

**KAJIAN TEKNIS PENGOLAHAN LIMBAH PADAT DAN CAIR  
INDUSTRI TAHU**  
**Studi Kasus Industri Tahu Tandang Semarang, Sederhana Kendal dan  
Gagak Sipat Boyolali**

**Fibria Kaswinarni**

**ABSTRAK**

Industri tahu saat ini sudah menjamur di Indonesia, dan rata-rata masih dilakukan dengan teknologi yang sederhana, sehingga tingkat efisiensi penggunaan air dan bahan baku masih rendah dan tingkat produksi limbahnya juga relatif tinggi. Sumber daya manusia yang terlibat pada umumnya bertaraf pendidikan yang relatif rendah, serta belum banyak yang melakukan pengolahan limbah. Kalaupun sudah ada yang mempunyai unit pengolahan limbah hasilnya juga ada yang belum sepenuhnya sesuai yang diharapkan.

Penelitian ini dilakukan pada tiga industri tahu, yaitu Industri Tahu Tandang Semarang (Anaerob-Aerob), Sederhana Kendal (Anaerob-Aerob) dan Gagak Sipat Boyolali (Anaerob). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengolahan limbah tahu yang efektif dan efisien serta dampaknya bagi masyarakat dan lingkungan. Metode yang dipakai pada penelitian ini survai lapangan dan wawancara. Analisis data yang digunakan adalah deskriptif analitik dan analisis SWOT.

Hasil penelitian untuk pengolahan limbah padat pada setiap industri adalah dengan menjual ampas tahu, dibuat pakan ternak, tempe gembus, kerupuk ampas tahu dan roti kering. IPAL Tandang membutuhkan luas lahan 880 m<sup>2</sup>, biaya investasi sebesar ± Rp.2.657.163.236, beban biaya bangunan/m<sup>3</sup> limbah ± Rp.115.528.836, biaya operasional/bulan ± Rp.5.251.860, effluen memenuhi syarat (TSS : 66 mg/l, BOD<sub>5</sub> : 24,00 mg/l , COD : 125,5 mg/l), debit : 23 m<sup>3</sup>/detik, biaya operasional/m<sup>3</sup> limbah/ hari ± Rp.1.167, waktu tinggal 14 hari, pipa flaring tidak difungsikan. IPAL Sederhana Kendal membutuhkan luas lahan 220 m<sup>2</sup>, biaya investasi sebesar ± Rp.411.566.509, beban biaya bangunan/m<sup>3</sup> limbah ± Rp.11.759.043, biaya operasional/bulan ± Rp.1.000.000, effluen memenuhi syarat (TSS : 62 mg/l, BOD<sub>5</sub> : 57,60 mg/l , COD : 203,2 mg/l), debit : 35 m<sup>3</sup>/detik, biaya operasional/m<sup>3</sup> limbah/hari ± Rp.834, waktu tinggal 7,5 hari, pipa flaring berfungsi. IPAL Gagak Sipat Boyolali membutuhkan luas lahan 25 m<sup>2</sup>, biaya investasi sebesar ± Rp.31.397.509, beban biaya bangunan/m<sup>3</sup> limbah ± Rp.5.232.918, biaya operasional/bulan ± Rp.60.000, effluen tidak memenuhi syarat (TSS : 116 mg/l, BOD<sub>5</sub> : 337,9 , COD : 759,8 mg/l), debit : 6 m<sup>3</sup>/detik, biaya operasional/m<sup>3</sup> limbah/hari ± Rp.400, waktu tinggal 6 hari, biogas dimanfaatkan. Hasil analisis SWOT yaitu pada masing-masing industri tahu efisiensi pemakaian air masih rendah.

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu pengolahan limbah yang efektif dan efisien adalah IPAL Industri Tahu Sederhana Kendal, diperlukan pengoperasian proses IPAL secara kontinyu agar hasilnya sesuai yang diharapkan dan IPAL yang sesuai untuk industri kecil tahu adalah IPAL yang biaya investasi awal dan operasionalnya murah, perawatannya mudah, proses pengolahan lengkap (anaerob-aerob), kualitas effluen memenuhi baku mutu air limbah industri tahu, memiliki nilai ekonomis dan ramah lingkungan.

*Kata Kunci : Industri Tahu, Anaerob, Aerob, Biogas, Pengolahan Limbah.*

## ABSTRACT

Tofu Industry have spread recently in Indonesia. They have been done meantime by conventional technology, so they had low efficiency rate of used water and raw material, and relatively high waste production. Involved human resources have generally low education level, and they don't conduct yet a lot of waste processing. If there are waste processing units, they have unexpected results.

This research was done at 3 (three) tofu industries, which each apply the same solid waste processing and different liquid waste processing, but they are in the same principal. There are three tofu industries, Tandang Semarang Tofu Industry (Anaerob-Aerob), Sederhana Kendal Tofu Industry (Anaerob-Aerob), and Boyolali Tofu Industry (Anaerob). The aim of this research is to know about the effectiveness and efficiency of tofu's waste processing, especially for liquid waste and its effect to society and their environment. Used methods in this research are field survey and interview. Analysis data use descriptive analysis and SWOT analysis.

The result of this research is the effort of solid waste processing including the sale of tofu's dregs, the making of livestock food, tempe gembus, chips from tofu's dregs, and pastry. The IPAL of Tandang needs area 880 m<sup>2</sup>, investment expense equal to ± Rp.2.657.163.236, building charge/m<sup>3</sup> irrigate waste ± Rp. 115.528.836, monthly operating expense ± Rp.5.251.860, monthly operating/m<sup>3</sup> irrigate waste/day ± Rp.1.167, effluent results is appropriate to standard (TSS : 66 mg/l, BOD<sub>5</sub> : 24,00 mg/l, COD : 125,5 mg/l), debit : 23 m<sup>3</sup>/second, retention time is 14 days, flaring pipe is not functioned. The IPAL of Sederhana Kendal needs area 220 m<sup>2</sup>, investment expense equal to ± Rp.411.566.509, building charge/m<sup>3</sup> irrigate waste ± Rp.11.759.043, monthly operating expense ± Rp.1.000.000, monthly operating/m<sup>3</sup> irrigate waste/day ± Rp.834, effluent results is appropriate to standard (TSS : 62 mg/l, BOD<sub>5</sub> : 57,60 mg/l, COD : 203,2 mg/l), debit : 35 m<sup>3</sup>/second, retention time is 7,5 days, flaring pipe is functioning. The IPAL of Gagak Sipat Boyolali needs area 25 m<sup>2</sup>, investment expense equal to ± Rp.31.397.509, building charge/m<sup>3</sup> irrigate waste ± Rp.5.232.918, monthly operating expense ± Rp.60.000, monthly operating/m<sup>3</sup> irrigate waste/day ± Rp.400, effluent result isn't appropriate to standard (TSS : 116 mg/l, BOD<sub>5</sub> : 337,9, COD : 759,8 mg/l), debit : 6 m<sup>3</sup>/second, retention time is 6 days, biogas is exploited. SWOT analysis result is the usage of water in each tofu industry still lower.

The conclusion of this research is efficient and effective waste processing is done by the IPAL of Sederhana Kendal Tofu Industry, and the operational process of IPAL must be done by continuing, and appropriate IPAL for the small scale tofu industry are the expense of investment and operational is cheapest, treatment is easy, have complete processing (Anaerob-Aerob), quality of effluent fulfill standard quality of industrial wastewater treatment, owning economic value and environmental friendliness.

*Key words : Tofu Industry, Anaerob, Aerob, Biogas, Waste Treatment*

## PENDAHULUAN

Saat ini, usaha tahu di Indonesia rata-rata masih dilakukan dengan teknologi yang sederhana, sehingga tingkat efisiensi penggunaan sumber daya (air dan bahan baku) dirasakan masih rendah dan tingkat produksi limbahnya juga relatif tinggi. Kegiatan industri tahu di Indonesia didominasi oleh usaha-usaha skala kecil dengan modal yang terbatas. Sumber daya manusia yang terlibat pada umumnya bertaraf pendidikan yang relatif rendah, serta belum banyak yang melakukan pengolahan limbah.

Industri tahu dalam proses pengolahannya menghasilkan limbah baik limbah padat maupun cair. Limbah padat dihasilkan dari proses penyaringan dan penggumpalan. Sedangkan limbah cairnya dihasilkan dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu, oleh karena itu limbah cair yang dihasilkan sangat tinggi. Limbah cair tahu dengan karakteristik mengandung bahan organik tinggi, suhu mencapai 40°C-46°C, kadar BOD<sub>5</sub> (6.000-8.000 mg/l), COD (7.500-14.000 mg/l), TSS dan pH yang cukup tinggi pula. Jika langsung dibuang ke badan air, maka akan menurunkan daya dukung lingkungan. Sehingga industri tahu memerlukan suatu pengolahan limbah yang bertujuan untuk mengurangi resiko beban pencemaran yang ada. Gas-gas yang biasa ditemukan dalam limbah tahu adalah gas nitrogen (N<sub>2</sub>), Oksigen (O<sub>2</sub>), hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), amonia (NH<sub>3</sub>), karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan metana (CH<sub>4</sub>). Gas-gas tersebut berasal dari dekomposisi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air buangan (Herlambang, 2002, 15-17).

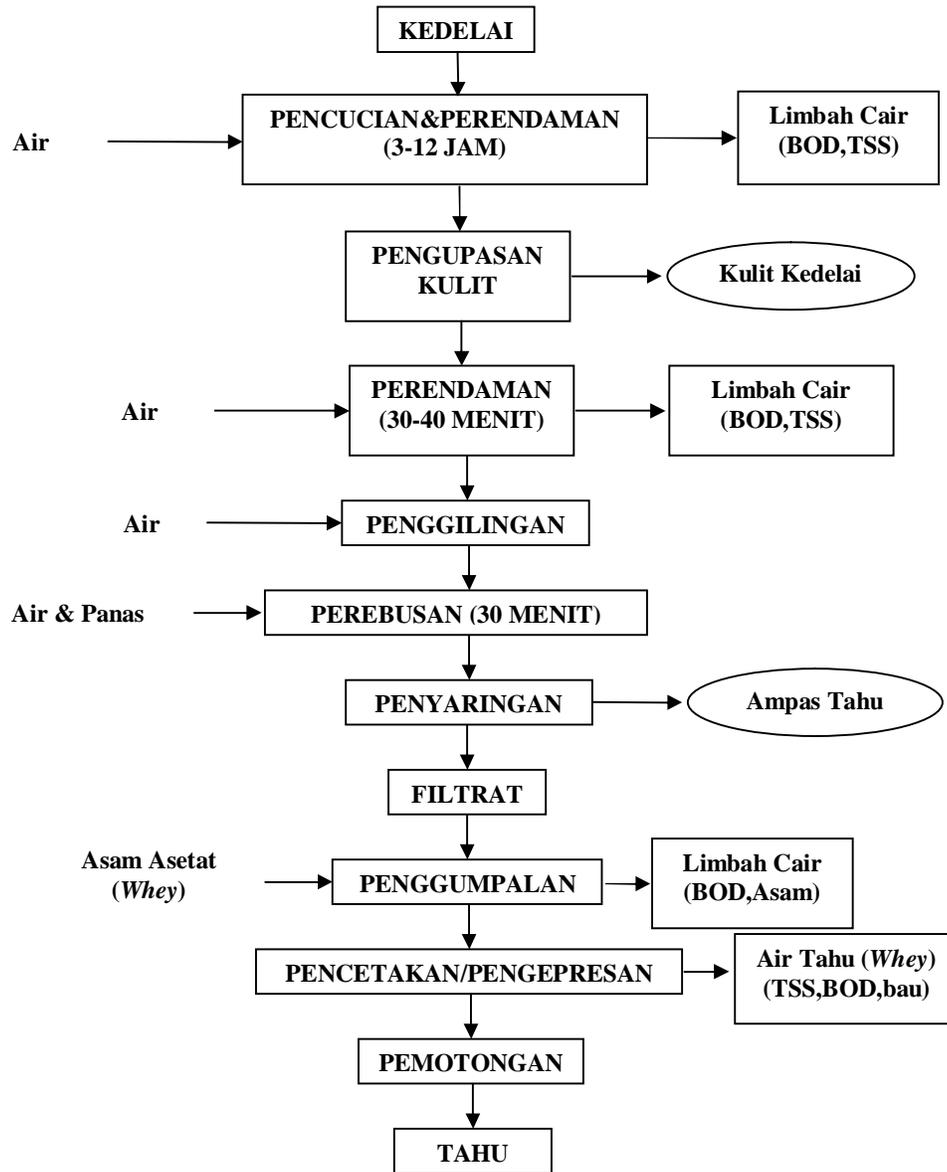
Parameter air limbah tahu yang sesuai dengan Perda Propinsi Jawa Tengah No. 10 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut :

**Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Tahu<sup>\*)</sup>**

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 Max	20 m <sup>3</sup> /ton kedelai	

<sup>\*)</sup> Perda Propinsi Jawa Tengah No. 10 Tahun 2004

Proses produksi tahu secara rinci dapat dilihat pada diagram alir proses produksi tahu dibawah ini (KLH, 2006) :



**Gambar 1. Diagram Alir Proses Produksi Tahu**  
(Sumber : KLH, 2006)

Dampak yang ditimbulkan oleh pencemaran bahan organik limbah industri tahu adalah gangguan terhadap kehidupan biotik. Turunnya kualitas air perairan akibat meningkatnya kandungan bahan organik. Aktivitas organisme dapat memecah molekul organik yang kompleks menjadi molekul organik yang sederhana. Bahan anorganik seperti ion fosfat dan nitrat dapat dipakai sebagai makanan oleh tumbuhan yang melakukan fotosintesis. Selama proses metabolisme oksigen banyak dikonsumsi, sehingga apabila bahan organik dalam air sedikit, oksigen yang hilang dari air akan segera diganti oleh oksigen hasil proses fotosintesis dan oleh reaerasi dari udara. Sebaliknya jika konsentrasi beban organik terlalu tinggi, maka akan tercipta kondisi anaerobik yang menghasilkan produk dekomposisi berupa amonia, karbondioksida, asam asetat, hidrogen sulfida, dan metana. Senyawa-senyawa tersebut sangat toksik bagi sebagian besar hewan air, dan akan menimbulkan gangguan terhadap keindahan (gangguan estetika) yang berupa rasa tidak nyaman dan menimbulkan bau (Herlambang, 2002, 23-24)

Limbah cair yang dihasilkan mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut, akan mengalami perubahan fisika, kimia, dan hayati yang akan menimbulkan gangguan terhadap kesehatan karena menghasilkan zat beracun atau menciptakan media untuk tumbuhnya kuman penyakit atau kuman lainnya yang merugikan baik pada produk tahu sendiri ataupun tubuh manusia. Bila dibiarkan, air limbah akan berubah warnanya menjadi cokelat kehitaman dan berbau busuk. Bau busuk ini mengakibatkan sakit pernapasan. Apabila air limbah ini merembes ke dalam tanah yang dekat dengan sumur maka air sumur itu tidak dapat dimanfaatkan lagi. Apabila limbah ini dialirkan ke sungai maka akan mencemari sungai dan bila masih digunakan akan menimbulkan gangguan kesehatan yang berupa penyakit gatal, diare, kolera, radang usus dan penyakit lainnya, khususnya yang berkaitan dengan air yang kotor dan sanitasi lingkungan yang tidak baik (Herlambang, 2002, 24-25)

Teknologi pengolahan limbah tahu dapat dilakukan dengan proses biologis sistem anaerob, aerob dan kombinasi anaerob-aerob. Teknologi pengolahan limbah tahu yang ada saat ini pada umumnya berupa pengolahan limbah dengan sistem anaerob, hal ini disebabkan karena biaya operasionalnya lebih murah. Dengan proses biologis anaerob, efisiensi pengolahan hanya sekitar 70%-80%, sehingga airnya masih mengandung kadar pencemar organik cukup tinggi, serta bau yang masih ditimbulkan sehingga hal ini menyebabkan masalah tersendiri. Untuk mengatasi hal tersebut, maka diterapkan sistem pengolahan limbah dengan sistem kombinasi anaerob-aerob, dengan

sistem ini diharapkan dapat menurunkan konsentrasi kadar COD air limbah tahu (Herlambang, 2002, 30).

Mengingat industri tahu merupakan industri dengan skala kecil, maka membutuhkan instalasi pengolahan limbah yang alat-alatnya sederhana, biaya operasionalnya murah, memiliki nilai ekonomis dan ramah lingkungan. Saat ini cara yang sedang dikembangkan adalah pemanfaatan biogas dari hasil pengolahan limbah cair tahu dengan sistem anaerob. Setiap bahan organik bila tertampung dalam bak penampungan akan mengalami perombakan secara alami (fermentasi). Proses ini dapat lebih cepat bila bak penampungan dibuat kedap udara atau berupa tabung hampa udara. Selain menghasilkan cairan yang tidak berbau lagi, biogas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar untuk kompor masak dan lampu penerangan. Ini sangat bernilai ekonomis terutama bagi masyarakat yang hidup di wilayah pedesaan.

Dari berbagai teknologi pengolahan limbah yang sudah ada, maka penulis melakukan kajian dari segi teknis untuk mengetahui teknologi pengolahan limbah tahu yang efektif dan efisien terutama untuk limbah cairnya beserta kelebihan dan kekurangannya dan dampaknya terhadap masyarakat dan lingkungan.

## **METODE PENELITIAN**

### **Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di tiga industri tahu dengan lokasi yang berbeda-beda. Industri tahu tersebut adalah :

1. Industri Tahu Sederhana  
Lokasi : Dukuh Jombor Timur Desa Ketapang Kabupaten Kendal.  
Sistem Pengolahan Limbah : Anaerob-Aerob.
2. Industri Tahu Tandang Semarang  
Lokasi : Kelurahan Jomblang Semarang.  
Sistem Pengolahan Limbah : Anaerob-Aerob.
3. Industri Tahu Gagak Sipat Boyolali  
Lokasi : Dusun Kanoman Desa Gagak Sipat Kabupaten Boyolali..  
Sistem Pengolahan Limbah : Anaerob

## **Cara Penelitian**

Pada penelitian ini pengumpulan data dilakukan dengan cara sebagai berikut :

### 1. Kajian Pustaka

Kajian pustaka dilakukan dengan cara mengetengahkan teknologi pengolahan limbah padat dan cair industri tahu yang sudah ada dan sudah diterapkan di industri tahu.

### 2. Kajian Lapangan (Survei)

Kajian lapangan dilakukan dengan cara observasi langsung di lokasi industri tahu untuk mengumpulkan sampel air limbah tahu di IPAL masing-masing industri tahu. Titik-titik pengambilan sampel air limbah tahu pada masing-masing IPAL adalah sebagai berikut :

#### a. IPAL Industri Tahu Tandang Semarang meliputi :

- Output industri tahu,
- Input IPAL (bak equalisasi)
- Output IPAL anaerob
- Output IPAL aerob

#### b. IPAL Industri Tahu Gagaksipat Boyolali meliputi :

- Input IPAL
- Output IPAL

#### c. IPAL Industri Tahu Sederhana Kendal :

- Input IPAL
- Output IPAL

Masing-masing titik sampling dianalisis pH, suhu, BOD<sub>5</sub>, COD dan TSS.

Hasil analisis dibandingkan dengan baku mutu yang ada di Perda Propinsi Jawa Tengah No. 10 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu.

## **Analisis Data**

Analisis data meliputi :

### 1. Penilaian teknologi

- Efektifitas (biaya pembuatan IPAL, biaya operasional IPAL, luas lahan)
- Efisiensi pengolahan (penurunan BOD&COD air limbah)

### 2. Analisis SWOT

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Pengelolaan dan Pengolahan Limbah Padat Industri Tahu**

Hasil pengamatan di Industri Tahu Sederhana Kendal, Gagak Sipat Boyolali dan Tandang Semarang untuk jumlah ampas tahu yang dihasilkan tidak banyak perbedaan yaitu  $\pm 2$  tong tahu dapat menghasilkan  $\pm 1$  sak ampas tahu, dimana 1 tong tahu membutuhkan  $\pm 14$  kg bahan baku kedelai. Proses pengelolaan limbah padat sebelum pengolahan juga tidak jauh berbeda, setiap ampas yang dihasilkan dari proses penyaringan ditampung dalam sak (karung) atau ember, kemudian dijual ke pelanggan dengan harga Rp2.500/ember atau Rp7.000/sak. Pendapatan dan keuntungan yang diperoleh dari penjualan ampas tahu cukup besar. Industri tahu setiap harinya menghasilkan tahu yang tidak sama jumlahnya karena tergantung dari pesanan. Jika dalam satu hari terhitung 60 kali masak, maka akan dihasilkan  $\pm 30$  sak ampas tahu. Sehingga hasil penjualan ampas tahu per hari dapat mencapai Rp7.000,- x 30 sak = Rp210.000,- per hari. Jika pesanan tahu lebih banyak, maka ampas tahu yang dihasilkan juga semakin banyak dan jika semua ampas tahu terjual maka keuntungan yang diperoleh akan semakin banyak juga. Hasil dari penjualan ampas tahu tersebut biasanya digunakan untuk membeli kebutuhan-kebutuhan karyawan, seperti kebutuhan makan dan minum karyawan selama bekerja.

Upaya pengolahan limbah padat tahu rata-rata dibuat pakan ternak, tempe gembus, kerupuk ampas tahu dan sebagian tepung ampas tahu yang digunakan sebagai bahan pembuat roti kering dan roti basah.

### **Kajian Teknis Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu**

Kajian teknis pengolahan limbah cair di Industri Tahu Tandang Semarang, Sederhana Kendal dan Gagak Sipat Boyolali adalah sebagai berikut :

#### **1. Influen, Efluen dan Efisiensi Pengolahan Air Limbah Tahu**

Pengambilan sampel air limbah Industri Tahu Tandang Semarang dilakukan di beberapa titik, yaitu influen (output industri), influen anaerob (bak equalisasi), efluen anaerob, dan efluen. Hasil analisisnya adalah sebagai berikut :

**Tabel 2. Hasil Analisis IPAL Industri Tahu Tandang**

No.	Parameter	HASIL ANALISIS					Baku Mutu Air Limbah Perda Prop. Jateng No. 10 Tahun 2004 Industri Tahu			
		Influen (Output Industri)	Equalisasi (Input Anaerob)	Efluen Anaerob	Effluen		Kadar Maks. (mg/l)	Beban Pencemaran Maks.		
		Kualitas (mg/l)	Kualitas (mg/l)	Kualitas (mg/l)	Kualitas (mg/l)	Beban (kg/hr)		(kg/ton)	(kg/hr)	
<b>I. FISIKA</b>										
1.	Temperatur	50,0°C	39,0°C	37,7°C	34,6°C	-	38°C	-	-	
2.	TSS	678	624	138	66	1,518	100	2	2	
<b>II. KIMIA</b>										
1.	BOD <sub>5</sub>	3475	610,6	69,12	24,00	1,590	150	3	3	
2.	COD	6197	5163	133,5	125,5	3,070	275	5,5	5,5	
3.	pH	5,09	7,64	7,51	7,36	-	6,0-9,0		-	
<b>III. DEBIT</b>		23					Debit Maks. 20 m <sup>3</sup> /ton kedelai		20	

Data Primer : Fibria, Januari 2007

Dari data diatas semua parameter air limbah telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan kecuali debit. Debit melebihi baku mutu yang ditentukan, hal ini menunjukkan bahwa pemakaian air di Industri Tahu Tandang Semarang kurang efisien.

Dari data hasil analisis diatas juga dapat diketahui efisiensi penurunan COD dan BOD. Nilai efisiensi IPAL Tandang adalah sebagai berikut :

**Tabel 3. Efisiensi IPAL Industri Tahu Tandang**

No.	Parameter	Influent (mg/l)	Effluen (mg/l)	Efisiensi
1.	BOD <sub>5</sub>	3475	24,00	99,3%
2.	COD	6197	125,5	97,9%

Proses operasi pengolahan air limbah di IPAL Industri Tahu Tandang sudah memenuhi kaidah sistem pengolahan air limbah dan secara keseluruhan proses masih berjalan dengan baik. Dari hasil analisis laboratorium (Tabel 2) diketahui telah terjadi penurunan BOD<sub>5</sub> sebesar 99,3% dan COD sebesar 97,9%. Nilai efisiensi yang tinggi ini dapat tercapai karena kondisi operasi dapat dipenuhi. Kondisi operasi tersebut yaitu volume air limbah (debit) yang masuk ke sistem pengolahan terjaga stabil dan kontinu. Pengaturan debit ini sangat mempengaruhi kinerja dari sistem, dimana dengan debit yang terjaga adanya beban berlebihan dapat terhindari. Selain itu sistem

sirkulasi lumpur di dalam reaktor dapat terjaga dan kontak mikroorganisme dengan air limbah juga masih berjalan dengan baik.

Walaupun demikian masih terdapat kendala-kendala teknis yang dihadapi, yaitu : 1). Ditemukan adanya kebocoran-kebocoran pada instalasi pipa penyalur air limbah dari unit produksi menuju ke IPAL. Jarak antara unit menuju ke IPAL cukup jauh, yaitu antara 1000-1800 m. Instalasi pipa penyalur air limbah ini sangat rentan terjadi kebocoran sehingga limbah cairnya terbang ke lingkungan. 2). Saringan air limbah rusak sehingga di dalam unit pengolahan limbah banyak ditemukan kotoran-kotoran yang terikut aliran air limbah masuk ke dalam sistem pengolahan air limbah. Hal ini mengakibatkan proses pengolahan menjadi terganggu. 3). Bak penampungan yang ada di salah satu unit produksi kapasitasnya tidak sesuai dengan air limbah yang dihasilkan sehingga banyak air limbah yang terbang ke sungai.

Untuk Industri Tahu Sederhana Kendal hasil analisis parameter air limbah adalah sebagai berikut :

**Tabel 4. Hasil Analisis IPAL Industri Tahu Sederhana**

No.	Parameter	HASIL ANALISIS			Baku Mutu Air Limbah Perda Prop. Jateng No. 10 Tahun 2004 Industri Tahu		
		Influen	Effluen		Kadar Maks. (mg/l)	Beban Pencemaran Maks.	
		Kualitas (mg/l)	Kualitas (mg/l)	Beban (kg/hari)		(kg/ton)	(kg/hari)
<b>I. FISIKA</b>							
1.	Temperatur	43,1°C	36,9°C	-	38°C	-	-
2.	TSS	388	62	2,170	100	2	2,6
<b>II. KIMIA</b>							
1.	BOD <sub>5</sub>	2726	57,60	2,016	150	3	3,9
2.	COD	4972	203,2	7,112	275	5,5	7,15
3.	pH	5,51	7,06	-	6,0-9,0		-
<b>III. DEBIT</b>		35			Debit Maks. 20 m <sup>3</sup> /ton kedelai		26

Data Primer : Fibria, Januari 2007

Ditinjau dari konsentrasi, semua parameter memenuhi baku mutu yang ditetapkan, kecuali debit air limbah. Debit air limbah pada kenyataannya lebih besar dibandingkan dengan baku mutu yang ditentukan. Hal ini disebabkan karena pada Industri Tahu Sederhana pemakaian air juga terlalu berlebihan. Dari data hasil analisis diatas dapat diketahui efisiensi penurunan COD dan BOD. Nilai efisiensi IPAL Industri Tahu Sederhana Industri Tahu Sederhana adalah sebagai berikut :

**Tabel 5. Efisiensi IPAL Industri Tahu Sederhana**

No.	Parameter	Influent (mg/l)	Effluen (mg/l)	Efisiensi
1.	BOD <sub>5</sub>	2726	57,60	97,8%
2.	COD	4972	203,2	95,9%

Kinerja IPAL hampir tanpa peralatan mekanik sehingga jarang terjadi kerusakan dan hasil proses yang diperoleh akan optimal karena kendala-kendala proses masih dapat teratasi. Pada pengolahan limbah ini proses masih berjalan dengan baik karena adanya dukungan dari pemilik pabrik untuk selalu melakukan perawatan secara rutin, sehingga jika ada kerusakan secara langsung diatasi.

Sedangkan hasil analisis parameter air limbah Industri Tahu Gagak Sipat Boyolali adalah sebagai berikut :

**Tabel 6. Hasil Analisis IPAL Industri Tahu Boyolali**

No.	Parameter	HASIL ANALISIS			Baku Mutu Air Limbah Perda Prop. Jateng No. 10 Tahun 2004 Industri Tahu		
		Influen	Effluen		Kadar Maks. (mg/l)	Beban Pencemaran Maks.	
		Kualitas (mg/l)	Kualitas (mg/l)	Beban (kg/hari)		(kg/ton)	(kg/hari)
<b>I. FISIKA</b>							
1.	Temperatur	50,4°C	36,9°C	-	38°C	-	-
2.	TSS	575	116	0,696	100	2	0,6
<b>II. KIMIA</b>							
1.	BOD <sub>5</sub>	3283	337,9	2,027	150	3	0,9
2.	COD	6486	759,8	4,559	275	5,5	1,65
3.	pH	4,53	7,32	-	6,0-9,0		-
<b>III. DEBIT</b>			6		Debit Maks. 20 m <sup>3</sup> /ton kedelai		6

Data Primer : Fibria, Januari 2007

Bila dibandingkan dengan dengan baku mutu air limbah industri tahu, ditinjau dari konsentrasi, semua parameter tidak memenuhi baku mutu yang ditentukan. Sedangkan ditinjau dari debit juga di atas baku mutu. Hal ini menunjukkan efisiensi pemakaian air di Industri Tahu Gagak Sipat Boyolali rendah.

Dari data hasil analisis diatas dapat diketahui efisiensi penurunan COD dan BOD. Nilai efisiensi IPAL Industri Tahu Boyolali adalah sebagai berikut :

**Tabel 7. Efisiensi IPAL Industri Tahu Gagak Sipat Boyolali**

No.	Parameter	Influent (mg/l)	Effluen (mg/l)	Efisiensi
1.	BOD <sub>5</sub>	3283	337,9	89,70%
2.	COD	6486	759,8	88,28%

Nilai efisiensi penurunan COD dan BOD di Industri Tahu Gagak Sipat Boyolali paling rendah dibandingkan dengan Industri Tahu Tandang Semarang dan Sederhana Kendal. Hal ini disebabkan oleh beberapa kendala proses yang menyebabkan hasilnya kurang optimal yaitu : 1). Faktor waktu tinggal terbatas, 2). Tidak adanya sistem pengaturan jumlah lumpur anaerob, 3). Tidak adanya proses lanjutan yaitu proses aerob.. Selain itu juga dari sisi operasional IPAL, pemilihan sistem biogas digester ini hanya didasarkan pada pemanfaatan biogas untuk kepentingan rumah tangga saja, kurang memperhatikan kaidah proses pengolahan air limbah secara optimal. Hal ini bisa dilihat pada operasional prosedur terutama pada pengaturan konsentrasi lumpur atau endapan pada reaktor yang hampir tidak pernah dilakukan. Dampak dari menumpuknya volume lumpur akan mengurangi volume efektif reaktor dan mempengaruhi kecenderungan aliran serta pada akhirnya akan mengurangi kontak air limbah dengan mikroorganisme. Sistem pengolahan yang kurang lengkap juga berpengaruh. Sistem Biogas Digester ini hanya menggunakan metode anaerob dengan waktu tinggal yang sangat terbatas, sehingga diperlukan proses pengolahan lanjutan dengan proses aerob. Pemakaian media filter dari botol minuman yang kurang optimal, mengakibatkan kontak antara mikroorganisme dengan lumpur berkurang.

## **2. Waktu Tinggal Bak Anaerob**

Nilai efisiensi tersebut diatas dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu waktu tinggal hidrolis dan penggunaan nutrient dalam pengolahan limbah. Semakin lama waktu tinggal hidrolis maka persentase penurunan COD juga semakin besar. Waktu tinggal yang semakin lama mempengaruhi waktu kontak antara limbah dengan lumpur sehingga proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme menjadi lebih lama dan kandungan bahan organik yang terurai lebih banyak. Selain waktu tinggal penggunaan nutrient dalam pengolahan limbah juga akan mempengaruhi persentase penurunan COD.

Waktu tinggal pada bak anaerob di masing-masing industri tahu dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

**Tabel 8. Waktu Tinggal Bak Anaerob di Industri Tahu Tandang Semarang, Sederhana Kendal dan Gagak Sipat Boyolali**

<b>Industri Tahu Tandang Semarang</b>	<b>Industri Tahu Sederhana Kendal</b>	<b>Industri Tahu Gagak Sipat Boyolali</b>
14 Hari	7,5 Hari	6 Hari

Dari data pada Tabel 6 diatas, waktu tinggal bak anaerob berbanding lurus dengan nilai efisiensi penurunan BOD dan COD, yaitu bak anaerob yang mempunyai waktu tinggal yang lebh lama maka akan mempunyai nilai efisiensi yang tinggi. Ini terlihat dari data diatas untuk Industri Tahu Tandang Semarang mempunyai waktu tinggal bak anaerob paling lama yaitu 14 hari dan nilai efisiensi paling tinggi, yaitu BOD<sub>5</sub> : 99,3%, COD : 97,9% (Tabel 7). Industri Tahu Sederhana Kendal mempunyai waktu tinggal bak anaerob 7,5 hari dan nilai efisiensi BOD<sub>5</sub> : 97,8%, COD : 95,9%. Sedangkan untuk Industri Tahu Gagak Sipat Boyolali mempunyai waktu tinggal yang singkat yaitu 6 hari dan nilai efisiensi yang paling rendah, yaitu BOD<sub>5</sub> : 89,70%, COD : 88,28%.

### **3. Biaya IPAL**

Biaya pengelolaan IPAL Tandang Semarang ditanggung sepenuhnya oleh pengrajin tahu yang membuang limbahnya ke IPAL tersebut. Biaya yang dikeluarkan untuk operasional dan pemeliharaan tergantung dari berapa jumlah tong tahu yang dihasilkan per hari. Untuk satu tong tahu dikenakan biaya Rp.100,- Untuk operasional IPAL sehari-hari diberikan panduan pengoperasian dan dilakukan oleh operator. Biaya operasional IPAL Tandang yaitu :

**Tabel 9. Rincian biaya Operasional IPAL Industri Tahu Tandang Semarang**

<b>No.</b>	<b>Rincian Biaya</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Upah (Rp/Bulan)</b>	<b>Biaya (Rp)</b>
1.	Tenaga Kerja :			
	- Operator Tetap	1 orang	250.000	250.000
	- Penjaga	2 orang	@ 250.000	500.000
2.	Tenaga Listrik	5508 kWh	-	3.001.860
3.	Perawatan	-	-	1.500.000
Biaya Operasi (Rp/Bulan)		: Rp. 5.251.860		
Biaya Operasional/m <sup>3</sup> Limbah/Hari		: Rp. 1.167		
Biaya Investasi IPAL		: Rp. 2.657.163.236,10		
Biaya IPAL /m <sup>3</sup> Limbah		: Rp. 115.528.836,3		
Kebutuhan Lahan		: 880 m <sup>2</sup>		

Unit pengolahan limbah Industri Tahu Sederhana Kendal yaitu sebagai berikut :

**Tabel 10.**

**Rincian Biaya Operasional IPAL Industri Tahu Sederhana Kendal**

Biaya Operasi (Rp/Bulan) : Rp. 1.000.000
Biaya Operasional/m <sup>3</sup> Limbah/Hari : Rp. 834
Biaya Investasi IPAL : Rp. 411.566.509,88
Biaya IPAL /m <sup>3</sup> Limbah : Rp. 11.759.043,14
Kebutuhan Lahan : 220 m <sup>2</sup>

Untuk unit IPAL Industri Tahu Gagak Sipat Boyolali yaitu sebagai berikut :

**Tabel 11.**

**Rincian Biaya Operasional IPAL Industri Tahu Gagak Sipat Boyolali**

Biaya Operasi (Rp/Bulan) : Rp. 60.000
Biaya Operasional/m <sup>3</sup> Limbah/Hari : Rp. 400
Biaya Investasi IPAL : Rp. 31.397.509,89
Biaya IPAL /m <sup>3</sup> Limbah : Rp. 5.232.918,32
Kebutuhan Lahan : 25 m <sup>2</sup>

#### **4. Dampak Terhadap Masyarakat dan Lingkungan**

Dengan adanya keberadaan IPAL maka diharapkan dapat mengurangi pencemaran terhadap lingkungan, terutama untuk air dan udara serta diharapkan masyarakat dapat mengambil keuntungan dan tidak merasa terganggu dengan keberadaan IPAL tersebut.

Dari hasil pengamatan di lapangan untuk IPAL Industri Tahu Tandang Semarang masyarakat di sekitarnya mengeluhkan adanya bau busuk yang berasal dari IPAL tersebut. Bau busuk ini berasal dari bak equalisasi karena proses penurunan BOD yang tidak terkontrol. Gas CH<sub>4</sub> (gas metan) yang merupakan hasil proses anaerob tidak dilakukan pembakaran karena gas tersebut tidak keluar, walaupun ada pipa gas flare tetapi tidak difungsikan sehingga bau yang ditimbulkan semakin menyengat. Kondisi ini berbeda dengan Industri Tahu Sederhana Kendal, dimana gas metan yang dihasilkan dibakar percuma (flare) sehingga tidak menimbulkan bau disekitarnya dan aman bagi udara. Sedangkan untuk IPAL Industri Tahu Gagak Sipat Boyolali gas metan yang dihasilkan dari proses anaerob digunakan untuk memasak dan penerangan menggunakan lampu petromax. Ini sangat membantu masyarakat di sekitarnya karena bernilai ekonomis yaitu dapat menghemat karena tidak perlu membeli minyak tanah yang saat ini harganya semakin mahal.

Dari hasil analisis kualitas efluen untuk IPAL Industri Tahu Tandang Semarang dan Sederhana Kendal di bawah baku mutu yang ditetapkan dan dianggap memenuhi

standar kualitas air. Tetapi untuk IPAL Industri Tahu Gagal Sipat Boyolali kualitas efluen masih dibawah baku mutu yang ditetapkan sehingga dianggap belum memenuhi standar kualitas air.

**Analisis SWOT**

**1. Analisis SWOT Industri Tahu Tandang Semarang**

**Tabel 12. Matrik SWOT Industri Tahu Tandang Semarang**

<p style="text-align: center;"><b>FAKTOR INTERNAL</b></p> <p style="text-align: center;"><b>FAKTOR EKSTERNAL</b></p>	<p><u><b>Strength</b></u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tahapan proses IPAL lengkap (anaerob-aerob)</li> <li>2. Efisiensi tinggi</li> <li>3. Efluen di bawah baku mutu yang ditetapkan</li> </ol>	<p><u><b>Weaknesses</b></u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Saringan air limbah rusak, sehingga banyak kotoran-kotoran yang terikut air limbah masuk ke dalam unit pengolahan limbah</li> <li>2. Kebocoran pipa penyalur air limbah, menyebabkan air limbah langsung terbuang ke sungai</li> <li>3. Tidak semua pengrajin berperan aktif dalam pemeliharaan IPAL dan pengelolaan lingkungan</li> <li>4. Bau busuk yang menyengat dari bak equalisasi</li> <li>5. Pemakaian air berlebihan</li> </ol>
<p><u><b>Opportunity</b></u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Biogas</li> <li>2. Pengolahan limbah padat untuk memperluas lapangan kerja dan peningkatan pendapatan</li> </ol>	<p><u><b>Strength-Opportunity</b></u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perbaikan pipa flaring untuk mengurangi bau dan pencemaran udara</li> </ol>	<p><u><b>Weaknesses-Opportunity</b></u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pendapatan dari hasil pengolahan limbah padat sebagian dapat juga digunakan sebagai dana pemeliharaan IPAL</li> </ol>
<p><u><b>Threats</b></u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penduduk sekitar kurang kritis terhadap pengolahan limbah yang ada</li> <li>2. Rasa kurang memiliki terhadap IPAL</li> <li>3. Proses IPAL terganggu akibat saringan yang bocor</li> </ol>	<p><u><b>Strength-Threats</b></u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Adanya pendekatan partisipatif dalam penerapan teknologi ini</li> </ol>	<p><u><b>Weaknesses-Threats</b></u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Meningkatkan intensitas penyuluhan secara kontinu baik informal maupun formal untuk menumbuhkan rasa memiliki terhadap IPAL dan pengelolaan lingkungan</li> </ol>

## 2. Analisis SWOT Industri Tahu Sederhana Kendal

**Tabel 13. Matrik SWOT Industri Tahu Sederhana Kendal**

<p><b>FAKTOR INTERNAL</b></p> <p><b>FAKTOR EKSTERNAL</b></p>	<p><u><b>Strength</b></u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemilik industri tahu berperan aktif dalam pengelolaan IPAL</li> <li>2. Ada kontrol dari masyarakat, terutama dari para pengusaha tambak</li> <li>3. Pemilik industri tahu mempunyai pengetahuan yang cukup dalam upaya pengolahan limbah dan pengelolaan lingkungan</li> <li>4. Perawatan IPAL rutin dilakukan</li> </ol>	<p><u><b>Weaknesses</b></u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemakaian air berlebihan</li> </ol>
<p><u><b>Opportunity</b></u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Biogas</li> <li>2. Penghematan pemakaian air</li> <li>3. Pemanfaatan limbah padat</li> </ol>	<p><u><b>Strength-Opportunity</b></u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemanfaatan biogas untuk penerangan di sekitar lokasi IPAL atau pabrik dan untuk bahan bakar</li> <li>2. Penerapan produksi bersih terutama pada pemakaian air</li> <li>3. Limbah padat tidak hanya dijual tetapi dimanfaatkan kembali</li> </ol>	<p><u><b>Weaknesses-Opportunity</b></u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Efisiensi dan kontrol dalam penggunaan air</li> <li>2. Pembuatan instalasi biogas untuk penerangan dan memasak</li> </ol>
<p><u><b>Threats</b></u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemakaian air yang berlebihan dikhawatirkan kapasitas IPAL menjadi berlebihan</li> </ol>	<p><u><b>Strength-Threats</b></u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penerapan produksi bersih terutama untuk pemakaian air</li> </ol>	<p><u><b>Weaknesses-Threats</b></u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penerapan produksi bersih terutama untuk pemakaian air</li> </ol>

### 3. Analisis SWOT Industri Tahu Gagal Sipat Boyolali

Tabel 14. Matrik SWOT Industri Tahu Boyolali

<b>FAKTOR INTERNAL</b>  <b>FAKTOR EKSTERNAL</b>	<p><u><b>Strength</b></u></p> <p>1. Biogas dimanfaatkan untuk keperluan rumah tangga (memasak dan penerangan)</p>	<p><u><b>Weaknesses</b></u></p> <p>1. IPAL tanpa perawatan 2. Kualitas efluen tidak memenuhi syarat 3. Efisiensi rendah 4. Tidak ada sistem pengaturan lumpur 5. Tidak ada pengolahan lanjut (aerob) 6. Tingkat pendidikan pengrajin rendah 7. Pemakaian air berlebihan</p>
<p><u><b>Opportunity</b></u></p> <p>1. Pengurangan pencemaran lingkungan oleh gas metan 2. Memberi kesempatan bagi pengrajin yang lain untuk menyalurkan limbahnya ke IPAL 3. Pengolahan limbah padat untuk memperluas lapangan kerja dan peningkatan pendapatan</p>	<p><u><b>Strength-Opportunity</b></u></p> <p>1. Perluasan pemanfaatan biogas</p>	<p><u><b>Weaknesses-Opportunity</b></u></p> <p>1. Proses pengolahan lanjutan agar efisiensi penurunan COD dan BOD dapat ditingkatkan</p>
<p><u><b>Threats</b></u></p> <p>1. Pencemaran air karena kualitas efluen di bawah baku mutu yang ditetapkan 2. IPAL semakin tidak terawat</p>	<p><u><b>Strength-Threats</b></u></p> <p>1. Adanya panduan pengoperasian dan perawatan IPAL</p>	<p><u><b>Weaknesses-Threats</b></u></p> <p>1. Peningkatan pengawasan terhadap operasional dan pemeliharaan IPAL</p>

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengelolaan limbah padat di ketiga industri tahu adalah sama, yaitu menjual ampas tahu kepada para pelanggan. Sedangkan upaya pengolahannya yaitu dibuat pakan ternak, tempe gembus, kerupuk ampas tahu dan sebagian tepung ampas tahu yang digunakan sebagai bahan pembuat roti kering dan roti basah.
2. Unit IPAL di masing-masing industri tahu mempunyai kelebihan dan kekurangan, antara lain :
  - a. IPAL Industri Tahu Tandang Semarang :
    - Prosesnya lengkap (anaerob-aerob), kualitas efluen di bawah baku mutu, yaitu TSS : 66 mg/l, BOD<sub>5</sub> : 24,00 mg/l , COD : 125,5 mg/l sehingga aman untuk lingkungan air.
    - Debit melebihi baku mutu (23 m<sup>3</sup>/detik).

- Pipa flaring tidak berfungsi sehingga berpotensi menyebabkan pencemaran udara.
- Waktu tinggal bak anaerob lama (14 hari).
- Efisiensi pengolahan tinggi, yaitu BOD<sub>5</sub> : 99,3%, COD : 97,9%.
- Luas lahan 880 m<sup>2</sup>, biaya investasi ± Rp.2.657.163.236, biaya bangunan/m<sup>3</sup> limbah ± Rp.115.528.836, biaya operasional/bulan ± Rp.5.251.860, biaya operasional/m<sup>3</sup> limbah/hari ± Rp.1.167.

b. IPAL Industri Tahu Sederhana Kendal :

- Prosesnya lengkap (anaerob-aerob), kualitas efluen di bawah baku mutu, yaitu TSS : 62 mg/l, BOD<sub>5</sub> : 57,60 mg/l , COD : 203,2 mg/l, sehingga aman untuk lingkungan air.
- Debit melebihi baku mutu (35 m<sup>3</sup>/detik).
- Pipa flaring berfungsi sehingga tidak berpotensi menyebabkan pencemaran udara.
- Waktu tinggal bak anaerob singkat (7,5 hari).
- Efisiensi pengolahan tinggi, yaitu : BOD<sub>5</sub> 97,8%, COD : 95,9%.
- Luas lahan 220 m<sup>2</sup>, biaya investasi ± Rp.411.566.509, biaya bangunan/m<sup>3</sup> limbah ± Rp.11.759.043, biaya operasional/bulan ± Rp.1.000.000, biaya operasional/m<sup>3</sup> limbah/hari ± Rp.834.

c. IPAL Industri Tahu Gagak Sipat Boyolali

- Prosesnya tidak lengkap (anaerob), kualitas efluen di atas baku mutu, yaitu TSS : 11662 mg/l, BOD<sub>5</sub> : 337,9 mg/l , COD : 759,8 mg/l, sehingga belum aman untuk lingkungan air.
- Debit melebihi baku mutu (6 m<sup>3</sup>/detik).
- Biogas dimanfaatkan
- Waktu tinggal bak anaerob singkat (6 hari).
- Efisiensi pengolahan rendah, yaitu BOD<sub>5</sub> : 89,70%, COD : 88,20%
- Luas lahan 25 m<sup>2</sup>, biaya investasi ± Rp.31.397.509, beban biaya bangunan/m<sup>3</sup> air limbah ± Rp.5.232.918, biaya operasional/bulan ± Rp.60.000, biaya operasional/m<sup>3</sup> limbah/hari ± Rp.400.

3. Unit IPAL yang efektif (kualitas efluen di bawah baku mutu, waktu tinggal singkat, luas lahan kecil, biaya investasi rendah, dan biaya operasional rendah) dan efisien (efisiensi penurunan BOD/COD tinggi) serta ramah lingkungan

(dapat mengurangi pencemaran udara dan air) adalah Industri Tahu Sederhana Kendal.

4. Diantara ketiga industri tahu tersebut diatas tidak ada yang efisien dalam penggunaan air, dibuktikan dengan debit yang melebihi baku mutu yang ditetapkan.

### **Saran/Rekomendasi**

Setelah mengetahui hasil dan kesimpulan dari penelitian ini, maka rekomendasi yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Unit IPAL Industri Tahu Tandang Semarang :
  - Perlu adanya pengoperasionalan yang kontinyu di bak equalisasi untuk mengurangi bau busuk yang menyengat.
  - Perlu adanya perbaikan terhadap penyaluran biogas agar biogas yang dihasilkan dapat keluar dan dibakar (flare) bila gas tersebut tidak dimanfaatkan.
  - Pemakaian air pada unit produksi sebaiknya lebih efisien agar debit tidak melampaui batas yang ditentukan.
2. Unit IPAL Industri Tahu Sederhana Kendal :
  - Pemakaian air pada unit produksi sebaiknya lebih efisien agar debit tidak melampaui batas yang ditentukan.
  - Biogas dimanfaatkan untuk bahan bakar penerangan di sekitar lokasi IPAL dan keperluan karyawan yang tinggal di lokasi pabrik (untuk memasak).
3. Unit IPAL Industri Tahu Gagak Sipat Boyolali :
  - Pemakaian air pada unit produksi sebaiknya lebih efisien agar debit tidak melampaui batas yang ditentukan.
  - Perlu adanya pengolahan lanjutan dengan aerasi untuk menurunkan kadar COD/BOD agar sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan.
  - Pemberian akses pemanfaatan biogas bagi masyarakat disekitarnya dapat merasakan manfaatnya.
4. Unit IPAL yang cocok untuk industri kecil tahu adalah biaya investasi awal dan operasionalnya murah, perawatannya mudah, proses pengolahan lengkap (anaerob-aerob), kualitas efluen memenuhi baku mutu air limbah industri tahu, memiliki nilai ekonomis dan ramah lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

\_\_\_\_\_, 2003. *Pengelolaan Limbah Industri Pangan*. Dirjen Industri Dagang Kecil Menengah. Departemen Perindustrian dan Perdagangan. Jakarta

\_\_\_\_\_, 2003. *Panduan Produksi Bersih (Cleaner Production) Industri Kecil Tahu*. Pusat Studi Lingkungan Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta dan Bapedal Propinsi Jawa Tengah

\_\_\_\_\_, 2003. *Penanganan Limbah Tahu Sentra Industri Kecil Tahu-Tempe di Kelurahan Jomblang Semarang*. Bintari-Kita. Semarang

\_\_\_\_\_, 2006. *Pemanfaatan dan Pengolahan Limbah Tahu-Tempe*. Kementrian Lingkungan Hidup. Jakarta

Herlambang, A., 2002. *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu*. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (BPPT) dan Bapedal. Samarinda

Jenie, B.S.L. dan W.P. Rahayu., 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Kanisius. Yogyakarta

Nurhasan dan Pramudyanto. 1991. *Penanganan Air Limbah Pabrik Tahu*. Yayasan Bina Karta Lestari (Bintari). Semarang

Rangkuti, F., 2002. *Analisis SWOT Teknik Membedah Kasus Bisnis*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

Environmental Management Bureau, Ministry of the Environment *Protocol for the verification tests on organic wastewater treatment technologies for small-scale establishment (kitchen/restaurants and food manufacturing plants)*. 2003

### **Alamat Website :**

Sustainability Energy Solutions to Reduce Poverty in South Asia, [www.inforse.dk](http://www.inforse.dk)

Biogas, Sumber Energi Alternatif, [www.energi.lipi.go.id](http://www.energi.lipi.go.id)

Gas Bio Untuk Skala Rumah Tangga, [www.pikiran-rakyat.com](http://www.pikiran-rakyat.com)

Biogas Technology in India, [www.ganesha.co.uk](http://www.ganesha.co.uk)

Anaerobic Digestion, [www.foe.co.uk](http://www.foe.co.uk)

Indartono, Y.S., 2005. *Reaktor Biogas Skala Kecil-Menengah*. [www.beritaiptek.com](http://www.beritaiptek.com)

Monnet, F., 2003. *An Introduction to Anaerobic Digestion of Organic Wastes*. [www.remade.org.uk](http://www.remade.org.uk)