Cair Dengan Tumbuhan Scirpus Grossus L.F1)W Astew A Ter Treatment Using *Scirpus Grossus L.F*, Working Paper, Fakultas Teknik Universitas Andalas.
- Kusrijadi, A., Mudzakir. A., dan Fatima S. S., 2010, Peningkatan Kualitas Sanitasi Lingkungan Berbasis Fitoremediasi, *Jurnal UPI* No. 10.
- Manalu R, Apriani I, Yusuf W, 2015, Perancangan Anaerob Baffled Reaktor (ABR) Untuk Pengolahan Limbah Cair Pedagang Kaki Lima di Kawasan Jalan H. Agus Salim Kota Pontianak, *Teknik Lingkungan*, Universitas Tanjungpura, Pontianak.
- Mulyani, H., 2012. Pengaruh Pre-Klorinasi Dan Pengaturan Ph Terhadap Proses Aklimatisasi Dan Penurunan Cod Pengolahan Limbah Cair Tapioka Sistem Anaerobic Baffled Reaktor, Thesis, Magister teknik Kimia, Pasca Sarjana UNiversitas Diponegoro.
- Nguyen H, Turgeon S, Matte J., 2010. The Anaerobic Baffled Reaktor, A study of the Wastewater Treatment Process Using the Anaerobic Baffled Reaktor, Worcester Polytecnic Institute.
- Prabowo Anindita L dan Mangkoedihardjo.Sarwoko, 2015, Penurunan Bod Dan Cod Pada Limbah cair Katering Menggunakan Konstruksi Wetland Subsurface-Flow Dengan Tumbuhan Kana (*Canna Indica*), Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) diunduh pada <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-33170-309100004-Paper.pdf>, pada tanggal 13 Juli 2015.
- Prihantoro E, 2010, Biogas dari limbah tahu. *Kemenristek*.
- Proteous, A., 1992 , *Dictionary of Environmental Science and Technology*, 2nd edition, John Wiley and Sons. New York.

- Rahayu S.S., Budiarti V.S.A., Supriyanto E., 2012, Rekayasa Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dan Tempe Dalam Upaya Mendapatkan Sumber Energi Pedesaan, *Jurnal Teknis* Vol. 7, No.3, Desember 2012 :129 – 139.
- Romli Muhammad dan Suprihatin, 2009, Beban Pencemaran Limbah Cair Industri Tahu dan Analisis Alternatif Strategi Pengelolaannya, *Jurnal Purifikasi*, Vol. 10, No.2,141-154.
- Sani, E.Y., 2006, Pengolahan Limbah cair Tahu Menggunakan Reaktor Anaerob Bersekat dan Aerob, Thesis, Program Study Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro.
- Suprihatin, H., 2014, Penurunan Konsentrasi BOD Limbah Domestik Menggunakan Sistem Wetland dengan Tanaman Hias Bintang Air (*Cyperus alternifolius*), *Dinamika Lingkungan Indonesia*, Juli 2014, p 80-87, Volume 1, Nomor 2, ISSN 2356-2226.
- Suswati, A.C., Wibisono, G., Masrevaniah, A., Arfiati, D., 2012, Analisis Luasan Constructed Wetland Menggunakan Tanaman Iris dalam Mangolah Limbah cair Domestik (Greywater), *Indonesian Green Technology Journal*.Vol. 1 No. 3.
- Taufiq Hidayat, Lita Darmayanti, Bambang Sujatmoko, 2014, Model Fisik Sub Surface Flow Constructed Wetland Untuk Pengolahan Limbah cair Musala Al-Jazari Fakultas Teknik Universitas Riau, *Jom FTEKNIK* Volume 1 No.2.
- Tchobanoglous, G., Burton, F.L., Stensel, H.D., 2003, *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse*, Fourth Edition, McGraw – Hill, Inc, New York.
- USDA dan NSCS, 2007, An Analysis of Energy Production Costs from Anaerobic Digestion System on U.S. Livestock Production Facilities, Technical Note No.1, Issued 2007.
- Wagiman, 2006, A Tofu Wastewater Treatment With A Combination of Anaerobic Baffled Reactor and Activated Sludge System, *Majalah Ilmu dan Teknologi Pertanian*, Vo. XVI, No. 1,39-43
- Wilkie, A.C., 2005, Anaerob digestion: Biology and Benefits. In: *Dairy Manure Management: Treatment, Handling, and Community Relations*. Nature Resource, Agriculture, and Engineering Services. Cornell University, N.Y. Diakses tanggal 20 Mei 2011. Website: <dairy.ifas.ufl.edu/Jother/...INRAES-176March2005-p63-72.pdf>
- Yulianti, S dan Mangkoedihardjo, S., 2001, Penurunan COD Limbah Tempe dengan Anaerobic Horizontal Baffled Reaktor serta Ekotoksitasnya Terhadap *Oryza sativa* dan *Phaseolus radiates*, *Jurnal Purifikasi* Vol 2 no.3, Mei 2001. Surabaya.