

EVALUASI KINERJA PROSES AUF-EKOTEK UNTUK PENGENDALIAN LIMBAH CAIR PABRIK TAHU DI S.CIPELES

Ratna Hidayat¹, Eko Winar Irianto², Rebit Rimba Rinjani³

^{1,2} Peneliti Teknik Sumber Daya Air, ³ Calon Peneliti Teknik SDA,
Pusat Litbang Sumber Daya Air, Jl.Ir.H.Juanda No.193, Bandung
E-mail: ratnahid@yahoo.com

Diterima: 4 Januari 2010; Disetujui: 6 April 2010

ABSTRAK

Terdapat sejumlah pabrik tahu di Sumedang, dimana salah satu pabrik membuang limbahnya ke Sungai Cipeles dengan kadar BOD 2.310-6.680 mg/L, COD 1.931- 8.900 mg/L, temperatur tinggi dan bersifat asam. Akibatnya terjadi peningkatan pencemaran sungai, yaitu BOD 40%, dan COD 30 %, karena Sungai Cipeles merupakan hulu Waduk Jatigede, maka perlu dijaga kelestariannya, Saat ini pabrik tersebut mengolah limbahnya pada prototip Puslitbang Sumber Daya Air yang merupakan gabungan proses anaerobic dengan Ekoteknologi, tetapi masih perlu diketahui kinerjanya. Metode penelitian dilaksanakan dengan cara mengukur inlet dan outlet Unit Ekoteknologi untuk ketiga jenis tanaman (*Iris versicolor*, *Fimbristylis globosa* dan *Typha latifolia*) dengan proses adaptasi, melalui aklimatisasi di unit AUF. Kesimpulan dari penelitian ini adalah BOD outlet pengolahan dengan pengenceran ketiga jenis tanaman sesuai dengan BMLC (Baku Mutu Limbah Cair) Gol.I, sedangkan COD yang memenuhi BMLC Gol.1 yaitu *Iris versicolor* dan *Typha latifolia*. Selanjutnya COD pengolahan tanpa pengenceran ketiga jenis tanaman memenuhi kriteria BMLC Gol.1. Apabila emisi limbah meningkat tiba tiba, kerja mikroorganisme cenderung gagal (berbau dan mikroba punah). Hal ini dapat diatasi dengan pengulangan aklimatisasi dan pengoperasian bertahap dengan dan tanpa pengenceran.

Kata kunci : Limbah Cair Tahu, , Ekoteknologi, Anaerobic Upflow Filter (AUF), BOD, COD.

ABSTRACT

There are many 'tofu' industries in Sumedang, Jawa Barat, one of them discharges wastewater containing 2310-6680 mg/L BOD, 1931- 8900 mg/L COD, lowest acidity and high temperature . The consequent increase of river pollution load, are BOD (40%) and COD (30%). As the Cipeles River is situated upstream the Jatigede Dam, attempts are to be made to preserve the river water quality. Currently, treatment of its waste is done at the Puslitbang Sumber Daya Air prototype, and evaluation of the performance of process is therefore very substantial. The research was carried out by measuring the inlet and outlet of the treatment unit that uses three aquatic plant species such as *Iris Versicolor*, *Fimbristylis Globosa* dan *Typha Latifolia* in its adaptation process or acclimatization in AUF unit. Evaluation concluded that the BOD outlet with dilution process by the three plant species is meeting Class I of BMLC (Waste Water Criteria), and COD for sp. *Iris Versicolor* and *Typha Latifolia*. COD without dilution process of the three species fulfill Class I of BMLC. Sudden increase of waste water emission due to 'tofu' production may cause micro-organism to die and spread of bad smell. Such condition can be prevented by repeating the acclimatization process and step-wise operation with or without dilution.

Keywords: "Tofu" waste water, eco-technology, Anaerobic Up-flow Filter (AUF), BOD, COD.

PENDAHULUAN

Pembuatan tahu menghasilkan limbah padat dan cair. Limbah padat dimanfaatkan untuk pakan ternak, sedangkan limbah cair yang dibuang ke Sungai Cipeles berpotensi mencemari lingkungan, sebab bahan organiknya tinggi, yang mengandung kadar BOD sebesar 6.680 mg/L dan COD sebesar 8.900 mg/L, pH asam yaitu 4,5 dan temperatur

tinggi yang mencapai 46,7°C (PT.Miranthi Konsultan Permai, 2007). Sungai Cipeles perlu dijaga kelestariannya, karena bermuara ke Sungai Cimanuk sebagai pasok air Waduk Jatigede yang saat ini sedang dibangun. PT. Sari Bumi merupakan salah satu pabrik tahu di Kabupaten Sumedang, berlokasi di Desa Rancamulya, Kecamatan Sumedang Utara, berada di sebelah Sungai Cipeles. Sejak tahun 2009 PT. Sari Bumi mengolah

limbahnya di prototip Ekoteknologi sarana Puslitbang Sumber Daya Air (PSDA). Ekoteknologi merupakan *green construction* sarana pengolahan limbah cair, yang mampu menurunkan zat pencemar ramah lingkungan. Selain itu tanpa memakai bahan kimia, biaya pembangunan dan pengoperasiannya ekonomis, dan bisa merupakan Ruang Terbuka Hijau untuk alternatif antisipasi perubahan iklim.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kinerja Prototip Ekoteknologi dalam mengendalikan pencemaran limbah cair pabrik tahu. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai panduan operasional Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pabrik tahu dengan biaya pengolahan murah, yang dapat diterapkan oleh pabrik tahu lainnya.

TINJAUAN PUSTAKA

Pembuatan tahu menghasilkan limbah cair sekitar 1,5-2m³/kuintal kedelai (Nusa Idaman Said dkk, 1999). Limbah industri dengan kadar organik tinggi, sangat efisien diolah dengan *Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)*, karena mampu mengolah limbah cair dengan kadar COD sebesar 5.000-15.000 mg/L, dan memiliki efisiensi pengolahan COD sebesar 75-85 % (Metcalf & Eddy, 1991). Biofilter anaerob, mampu mereduksi COD limbah cair tahu sebesar 78,5-84,4 % dan nitrogen total sebesar 26,5-31,6%. (Sriharti dkk, 2004)

Penyerapan unsur pencemar oleh akar terjadi melalui aliran massa, yaitu ion dalam air bergerak menuju akar ke gradient potensial karena transpirasi, juga oleh difusi yaitu gradient konsentrasi yang dihasilkan oleh pengambilan ion pada permukaan akar (Eko Siswoyo, 2006).

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan pada prototip Ekoteknologi dengan kapasitas 0,01 L/detik, terdiri dari saluran limbah, Bak *Anaerob Upflow Filter (AUF)*, dan Unit Ekoteknologi. Jenis tanaman percobaan, meliputi Unit A tanaman *Iris versicolor*, Unit B tanaman *Fimbristylis globulosa* (mendong) dan Unit C tanaman *Typha latifolia*. Diagram alir prototip ekoteknologi dengan ketiga jenis tanaman percobaan ditunjukkan pada Gambar 1.

Kegiatan penelitian ini dilakukan melalui proses aklimatisasi pada bak *AUF*, yaitu mencampur limbah cair pabrik tahu dengan mikroorganisme yang telah diperam sebelumnya, lalu diamati. Bak *Anaerob Upflow Filter (AUF)* bisa membantu dalam meningkatkan efektifitas

penurunan zat pencemar, sehingga efluentnya dapat diolah pada Unit Ekoteknologi.

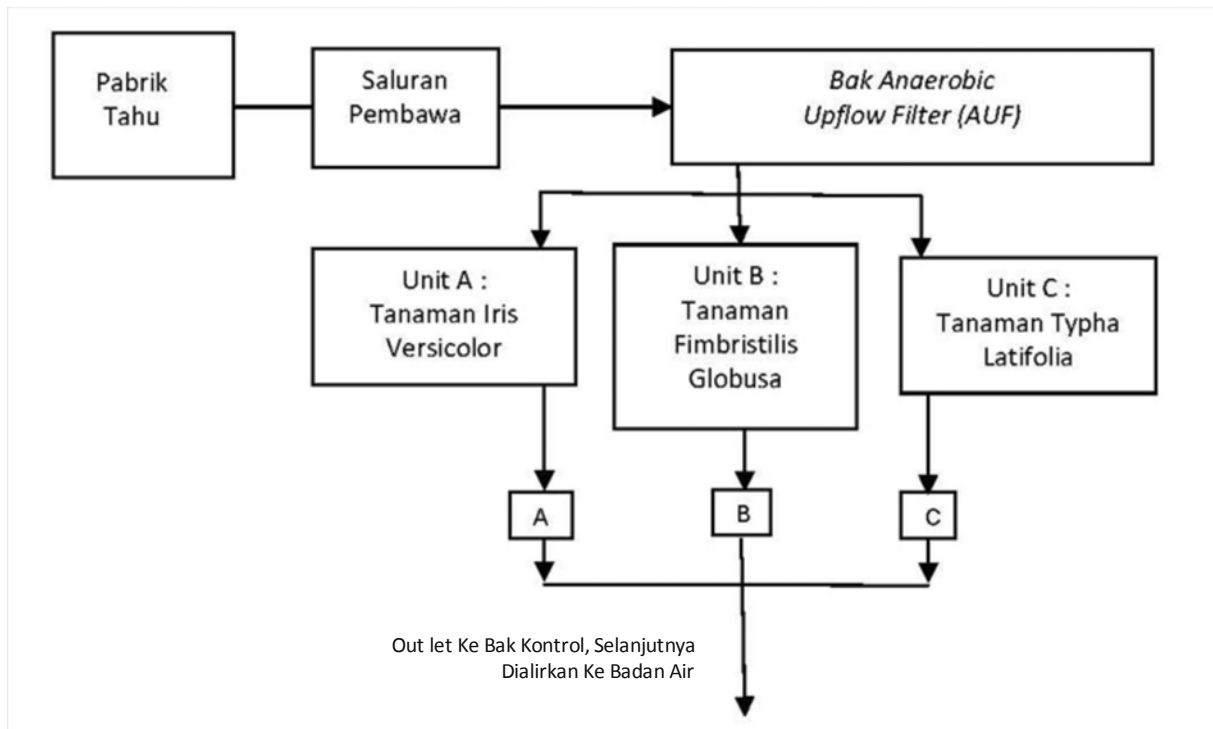
Apabila proses aklimatisasi tidak berhasil, yang dicirikan oleh kadar COD yang masih tinggi, berbau dan tidak ada pertumbuhan mikroba. Dalam kondisi demikian perlu dilakukan pengulangan persiapan bahan mikroorganisme dan proses aklimatisasi. Apabila proses berhasil, dilakukan pengukuran BOD dan pengecekan beban BOD. Karena beban BOD yang masih tinggi perlu diadaptasi dengan pengenceran ke dalam bak *AUF* sambil dialirkan limbah cair pabrik tahu. Kemudian effluent bak *AUF* dialirkan ke Unit Ekoteknologi selama empat bulan. Selanjutnya dengan perlakuan tanpa pengenceran, yaitu limbah cair dari Bak *AUF* dialirkan ke Unit Ekoteknologi dalam waktu lima bulan. Dari masing masing pengoperasian dengan dan tanpa pengenceran, diukur kualitas air inlet dan outlet Unit Ekoteknologi secara berkala sehingga dapat diketahui kinerjanya. Metode penelitian pengolahan limbah cair pabrik tahu dengan menggunakan prototip Ekoteknologi selengkapnya ditunjukkan pada Gambar 2.

Metoda analisis dalam penelitian ini dilakukan melalui kegiatan:

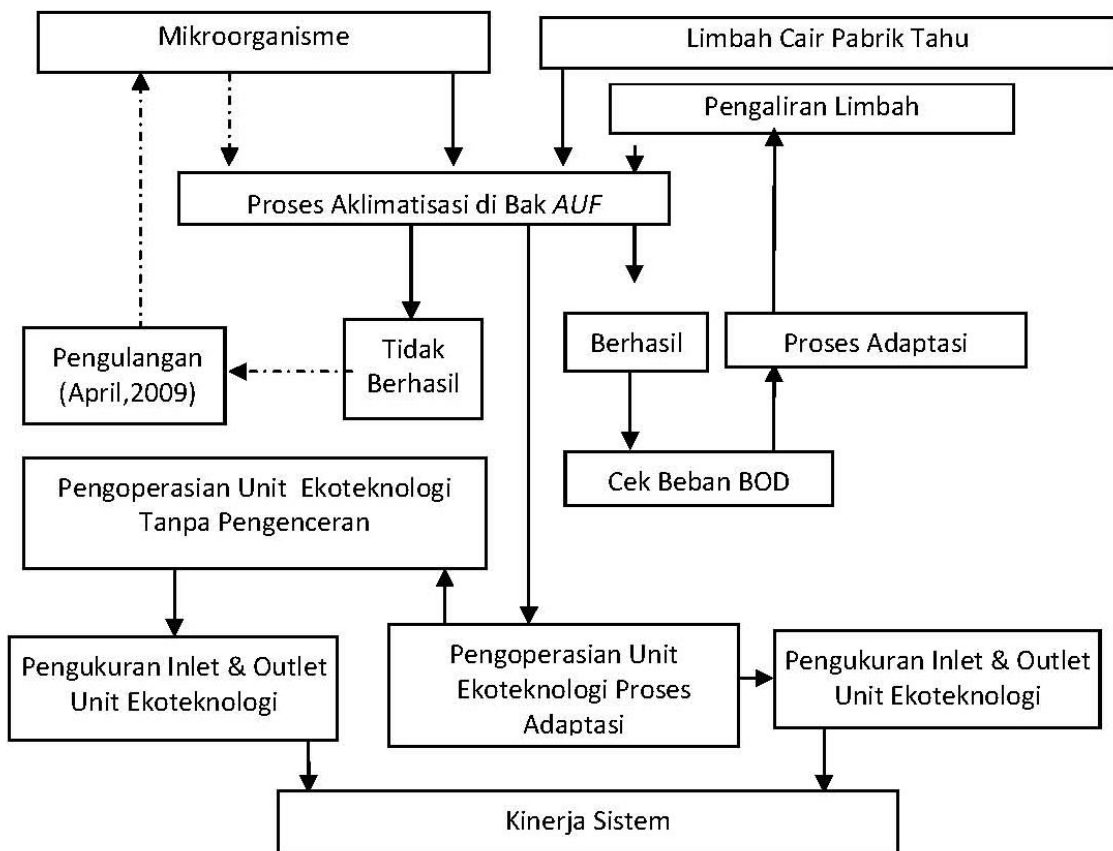
- 1) Evaluasi beban BOD Bak *AUF* terhadap Kriteria Beban BOD yang dapat diolah;
- 2) Evaluasi inlet dan outlet Unit *Ekoteknologi* terhadap BMLC SK. Gub. Jabar No 6/1999, yang meliputi parameter dengan ketentuan berikut: Temperatur pada 38 °C ; pH antara 6 – 9; BOD dengan kadar 50 mg/L dan COD dengan kadar 100 mg/L.

KUALITAS LIMBAH CAIR PABRIK TAHU

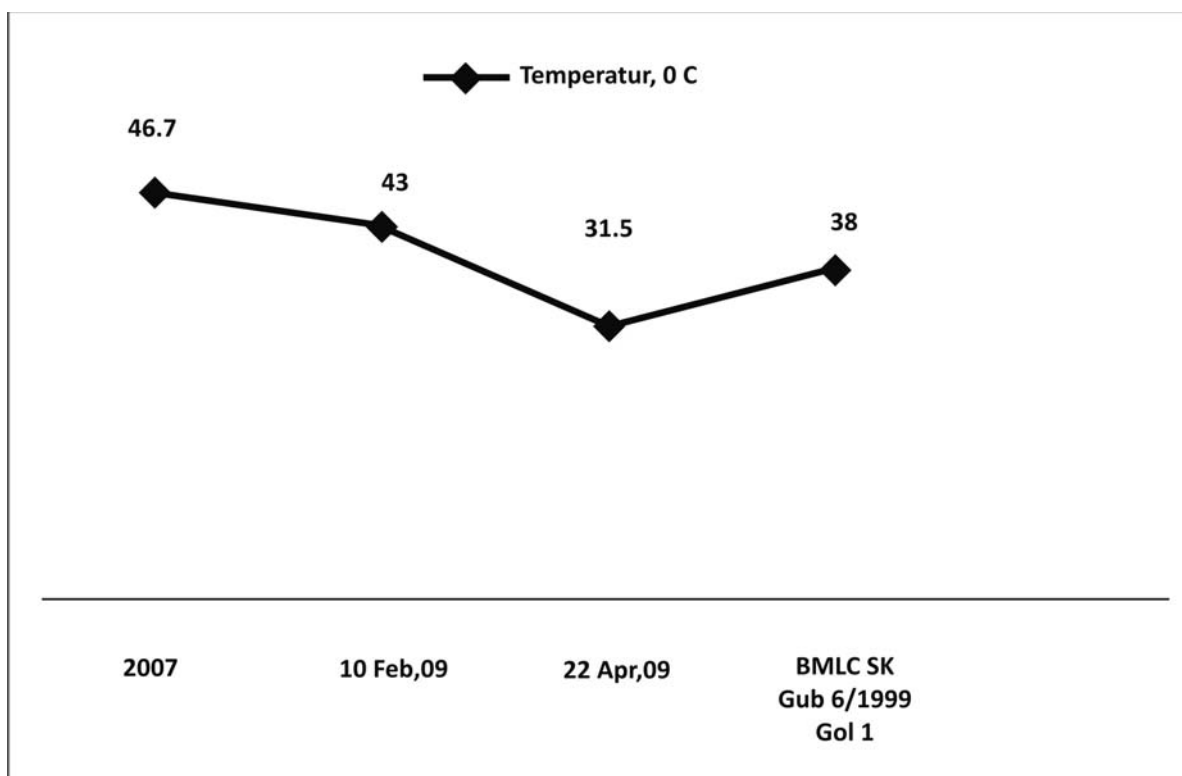
Pengukuran limbah cair pabrik tahu dilakukan pada tanggal 7 Februari tahun 2007, tanggal 4 Maret tahun 2007, tanggal 10 Februari tahun 2009, dan tanggal 22 April tahun 2009. Parameter kualitas limbah cair yang diukur, meliputi temperatur, pH, BOD dan COD. Evaluasi kualitas limbah cair dilakukan dengan membandingkan hasil dari tiga kali pengukuran limbah cair terhadap Baku Mutu Limbah Cair (BMLC) Golongan 1 dari SK. Gub. Jabar No 6/1999. Hasil pengukuran limbah cair pabrik tahu telah melampaui ketentuan Golongan 1 BMLC SK. Gub No 6/1999, yaitu : 66 % data temperatur tidak sesuai BMLC; seluruh data data pH bersifat asam; dan seluruh data BOD dan COD sangat tinggi sehingga telah melampaui BMLC Gol. I. Selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 3,4,5 dan 6.



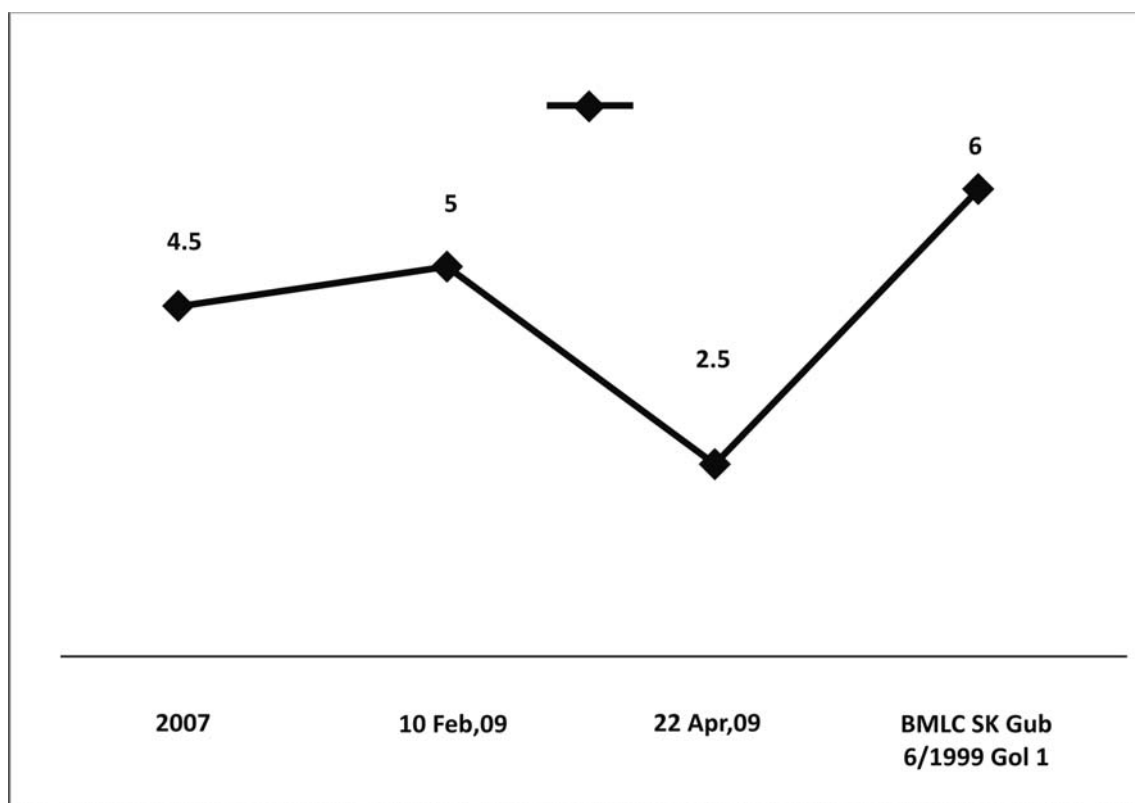
Gambar 1 Diagram alir prototip ekoteknologi



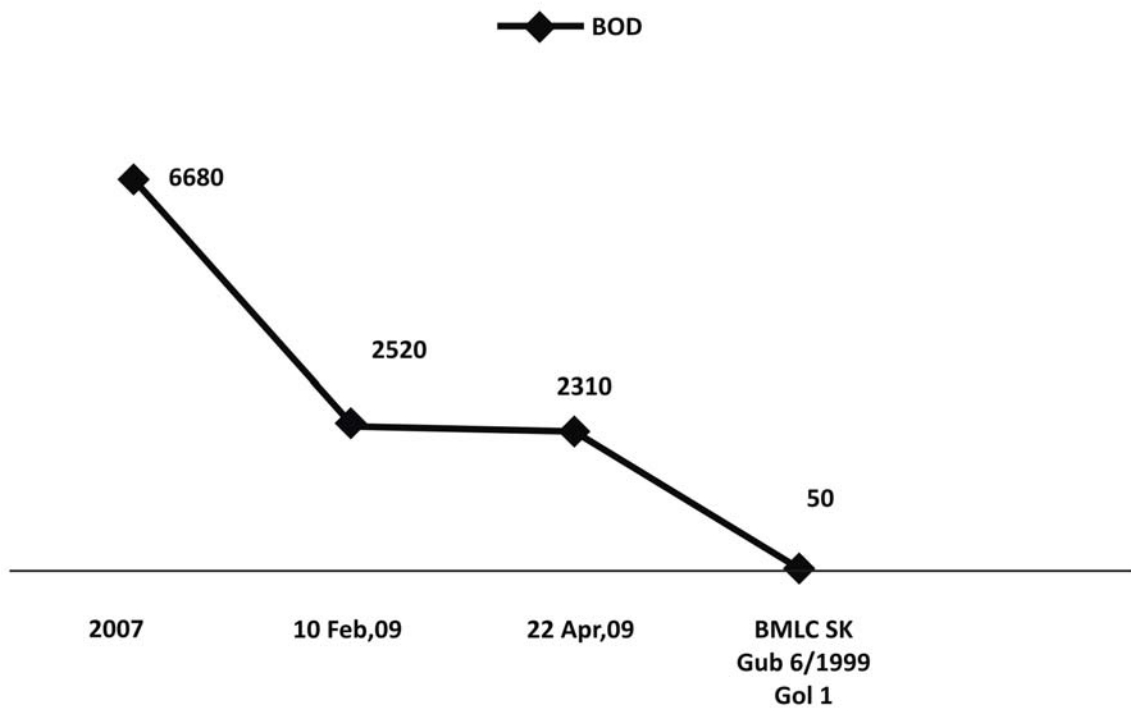
Gambar 2 Metode penelitian



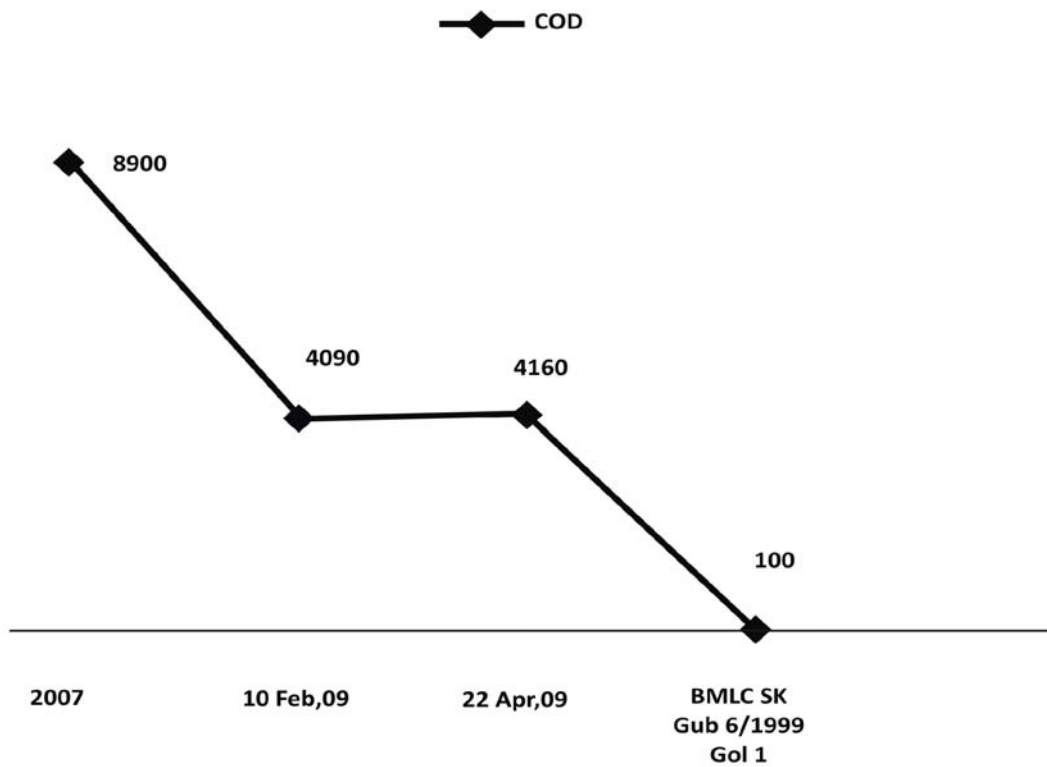
Gambar 3 Evaluasi temperatur limbah cair Pabrik Tahu terhadap BMLC Gol.I SK.Gub. No.6/ 1999



Gambar 4 Evaluasi p H limbah cair Pabrik Tahu terhadap BMLC Gol.I SK.Gub. No.6/ 1999



Gambar 5 Evaluasi BOD limbah cair Pabrik Tahu terhadap BMLC Gol.I SK.Gub. No.6/ 1999



Gambar 6 Evaluasi COD limbah cair Pabrik Tahu terhadap BMLC Gol. I SK.Gub. No.6/ 1999

Berdasarkan pengukuran pada tanggal 10 Februari dan 22 April, tahun 2009, limbah cair pabrik tahu PT. Sari Bumi mengandung zat organik tinggi; yaitu dengan kadar BOD 2.310-2.520 mg/L, dan kadar COD 4.090-4.160 mg/L, temperatur 31,5-43 °C, dan bersifat asam dengan pH 2,5-5. Tetapi pada pengukuran tahun 2007, mengandung kadar pencemar lebih tinggi yaitu dengan kadar BOD sebesar 6.680 mg/L, kadar COD sebesar 8.900 mg/L, temperatur 46,7°C, dan berbau setelah terjadi dekomposisi zat organik. Ketika limbah cair pabrik tahu dibuang langsung ke Sungai Cipeles, terjadi penurunan kualitas air sungai sesudah menerima limbah. Kadar BOD di hulu dari 5,5 mg/L meningkat di hilir menjadi 7,7 mg/L dan kadar COD di hulu dari 7,9 mg/L meningkat di hilir menjadi 10,3 mg/L (PT. Miranthen Konsultan Permai, 2007).

Karakteristik limbah cair pabrik tahu di Dago-Bengkok, Bandung Utara, mengandung BOD dengan kadar 3.630-3.650 mg/L, COD dengan kadar 6.136-8.782 mg/L, pH asam yaitu antara 4,1-5,15 dan suhu antara 23,5-25 °C (Erik Fahuwusa, 2010). Pabrik tahu di Jakarta mengandung BOD dengan kadar antara 910-12.100 mg/L dan COD dengan kadar antara 1.100-15.055 mg/L (Nusa Idaman Said dan Heru Dwi Wahjono, 1999). Terlihat bahwa kadar BOD dan COD limbah cair pabrik tahu PT. Sari Bumi relatif rendah dibandingkan dengan limbah cair pabrik tahu di DKI Jakarta, juga berbeda dengan limbah cair pabrik tahu di Dago-Bengkok. Hal ini diduga oleh perbedaan produksi tahu dan jumlah bahan baku yang digunakan. Dugaan ini sesuai dengan penjelasan pemilik pabrik PT. Sari Bumi, bahwa ada penurunan produksi dari tahun 2007 ke tahun 2009, yang ditunjukkan dengan lebih rendahnya kadar BOD dan COD limbah cair pabrik tahu tahun 2009. Karakteristik zat organik limbah cair pabrik tahu tersebut sesuai pernyataan Erlin (2000), bahwa limbah cair pabrik tahu mengandung COD dan BOD yang sangat tinggi.

Bau busuk limbah cair pabrik tahu pada saluran pembuang dan badan air penerima mengganggu kenyamanan lingkungan. Timbulnya bau karena terbentuk amoniak dan sulfida akibat beban pencemar organik yang sangat tinggi dari dekomposisi limbah cair pabrik tahu.

Dari berbagai limbah cair pabrik tahu menunjukkan bersifat asam, ini akibat dari proses penggumpalan tahu yang menggunakan asam cuka (CH_3COOH) dan batutahu ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{NH}_2\text{O}$) yang bersifat asam.

Berdasarkan evaluasi kualitas limbah cair pabrik tahu PT. Sari Bumi terhadap BMLC Gol. I dari SK. Gub. Jabar No.6/1999 ternyata tidak sesuai untuk beberapa parameter, yaitu :

- 1) Temperatur antara 31,5 - 46,7°C (BMLC Gol. I: 38°C), 66 % data dari tiga kali pengukuran limbah cair pabrik tahu tidak sesuai BMLC Gol. I, karena temperaturnya jauh di atas persyaratan.
- 2) pH antara 2,5 - 5 (BMLC Gol. I: 6-9), seluruh data dari tiga kali pengukuran limbah cair pabrik tahu tidak sesuai BMLC Gol. I, karena kadarnya sangat rendah, atau bersifat asam.
- 3) BOD antara 2.310 - 6.680 mg/L (BMLC Gol. I 50 mg/L), seluruh data dari tiga kali pengukuran limbah cair pabrik tahu tidak sesuai BMLC Gol. I karena kadar BOD jauh di atas kadar yang ditentukan.
- 4) COD terukur antara 1.931 - 8.900 mg/L (BMLC Gol. I :100 mg/L), seluruh data dari tiga kali pengukuran limbah cair pabrik tahu tidak sesuai BMLC Gol. I karena kadar COD jauh di atas kadar yang ditentukan.

Hasil pengukuran limbah cair pabrik tahu menunjukkan mengandung kadar BOD dan COD mencapai ribuan mg/L, pH asam dan temperatur melebihi BMLC Gol. I. Selain itu saat limbah cair pabrik tahu dibuang langsung ke Sungai Cipeles terjadi peningkatan kadar BOD sebesar 40 % dari kadar semula sebesar 5,5 mg/L di hulu pembuangan limbah cair tahu, naik di hilir pembuangan limbah cair tahu menjadi 7,7 mg/L, dan COD meningkat sebesar 30 %, dari kadar semula di hulu pembuangan limbah cair tahu sebesar 7,9 mg/L naik di hilir pembuangan limbah cair tahu menjadi 10,3 mg/L. Dengan demikian limbah cair pabrik tahu tersebut harus diolah terlebih dahulu, baru effluent hasil pengolahan dibuang ke badan air.

PERSIAPAN PENGOPERASIAN SISTEM

1 Persiapan mikroorganisme (Tabel 1)

Persiapan bahan mikroorganisme dikerjakan dengan melakukan pengeraman isi rumen sapi yang diencerkan dengan air didalam tong yang tertutup dari bahan kedap cahaya, selanjutnya dicampurkan dengan limbah cair pabrik tahu dalam bak *AUF*. Pemakaian isi rumen sapi sesuai untuk proses penurunan zat organik (Adi Mulyanto, 1999), karena bakteri isi rumen sapi merupakan bakteri yang mampu hidup secara anaerob, dan Bak *AUF* juga dioperasikan pada kondisi anaerob. Pada proses persiapan bahan mikroorganisme, karena isi rumen sapi yang terbatas, ditambah dengan kotoran sapi. Kedua bahan tersebut dimasukkan kedalam tong yang diencerkan dengan air, kemudian diperam selama enam hari, diaduk tiga kali per hari dan pada hari ke tujuh disaring, selanjutnya hasil saringan diisikan ke dalam Bak *AUF*.

Tong tempat pengeraman mikroorganisme, terbuat dari bahan kedap cahaya, yang diharapkan agar bakteri kotoran sapi dapat beradaptasi secara anaerobik setelah dicampur di Bak *AUF*, sehingga

bakteri yang berasal dari kotoran sapi dapat mendegradasi limbah cair pabrik tahu dalam kondisi anaerobik seperti proses alami yang terjadi pada usus sapi.

Tabel 1 Proses persiapan mikroorganisme

No	Kegiatan	Waktu	
		Ke 1 : 5 Feb, 2009	Ke 2 : 11 Apr, 2009
1)	Timbang Isi Rumen Sapi masukan ke dalam tong	2 set @ 2,15 kg	1 set @ 18 kg
2)	Timbang Kotoran Sapi masukan ke dalam tong yang sama dengan bahan 1)	2 set @ 56,50 kg	1 set @ 32,50 kg
	Perbandingan Bahan 1):2)	= 1 : 26,3	= 1 : 1,8
3)	Encerkan dengan air	Perbandingan Bahan Mikroba : Air =1: 2,8	Perbandingan Bahan Mikroba : Air =1: 1,9
4)	Tong ditutup bahan kedap cahaya, diperam selama 6 hari	Aduk 3 kali per hari	Aduk 3 kali per hari
5)	Hari ke 7 bahan 4) disaring, dimasukkan ke Bak <i>AUF</i> ,	Perbandingan Bahan Mikroba : Bak <i>AUF</i> =1: 5,9	Perbandingan Bahan Mikroba : Bak <i>AUF</i> =1: 13

Keterangan : Hasil kegiatan lapangan

2 Proses aklimatisasi

Proses aklimatisasi, yaitu pencampuran antara limbah cair pabrik tahu dengan mikroorganisme, yang merupakan proses adaptasi mikroorganisme terhadap limbah cair pabrik tahu dalam Bak *AUF* yang menjadi substrat untuk pertumbuhannya. Proses ini diperlukan agar terjadi penurunan kadar pencemar dari limbah cair pabrik.

Volume Bak *AUF* yaitu 1.890 L, dengan dimensi: panjang 4,65 m, lebar 1,2 m dan tinggi 1,5 m. Bak *AUF* di lengkapi dengan media filter dari potongan ruas bambu yang berdiameter antara 5-7 cm dan panjang 0,45 m (Gambar 7). Fungsi dari media filter tersebut untuk menurunkan unsur pencemar dari limbah cair pabrik tahu yang diolah. Proses aklimatisasi, dilakukan dua kali, karena pada aklimatisasi pertama yang dilakukan tanggal 5 Februari, 2009, tidak berhasil. Indikator kegagalan proses aklimatisasi, yaitu dengan ciri limbah berbau, tidak ada pertumbuhan mikroorganisme, COD masih sangat tinggi. Kemungkinan gagalnya proses aklimatisasi yang pertama karena ada *shock loading*, juga bakteri yang belum beradaptasi dengan limbah cair tahu yang diolah, dan rendahnya volume isi rumen sapi yang dipergunakan.

Proses aklimatisasi yang kedua dilakukan pada tanggal 11 April, 2009. Pada proses aklimatisasi tahap kedua percobaan dinyatakan berhasil. Dapat dilihat dengan ciri limbah tidak berbau, terjadi pertumbuhan mikroorganisme (yang ditunjukkan dari hidupnya belatung). Selain itu terjadi penurunan kadar pencemar pada pengukuran kadar COD dari proses aklimatisasi pada bak *AUF*.

KUALITAS LIMBAH CAIR PABRIK TAHU DAN BEBAN BOD BAK *AUF*

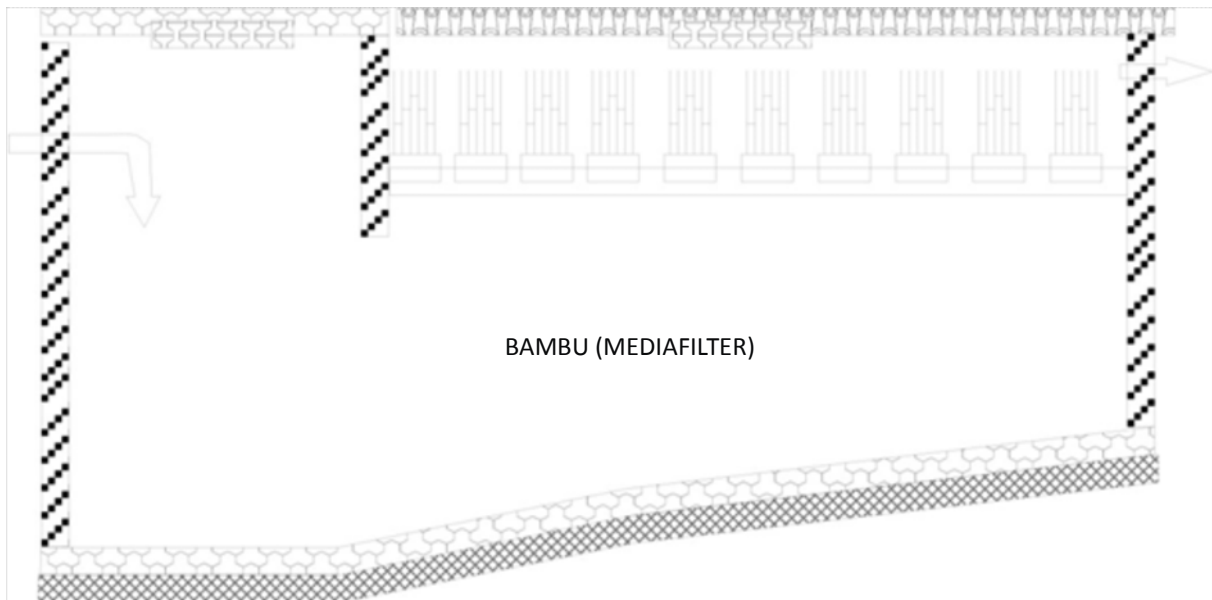
1 Kualitas limbah cair bak *AUF*

Parameter kualitas limbah cair yang diukur pada Bak *AUF*, yaitu : temperatur, pH dan zat organik (meliputi BOD dan COD), yang dilakukan setelah proses aklimatisasi ke-1 dan ke-2 hasilnya ditunjukkan pada Tabel 2.

Kadar Zat Organik dari proses aklimatisasi pada Bak *AUF* dibandingkan dengan kadar limbah cair pabrik tahu telah terjadi penurunan BOD sebesar 53 % dan COD sebesar 58 %. Namun demikian kadar Zat Organik tersebut masih tinggi, yaitu mengandung kadar BOD 1.194-1.730 mg/L dan kadar COD 1.730-3.080 mg/L, kondisi ini diluar kemampuan pengolahan Unit Ekoteknologi.

2 Korelasi kadar BOD bak *AUF* terhadap kriteria beban BOD

Kadar BOD Bak *AUF* berkisar antara 1.194-1.730 mg/L, yang setara dengan beban BOD antara 0,10-0,15 mg/m².detik, sedang Kriteria Beban BOD maksimum 67,50 Kg/ha.hari atau sebesar 0,08 mg/m².detik (Metcalf & Eddy, 1991), maka Beban BOD Bak *AUF* tersebut 1,3-2 kali Kriteria Beban BOD maksimum, artinya Unit Ekoteknologi tidak mampu mengolah beban BOD tersebut. Kondisi demikian dapat diatasi dengan proses adaptasi pengoperasian Unit Ekoteknologi, yaitu dengan melakukan pengenceran pada rentang 600-1.200 mL/menit ke Bak *AUF*, kemudian dialirkan ke Unit Ekoteknologi.



Gambar 7 Potongan memanjang bak AUF

Tabel 2 Hasil pengukuran kualitas limbah cair pabrik tahu dan bak AUF

Waktu Pengukuran	Parameter	Bak AUF	Keterangan
10 Feb,2009	Temperatur, °C	32	Pengukuran, Setelah Aklimatisasi pertama . Kondisi fisik limbah : Berbau tajam tidak tumbuh mikroba
	pH	6,1	
	BOD, mg/L	1194	
	COD, mg/L	1730	
22 April,2009	Temperatur, °C	28,5	Pengukuran, Setelah Aklimatisasi kedua. Kondisi fisik limbah : Tidak Bau, tumbuh mikroba
	pH	7,5	
	BOD, mg/L	1730	
	COD, mg/L	3080	

UNIT EKOTEKNOLOGI

Unit Ekoteknologi berjumlah tiga buah, ukuran: panjang 17,25 m, lebar 3 m dan dalam 70 cm (30 cm didasar dialasi media batu kerikil diameter 3-5 cm, di atasnya lapisan tanah gembur 20 cm, dan paling atas ambang bebas 20 cm). Perlengkapan Unit Ekoteknologi adalah:

- 1) Pipa *underdrain* berlubang, bahan PVC diameter 4 inchi, diletakkan di bawah lapisan batu kerikil, berfungsi untuk menyalurkan air olahan Unit Ekoteknologi ke bak kontrol.
- 2) Bak kontrol menampung hasil olahan, yang kemudian disalurkan ke Sungai Cipeles.
- 3) Lapisan tanah liat, berfungsi supaya tidak bocor, sehingga air limbah bisa terolah seluruhnya. Tebal lapisan tanah liat 10 cm diletakkan di bawah pipa *underdrain*.

Lapisan media Unit Ekoteknologi, ditunjukkan pada Gambar 8.

PENGOPERASIAN UNIT EKOTEKNOLOGI

1 Proses adaptasi dengan pengenceran

Tahap awal dilakukan pengoperasian Unit Ekoteknologi dengan pengenceran. Pengenceran ke dalam bak AUF dengan cara mengalirkan air antara 660-1200 mL/menit. Selanjutnya effluent bak AUF dialirkan ke Unit Ekoteknologi selama empat bulan, yaitu dari bulan Mei sampai dengan bulan

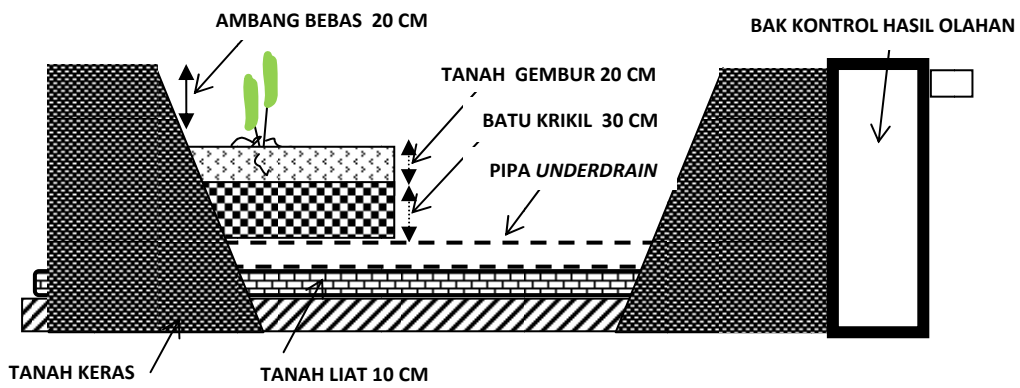
Agustus, 2009. Dalam kurun pengoperasian ini diukur kualitas air inlet dan outlet Unit Ekoteknologi, yaitu pada bulan Juni, Juli dan Agustus, 2009. Parameter kualitas limbah cair yang diukur meliputi BOD, COD, N-total dan P-Total.

2 Tanpa pengenceran

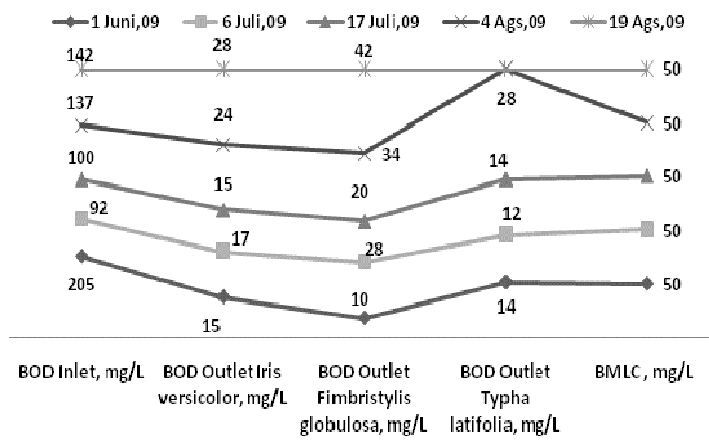
Berikutnya dilakukan pengoperasian Unit Ekoteknologi tanpa pengenceran, yang dilaksanakan sejak bulan September selama lima bulan, yaitu dengan mengalirkan langsung effluent bak AUF ke Unit Ekoteknologi. Kualitas air inlet dan outlet Unit Ekoteknologi diukur pada tanggal 18 Januari, 2010. Parameter kualitas limbah cair yang diukur terbatas untuk Zat Organik yaitu untuk parameter COD.

3 Kinerja unit ekoteknologi

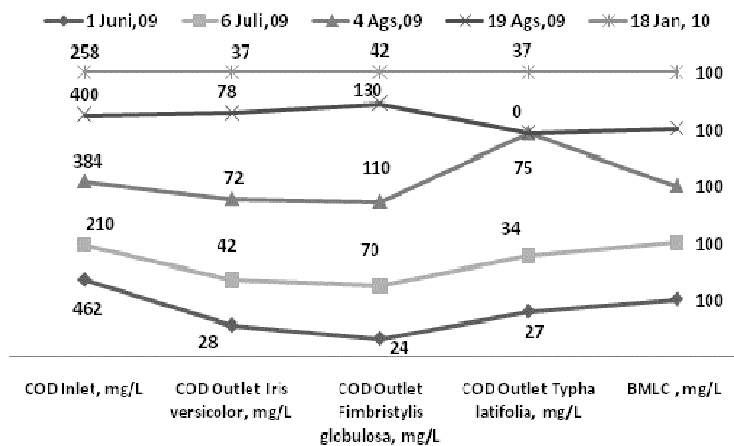
Kinerja Unit Ekoteknologi dapat diketahui dengan cara membandingkan kualitas air inlet dan outlet Unit Ekoteknologi pada pengoperasian dengan pengenceran, dan tanpa pengenceran. Parameter kualitas air kajian pada inlet dan outlet Unit Ekoteknologi meliputi BOD, COD, N Total, dan P Total. Gambaran kinerja Unit Ekoteknologi yang merupakan penurunan unsur pencemar hasil pengolahan dengan menggunakan tiga jenis tanaman percobaan, ditunjukkan pada Gambar 9,10,11 dan 12 serta pada Tabel 3 dan Tabel 4.



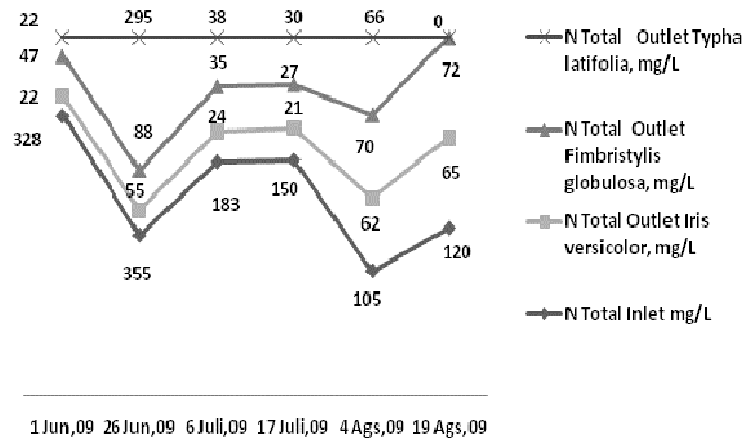
Gambar 8 Gambar potongan memanjang unit Ekoteknologi



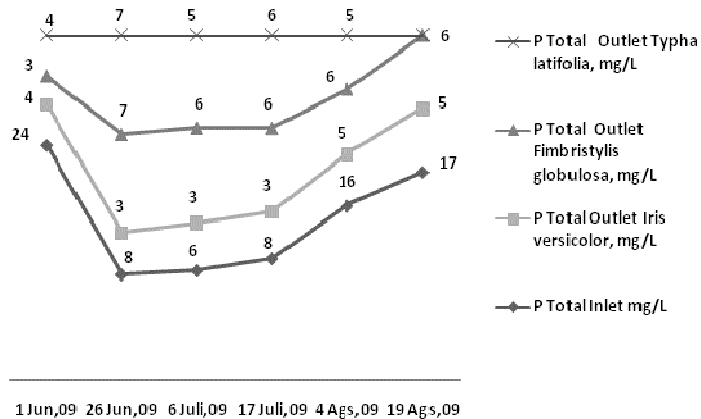
Gambar 9 Hasil pengolahan limbah tahu dengan tanaman (*Iris versicolor*; *Fimbristylis globulosa* dan *Typha latifolia*) untuk parameter BOD



Gambar 10 Hasil pengolahan limbah tahu dengan tanaman (*Iris versicolor*; *Fimbristylis globulosa* dan *Typha latifolia*) untuk parameter COD



Gambar 11 Hasil pengolahan limbah tahu dengan tanaman (*Iris versicolor*; *Fimbristylis globulosa* dan *Typha latifolia*) untuk parameter N total



Gambar 12 Hasil pengolahan limbah tahu dengan tanaman (*Iris versicolor*; *Fimbristylis globulosa* dan *Typha latifolia*) untuk parameter P total

Tabel 3 Efisiensi Penurunan BOD dan COD Tanaman *Iris versicolor*, *Fimbristylis globulosa* dan *Typha latifolia*)

Waktu	Adaptasi Pengenceran per menit	<i>Iris versicolor</i>	Mendong (<i>Fimbristylis globulosa</i>)	<i>Typha latifolia</i>	<i>Iris versicolor</i>	Mendong (<i>Fimbristylis globulosa</i>)	<i>Typha latifolia</i>
		BOD	BOD	BOD	COD	COD	COD
1 Juni,09	1200 mL	93%	95%	93%	94%	95%	93%
6 Juli, 09	1200 mL	82%	70%	87%	80%	67%	84%
17 Juli, 09	1200 mL	85%	80%	86%	--	--	--
4 Ags,09	660 mL	82%	75%	80%	81%	71%	80%
19 Ags,09	660 mL	80%	70%	--	81%	68%	--
18 Jan,'10	Tanpa Pengenceran	--	--	--	86%	84%	86%

Tabel 4 Efisiensi penurunan N-Total dan P-Total Tanaman *Iris versicolor*, *Fimbristylis globulosa* dan *Typha latifolia*)

Waktu	Adaptasi Pengenceran per menit	<i>Iris versicolor</i>	Mendong (<i>Fimbristylis globulosa</i>)	<i>Typha latifolia</i>	<i>Iris versicolor</i>	Mendong (<i>Fimbristylis globulosa</i>)	<i>Typha latifolia</i>
Parameter N Total dan P Total		N Total			P Total		
1 Juni,09	1200 mL	93%	86%	93%	83%	88%	81%
6 Juli, 09	1200 mL	87%	81%	79%	57%	13%	16%
17 Juli, 09	1200 mL	86%	82%	80%	62%	31%	24%
4 Ags,09	660 mL	41%	33%	37%	71%	63%	69%
19 Ags,09	660 mL	46%	40%	---	70%	65%	--

EVALUASI KINERJA UNIT EKOTEKNOLOGI

1) Pengolahan tahap adaptasi dengan pengenceran

Berdasarkan hasil pengukuran kualitas air pada bulan Juni, Juli dan Agustus, 2009, ternyata:

- a) Kadar BOD semua jenis tanaman sesuai dengan BMLC Gol. I (Gambar 9), karena menghasilkan pengolahan dengan kadar lebih kecil dari 50 mg/L. Efisiensi pengolahan parameter BOD setiap jenis tanaman dapat diketahui dengan membandingkan kadar BOD inlet dan hasil pengolahan Unit Ekoteknologi dari setiap jenis tanaman (Tabel 3).

Kadar BOD inlet Unit Ekoteknologi antara 92-205 mg/L, sedangkan BOD hasil pengolahan setiap jenis tanaman berfluktuasi, yaitu: BOD pada outlet *Iris versicolor* turun menjadi 15-28 mg/L, sehingga efisiensi pengolahan 80-93 %. Pada outlet Mendong (*Fimbristylis globulosa*) kadar BOD turun menjadi 10-42 mg/L, sehingga efisiensi pengolahan 70-95 % dan pada outlet *Typha latifolia* kadar BOD turun menjadi 12-28 mg/L, sehingga efisiensi pengolahan 80 - 93 %.

- b) Kadar COD tanaman yang sesuai dengan BMLC Gol.I adalah *Iris versicolor* dan *Typha latifolia* karena kadar COD hasil pengolahan lebih kecil dari 100 mg/L. Sedangkan tanaman mendong (*Fimbristylis globulosa*) tidak memenuhi BMLC Gol.1, karena 40% data COD hasil pengolahan lebih besar dari 100 mg/L (Gambar 10).

Efisiensi pengolahan COD setiap jenis tanaman, dapat diketahui dengan membandingkan kadar COD inlet dan hasil pengolahan Unit Ekoteknologi dari setiap jenis tanaman (Tabel 3).

Kadar COD inlet Unit Ekoteknologi antara 210-462 mg/L, sedangkan kadar COD hasil pengolahan dua jenis tanaman, yaitu: pada outlet tanaman *Iris versicolor* turun kadar COD menjadi 28-78 mg/L, sehingga efisiensi

pengolahan 80-94%. Pada outlet tanaman *Typha latifolia* kadar COD turun menjadi 27-37 mg/L, sehingga efisiensi pengolahan 80-93%.

- c) Parameter N Total dan P Total tidak dapat dipakai untuk kontrol pemenuhan terhadap BMLC, karena kedua parameter tersebut tidak merupakan persyaratan BMLC.

Efisiensi penyerapan kadar N Total pada setiap tanaman merupakan perbandingan antara kadar N Total antara inlet dengan hasil pengolahan Unit Ekoteknologi (Tabel 4). Penurunan kadar N Total setiap jenis tanaman ditunjukkan pada Gambar 11.

Kadar N Total inlet Unit Ekoteknologi berkisar antara 105-355 mg/L. Hasil pengolahan menunjukkan kadar N Total setiap jenis tanaman berfluktuasi, yaitu: pada tanaman *Iris versicolor* kadar N Total turun menjadi 20,5-65 mg/L, sehingga efisiensi pengolahan 41-93 %, kadar N Total pada tanaman Mendong (*Fimbristylis globulosa*) turun menjadi 27,4-88,31 mg/L, sehingga efisiensi pengolahan 33-86 %, dan kadar N Total pada tanaman *Typha latifolia* turun menjadi 22,06 - 295 mg/L, sehingga efisiensi pengolahan 37-93 %. Efisiensi penyerapan kadar P Total pada setiap tanaman merupakan perbandingan antara kadar P Total antara inlet dengan hasil pengolahan Unit Ekoteknologi (Tabel 4). Penurunan kadar P Total setiap jenis tanaman ditunjukkan pada Gambar 12. Kadar P Total inlet Unit Ekoteknologi berkisar antara 6 - 24 mg/L. Hasil pengolahan menunjukkan kadar P Total setiap jenis tanaman berfluktuasi, yaitu: pada tanaman *Iris versicolor* kadar P Total turun menjadi 2,8-5,1 mg/L, sehingga efisiensi pengolahan 57-83 %, tanaman Mendong (*Fimbristylis globulosa*), kadar P Total turun menjadi 2,9-7,26 mg/L, sehingga efisiensi pengolahan 13 - 88 %, dan tanaman *Typha latifolia* kadar P Total turun menjadi 4,14-7,33 mg/L, sehingga efisiensi pengolahan 16 - 81 %.

Unsur N dibutuhkan karena merupakan unsur pembentuk molekul organik tanaman, diserap dalam bentuk nitrat dan amonium, apabila tanaman kekurangan N pertumbuhannya akan kerdil, klorosis, daun menguning dan yang terparah daun mengering kemudian gugur. Unsur P diserap dalam bentuk fosfat, yang diubah menjadi bentuk organik (nukleotida), berfungsi sebagai penyusun RNA dan DNA bagi pertumbuhan tanaman, apabila tanaman kekurangan P pertumbuhannya kerdil karena perakaran terhambat.

2) Pengolahan Tanpa Pengenceran

Pengoperasian Unit Ekoteknologi tanpa pengenceran dilakukan selama lima bulan, yaitu dari bulan September 2009 sampai bulan Januari 2010.

Hasil pengukuran pada tanggal 18 Januari 2010, menunjukkan kadar COD semua jenis tanaman sesuai dengan BMLC Gol.I, karena menghasilkan kadar COD lebih kecil dari 100 mg/L (Gambar 10). Semula kadar COD inlet Unit Ekoteknologi 258 mg/L, terjadi penurunan kadar COD hasil pengolahan pada outlet Unit Ekoteknologi, yaitu pada tanaman *Iris versicolor* dan *Typha latifolia* COD turun menjadi 37mg/L,

atau dengan efisiensi pengolahan sebesar 86%, kadar COD outlet tanaman Mendong (*Fimbristylis globosa*) turun menjadi 42 mg/L atau dengan efisiensi pengolahan 84 % (Tabel 3)

Penyerapan kadar COD pada pengolahan dengan system Ekoteknologi dibandingkan dengan system pengolahan limbah cair lain seperti proses aerasi tidak berbeda jauh. Namun untuk kadar Total N dan Total P jauh lebih tinggi pada pengolahan dengan system Ekoteknologi (Naoko Nakagawa, et al, 2005). Hal ini bisa terjadi karena Total N dan Total P diserap untuk pertumbuhan tanaman.

3) Waktu pengoperasian prototip ekoteknologi untuk pengolahan limbah cair Pabrik Tahu.

Pengoperasian prototip Ekoteknologi pada tahap awal untuk pengolahan limbah cair pabrik tahu sampai dapat diketahui kinerjanya membutuhkan waktu yang panjang. Hal ini dimaksudkan agar tanaman tumbuh terlebih dahulu, sebelum dialirkan limbah cair, sehingga fungsi akar sebagai penyerap unsur pencemar dapat optimal. Apabila terjadi *shock loading* kemungkinan mikroba punah, sehingga perlu pengulangan proses.

Tabel 5 Waktu untuk proses pengoperasian Prototip Ekoteknologi dalam mengolah limbah cair Pabrik Tahu PT.Sari Bumi

No	Kegiatan	Waktu Pengoperasian Prototip Ekoteknologi													
		2008	2009										2010		
		D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J
1	Penanaman 3 jenis tanaman	x													
2	Pemeliharaan tanaman	x	x												
3	Pengukuran limbah cair tahu					x									
4	Proses Aklimatisasi /ulang			x	x										
5	Pengukuran kualitas limbah Bak AUF			x	x										
6	Pengukuran&Cek Beban BOD Bak AUF					x									
7	Proses Adaptasi, /Pengenceran						x	x	x	x					
8	Pengoperasian Unit Ekoteknologi dg Pengenceran						x	x	x	x					
9	Pengukuran Kualitas Inlet &Outlet Unit Ekoteknologi							x	x	x					
10	Pengoperasian Unit Ekoteknologi Tanpa Pengenceran										x	x	x	x	x
11	Ukur Kualitas Inlet &Outlet Ekotek														x

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian kinerja proses prototip untuk pengolahan limbah cair pabrik tahu, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1 Kualitas limbah cair, pengaruh dan upaya konservasi

- 1) Limbah cair pabrik tahu bersifat toksik, dan tidak memenuhi kriteria BMLC Gol.I, yang ditunjukkan oleh kadar BOD antara 2.310 - 6.680 mg/L (BMLC 50 mg/L), kadar COD antara 1.931 - 8.900 mg/L (BMLC 100 mg/L), temperatur 46,7°C (BMLC 38°C), pH 2,5 (BMLC 6 - 9), juga berbau.
- 2) Saat limbah cair tahu di buang langsung ke Sungai Cipeles, telah meningkatkan tingkat pencemaran sungai, yaitu untuk parameter BOD 40% semula kadarnya 5,5 mg/L naik menjadi 7,7 mg/L, dan parameter COD naik 30 % semula 7,9 mg/L menjadi 10,3 mg/L.
- 3) Perlu upaya konservasi Sungai Cipeles karena merupakan hulu Waduk Jatigede yang sedang dalam pembangunan, yang dilakukan dengan cara mengolah limbah cair pabrik tahu sebelum dibuang ke sungai.

2 Proses aklimatisasi limbah cair pabrik tahu di bak AUF

- 1) Limbah cair pabrik tahu dengan polutan tinggi, tidak mungkin langsung diolah di Unit Ekoteknologi, karena tanaman air sebagai media penyerap unsur pencemar kemungkinan besar akan punah.
- 2) Agar penurunan zat organik optimal, perlu proses Aklimatisasi, yaitu proses adaptasi antara limbah cair pabrik tahu yang toksik dengan mikroorganisme (hasil saringan campuran isi rumen sapi dan kotoran sapi yang diencerkan dan diperam selama enam hari) di Bak AUF.

3 Pengoperasian unit Ekoteknologi

- 1) Kadar BOD hasil aklimatisasi di Bak AUF: 1.194- 1.730 mg/L, setara dengan beban BOD 0,10-0,15 mg/m².detik(Kriteria maksimum untuk proses Ekoteknologi 0,08 mg/m².detik), beban BOD tersebut tinggi sehingga diluar kemampuan pengolahan Unit Ekoteknologi.
- 2) Agar Unit Ekoteknologi dapat mengolah limbah cair pabrik tahu, diperlukan proses adaptasi dengan pengenceran ke Bak AUF antara 660-1200 mL/menit, yang dilakukan selama empat bulan, dari bulan Mei sampai Agustus, 2009, serta diukur kualitas air inlet dan outlet Unit Ekoteknologi pada bulan Juni, Juli dan Agustus, 2009.
- 3) Pengoperasian Unit Ekoteknologi dilanjutkan tanpa pengenceran sejak bulan

September, 2009, selama lima bulan, kualitas air inlet dan outlet Unit Ekoteknologi diukur pada tanggal 18 Januari 2010.

4 Kinerja unit Ekoteknologi dengan proses pengenceran

- 1) Kadar BOD outlet Unit Ekoteknologi untuk semua jenis tanaman sesuai Kriteria BMLC Gol. I (BOD < 50 mg/L). Semula kadar BOD inlet Unit Ekoteknologi: 92 - 205 mg/L, kadar BOD outlet Unit Ekoteknologi tanaman *Iris versicolor* turun menjadi 15-28 mg/L (Efisiensi pengolahan 80-93 %), tanaman Mendong (*Fimbristylis globosa*) turun menjadi 10-42 mg/L (Efisiensi pengolahan 70-95 %) dan tanaman *Typha latifolia* turun menjadi 12-28 mg/L (Efisiensi pengolahan 80 - 93 %)
- 2) Kadar COD outlet Unit Ekoteknologi tanaman *Iris versicolor* dan tanaman *Typha latifolia* sesuai Kriteria BMLC Gol.I (COD < 100 mg/L). Semula kadar COD inlet Unit Ekoteknologi antara 210-462 mg/L, terjadi penurunan kadar COD outlet tanaman *Iris versicolor* menjadi 28-78 mg/L (Efisiensi pengolahan 80-94%), tanaman *Typha latifolia* turun menjadi 27 - 37 mg/L (Efisiensi pengolahan 80 - 93%). Kadar COD Tanaman mendong (*Fimbristylis globosa*) tidak sesuai Kriteria BMLC Gol.1, karena 40% data COD outlet Unit Ekoteknologi lebih besar dari 100 mg/L.

5 Kinerja unit Ekoteknologi tanpa proses pengenceran

- 1) Pengoperasian prototip dilakukan dalam kurun waktu lima bulan dari bulan September tahun 2009 sampai dengan bulan Januari tahun 2010. Kadar COD outlet Unit Ekoteknologi semua jenis tanaman sesuai Kriteria BMLC Gol. I (COD < 100 mg/L). Semula COD inlet Unit Ekoteknologi 258 mg/L, pada outlet Unit Ekoteknologi untuk tanaman *Iris versicolor* dan *Typha latifolia* masing masing turun menjadi 37 mg/L (Efisiensi pengolahan 86%), dan pada tanaman Mendong (*Fimbristylis globosa*) turun menjadi 42 mg/L (Efisiensi pengolahan 84%).
- 2) Peningkatan puncak produksi mendadak saat Hari Raya Idul Fitri, berakibat pada meningkatnya kapasitas limbah cair yang berdampak pada kegagalan fungsi mikroorganisme di Bak AUF (ciri berbau dan mikroorganisme menjadi punah). Untuk mengatasinya diperlukan pengulangan proses aklimatisasi dan adaptasi dengan cara pengenceran, yang dilanjutkan dengan pengolahan limbah tanpa pengenceran setelah tumbuh mikroorganisme.

- 3) Pengolahan limbah cair pabrik tahu PT. Sari Bumi dengan proses Ekoteknologi, dapat diterapkan pada pabrik tahu lain, karena biaya pembangunan dan pengolahannya ekonomis.
- 4) Proses ijin usaha pabrik tahu selayaknya dicantumkan ketentuan luas lahan untuk mengolah limbah cair yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima-kasih kepada H. Dede sebagai pemilik pabrik tahu yang telah membantu informasi yang diperlukan, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Mulyanto, 1999, " Kinerja Digester Unggun Tetap untuk Mengolah Limbah Cair Industri Pematangan Hewan, Studi Kasus di Braunschweig, Jerman", Prosiding inar Nasional BPPT, Jakarta 13 Juli, 1999, hal. 264.
- Erlin, 2000, "Mikroalga *Chlorella Sp* Dapat Menormalkan Limbah Tahu", Seminar di Lembaga Penelitian Pengembangan UI Depok.
- Erik Fahuwusa, 2010, "Penyisihan Organik Melalui Pengolahan Lanjutan dengan

Menggunakan Constructed Wetland Skala Lapangan, (Studi Kasus Pabrik Tahu PT.Sari Bumi, Sumedang)", Laporan Penelitian, Program Studi Teknik Lingkungan, hal. 8.

- Eko Siswoyo, 2006, "Fitoremediasi Logam Berat Krom(Cr) Menggunakan Tanaman Air Kiapu (*Pestia Stratiotes*)", Jurnal Teknik Lingkungan Edisi Khusus, Agustus, 2006, ISSN 0854-1957, Agustus, 2006. h.281 - hal. 300.

Metcalf&Eddy, 1991, "Wastewater Engineering", Mc Graw-Hill, Inc, Third Edition, p.427; p.995

- Naoko Nakagawa, et al, 2005, "Suitability of Grey Water Treatments for a Sustainable Sanitation System", Proceedings International Symposium on Ecohydrology, International Hydrological Programme, p.9-14.

Nurhasan, Bambang. Pramudyanto, 1991, Yayasan Bina Karya Lestari

- Nusa Idaman Said dan Heru Dwi Wahjono, 1999, "Teknologi Pengolahan Air Limbah Tahu Tempe dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob", Hal.285, ISBN 979-8465-16-4, Kelompok Teknologi Pengolahan Air Bersih dan Limbah Cair, BPPT.