

**KAJIAN TEKNIS PENGOLAHAN LIMBAH PADAT DAN CAIR  
INDUSTRI TAHU**

**Studi Kasus Industri Tahu Tandang Semarang, Sederhana Kendal dan  
Gagak Sipat Boyolali**



**Tesis  
Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai Derajat Sarjana S-2 pada  
Program Studi Ilmu Lingkungan**

**Fibria Kaswinarni  
L4K005031**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2007**

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>ABSTRAK</b> .....	xi

### **BAB I. PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4

### **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

2.1. Proses Produksi Tahu. ....	5
2.2. Sumber Limbah Industri Tahu.....	9
2.3. Parameter Limbah Industri Tahu.....	9
2.4. Karakteristik Limbah Industri Tahu. ....	11
2.5. Dampak Limbah Industri Tahu.....	12
2.6. Pengolahan Limbah Padat Industri Tahu.....	13
2.7. Mikroorganisme Pengurai Air Limbah.....	15
2.8. Pertumbuhan Bakteri dalam Air Limbah.....	18
2.9. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu.....	19
2.9.1. Pengolahan Limbah Cair Anaerobik .....	20
2.9.1.1. Anaerobik-Biogas.....	22
2.9.1.2. Anaerobik Baffled Reaktor.....	25
2.10. Pengolahan Limbah Cair Sistem Aerobik .....	26
2.11. Pengolahan Limbah Cair Kombinasi Anaerobik-Aerobik .....	27
2.12. Analisis SWOT.....	29

### **BAB III. METODE PENELITIAN**

3.1. Tempat Penelitian.....	31
-----------------------------	----

3.2. Waktu Penelitian. ....	31
3.3. Cara Penelitian.....	31
3.4. Analisis Data .....	33

#### **BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. Proses Produksi Tahu. ....	35
4.2. Pengolahan Limbah Padat Industri Tahu. ....	39
4.3. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu.....	45
4.3.1. Proses Anaerob-Aerob IPAL Industri Tahu Tandang Semarang .....	45
4.3.2. Proses Anaerob IPAL Industri Tahu Sederhana Kendal .....	54
4.3.3. Proses Anaerob IPAL Industri Tahu Boyolali.....	59
4.4. Kajian Teknis Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu .....	64
4.4.1. Influen, Efluen, dan Efisiensi Pengolahan Air Limbah Tahu .....	64
4.4.2. Waktu Tinggal Bak Anaerob.....	69
4.4.3. Biaya IPAL.....	70
4.4.4. Dampak Terhadap Masyarakat dan Lingkungan.....	78
4.5. Analisis SWOT Pengolahan Limbah Tahu.....	79
4.5.1. Analisis SWOT Industri Tahu Tandang Semarang .....	79
4.5.2. Analisis SWOT Industri Tahu Sederhana Kendal.....	81
4.5.3. Analisis SWOT Industri Tahu Boyolali .....	83

#### **BAB V. KESIMPULAN**

5.1. Kesimpulan.....	85
5.2. Saran.....	87

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>88</b>
-----------------------------	-----------

#### **DAFTAR GAMBAR**

<b>Gambar 1.</b> Diagram Alir Proses Produksi Tahu .....	<b>8</b>
<b>Gambar 2.</b> Sketsa Gambar Tipe Fixed Dome Digester.....	<b>24</b>
<b>Gambar 3.</b> Skema Anaerobik Baffled Reaktor .....	<b>26</b>

<b>Gambar 4.</b> Matrik SWOT .....	30
<b>Gambar 5.</b> Proses Produksi Tahu .....	37
<b>Gambar 6.</b> Limbah Cair Tahu .....	38
<b>Gambar 7.</b> Limbah Padat Tahu .....	39
<b>Gambar 8.</b> Ampas Tahu yang Ditampung dalam Sak (Karung) .....	40
<b>Gambar 9.</b> Proses Pembuatan Tempe Gembus .....	41
<b>Gambar 10.</b> Aneka Produk Makanan dari Tepung Ampas Tahu .....	44
<b>Gambar 11.</b> Flow Diagram Proses IPAL Tandang .....	46
<b>Gambar 12.</b> Sistem Penyaluran Air Limbah .....	48
<b>Gambar 13.</b> Bak Equalisasi dan Saringan Air Limbah .....	49
<b>Gambar 14.</b> Bak Anaerob .....	50
<b>Gambar 15.</b> Efluen Anaerob, Bak Anaerob dan Bak Sedimentasi .....	51
<b>Gambar 16.</b> Buangan ke Sungai Bajak .....	52
<b>Gambar 17.</b> Diagram Alir IPAL Industri Tahu Tandang Semarang .....	53
<b>Gambar 18.</b> Kegiatan Produksi Tahu di Industri Tahu Sederhana Kendal .....	54
<b>Gambar 19.</b> Saluran Air Limbah .....	55
<b>Gambar 20.</b> Pipa Gas dan Bak Anaerob .....	56
<b>Gambar 21.</b> Pipa Gas Flare .....	57
<b>Gambar 22.</b> Air Hasil Proses IPAL pada Bak Aerasi .....	57
<b>Gambar 23.</b> Diagram Alir Proses IPAL Industri Tahu Sederhana Kendal .....	58
<b>Gambar 24.</b> Flow Diagram Proses IPAL Industri Tahu Boyolali .....	59
<b>Gambar 25.</b> Kompor Biogas .....	62
<b>Gambar 26.</b> Proses IPAL Industri Tahu Boyolali .....	63

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Baku Mutu air Limbah Tahu .....	11
<b>Tabel 2.</b> Komposisi Kimia Ampas Tahu .....	14
<b>Tabel 3.</b> Tipe Kisaran Temperatur dari Berbagai Jenis Bakteri .....	16
<b>Tabel 4.</b> Nama Pengrajin Tahu di Kelurahan Jomblang Semarang .....	47
<b>Tabel 5.</b> Volume Air Limbah Tahu di Kelurahan Jomblang Semarang .....	48
<b>Tabel 6.</b> Hasil Analisis IPAL Industri Tahu Tandang .....	64

<b>Tabel 7.</b> Efisiensi IPAL Industri Tahu Tandang.....	65
<b>Tabel 8.</b> Hasil Analisis IPAL Industri Tahu Sederhana Kendal .....	66
<b>Tabel 9.</b> Efisiensi IPAL Industri Tahu Sederhana Kendal.....	67
<b>Tabel 10.</b> Hasil Analisis IPAL Industri Tahu Gagal Sipat Boyolali.....	67
<b>Tabel 11.</b> Efisiensi IPAL Industri Tahu Gagal Sipat Boyolali .....	68
<b>Tabel 12.</b> Waktu Tinggal Bak Anaerob di Industri Tahu Tandang Semarang, Sederhana Kendal, dan Gagal Sipat Boyolali.....	69
<b>Tabel 13.</b> Rincian Biaya Operasional IPAL Industri Tahu Tandang Semarang.....	70
<b>Tabel 14.</b> Biaya Pembuatan IPAL Industri Tahu Tandang Semarang.....	71
<b>Tabel 15.</b> Biaya Pembuatan IPAL Industri Tahu Sederhana Kendal.....	74
<b>Tabel 16.</b> Biaya Pembuatan IPAL Industri Tahu Gagal Sipat Boyolali .....	76
<b>Tabel 17.</b> Faktor Internal Industri Tahu Tandang Semarang .....	79
<b>Tabel 18.</b> Faktor Eksternal Industri Tahu Tandang Semarang .....	79
<b>Tabel 19.</b> Matrik SWOT Industri Tahu Tandang Semarang .....	80
<b>Tabel 20.</b> Faktor Internal Industri Tahu Sederhana Kendal.....	81
<b>Tabel 21.</b> Faktor Eksternal Industri Tahu Sederhana Kendal .....	81
<b>Tabel 22.</b> Matrik SWOT Industri Tahu Sederhana Kendal .....	82
<b>Tabel 23.</b> Faktor Internal Industri Tahu Gagal Sipat Boyolali .....	83
<b>Tabel 24.</b> Faktor Eksternal Industri Tahu Gagal Sipat Boyolali.....	83
<b>Tabel 25.</b> Matrik SWOT Industri Tahu Gagal Sipat Boyolali .....	84

## 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 efluen 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 cheap, treatment is easy, have complete processing (Anaerob-Aerob), quality effluent fulfill standard quality of industrial wastewater treatment, owning economic value and environmental friendliness.

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

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Tahu merupakan makanan tradisional sebagian besar masyarakat di Indonesia, yang digemari hampir seluruh lapisan masyarakat. Selain mengandung gizi yang baik, pembuatan tahu juga relatif murah dan sederhana. Rasanya enak serta harganya terjangkau oleh seluruh lapisan masyarakat.

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. Dari segi lokasi, usaha ini juga sangat tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Sumber daya manusia yang terlibat pada umumnya bertaraf pendidikan yang relatif rendah, serta belum banyak yang melakukan pengolahan limbah.

Hal tersebut diatas sesuai dengan definisi industri kecil menurut rumusan yang ada dalam Surat Keputusan Menteri Perindustrian No. 150/M/SK-7/1995 yang mempunyai lingkup sebagai berikut :

1. Produk yang dihasilkan adalah produk-produk yang tergolong dalam kebutuhan rumah tangga untuk konsumsi masyarakat.
2. Pemilik saham/modal adalah masyarakat setempat.
3. Skala usaha adalah skala kecil dengan investasi dibawah Rp. 50.000.000,- tidak termasuk nilai tanah dan bangunan.

Industri kecil rumah tangga (IKRT) dapat dibagi/dikelompokkan berdasarkan atas komoditi dan produk yang dihasilkan, antara lain :

1. IKRT yang memproduksi bahan konsumsi (pangan, sandang).
2. IKRT yang memproduksi alat pertanian dan pertukangan.
3. IKRT yang memproduksi barang-barang seni (ukir-ukiran kayu, patung, perhiasan, batik tulis, tenun ikat, dll).

Kriteria dan ciri industri kecil rumah tangga (IKRT) dapat dibedakan antara lain :

1. Tenaga kerja : a). tenaga kerja/pengrajin terbatas pada lingkungan rumah tangga, sehingga jumlahnya sangat terbatas dibawah 10 orang; b). pimpinan melaksanakan segala urusan kegiatan usaha.
2. Produk : a). jenis produk spesifik, tergantung pada keterampilan tradisional, dengan alat produksi yang sederhana.
3. Permodalan : a). tidak dipisahkan antara modal dan kekayaan pribadi/keluarga dan sangat terbatas; b). belum dapat memanfaatkan langsung skema perkreditan modern.
4. Lokasi : a). tidak terpisahkan dengan rumah tangga pengusaha/pemilik atau tempat usaha dalam bangunan rumah tangga; b). IKRT berkembang di suatu desa, dapat membentuk sentra industri kecil dengan ciri-ciri produksi yang dihasilkan sama.
5. Definisi/batasan : a). IKRT termasuk usaha produksi industri kecil yang diselenggarakan sebagai self employment dan modal sendiri (menciptakan modal sendiri atau dibantu oleh anggota keluarga).

Industri tahu dalam proses pengolahannya menghasilkan limbah baik limbah padat maupun cair. Limbah padat dihasilkan dari proses penyaringan dan penggumpalan, limbah ini kebanyakan oleh pengrajin dijual dan diolah menjadi tempe gembus, kerupuk ampas tahu, pakan ternak, dan diolah menjadi tepung ampas tahu yang akan dijadikan bahan dasar pembuatan roti kering dan cake. 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 dan kadar BOD, COD yang cukup tinggi pula, jika langsung dibuang ke badan air, jelas sekali akan menurunkan daya dukung lingkungan. Sehingga industri tahu memerlukan suatu pengolahan limbah yang bertujuan untuk mengurangi resiko beban pencemaran yang ada.

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 (Herlambang, 2002).

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. Sehingga jika dibuang tidak menyebabkan bau dan tidak mencemari lingkungan sekitarnya.

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.

Pengolahan limbah yang sudah ada tersebut, tentunya harus dikelola dengan baik dan dipelihara secara rutin. Ini juga memerlukan perhatian dari berbagai pihak terkait terutama pemerintah dan pemilik industri tahu. Hal ini penting agar proses pengolahan limbah tetap berjalan dengan baik dan memberikan hasil yang optimal.

Dari berbagai teknologi pengolahan limbah yang sudah ada, maka akan dilakukan kajian untuk mengetahui teknologi pengolahan limbah tahu yang efektif dan efisien beserta kelebihan dan kekurangannya dan dampaknya terhadap masyarakat dan lingkungan.

## **1.2. Permasalahan**

Permasalahan pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana proses pengolahan limbah padat dan cair industri tahu.
2. Bagaimana perbandingan secara teknis pengolahan limbah tahu, terutama limbah cairnya.

3. Teknologi pengolahan limbah tahu yang manakah yang efektif dan efisien dan dampaknya terhadap masyarakat dan lingkungan.

### **1.3. Tujuan**

Tujuan penelitian adalah :

1. Mengevaluasi kendala-kendala secara teknis dari unit pengolahan limbah industri tahu..
2. Menganalisis secara teknis pengolahan limbah, dengan mencari kelebihan dan kekurangan unit pengolahan limbah industri tahu.
3. Mengkaji unit pengolahan yang ramah lingkungan dari hasil analisis SWOT yang dilakukan..

### **1.4. Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan referensi dan masukan bagi para pelaku industri tahu dalam hal ini penerapan teknologi pengolahan limbah tahu yang efektif dan efisien, kelebihan dan kekurangannya dan dampaknya terhadap masyarakat dan lingkungan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Proses Produksi Tahu**

Pada umumnya tahu dibuat oleh para pengrajin atau industri rumah tangga dengan peralatan dan teknologi yang sederhana. Urutan proses atau cara pembuatan tahu pada semua industri kecil tahu pada umumnya hampir sama dan walaupun ada perbedaan hanya pada urutan kerja atau jenis zat penggumpal protein yang digunakan.

Pemilihan (penyortiran) bahan baku kedelai merupakan pekerjaan paling awal dalam pembuatan tahu. Kedelai yang baik adalah kedelai yang baru atau belum tersimpan lama digudang. Kedelai yang baru dapat menghasilkan tahu yang baik (aroma dan bentuk). Untuk mendapatkan tahu yang mempunyai kualitas yang baik, diperlukan bahan baku biji kedelai yang sudah tua, kulit biji tidak keriput, biji kedelai tidak retak dan bebas dari sisa-sisa tanaman, batu kerikil, tanah, atau biji-bijian lain. Kedelai yang digunakan biasanya berwarna kuning, putih, atau hijau dan jarang menggunakan jenis kedelai yang berwarna hitam. Tujuan dari penyortiran ini adalah agar kualitas tahu tetap terjaga dengan baik.

Proses yang kedua adalah perendaman. Pada proses ini kedelai direndam dalam bak atau ember yang berisi air selama  $\pm$  3-12 jam. Tujuan dari perendaman ini adalah untuk membuat kedelai menjadi lunak dan kulitnya mudah dikelupas. Setelah direndam, kemudian dilakukan pengupasan kulit kedelai dengan jalan meremas-remas dalam air, kemudian dikuliti.

Setelah direndam dan dikuliti kemudian dicuci. Pencucian sedapat mungkin dilakukan dengan alir yang mengalir. Tujuan pencucian ini adalah untuk menghilangkan kotoran yang melekat maupun tercampur dalam kedelai.

Setelah kedelai direndam dan dicuci bersih, selanjutnya dilakukan penggilingan. Proses penggilingan dilakukan dengan mesin, karena penggunaan mesin akan memperhalus hasil gilingan kedelai. Pada saat penggilingan diberi air mengalir agar bubur kedelai terdorong keluar. Hasil dari proses penggilingan berupa bubur kedelai. Bubur kedelai yang sudah terdorong keluar kemudian ditampung dalam ember. Pada proses pencucian dan perendaman kedelai ini menggunakan banyak sekali air sehingga

limbah cair yang dihasilkan akan banyak pula. Tetapi sifat limbah ini belum mempunyai kadar pencemaran yang tinggi.

Proses selanjutnya adalah perebusan bubur kedelai dengan tujuan untuk menginaktifkan zat antinutrisi kedelai yaitu tripsin inhibitor dan sekaligus meningkatkan nilai cerna, mempermudah ekstraksi atau penggilingan dan penggumpalan protein serta menambah keawatan produk. Bubur kedelai yang telah terbentuk kemudian diberi air, selanjutnya dididihkan dalam tungku pemasakan. Setelah mendidih sampai  $\pm 5$  (lima) menit kemudian dilakukan penyaringan.

Dalam keadaan panas cairan bahan baku tahu (bubur kedelai yang sudah direbus) kemudian disaring dengan kain blaco atau kain mori kasar sambil dibilas dengan air hangat, sehingga susu kedelai dapat terekstrak keluar semua. Proses ini menghasilkan limbah padat yang disebut dengan ampas tahu. Ampas padat ini mempunyai sifat yang cepat basi dan busuk bila tidak cepat diolah sehingga perlu ditempatkan secara terpisah atau agak jauh dari proses pembuatan tahu agar tahu tidak terkontaminasi dengan barang yang kotor. Filtrat cair hasil penyaringan yang diperoleh kemudian ditampung dalam bak. Kemudian filtrat yang masih dalam keadaan hangat secara pelan-pelan diaduk sambil diberi asam (catu). Pemberian asam ini dihentikan apabila sudah terlihat penggumpalan. Selanjutnya dilakukan penyaringan kembali. Proses penggumpalan juga menghasilkan limbah cair yang banyak dan sifat limbahnya sudah mempunyai kadar pencemaran yang tinggi karena sudah mengandung asam.

Untuk menggumpalkan tahu bisa digunakan bahan-bahan seperti batu tahu (sioko) atau  $\text{CaSO}_4$  yaitu batu gips yang sudah dibakar dan ditumbuk halus menjadi tepung, asam cuka 90%, biang atau kecutan dan sari jeruk. Biang atau kecutan yaitu sisa cairan setelah tahap pengendapan protein atau sisa cairan dari pemisahan gumpalan tahu yang telah dibiarkan selama satu malam.

Tetapi biasanya para pengrajin tahu memakai kecutan dari limbah itu sendiri yang sudah didiamkan selama satu malam. Disamping memanfaatkan limbah, secara ekonomi juga dapat menghemat karena tidak perlu membeli.

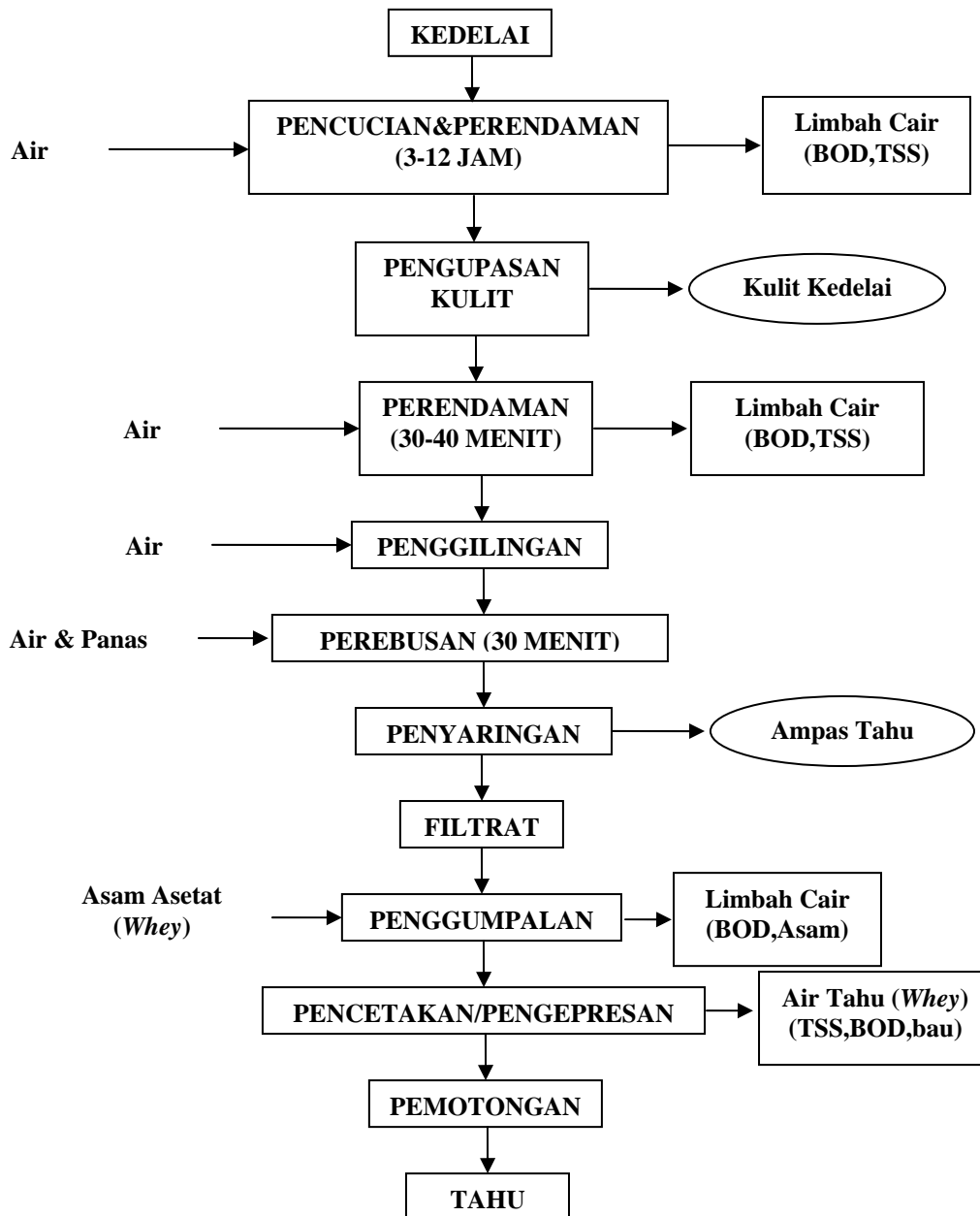
Tahap selanjutnya yaitu pencetakan dan pengepresan. Proses ini dilakukan dengan cara cairan bening diatas gumpalan tahu dibuang sebagian dan sisanya untuk air asam. Gumpalan tahu kemudian diambil dan dituangkan ke dalam cetakan yang sudah tersedia dan dialasi dengan kain dan diisi sampai penuh. Cetakan yang digunakan biasanya

berupa cetakan dari kayu berbentuk segi empat yang dilubangi kecil-kecil supaya air dapat keluar. Selanjutnya kain ditutupkan ke seluruh gumpalan tahu dan dipres. Semakin berat benda yang digunakan untuk mengepres semakin keras tahu yang dihasilkan. Alat pemberat/pres biasanya mempunyai berat  $\pm 3,5$  kg dan lama pengepresan biasanya  $\pm 1$  menit, sampai airnya keluar.

Setelah dirasa cukup dingin, kemudian tahu dipotong-potong sesuai dengan keinginan konsumen dipasar. Tahu yang sudah dipotong-potong tersebut kemudian dipasarkan.

Dalam pembuatan tahu biasanya pengrajin menambahkan bahan tambahan atau bahan pembantu antara lain yaitu batu tahu (batu gips yang sudah dibakar dan ditumbuk halus menjadi tepung), asam cuka 90%, biang/kecutan, yaitu sisa cairan setelah tahap pengendapan protein atau sisa cairan dari pemisahan gumpalan tahu yang telah dibiarkan selama satu malam, kunyit yang digunakan untuk memberikan warna kuning pada tahu, garam yang digunakan untuk memberikan rasa sedikit asin ke dalam tahu.

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)

## 2.2. Sumber Limbah Industri Tahu

Limbah industri tahu pada umumnya dibagi menjadi 2 (dua) bentuk limbah, yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat pabrik pengolahan tahu berupa kotoran hasil pembersihan kedelai (batu, tanah, kulit kedelai, dan benda padat lain yang

menempel pada kedelai) dan sisa saringan bubur kedelai yang disebut dengan ampas tahu. Limbah padat yang berupa kotoran berasal dari proses awal (pencucian) bahan baku kedelai dan umumnya limbah padat yang terjadi tidak begitu banyak (0,3% dari bahan baku kedelai). Sedangkan limbah padat yang berupa ampas tahu terjadi pada proses penyaringan bubur kedelai. Ampas tahu yang terbentuk besarnya berkisar antara 25-35% dari produk tahu yang dihasilkan.

Limbah cair pada proses produksi tahu berasal dari proses perendaman, pencucian kedelai, pencucian peralatan proses produksi tahu, penyaringan dan pengepresan/pencetakan tahu. Sebagian besar limbah cair yang dihasilkan oleh industri pembuatan tahu adalah cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu yang disebut dengan air dadih (whey). Cairan ini mengandung kadar protein yang tinggi dan dapat segera terurai. Limbah ini sering dibuang secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu sehingga menghasilkan bau busuk dan mencemari lingkungan.

### **2.3. Parameter Limbah Industri Tahu**

Limbah cair industri tahu merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan. Beban pencemaran yang ditimbulkan menyebabkan gangguan serius terutama untuk perairan di sekitar industri tahu. Mengingat asal air buangan berasal dari proses yang berbeda-beda, maka karakteristiknya berbeda-beda pula. Untuk air buangan yang berasal dari pencucian dan perendaman nilai cemarnya tidak begitu tinggi sehingga masih dapat dibuang ke perairan. Sedangkan untuk air buangan yang berasal dari proses pemasakan nilai cemarnya cukup tinggi, dengan demikian harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke perairan.

Pada umumnya limbah cair pabrik tahu ini langsung dibuang ke sungai melalui saluran-saluran. Bila air sungai cukup deras dan lancar serta pengenceran cukup (daya dukung lingkungan masih baik) maka air buangan tersebut tidak menimbulkan masalah. Tetapi bila daya dukung lingkungan sudah terlampaui, maka air buangan yang banyak mengandung bahan-bahan organik akan mengalami proses peruraian oleh jasad renik dapat mencemari lingkungan. Parameter air limbah tahu yang biasanya diukur antara lain temperatur, pH, padatan-padatan tersuspensi (TSS) dan kebutuhan oksigen (BOD dan COD).

Temperatur biasanya diukur dengan menggunakan termometer air raksa dengan skala Celsius. Nilai pH air digunakan untuk mengekspresikan kondisi keasaman (konsentrasi ion hidrogen) air limbah. Skala pH berkisar antara 1-14; kisaran nilai pH 1-7 termasuk kondisi asam, pH 7-14 termasuk kondisi basa, dan pH 7 adalah kondisi netral (Siregar, 2005).

Padatan-padatan Tersuspensi/TSS (*Total Suspended Solid*) digunakan untuk menentukan kepekatan air limbah, efisiensi proses dan beban unit proses. Pengukuran yang bervariasi terhadap konsentrasi residu diperlukan untuk menjamin kemantapan proses kontrol (Siregar, 2005).

Kebutuhan oksigen dalam air limbah ditunjukkan melalui BOD dan COD. BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa-senyawa kimia. Nilai BOD bermanfaat untuk mengetahui apakah air limbah tersebut mengalami biodegradasi atau tidak, yakni dengan membuat perbandingan antara nilai BOD dan COD. Oksidasi berjalan sangat lambat dan secara teoritis memerlukan waktu tak terbatas. Dalam waktu 5 hari ( $BOD_5$ ), oksidasi organik karbon akan mencapai 60%-70% dan dalam waktu 20 hari akan mencapai 95%. COD adalah kebutuhan oksigen dalam proses oksidasi secara kimia. Nilai COD akan selalu lebih besar daripada BOD karena kebanyakan senyawa lebih mudah teroksidasi secara kimia daripada secara biologi. Pengukuran COD membutuhkan waktu yang jauh lebih cepat, yakni dapat dilakukan selama 3 jam, sedangkan pengukuran BOD paling tidak memerlukan waktu 5 hari. Jika korelasi antara BOD dan COD sudah diketahui, kondisi air limbah dapat diketahui (Siregar, 2005).

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/lt)	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

#### 2.4. Karakteristik Limbah Industri Tahu

Karakteristik buangan industri tahu meliputi dua hal, yaitu karakteristik fisika dan kimia. Karakteristik Fisika meliputi padatan total, padatan tersuspensi, suhu, warna, dan bau. Karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas. Suhu air limbah tahu berkisar 37-45°C, kekeruhan 535-585 FTU, warna 2.225-2.250 Pt.Co, amonia 23,3-23,5 mg/1, BOD<sub>5</sub> 6.000-8.000 mg/1 dan COD 7.500-14.000 mg/1 (Herlambang, 2002).

Suhu buangan industri tahu berasal dari proses pemasakan kedelai. Suhu limbah cair tahu pada umumnya lebih tinggi dari air bakunya, yaitu 40<sup>0</sup>C-46<sup>0</sup>C. Suhu yang meningkat di lingkungan perairan akan mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen dan gas lain, kerapatan air, viskositas, dan tegangan permukaan. Bahan-bahan organik yang terkandung di dalam buangan industri tahu pada umumnya sangat tinggi. Senyawa-senyawa organik di dalam air buangan tersebut dapat berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Diantara senyawa-senyawa tersebut, protein dan lemak adalah yang jumlahnya paling besar. Protein mencapai 40-60%, karbohidrat 25-50% dan lemak 10%. Air buangan industri tahu kualitasnya bergantung dari proses yang digunakan. Apabila air prosesnya baik, maka kandungan bahan organik pada air buangannya biasanya rendah. Komponen terbesar dari limbah cair tahu yaitu protein (N-total) sebesar 226,06-434,78 mg/1, sehingga masuknya limbah cair tahu ke lingkungan perairan akan meningkatkan total nitrogen di perairan tersebut (Herlambang, 2002).

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).

Limbah padat industri tahu berupa kulit kedelai dan ampas tahu. Ampas tahu masih mengandung kadar protein cukup tinggi sehingga masih dapat dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak dan ikan. Akan tetapi kandungan air ampas tahu yang masih tinggi merupakan penghambat digunakannya ampas tahu sebagai makanan ternak. Salah

satu sifat dari ampas tahu ini adalah mempunyai sifat yang cepat tengik (basi dan tidak tahan lama) dan menimbulkan bau busuk kalau tidak cepat dikelola. Pengeringan merupakan salah satu jalan untuk mengatasinya. Pengeringan juga mengakibatkan berkurangnya asam lemak bebas dan ketengikan ampas tahu serta dapat memperpanjang umur simpan.

## **2.5. Dampak Limbah Industri Tahu**

Herlambang (2002) menuliskan 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.

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.

## 2.6. Pengolahan Limbah Padat Industri Tahu

Limbah padat industri tahu meliputi ampas tahu yang diperoleh dari hasil pemisahan bubur kedelai. Ampas tahu masih mengandung protein yang cukup tinggi (Tabel 2) sehingga masih dapat dimanfaatkan kembali. (KLH, 2006).

Ampas tahu masih mengandung protein 27 gr, karbohidrat 41,3 gr, maka dimungkinkan untuk dimanfaatkan kembali menjadi kecap, taoco, tepung yang dapat digunakan dalam pembuatan berbagai makanan (kue kering, cake, lauk pauk, kerupuk, dll). Pada pembuatan kue dan aneka makanan, pemakaian tepung tahu tersebut dapat disubstitusikan ke dalam gandum. Pemakaian tepung ampas tahu sebagai bahan substitusi gandum mempunyai manfaat antara lain dihasilkannya suatu produk yang masih mempunyai nilai gizi dan nilai ekonomi serta lingkungan menjadi bersih (KLH, 2006).

**Tabel 2. Komposisi Kimia Ampas Tahu**

Unsur		Nilai
Kalori	kal	414
Protein	g	26,6
Lemak	g	18,3
Karbohidrat	g	41,3
Kalsium	mg	19
Fosfor	mg	29
Besi	mg	4,0
Vit. B	mg	0,20
Air	g	9,0

Sumber : KLH, 2006

Karena sifat penggunaan tepung limbah tahu ini sifatnya sebagai bahan pengganti, maka pada proses pembuatan makanan maupun pakan ternak, selalu diawali dengan pembuatan tepung limbah padat tahu terlebih dahulu.

Proses pembuatan tepung serat ampas tahu yaitu sejumlah limbah padat tahu (ampas tahu), diperas airnya selanjutnya dikukus  $\pm$  15 menit. Ampas yang sudah dikukus, diletakkan diatas nyiru atau papan, selanjutnya dijemur diterik matahari ataupun dikeringkan dengan oven. Apabila dilakukan pengeringan dengan oven, dipakai temperatur 100°C selama 24 jam. Setelah kering dihaluskan dengan cara digiling atau diblender dan diayak. Simpan tepung tahu ditempat yang kering. Bentuk tepung seperti ini tahan lama, dan siap menjadi bahan baku pengganti tepung terigu atau tepung beras untuk berbagai makanan. Penambahan bahan lain disesuaikan dengan kebutuhan yang sesuai dengan produk apa yang akan dibuat.

Ampas tahu kebanyakan oleh masyarakat digunakan sebagai bahan pembuat tempe gembus. Hal ini dilakukan karena proses pembuatan tempe gembus yang mudah (tidak perlu keterampilan khusus) dan biayanya cukup murah. Selain tempe gembus, ampas tahu juga diolah untuk dijadikan pakan ternak. Proses pembuatannya yaitu campuran ampas tahu dan kulit kedelai yang sudah tidak digunakan dicampur dengan air, bekatul, tepung ikan dan hijauan, lalu diaduk hingga tercampur rata, kemudian siap diberikan ke hewan ternak.

Beberapa produk makanan dan aneka kue yang dibuat dengan penambahan tepung serat ampas tahu adalah lidah kucing, chocolate cookie, cake (roti bolu), dan kerupuk ampas tahu (KLH, 2006).

## **2.7. Mikroorganisme Pengurai Air Limbah**

Dalam penanganan air limbah, mikroorganisme merupakan dasar fungsional untuk sejumlah proses penanganan. Hal utama dalam penanganan air limbah adalah pengembangan dan pemeliharaan kultur mikroba yang cocok.

Proses penanganan biologi air limbah secara biologik terdiri dari campuran mikroorganisme yang mampu memetabolisme limbah organik. Kelompok mikroorganisme tersebut adalah 1). Bakteri, 2). Fungi, 3). Algae, 4). Protozoa, 5). Rotifera, 6) Crustacea, dan 7). Virus (Metcalf and Eddy, 1979).

**Bakteri.** Bakteri merupakan kelompok mikroorganisme terpenting dalam penanganan air limbah. Dalam air dan penanganan air limbah, bakteri penting karena beberapa jenis bersifat patogenik (menyebabkan penyakit) dan karena kultur bakteri dapat digunakan untuk menghilangkan bahan organik dan mineral-mineral yang tidak

diinginkan dari air limbah. Bakteri aerob dan fakultatif, aktif dalam semua unit penanganan aerobik, sedangkan bakteri anaerob fakultatif dan obligat, aktif dalam unit penanganan anaerobik. Bakteri terdapat dalam berbagai bentuk, biasanya modifikasi dari silinder atau avoid (bulat), dengan ukuran beberapa mikrometer. Bakteri ini terdapat dalam proses penanganan limbah dalam bentuk gumpalan dari berbagai bentuk dan jenis. Temperatur dan pH memainkan peranan penting dalam hidup matinya bakteri, seperti hewan dan tumbuhan mikroskopis lainnya. Hal ini dapat diketahui bahwa dengan laju reaksi mikroorganisme meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur, dengan penggandaan kira-kira 10°C dari naiknya temperatur sampai beberapa pembatasan temperatur yang dapat dicapai. Menurut kisaran temperatur dimana bakteri berfungsi dengan baik, bakteri dapat diklasifikasikan menjadi cryopilic atau psychropilic, mesopilic, dan termopilik. Tipe-tipe kisaran temperatur dari bakteri pada masing-masing kategori dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 3. Tipe Kisaran Temperatur dari Berbagai Jenis Bakteri**

Tipe Bakteri	Temperatur °C	
	Range	Optimum
Cryopilic*	-2-30	12-18
Mesopilic	20-45	25-40
Thermopilic	45-75	55-65

<sup>\*)</sup> Disebut juga psychropilic

pH juga merupakan faktor kunci dalam pertumbuhan mikroorganisme. Sebagian besar mikroorganisme tidak dapat mentoleransi level pH diatas 9,5 atau dibawah 4,0. Secara umum pH optimal untuk pertumbuhan adalah antara 6,5 dan 7,5. Kebanyakan bakteri adalah kemoheterotrofik yaitu menggunakan bahan organik sebagai sumber energi dan karbon. Beberapa spesies mengoksidasi senyawa-senyawa anorganik seperti NH<sub>3</sub> untuk energi dan CO<sub>2</sub> sebagai sumber karbon. Bakteri ini disebut kemoautotrof. Sebagian bakteri bersifat fotosintetik dan menggunakan sinar sebagai sumber energi dan CO<sub>2</sub> sebagai sumber karbon. Bakteri kemoheterotrofik merupakan bakteri terpenting dalam penanganan air limbah karena bakteri-bakteri ini akan memecah bahan-bahan organik.

**Fungi.** Fungi dianggap sebagai jenis mikroorganisme yang bersifat multiseluler, nonfotosintetik dan heterotrofik. Fungi diklasifikasikan berdasarkan dari tipe

reproduksinya. Reproduksi fungi dapat secara seksual atau aseksual, pembelahan, tunas atau dengan spora. Molds atau fungi yang sebenarnya (true fungi) menghasilkan unit yang mikroskopis (hifa) yang secara bersama membentuk massa filamen yang dinamakan miselium. Fungi mempunyai kemampuan tumbuh pada kondisi kelembaban yang rendah dan dapat mentoleransi lingkungan dengan pH yang rendah secara relatif. pH optimal adalah 5,6 dengan kisaran 2 sampai 9. Fungi juga mempunyai kebutuhan nitrogen yang rendah. Kemampuan dari fungi untuk dapat bertahan dibawah pH yang rendah dan kondisi nitrogen yang sedikit membuat mikroorganisme ini sangat penting dalam pengolahan limbah industri secara biologi.

**Alga (Ganggang).** Alga adalah mikroorganisme multiseluler, autotrof, dan fotosintetik. Alga memperoleh energi dari sinar matahari dan menggunakan bahan anorganik seperti karbondioksida, amonia atau nitrat, dan fosfat dalam sintesis sel-sel tambahan. Alga memperoleh CO<sub>2</sub> dari sumber-sumber berikut ini, dalam air atau limbah cair : (a). Absorpsi dari udara, (b). Respirasi aerobik dan anaerobik dari organisme heterotrofik dan (c). Alkalinitas bikarbonat. Nilai pH setinggi 10 tidak umum dalam sistem alga yang aktif seperti kolam oksidasi dan unit serupa. Walaupun pertumbuhan alga dapat dikendalikan dengan membatasi karbon, karbon dari alkalinitas dan produksi bakteri akan menyediakan sejumlah karbon yang dapat digunakan untuk pertumbuhan alga. Karbon dalam sistem alamiah jarang membatasi pertumbuhan alga. Alga akan berkembang hanya bila sinar matahari cukup menembus cairan. Alga tidak akan tumbuh baik bila cairan sangat keruh seperti pada unit lumpur aktif dan lagun aerasi, dimana sinar matahari tidak dapat masuk, atau bila warna cairan sangat gelap. Bila tidak ada sinar matahari, maka fotosintesis akan terhenti dan respirasi endogenes dari ganggang akan berlangsung dengan cara yang sama seperti bakteri. Dengan demikian alga memberikan tambahan kebutuhan oksigen pada unit yang digunakan. Jenis alga yang paling penting dalam air dan penanganan air limbah adalah alga biru-hijau dan alga hijau. Alga dibagi menjadi empat kelompok, yaitu chlorophyta, chrysophyta, euglenophyta, dan cyanophyta.

**Protozoa.** Protozoa adalah kelompok organisme yang umumnya motil, bersel tunggal dan tidak mempunyai dinding sel. Kebanyakan protozoa adalah predator, seringkali memakan bakteri. Protozoa juga dicirikan oleh sel eukariotik, yang mempunyai membran internal dan lebih kompleks dari sel prokariotik bakteri. Protozoa

penting dalam penanganan limbah karena organisme ini akan memakan bakteri, sehingga jumlah sel bakteri yang ada tidak berlebihan. Di samping itu, protozoa akan mengurangi bahan organik yang tidak dimetabolisme dalam sistem penanganan dan membantu menghasilkan efluen dengan mutu yang lebih tinggi dan lebih jernih. Protozoa diklasifikasikan menjadi lima kelompok, yaitu sarcodina, mastigophora, sporozoa, ciliata, dan suctoria. Dalam hal lumpur aktif maka protozoa dan kelas ciliata serta suctoria yang ada didalamnya.

**Rotifera.** Organisme multiseluler yang dapat memecah makanan padat, seperti rotifer, ditemukan dalam sistem yang mengandung oksidasi terlarut yang sangat stabil setiap waktu. Rotifer memecah partikel padatan dimana sebagian dari partikel tersebut tidak dapat digunakan oleh protozoa dan juga membantu dalam menghasilkan efluen yang tidak keruh. Rotifera memerlukan kadar oksigen terlarut yang banyak, sehingga akan dijumpai pada air yang sudah relatif bersih dan sedikit mengandung bahan organik. Binatang ini dapat dipergunakan sebagai petunjuk bahwa tingkat penjernihan air secara biologis telah tercapai secara optimal.

**Crustacea.** Crustacea adalah organisme multiseluler dengan kulit yang keras. Organisme ini tumbuh dalam sistem yang cukup stabil, yang menggunakan organisme yang lebih kecil sebagai sumber makanan utamanya. Dengan melakukan hal ini, maka organisme tersebut membantu menghasilkan efluen yang jernih dan merupakan indikasi efluen bermutu tinggi dari sistem penanganan aerobik.

**Virus.** Virus merupakan struktur biologi yang terkecil dan mengandung seluruh informasi yang dibutuhkan untuk reproduksi. Virus bentuknya sangat kecil dan hanya dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop elektron. Virus termasuk obligat parasit dan cara reproduksinya melibatkan sel-sel hidup yang terinfeksi dan mengarahkan reaksi-reaksi sintesis dari sel hidup tersebut untuk memproduksi partikel virus baru. Virus pada umumnya diklasifikasikan oleh inang yang diinfeksi.

## **2.8. Pertumbuhan Bakteri dalam Air Limbah**

Bakteri diperlukan untuk menguraikan bahan organik yang ada di dalam air limbah. Oleh karena itu, diperlukan jumlah bakteri yang cukup untuk menguraikan bahan-bahan tersebut. Bakteri itu sendiri akan berkembang biak apabila jumlah makanan yang terkandung di dalamnya cukup tersedia, sehingga pertumbuhan bakteri

dapat dipertahankan secara konstan. Pada permulaannya bakteri berbiak secara konstan dan agak lambat pertumbuhannya karena adanya suasana baru pada air limbah tersebut, keadaan ini dikenal sebagai *lag phase*. Setelah beberapa jam berjalan maka bakteri mulai tumbuh berlipat ganda dan fase ini dikenal sebagai fase akselerasi (*acceleration phase*). Setelah tahap ini berakhir maka terdapat bakteri yang tetap dan bakteri yang terus meningkat jumlahnya. Pertumbuhan yang dengan cepat setelah fase kedua ini disebut sebagai *log phase*. Selama *log phase* diperlukan banyak persediaan makanan, sehingga pada suatu saat terdapat pertemuan antara pertumbuhan bakteri yang meningkat dan penurunan jumlah makanan yang terkandung didalamnya. Apabila tahap ini berjalan terus, maka akan terjadi keadaan dimana jumlah bakteri dan makanan tidak seimbang dan keadaan ini disebut sebagai *declining growth phase*. Pada akhirnya makanan akan habis dan kematian bakteri akan terus meningkat sehingga tercapai suatu keadaan di mana jumlah bakteri yang mati dan tumbuh mulai berkembang yang dikenal sebagai *statinary phase*. Setelah jumlah makanan habis dipergunakan, maka jumlah kematian akan lebih besar dari jumlah pertumbuhannya, maka keadaan ini disebut *endogeneous phase* dan pada saat ini bakteri menggunakan energi simpanan ATP untuk pernafasannya sampai ATP habis yang kemudian akan mati (Sugiharto, 2005).

## **2.9. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu**

Sebagian besar industri tahu merupakan industri kecil (*home industry*), yang notabene adalah masyarakat pedesaan dengan tingkat pendidikan yang relatif rendah, maka operasional pengolahan air limbah menjadi salah satu pertimbangan yang cukup penting. Untuk pengolahan air limbah industri tahu biasanya dipilih sistem dengan operasional pengolahan yang mudah dan praktis serta biaya pemeliharaan yang terjangkau.

Pemilihan sistem pengolahan air limbah didasarkan pada sifat dan karakter air limbah tahu itu sendiri. Sifat dan karakteristik air limbah sangat menentukan didalam pemilihan sistem pengolahan air limbah, terutama pada kualitas air limbah yang meliputi parameter-parameter pH, COD (*Chemical Oxygen Demand*), BOD (*Biological Oxygen Demand*), dan TSS (*Total Suspended Solid*).

Melihat karakteristik air limbah tahu diatas maka salah satu alternatif yang cukup tepat untuk pengolahan air buangan adalah dengan proses biologis. Cara ini relative sederhana dan tidak mempunyai efek samping yang serius.

### **2.9.1. Pengolahan Limbah Cair Anaerobik**

Proses anaerobik pada hakikatnya adalah proses yang terjadi karena aktivitas mikroba yang dilakukan pada saat tidak terdapat oksigen bebas. Proses anaerobik dapat digunakan untuk mengolah berbagai jenis limbah yang bersifat biodegradable, termasuk limbah industri makanan salah satunya adalah limbah tahu.

Proses biologi anaerobik merupakan sistem pengolahan air limbah tahu yang banyak digunakan. Pertimbangan yang dilakukan adalah mudah, murah dan hasilnya bagus. Proses biologi anaerobik merupakan salah satu sistem pengolahan air limbah dengan memanfaatkan mikroorganisme yang bekerja pada kondisi anaerob. Kumpulan mikroorganisme, umumnya bakteri, terlibat dalam transformasi senyawa kompleks organik menjadi metana. Selebihnya terdapat interaksi sinergis antara bermacam-macam kelompok bakteri yang berperan dalam penguraian limbah.

Kelompok bakteri non metanogen yang bertanggung jawab untuk proses hidrolisis dan fermentasi terdiri dari bakteri anaerob fakultatif dan obligat. Mikroorganisme yang diisolasi dari digester anaerobik adalah *Clostridium* spp., *Peptococcus anaerobus*, *Bifidobacterium* spp., *Desulphovibrio* spp., *Corynebacterium* spp., *Lactobacillus*, *Actinomyces*, *Staphylococcus*, and *Eschericia coli* (Metcalf and Eddy, 2003).

Ada tiga tahapan dasar yang termasuk dalam keseluruhan proses pengolahan limbah secara oksidasi anaerobik, yaitu : hidrolisis, fermentasi (yang juga dikenal dengan sebutan asidogenesis), dan metanogenesis (Metcalf and Eddy, 2003).

Selama proses hidrolisis, bakteri fermentasi merubah materi organik kompleks yang tidak larut, seperti selulosa menjadi molekul-molekul yang dapat larut, seperti asam lemak, asam amino dan gula. Materi polimer kompleks dihidrolisa menjadi monomer-monomer, contoh : selulosa menjadi gula atau alkohol. Molekul-molekul monomer ini dapat langsung dimanfaatkan oleh kelompok bakteri selanjutnya. Hidrolisis molekul kompleks dikatalisasi oleh enzim ekstra seluler seperti selulase, protease, dan lipase. Walaupun demikian proses penguraian anaerobik sangat lambat dan menjadi terbatas dalam penguraian limbah selulolitik yang mengandung lignin.

Pada proses fermentasi (asidogenesis), bakteri asidogenik (pembentuk asam) merubah gula, asam amino, dan asam lemak menjadi asam-asam organik (asam asetat, propionate, butirat, laktat, format) alkohol dan keton (etanol, methanol, gliserol dan aseton), asetat, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>. Produk utama dari proses fermentasi ini adalah asetat. Hasil dari fermentasi ini bervariasi tergantung jenis bakteri dan kondisi kultur seperti pH dan suhu.

Proses metanogenesis dilaksanakan oleh suatu kelompok mikroorganisme yang dikenal sebagai bakteri metanogen. Ada dua kelompok bakteri metanogen yang dilibatkan dalam proses produksi metan. Kelompok pertama, *acetoclastic methanogens*, membagi asetat ke dalam metan dan karbondioksida. Kelompok kedua, hidrogen memanfaatkan metanogen, yaitu menggunakan hidrogen sebagai donor elektron dan CO<sub>2</sub> sebagai aseptor elektron untuk memproduksi metan. Bakteri di dalam proses anaerobik, yaitu bakteri *acetogens*, juga mampu menggunakan CO<sub>2</sub> untuk mengoksidasi dan bentuk asam asetat. Dimana asam asetat dikonversi menjadi metan. Sekitar 72% metan yang diproduksi dalam digester anaerobik adalah formasi dari asetat.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses anaerobik (Monnet, 2003) yaitu :

**Suhu.** Proses anaerobik dapat terjadi dibawah dua kisaran kondisi suhu, yaitu kondisi mesopilik, yaitu antara 20-45°C, pada umumnya 35°C dan kondisi termopilik, yaitu antara 50-65°C, pada umumnya 55°C. Suhu yang optimal dari proses anaerobik bervariasi tergantung pada komposisi nutrient di dalam digester, tetapi kebanyakan proses anaerobik seharusnya dipelihara secara konstan untuk mendukung tingkat produksi gas. Digester termopilik lebih efisien dalam hal waktu tinggal, tingkat kapasitas, dan jumlah produksi gas, tetapi di lain hal membutuhkan input panas yang lebih tinggi dan mempunyai sensitivitas yang tinggi yang membuat proses lebih problematik daripada digesti mesopilik.

**Waktu Tinggal.** Waktu tinggal adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai proses degradasi materi-materi organik yang sempurna. Waktu tinggal bervariasi dengan memproses parameter-parameter, seperti memproses suhu dan komposisi limbah. Waktu tinggal untuk limbah yang diperlakukan dalam digester mesopilik dalam kisaran 15-30 hari dan 12-14 hari untuk digester termopilik.

**pH.** Nilai pH yang optimal untuk proses asidogenesis dan metanogenesis berbeda-beda. Selama proses asidogenesis dibentuk asetat, laktat, dan asam propionat, dengan

demikian pH turun. pH yang rendah dapat menghambat proses asidogenesis dan nilai pH dibawah 6,4 dapat bersifat racun untuk bakteri pembentuk metan (pH optimal untuk proses metanogenesis adalah antara 6,6-7). Kisaran pH optimal untuk semua yaitu antara 6,4-7,2.

**Rasio Karbon dan Nitrogen (C:N).** Hubungan antara jumlah karbon dan nitrogen yang hadir dalam materi organik di gambarkan oleh rasio C : N. Rasio optimal C : N dalam proses anaerobik antara 20 : 30. Rasio C : N yang tinggi mengindikasikan adanya konsumsi nitrogen yang cepat oleh bakteri metanogen dan menghasilkan produksi gas yang rendah. Selain itu rasio C : N yang rendah menyebabkan akumulasi ammonia dan nilai pH yang melebihi 8,5 dan ini bersifat racun bagi bakteri metanogen.

**Mixing.** Mixing di dalam digester, meningkatkan kontak antara mikroorganisme dengan substrat dan meningkatkan kemampuan populasi bakteri untuk memperoleh nutrisi. Mixing juga membangun gradien suhu di dalam digester. Mixing yang berlebihan dapat merusak mikroorganisme dan oleh karena itu mixing yang lambat lebih disukai.

### **2.9.1.1. Anaerobik – Biogas**

Secara umum proses anaerobik akan menghasilkan gas *Methana* (Biogas). Biogas (gas bio) adalah gas yang dihasilkan dari pembusukan bahan-bahan organik oleh bakteri pada kondisi anaerob (tanpa ada oksigen bebas). Biogas tersebut merupakan campuran dari berbagai macam gas antara lain : CH<sub>4</sub> (54%-70%), CO<sub>2</sub> (27%-45%), O<sub>2</sub> (1%-4%), N<sub>2</sub> (0,5%-3%), CO (1%), dan H<sub>2</sub> <<<<< (KLH, 2006). Sifat penting dari gas metan ini adalah tidak berbau, tidak berwarna, beracun dan mudah terbakar. Karena sifat gas tersebut, maka gas metan ini termasuk membahayakan bagi keselamatan manusia (Sugiharto, 2005).

Penggunaan biogas ini merupakan salah satu cara untuk mengurangi pencemaran lingkungan, karena dengan fermentasi bakteri anaerob (bakteri metan) maka tingkat pengurangan pencemaran lingkungan dengan parameter BOD, COD akan berkurang sampai 90%. Sistem ini banyak dipakai dengan pertimbangan ada manfaat yang bisa diambil yaitu pemanfaatan biogas yang sangat memungkinkan digunakan sebagai bahan sumber energi karena gas metan sama dengan gas elpiji (liquid petroleum gas/LPG), perbedaannya adalah gas metan mempunyai satu atom C, sedangkan elpiji lebih banyak.

Contoh pemanfaatan biogas misalnya untuk memasak, lampu penerangan, listrik generator, dan dapat menggantikan bahan bakar yang lain, dsb (KLH, 2006).

Ada dua tipe alat pembangkit biogas atau digester (LIPI, 2006), yaitu :

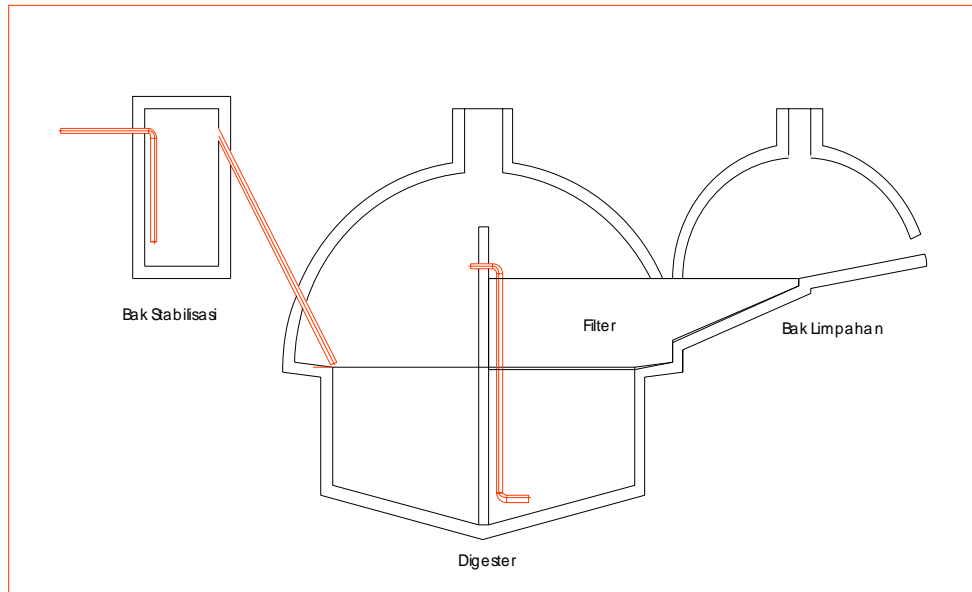
**Tipe Terapung (Floating Type).** Tipe terapung ini banyak dikembangkan di India yang terdiri atas sumur pencerna dan di atasnya ditaruh drum terapung dari besi terbalik yang berfungsi untuk menampung gas yang dihasilkan oleh digester. Sumur dibangun dengan menggunakan bahan-bahan yang biasa digunakan untuk membuat fondasi rumah, seperti pasir, batu bata, dan semen. Karena banyak dikembangkan di India, maka digester ini disebut juga dengan tipe India.

**Tipe Kubah (Fixed Dome Digester).** Tipe ini merupakan tipe yang paling banyak dipakai di Indonesia. Tipe kubah adalah berupa digester yang dibangun dengan menggali tanah kemudian dibuat dengan bata, pasir, dan semen yang berbentuk seperti rongga yang kedap udara dan berstruktur seperti kubah (bulatan setengah bola). Tipe ini dikembangkan di Cina sehingga disebut juga tipe kubah atau tipe Cina.

Dengan sistem anaerobik-biogas, gas yang dihasilkan tergantung pada kandungan protein, lemak dan karbohidrat yang terkandung dalam limbah, lamanya waktu pembusukan minimal 30 hari karena semakin lama pembusukan semakin sempurna prosesnya, suhu di dalam digester yaitu 15°C-35°C, kapasitas kedelai minimal untuk dapat menghasilkan biogas adalah ± 400 kg, untuk produksi tahu dengan kapasitas kedelai 700 kg/hari dihasilkan tidak kurang dari 10.500 liter gas bio per hari, kebutuhan satu rumah tangga dengan 4-5 orang anggota ± 1.200 – 2.000 liter gas bio per hari (KLH, 2006).

Adapun sistem pengolahan biogas meliputi inlet (masuknya air limbah), bak equalisasi, bak pengendapan, bak *Anaerobik Filter*, bak peluapan, bak pengurasan, dan outlet (keluarnya air limbah yang telah diolah) (KLH, 2006).

Bentuk dasar peralatan proses biogas tipe kubah (fixed dome digester) adalah sebagai berikut :



(Sumber : DEWATS)

**Gambar 2. Sketsa Gambar Tipe Fixed Dome Digester**

Keuntungan atau keunggulan dari sistem anaerobik-biogas adalah mengurangi potensi kerusakan hutan yaitu mengurangi penebangan pohon yang digunakan untuk kayu bakar, mencegah erosi tanah, dan menghemat pemakaian bahan bakar minyak. Biogas merupakan energi yang ramah lingkungan dan merupakan cara yang aman untuk menempatkan bahan organik jika dikelola dengan baik, sehingga meningkatkan sanitasi dan kesehatan lokal. Sisa padatan dari produksi biogas (lumpur hasil pembangkitan biogas) dapat digunakan untuk pembuatan pupuk kompos. Ini dapat mengurangi polusi air tanah dan meningkatkan kualitas udara. Gas metan termasuk gas rumah kaca (*greenhouse gas*), bersama dengan gas karbon dioksida  $\text{CO}_2$  memberikan efek rumah kaca yang menyebabkan terjadinya fenomena pemanasan global. Pengurangan gas metan secara lokal ini dapat berperan positif dalam upaya penyelesaian permasalahan global (efek rumah kaca), sehingga upaya ini dapat diusulkan sebagai bagian dari program internasional Mekanisme Pembangunan Bersih (*Clean Development Mechanism/CDM*) (Inforce, 2006).

Untuk biogas ini sistem yang diterapkan harus dirawat dan dibersihkan secara periodik untuk menghilangkan lumpur (residu padatan) hasil pembangkitan biogas dan tindakan pencegahan serta keselamatan untuk sistem pendistribusian gas harus terus diamati .

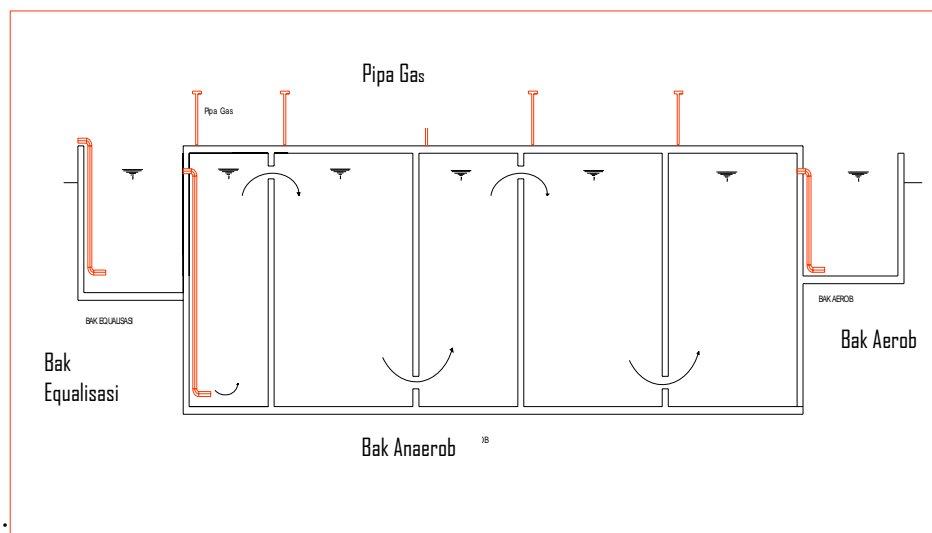
### 2.9.1.2. Anaerobik Baffled Reactor

Anaerobik baffled reaktor merupakan salah satu sistem proses pengolahan air limbah anaerobik dengan mengatur aliran dari bawah ke atas menggunakan sekat-sekat. Seperti pada sebagian besar sistem anaerobik, sistem ini sangat membutuhkan pengaturan distribusi aliran, sehingga lumpur aktif bisa kontak dengan air limbah secara merata.

Reaktor ini berbentuk tangki persegi panjang, dibagi empat kompartemen berukuran sama. Masing-masing kompartemen dipisahkan dinding dari arah atap dan dasar tangki. Zat cair dialirkan menuju ke atas lalu kebawah antar dinding dan menuju ke atas lagi melalui sludge anaerobik blanket hingga melalui kompartemen ke empat. Dalam reaktor ini terjadi kontak antara air limbah dengan biomassa aktif, dimana dengan reaktor ini biomassa akan tertahan sebanyak mungkin.

Pengolahan air limbah industri tahu yang dilakukan menggunakan proses anaerobik dengan bentuk reaktor bersekat (anaerobic baffled reactor), mempunyai keuntungan karena cocok untuk daerah tropis (mikroorganisme mesofilik), sedangkan bentuk reaktor memberikan keuntungan karena memberi kontak yang lebih baik antara lumpur aktif yang ada dengan air limbah (up flow dan down flow).

Skema proses pengolahan limbah dengan sistem anaerobik baffled reaktor adalah sebagai berikut :



**Gambar 3. Skema Anaerobik Baffled Reaktor**

## **2.10. Pengolahan Limbah Cair Sistem Aerobik**

Pada pengolahan air limbah tahu proses biologi aerobik merupakan proses lanjutan untuk mendegradasi kandungan senyawa organik air limbah yang masih tersisa setelah proses anaerobik. Sistem penanganan aerobik digunakan sebagai pencegah timbulnya masalah bau selama penanganan limbah, agar memenuhi persyaratan effluent dan untuk stabilisasi limbah sebelum dialirkan ke badan penerima (Jenie dan Rahayu, 1993).

Proses pengolahan limbah aerobik berarti proses dimana terdapat oksigen terlarut. Oksidasi bahan-bahan organik menggunakan molekul oksigen sebagai aseptor elektron akhir adalah proses utama yang menghasilkan energi kimia untuk mikroorganisme dalam proses ini. Mikroba yang menggunakan oksigen sebagai aseptor elektron akhir adalah mikroorganisme aerobik (Jenie dan Rahayu, 1993).

Pengolahan limbah dengan sistem aerobik yang banyak dipakai antara lain dengan sistem lumpur aktif, piring biologi berputar (Rotating Biological Contractor = RBC) dan selokan oksidasi (Oxidation Ditch).

## **2.11. Pengolahan Limbah Sistem Kombinasi Anaerobik-Aerobik**

Secara umum proses pengolahan kombinasi ini dibagi menjadi dua tahap yakni pertama proses penguraian anaerobik dan yang kedua proses pengolahan lanjut dengan sistem biofilter anaerobik-aerobik.

**Penguraian anaerobik.** Limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan tahu dikumpulkan melalui saluran limbah, kemudian dialirkan ke bak kontrol untuk memisahkan buangan padat. Selanjutnya limbah dialirkan ke bak pengurai anaerobik. Di dalam bak pengurai anaerobik tersebut pencemar organik yang ada dalam limbah akan diuraikan oleh mikroorganisme secara anaerobik, menghasilkan gas hidrogen sulfida dan metana yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Pada proses tahap pertama efisiensi penurunan nilai COD dalam limbah dapat mencapai 80-90%. Air olahan tahap awal ini selanjutnya diolah dengan proses pengolahan lanjut dengan sistem kombinasi anaerobik-aerobik dengan menggunakan biofilter (Herlambang, 2002).

**Proses pengolahan lanjut.** Proses pengolahan limbah dengan proses biofilter anaerobik-aerobik terdiri dari beberapa bagian yakni bak pengendap awal, biofilter anaerobik, biofilter aerobik, bak pengendap akhir, dan jika perlu dilengkapi dengan bak

klorinasi. Limbah yang berasal dari proses penguraian anaerobik (pengolahan tahap pertama) dialirkan ke bak pengendap awal, untuk mengendapkan partikel lumpur, pasir dan kotoran lainnya. Selain sebagai bak pengendapan, juga berfungsi sebagai bak pengontrol aliran, serta bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, pengurai lumpur dan penampung lumpur (Herlambang, 2002).

Air limpasan dari bak pengendap awal selanjutnya dialirkan ke bak anaerobik dengan arah aliran dari atas ke bawah (down flow) dan dari bawah ke atas (up flow). Di dalam bak anaerobik tersebut diisi dengan media dari bahan plastik atau kerikil dan batu pecah. Jumlah bak anaerobik ini bisa dibuat lebih dari satu sesuai dengan kualitas dan jumlah air baku yang akan diolah. Penguraian zat-zat organik yang ada dalam limbah dilakukan oleh bakteri anaerobik. Setelah beberapa hari, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikroorganisme. Mikroorganisme inilah yang akan menguraikan zat organik yang belum sempat terurai pada bak pengendap awal. Air limpasan dari bak anaerobik dialirkan ke bak aerobik. Di dalam bak aerobik ini dapat diisi dengan media dari bahan kerikil atau plastik atau batu apung atau bahan serat sesuai dengan kebutuhan atau dana yang tersedia, sambil diaerasi atau dihembus dengan udara, sehingga mikroorganisme yang ada akan menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah serta tumbuh dan menempel pada permukaan media. Dengan demikian limbah akan kontak dengan mikroorganisme yang tersuspensi dalam air maupun yang menempel pada permukaan media (Herlambang, 2002).

Dari proses tersebut efisiensi penguraian zat organik dan deterjen dapat ditingkatkan serta mempercepat proses nitrifikasi, sehingga efisiensi penghilangan amonia menjadi lebih besar. Proses ini sering dinamakan aerasi kontak (contact aeration). Dari bak aerasi, limbah dialirkan ke bak pengendap akhir. Di dalam bak ini kembali ke bagian awal bak aerasi dengan pompa sirkulasi lumpur. Sedangkan air limpasan dialirkan ke bak klorinasi (Herlambang, 2002).

Di dalam bak klorinasi ini limbah direaksikan dengan klor untuk membunuh mikroorganisme patogen. Air olahan, yakni air yang keluar setelah proses klorinasi dapat langsung dibuang ke sungai atau saluran umum. Dengan kombinasi proses anaerobik-aerobik tersebut selain dapat menurunkan zat organik (BOD, COD) juga menurunkan amonia, deterjen, muatan padat tersuspensi (MPT) fosfat dan lainnya.

Dengan adanya proses pengolahan lanjut tersebut, nilai COD dalam air olahan yang dihasilkan akan relatif rendah (Herlambang, 2002).

## 2.12. Analisis SWOT

Analisis SWOT adalah identifikasi berbagai faktor secara sistematis untuk merumuskan strategi. Analisis ini didasarkan pada logika yang dapat memaksimalkan kekuatan (*Strengths*) dan peluang (*Opportunities*), namun secara bersamaan dapat meminimalkan kelemahan (*Weaknesses*) dan ancaman (*Threats*). Kedua faktor yaitu internal dan eksternal harus dipertimbangkan dalam analisis SWOT. SWOT adalah singkatan dari lingkungan *Internal Strengths* dan *Weaknesses* serta lingkungan eksternal *Opportunities* dan *Threats* yang dihadapi oleh suatu organisasi. Analisis SWOT membandingkan antara faktor eksternal Peluang (*opportunities*) dan Ancaman (*threats*) dengan faktor internal Kekuatan (*strengths*) dan Kelemahan (*weaknesses*), (Rangkuti, 2002). Analisis SWOT merupakan metode analisis yang cocok untuk melaksanakan tugas perencanaan, khususnya bila keadaannya demikian kompleks dimana faktor intern dan ekstern mempunyai peran yang sama pentingnya.

- a. Kekuatan/*Strength* (**S**), suatu kondisi atau keadaan intern yang ada/dimiliki, yang dianggap/merupakan hal-hal yang sudah baik.
- b. Kelemahan/*Weaknesses* (**W**), suatu kondisi atau keadaan intern yang bersifat kelemahan/masalah yang ada dan dirasakan sebagai hal-hal yang kurang baik/kurang menyenangkan.

- c. Peluang/*Opportunity* (**O**), suatu kondisi atau keadaan ekstern yang ada, akan mempengaruhi kondisi yang sudah/akan terjadi di dalam lingkup studi yang dirasakan berpeluang digunakan untuk pengembangan potensi.
- d. Ancaman/*Threats* (**T**), suatu kondisi atau keadaan ekstern yang ada akan mempengaruhi kondisi yang sudah/akan terjadi di dalam lingkup studi yang dianggap menghambat pengembangan potensi.

Alat yang dipakai untuk menyusun faktor-faktor strategis salah satunya adalah Matrik SWOT. Matrik ini dapat menggambarkan secara jelas bagaimana peluang dan ancaman eksternal yang dihadapi dapat disesuaikan dengan kekuatan dan kelemahan yang dimiliki. Matrik ini dapat menghasilkan empat set kemungkinan alternatif strategis. Matrik SWOT dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini (Rangkuti, 2002) :

Faktor Strategi Internal  Faktor Strategi Eksternal	<b>STRENGTHS (S)</b>  ▪ Tentukan 5-10 faktor kelemahan internal	<b>WEAKNESSES (W)</b>  ▪ Tentukan 5-10 faktor kekuatan internal
<b>OPPORTUNITIES (O)</b>  ▪ Tentukan 5-10 faktor peluang eksternal	<b>STRATEGI SO</b>  Ciptakan strategi yang menggunakan kekuatan untuk memanfaatkan peluang	<b>STRATEGI WO</b>  Ciptakan strategi yang meminimalkan kelemahan untuk memanfaatkan peluang
<b>TREATHS (T)</b>  ▪ Tentukan 5-10 faktor ancaman eksternal	<b>STRATEGI ST</b>  Ciptakan strategi yang menggunakan kekuatan untuk mengatasi ancaman	<b>STRATEGI WT</b>  Ciptakan strategi yang meminimalkan kelemahan dan menghindari ancaman

**Gambar 4. Matrik SWOT**

Analisis SWOT bermanfaat untuk menetapkan tujuan secara lebih realistis dan efektif, serta merumuskan strategi dengan lebih efektif pula. Berlandaskan SWOT, tujuan tidak akan menjadi terlalu tinggi atau terlalu rendah. Prinsip analisis SWOT ini untuk memperoleh “*Core Strategy*”, yang berupa :

a. *Strategi SO*

Strategi ini dibuat dengan memanfaatkan seluruh kekuatan untuk merebut dan memanfaatkan peluang yang sebesar-besarnya.

b. *Strategi ST*

Ini adalah strategi dalam menggunakan kekuatan yang dimiliki perusahaan untuk mengatasi ancaman.

c. *Strategi WO*

Strategi ini diterapkan berdasarkan pemanfaatan peluang yang ada dengan cara meminimalkan kelemahan yang ada.

d. *Strategi WT*

Strategi ini didasarkan pada kegiatan yang bersifat defensif dan berusaha meminimalkan kelemahan yang ada serta menghindari ancaman.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Tempat 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

#### **3.2. Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus-September 2006.

#### **3.3. 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 data-data yang dibutuhkan dan mengamati seluruh proses produksi tahu dan teknik pengolahan limbah padat dan cair yang diterapkan pada masing-masing industri tahu. Salah satu cara pengumpulan data di lapangan adalah dengan melakukan pengambilan sampel 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

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

b. IPAL Industri Tahu Gagaksipat Boyolali meliputi :

- Input IPAL
- Output IPAL

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

c. IPAL Industri Tahu Sederhana Kendal :

- Input IPAL
- Output IPAL

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

Sampel air limbah tahu yang sudah diambil tersebut, kemudian dibawa ke Laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri (Baristand) Semarang untuk dianalisis. Hasil analisis kemudian dibandingkan dengan baku mutu yang ada di Perda Propinsi Jawa Tengah No. 10 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu.

3. Wawancara

Wawancara dilakukan kepada para pengusaha tahu di masing-masing industri. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui berapa kebutuhan bahan baku kedelai, kebutuhan air bersih, kebutuhan bahan bakar, bahan pembantu yang digunakan dalam proses produksi tahu, upaya-upaya pengelolaan limbah padat dan cair yang saat ini dilakukan, kendala-kendala yang dihadapi dalam proses produksi maupun dalam pengolahan limbah padat dan cair industri tahu, hal-hal yang terkait dengan biaya pembuatan dan operasional IPAL.

### **3.4. Analisis Data**

Sifat Penelitian ini adalah deskriptif analisis, sehingga analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif kualitatif dan analisis SWOT yang digunakan untuk mengetahui kekuatan (*Strengths*) dan kelemahan (*Weaknesses*) sekaligus menentukan peluang (*Opportunities*) dan ancaman (*Threats*) Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Mendeskripsikan proses produksi tahu mulai dari perendaman bahan baku kedelai sampai menjadi tahu dan sumber timbulan limbah industri tahu.
2. Mendeskripsikan upaya-upaya pengelolaan limbah padat dan cair sebelum dilakukan pengolahan.
3. Mendeskripsikan proses pengolahan limbah cair pada masing-masing industri tahu, meliputi teknologi yang digunakan, proses yang terjadi pada masing-masing teknologi pengolah limbah, menganalisis hasil pengujian laboratorium yang meliputi parameter fisika (suhu dan TSS), parameter kimia (BOD<sub>5</sub>, COD dan pH) pada titik inlet dan outlet IPAL masing-masing industri tahu serta dampaknya terhadap lingkungan dan masyarakat.
4. Melakukan analisis SWOT dengan menyusun faktor-faktor strategis dengan menggunakan matrik SWOT. Matrik ini dapat menggambarkan secara jelas bagaimana peluang dan ancaman eksternal yang dihadapi dapat disesuaikan dengan kekuatan dan kelemahan yang dimiliki oleh masing-masing industri tahu. Matrik ini dapat menghasilkan empat set kemungkinan alternatif strategis. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Mengisi kolom *Strengths* (S) dengan faktor-faktor kelemahan internal dari unit pengolahan limbah industri tahu.
- Mengisi kolom *Weaknesses* (W) dengan faktor-faktor kekuatan internal dari unit pengolahan limbah industri tahu.
- Mengisi *Opportunities* (O) dengan faktor-faktor peluang eksternal dari unit pengolahan limbah industri tahu.
- Mengisi kolom *Threats* (T) dengan faktor-faktor ancaman eksternal dari unit pengolahan limbah industri tahu.
- Mengisi kolom *Strategi SO* dengan faktor kekuatan dari unit pengolahan limbah industri tahu untuk memanfaatkan peluang.

- Mengisi kolom *Strategi ST* dengan faktor kekuatan dari unit pengolahan limbah industri tahu untuk mengatasi ancaman.
  - Mengisi kolom Strategi WO dengan meminimalkan kelemahan dari unit pengolahan limbah industri tahu untuk memanfaatkan peluang.
  - Mengisi kolom Strategi WT dengan meminimalkan kelemahan dari unit pengolahan limbah industri tahu untuk menghindari ancaman.
  - Dalam analisis SWOT ini dilakukan pembobotan terhadap setiap unit unsur SWOT. Pembobotan atau penilaian yang diberikan menggunakan skor antara 1-5. Arti skor ini adalah sebagai berikut :
    - Nilai 1 berarti tidak penting
    - Nilai 2 berarti sedikit penting
    - Nilai 3 berarti cukup penting
    - Nilai 4 berarti penting
    - Nilai 5 berarti sangat penting
6. Membandingkan sistem pengolahan limbah secara teknis dan menganalisis unit pengolahan limbah mana yang efektif dan efisien serta bagaimana dampaknya terhadap lingkungan.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Proses Produksi Tahu**

Pengamatan di lapangan dilakukan di tiga industri tahu, yaitu Industri Tahu Tandang Semarang, Industri Tahu Sederhana Kendal dan Industri Tahu Boyolali. Urutan proses atau cara pembuatan tahu pada ketiga industri tahu tersebut pada umumnya hampir sama. Urutan proses pembuatan tahu pada ketiga industri tahu tersebut adalah sebagai berikut : Pada tahap awal bahan baku kedelai diambil dari gudang penyimpanan kemudian dicuci bersih lalu direndam dalam ember plastik selama beberapa jam sampai kira-kira kulit kedelai lunak dan mudah untuk dikelupas. Jenis kedelai yang digunakan adalah kedelai lokal, karena kedelai lokal mempunyai kandungan air yang tinggi sehingga tahu yang dihasilkan menjadi lebih kenyal. Setelah kedelai di rendam kemudian di giling menggunakan mesin penggiling, ini dikarenakan penggunaan mesin penggiling akan memperhalus hasil gilingan kedelai. Pada saat penggilingan ini diberi air mengalir agar hasil gilingan mudah untuk terdorong keluar. Hasil penggilingan ini berupa bubur kedelai yang kemudian ditampung dalam ember plastik. Energi atau bahan bakar yang digunakan dalam proses penggilingan ini pada ketiga industri tahu berbeda. Untuk Industri Tahu Sederhana menggunakan listrik sedangkan Industri Tahu Boyolali dan Industri Tahu Tandang masih menggunakan solar  $\pm 5$  sampai 10 liter per hari. Bubur kedelai yang telah terbentuk kemudian direbus atau dididihkan dalam tungku pemasakan sambil ditambahkan air secukupnya. Proses pemasakan atau perebusan ini menggunakan panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar kayu di dalam ketel uap atau serbuk hasil gergajian kayu. Rata-rata ketel uap terbuat dari drum bekas. Di Industri Tahu Boyolali dan Industri Tahu Tandang masih menerapkan hal ini, tetapi Industri Tahu Sederhana Kendal sudah menggunakan ketel uap modern tetapi bahan bakar yang digunakan juga masih berupa kayu bakar. Perebusan ini memakan waktu  $\pm 15$  sampai 30 menit. Untuk mendapatkan sari kedelai (filtrat) perlu dilakukan penyaringan, yaitu wadah atau tempat yang telah disiapkan diberi kain saring yang biasanya terbuat dari kain mori kasar atau kain blaco. Penyaringan dilakukan berulang kali agar diperoleh sari kedelai yang optimal. Proses penyaringan juga membutuhkan air. Hasil utama dari penyaringan ini adalah sari

kedelai dan hasil sampingnya adalah ampas tahu yang jumlahnya cukup banyak. Filtrat cair hasil penyaringan (sari kedelai) yang diperoleh kemudian ditampung dalam bak atau tungku pemasakan. Sari kedelai yang masih dalam keadaan hangat secara perlahan-lahan diaduk sambil diberi asam (catu). Pemberian asam ini dihentikan apabila pada proses sudah terlihat menggumpal. Proses ini sudah memasuki tahap penggumpalan. Asam yang digunakan dalam penggumpalan ini biasanya para pengrajin tahu memanfaatkan asam atau kecutan sisa hasil penggumpalan tahu yang telah dibiarkan selama satu malam, disamping memanfaatkan limbah yang sudah tidak terpakai secara ekonomi dapat menghemat pengeluaran karena tidak perlu membeli bahan-bahan penggumpal. Ini merupakan kegiatan memakai ulang (*Reuse*) limbah cair industri tahu yang masih bermanfaat dalam proses produksi tahu. Proses penggumpalan biasanya memakan waktu selama  $\pm 5$  sampai 10 menit. Proses selanjutnya adalah pengepresan dan pencetakan, proses ini dilakukan dengan cara cairan bening yang berada di atas gumpalan tahu dibuang sebagian dan sisanya digunakan untuk air asam. Cairan tahu kemudian diambil dan dituangkan ke dalam cetakan kayu berbentuk segi empat yang dialasi dengan kain dan sudah dilubangi kecil-kecil agar air dapat keluar. Cetakan kayu tersebut diisi sampai penuh, selanjutnya kain ditutupkan ke seluruh gumpalan tahu kemudian dipres dengan memberikan alat pemberat  $\pm 3$  sampai 5 kg dan dipres selama  $\pm 1$  menit sampai airnya keluar. Setelah dirasa cukup dan tahu sudah dingin, kemudian tahu dipotong-potong sesuai dengan pesanan konsumen di pasar.

Proses produksi tahu dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

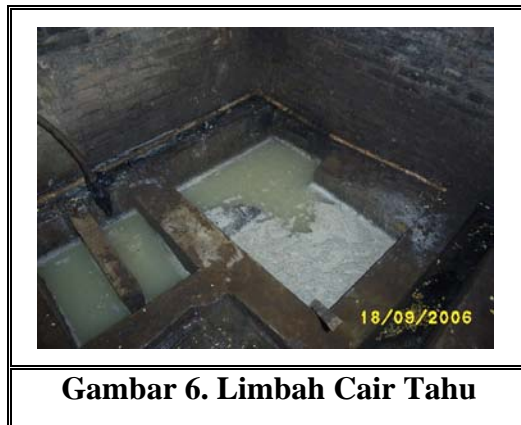


**Gambar 5. Proses Produksi Tahu, A). Perendaman, B). Penggilingan, C). Pemasakan, D). Penyaringan, E). Penggumpalan, F). Pencetakan**

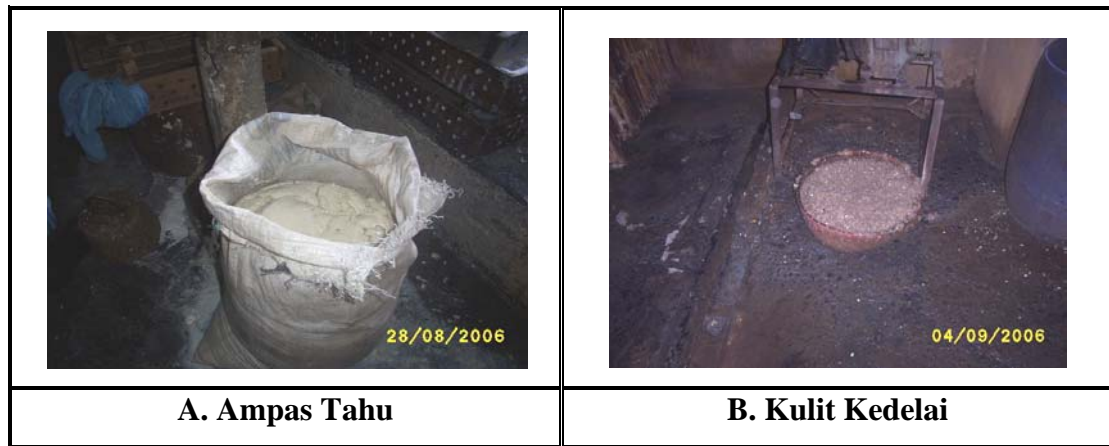
Pada proses pembuatan tahu selain menggunakan bahan baku kedelai juga membutuhkan air yang cukup banyak sehingga limbah cair yang dihasilkan juga cukup besar. Sumber-sumber timbulan limbah cair pada proses produksi tahu adalah pada

proses pencucian bahan baku kedelai, pencucian peralatan proses produksi tahu, perendaman bahan baku kedelai, penggumpalan dan pengepresan atau pencetakan tahu. Limbah cair yang dihasilkan pada proses pencucian kedelai maupun peralatan proses produksi ini belum mempunyai kadar asam yang tinggi sehingga masih aman untuk dibuang ke lingkungan. Tetapi pada proses penggumpalan, pencetakan dan pengepresan limbah cair yang dibuang mempunyai karakteristik COD, BOD, suhu, pH dan *Total Padatan Tersuspensi* (TSS) yang cukup tinggi, ini disebabkan karena airnya sudah mengandung kadar asam (*whey*) serta berbau tidak sedap, sehingga harus segera di olah di IPAL.

Limbah cair industri tahu dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Selain limbah cair, industri tahu juga menghasilkan limbah padat yang berupa ampas tahu. Ampas tahu ini seperti yang telah ditulis diatas berasal dari proses penyaringan sari kedelai. Jumlah ampas tahu ini juga cukup banyak dan mempunyai sifat yang cepat basi. Pada proses perendaman juga menghasilkan limbah padat berupa kulit kedelai, semakin banyak bahan baku kedelai yang digunakan maka semakin banyak juga kulit kedelai yang dihasilkan. Limbah padat industri tahu dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 7. Limbah Padat Industri Tahu  
A). Ampas Tahu, B). Kulit Kedelai**

#### **4.2. 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. Kebanyakan para pelanggan mengambil sendiri ampas tahu dari lokasi produksi tahu secara langsung. Tidak semua pemilik industri tahu mengolah sendiri limbah padatnya, hal ini diterapkan di Industri Tahu Sederhana Kendal dan Industri Tahu Boyolali. Sedangkan di Industri Tahu Tandang Semarang yang terdiri dari 9 orang pengrajin tahu juga tidak semuanya mengolah ampas tahu menjadi produk yang dapat dimanfaatkan kembali, melainkan hanya beberapa pengrajin saja. Pengelolaan ampas tahu sisa proses penyaringan pada industri tahu dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

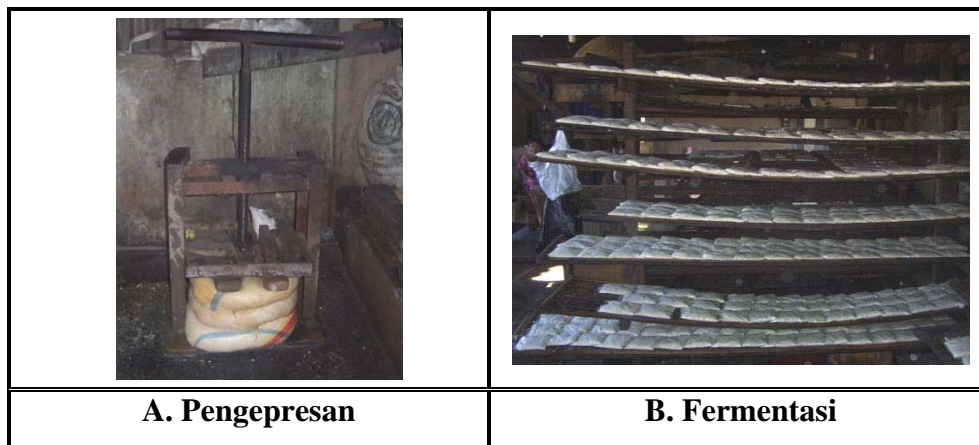


**Gambar 8. Ampas Tahu yang Ditampung dalam Sak (Karung)**

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  $\text{Rp}7.000,- \times 30 \text{ sak} = \text{Rp}210.000,-$  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.

Ampas tahu masih mengandung beberapa zat yang masih bermanfaat bagi tubuh. Sampai saat ini sedang diupayakan berbagai cara pemanfaatan ampas tahu menjadi produk yang bermanfaat. Salah satu pengrajin tahu di Industri Tahu Tandang Semarang mengolah ampas tahu menjadi tempe gembus. Proses pembuatannya mudah (tidak membutuhkan keterampilan yang khusus) dan membutuhkan modal yang tidak besar. Modal awal yang digunakan untuk pembuatan tempe gembus ini adalah  $\text{Rp}35.000/\text{hari}$  dan keuntungan yang didapat mencapai  $\text{Rp}50.000/\text{hari}$ . Bahan baku pembuatan tempe gembus adalah ampas tahu, tahap pertama ampas tahu direndam dalam air selama 12 jam. Setelah itu ampas tahu dipres dengan mesin pres sehingga airnya keluar. Tahap selanjutnya adalah fermentasi, ampas tahu yang sudah bersih, kemudian ditaburi dengan ragi tempe dan diaduk-aduk sampai rata. Setelah itu ampas tahu dimasukkan ke dalam plastik kemudian diletakkan di rak-rak agar terhindar dari serangga dan cahaya matahari

langsung selama 4-5 hari hingga kapang yang terbentuk cukup tebal dan menutupi seluruh tempe gembus. Proses pengepresan dan fermentasi dalam pembuatan tempe gembus dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 9. Proses Pembuatan Tempe Gembus  
A). Pengepresan, B). Fermentasi**

Limbah padat industri tahu tidak hanya berupa ampas tahu saja, tetapi juga kulit ari kedelai sisa proses perendaman. Kulit ari kedelai ini dapat dimanfaatkan untuk campuran pakan ternak. Pembuatannya cukup mudah, yaitu kulit ari yang sudah dibersihkan dari berbagai kotoran dicampur dengan air dan bahan campuran lain seperti bakatul, tepung ikan, hijauan, dll. Kemudian diaduk rata dan siap diberikan ke ternak.

Ampas tahu selain dibuat tempe gembus juga dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak. Produk sampingan produksi tahu ini apabila telah mengalami fermentasi dapat meningkatkan kualitas pakan dan memacu pertumbuhan ayam pedaging. Delapan puluh persen bahan pakan yang digunakan untuk menyusun ransum ayam pedaging adalah berasal dari impor, kondisi ini mengakibatkan pakan untuk ayam pedaging menjadi lebih mahal. Hal ini telah mendorong ahli nutrisi dan formulasi pakan untuk menemukan bahan pakan yang tersedia dalam jumlah banyak, murah dan mudah didapat. Salah satunya yang telah banyak digunakan adalah ampas tahu. Ampas tahu ini telah digunakan sebagai pakan babi, sapi dan ayam pedaging. Namun karena kandungan air dan serat kasarnya yang tinggi, maka penggunaannya menjadi terbatas dan belum memberikan hasil yang baik. Guna mengatasi tingginya kadar air dan serat kasar pada ampas tahu maka dilakukan fermentasi. Proses fermentasi dengan menggunakan ragi yang mengandung kapang *Rhizopus Oligosporus* dan *Rhizopus Oryzae*. Proses

fermentasi akan menyederhanakan partikel bahan pakan, sehingga akan meningkatkan nilai gizinya. Bahan pakan yang telah mengalami fermentasi akan lebih baik kualitasnya dari bahan bakunya. Fermentasi ampas tahu dengan ragi akan mengubah protein menjadi asam-asam amino, dan secara tidak langsung akan menurunkan kadar serat kasar ampas tahu.

Berdasar hasil riset yang dilakukan oleh (Suprijatna, dkk, 2000) untuk mengkaji ampas tahu fermentasi sebagai bahan pakan serta pengaruhnya sebagai bahan penyusun ransum ayam pedaging disimpulkan bahwa penggunaan ampas tahu fermentasi tersebut dapat meningkatkan kualitas pakan dan memacu pertumbuhan ayam pedaging. Hal ini diperlihatkan dengan adanya peningkatan konsumsi pakan, penambahan berat badan, berat badan akhir dan berat karkas, seiring dengan meningkatnya level ampas tahu dalam pakan.

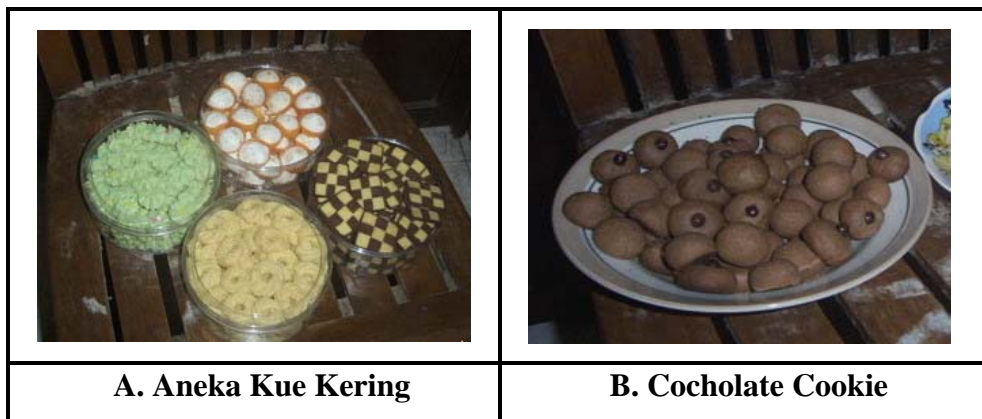
Selain produk-produk tersebut diatas, ampas tahu juga dapat dibuat tepung yang disebut dengan tepung serat ampas tahu. Bentuk tepung seperti ini mempunyai sifat tahan lama, dan dapat menjadi bahan baku pengganti tepung terigu atau tepung beras untuk berbagai makanan. Penambahan bahan lain disesuaikan dengan kebutuhan yang sesuai dengan produk apa yang akan dibuat. Pemanfaatan tepung serat ampas tahu, sejauh ini adalah dapat mengganti 2 hingga 3 bagian dari tepung terigu yang diresepkan untuk membuat kue kering. Selain kue kering, tepung ini dapat pula digunakan untuk membuat lauk pauk seperti dijadikan kerupuk ampas tahu, perkedel, resoles dan kroket. Selanjutnya pernah dibuat donat yang digoreng.

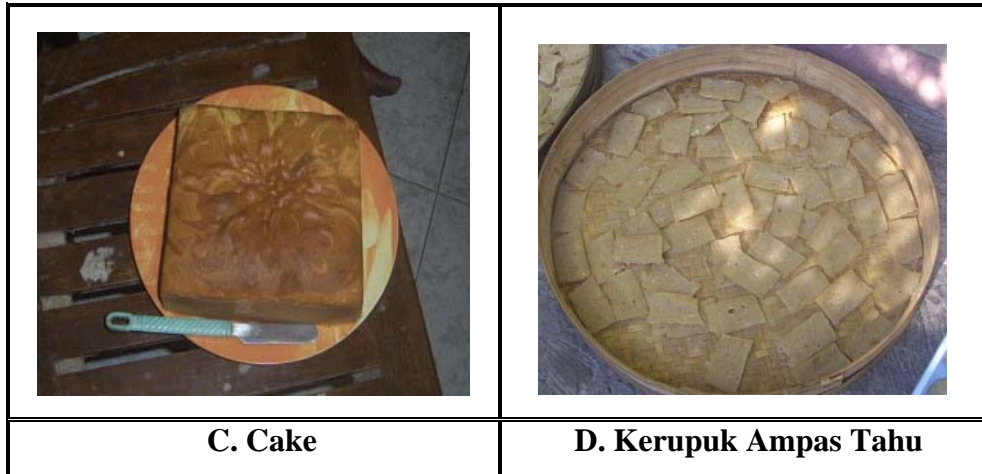
Proses pembuatan tepung ampas tahu ini relatif lebih mudah. Setelah didapat ampas tahu yang segar, segera dilakukan pemerasan untuk mengurangi kadar air bahan. Untuk ampas tahu yang dihasilkan pada pagi hari yaitu antara pukul 06.00-09.00, setelah dilakukan pemerasan lalu kemudian dikeringkan. Pengeringan paling murah adalah dengan memanfaatkan sinar matahari. Ampas tahu tersebut kemudian dijemur tipis-tipis dengan ketebalan antara 1-2 cm pada hamparan logam atau tampah yang dihampar di tempat yang bersih, beberapa saat kemudian dilakukan pembalikan atau perataan. Penjemuran yang dilakukan pada hari pertama diupayakan secepatnya, misal pada pukul 10.00 atau 11.00 telah dihampar dan dijemur hingga pukul 16.00. Pada hari kedua sejak pukul 08.00 dijemur kembali hingga pukul 16.00. Bila cuaca sangat terik, dalam 2-3 hari telah didapatkan serbuk serat ampas tahu. Selanjutnya dilakukan

penggerusan untuk melembutkan bagian-bagian yang masih besar dan keras. Tahap terakhir kemudian dilakukan pengayakan. Alternatif lain selain pengeringan alami (menggunakan sinar matahari) dapat pula dilakukan dengan menggunakan alat pengering atau oven. Suhu yang digunakan sekitar 70°C dan di oven selama 4-5 jam, dengan cara ini akan didapatkan serbuk ampas tahu yang cukup kering lalu langkah selanjutnya dilakukan pengayakan.

Selain digunakan ampas tahu yang segar, tepung serat ampas tahu dapat pula dihasilkan dari ampas tahu yang tidak segar. Disebut tidak segar karena ampas tahu tersebut telah melewati waktu antara 8-14 jam, misalnya ampas tahu yang berasal dari proses produksi tahu sebelumnya. Untuk jenis ampas ini, tahap pertama yang dilakukan adalah pencucian terlebih dahulu dengan volume air sama besar dengan volume ampas. Selanjutnya ampas diperas dengan menyisakan kandungan air antara kurang lebih 20-30%. Ampas yang telah diperas kemudian diratakan agar tidak menggumpal. Kemudian bahan ampas tersebut dikukus kurang lebih 10-15 menit. Setelah dikukus kemudian diangin-anginkan dan kembali diratakan lalu siap untuk dikeringkan lagi. Setelah kering, tepung ini harus segera dikemas dalam wadah yang benar-benar kedap udara. Tepung ini mempunyai sifat yang tidak terlalu tahan pada lingkungan yang terlalu lembab.

Beberapa produk makanan dan aneka kue yang dibuat dengan penambahan tepung serat ampas tahu adalah lidah kucing, chocolate cookie, cake (roti bolu), dan kerupuk ampas tahu dapat dilihat pada gambar dibawah ini:





**Gambar 10. Aneka Produk Makanan dari Tepung Ampas Tahu**  
**A). Aneka Kue Kering, B). Cocholate Cookie, C). Cake,**  
**D). Kerupuk Ampas Tahu**

#### **4.3. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu**

Industri tahu dalam proses produksinya menghasilkan limbah cair yang cukup besar. Faktor yang menjadi penyebab air buangan industri tahu bersifat mencemari lingkungan yaitu karena adanya faktor fisika, kimia dan biologi. Faktor kimia meliputi kandungan bahan organik yang tinggi, kemudian tidak adanya kandungan O<sub>2</sub> terlarut dan pH yang rendah. Faktor fisika meliputi suhu yang tinggi, warna yang keruh dan kandungan zat tersuspensi yang tinggi. Faktor fisiologis meliputi timbulnya bau yang kurang sedap akibat terjadinya proses pembusukan selama air buangan mengalir ke perairan, dan faktor biologi yaitu timbulnya mikroorganisme yang lebih kompleks

sebagai hasil proses pembusukan sehingga merupakan sumber bibit penyakit. Untuk mengurangi beban pencemaran air limbah tahu maka dibutuhkan Instalasi Pengolahan Limbah Cair (IPAL) agar buangnya tidak mencemari lingkungan.

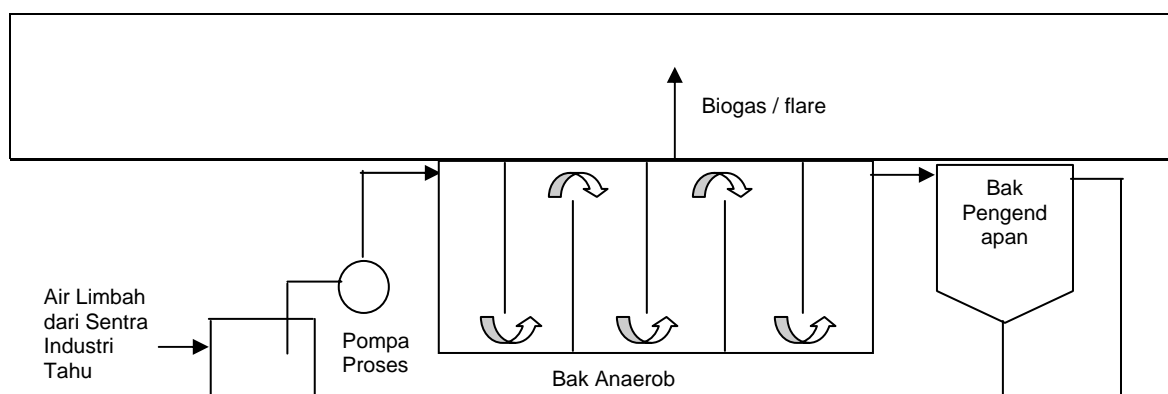
Proses pengolahan limbah cair pada ketiga lokasi industri tahu menerapkan sistem yang berbeda-beda. Dari hasil pengamatan di ketiga industri tersebut, proses pengolahan limbah cair industri tahu yang digunakan adalah sebagai berikut :

#### 4.3.1. Proses Anaerob-Aerob IPAL Industri Tahu Tandang Semarang

Industri Tahu Tandang berlokasi di Kelurahan Jomblang, Lamper Tengah Semarang. Lebih tepatnya lokasi sentra industri tahu ini berada di tengah pemukiman padat penduduk dan pasar tradisional di wilayah Kelurahan Jomblang, Kecamatan Candisari Semarang. Air limbah tahu dari sentra industri tahu ini merupakan salah satu pencemaran air di Sungai Bajak yang mengalir melalui Kelurahan Jomblang. Oleh sebab itu, salah satu upaya melindungi kondisi lingkungan sungai ini adalah dengan melakukan penanganan limbah cair industri tahu dengan membangun IPAL di sekitar DAS Bajak.

Penanganan yang sampai saat ini masih dilakukan adalah dengan mengalirkan limbah cair tahu ke IPAL yang berada di sekitar depo sampah sebelah utara pertigaan Jalan Tentara Pelajar dan Jalan Lamper Tengah Semarang. Lokasi IPAL Tandang ini menempati tanah milik DPU Kota Semarang seluas 1600 m<sup>2</sup>. Pola pendekatan teknologi penanggulangan air limbah adalah sistem pengolahan limbah terpadu, yaitu pengolahan limbah berada dalam satu lokasi, dengan demikian air buangan industri tahu terkumpul dalam satu tempat sehingga akan lebih mudah dan efisien dalam mengolah air buangan tersebut. Proses IPAL yang digunakan adalah dengan sistem kombinasi antara anaerob-aerob. Pembuatan IPAL dilakukan oleh Bapedalda Kota Semarang bekerjasama dengan Yayasan Bintari-Kita Semarang dan JICA. Status unit pengolahan limbah ini setelah hampir tiga tahun masih berfungsi baik dan terpelihara.

Sistem kinerja IPAL Industri Tahu Tandang secara keseluruhan dapat dilihat pada flow diagram dibawah ini :





**Gambar 11. Flow Diagram Proses IPAL Tandang**

IPAL Tandang ini menampung dan mengolah air limbah tahu dari Sentra Industri Tahu Tandang yang berjumlah 9 orang pengrajin. Berikut ini adalah nama ke-9 pengrajin tahu di Kelurahan Jomblang beserta besar bahan baku kedelai yang digunakan dalam proses produksi tahu per harinya :

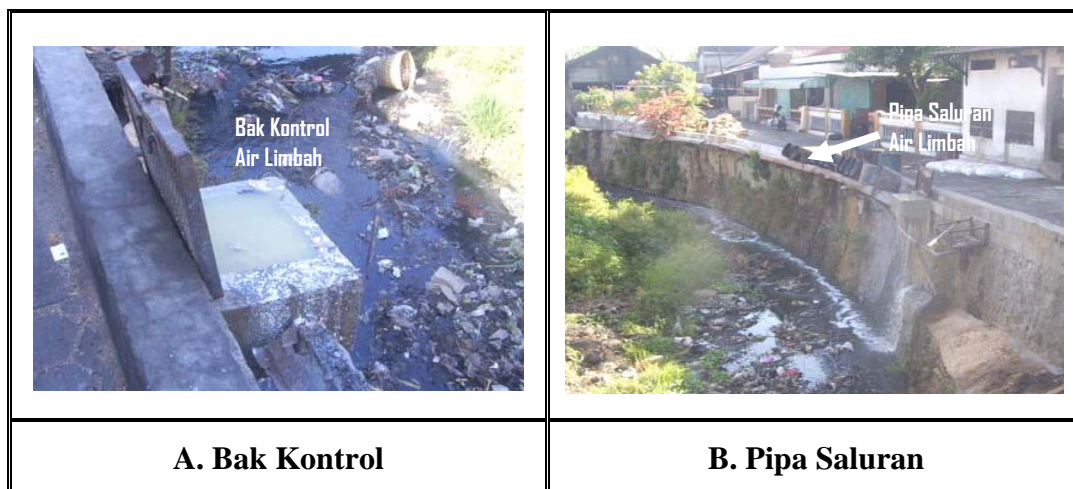
**Tabel 4. Pengrajin Tahu di Kelurahan Jomblang Semarang**

No.	Nama Pengrajin	Alamat	Bahan Baku Kedelai (kw/hari)
1.	Yamto	Jln. Saputan Barat RT 01/RW 13	4,5-5
2.	Warsino	Tandang RT 02/RW 13	7-8
3.	Parto HC.	Jln. Saputan Barat RT 03/RW 13	3,5
4.	Hartono	Jln. Saputan Barat 5B RT 01/RW 13	9
5.	Suali	Jln. Saputan Barat RT 01/RW 13	7
6.	Parno	Tandang RT 06/RW 07	6
7.	Parto	Tandang RT 06/RW 07	10-15
8.	Pandiman	Tandang RT 01/RW 02	6

9.	Tarno	Jln. Tandang Raya No.19 RT 05/RW 07	10
JUMLAH			63-70 kw/hari

Sumber : BINTARI, 2002

Jumlah buangan air limbah tahu di daerah ini adalah sebesar 150 m<sup>3</sup> per hari, dengan masa produksi sekitar 8 jam per hari (mulai jam 06.00 pagi sampai 16.00 sore). Sistem penyaluran air limbah dari 9 industri tahu ini dilakukan dengan membangun bak kontrol pada industri tahu yang digunakan untuk menampung air limbah sisa proses produksi. Kemudian air limbah dari bak kontrol tersebut disalurkan dengan menggunakan pipa penyalur air limbah menuju IPAL. Jaringan perpipaan penyalur air limbah ini menggunakan pipa PVC yang sebagian tertanam dan expose menyesuaikan elevasi untuk mempertahankan air limbah mengalir secara gravitasi. Sistem ini menggunakan pipa berdiameter pipa PVC 3", 4", 6", dan 8" dengan total panjang 1.184 m. Bak kontrol dan sistem perpipaan penyalur air limbah ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 12. Sistem Penyaluran Air Limbah  
A). Bak Kontrol Air Limbah, B). Pipa Saluran**

Volume limbah yang dihasilkan pada masing-masing industri tahu adalah sebagai berikut :

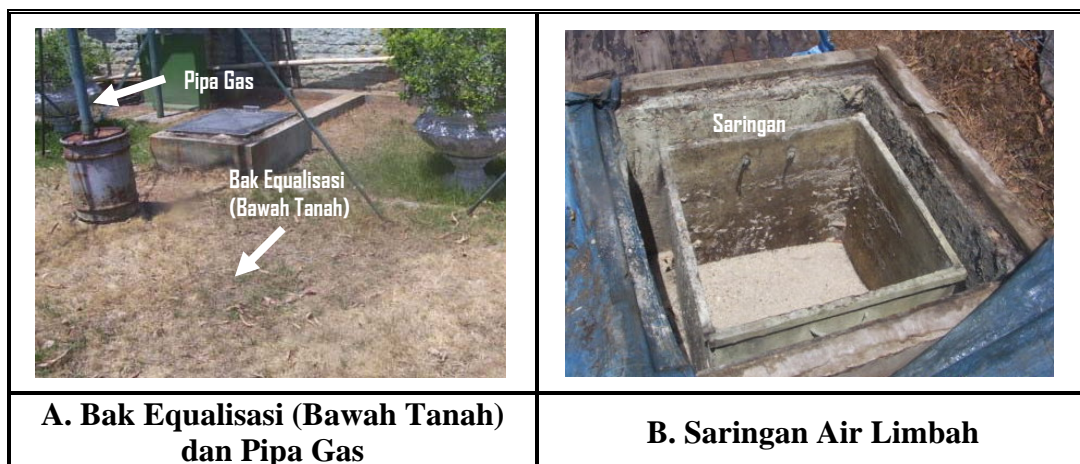
**Tabel 5. Volume Air Limbah Tahu di  
Kelurahan Tandang**

No.	Nama	Volume
-----	------	--------

	<b>Pengrajin</b>	<b>(m<sup>3</sup>/hari)</b>
1.	Yamto	13,8
2.	Warsino	16,6
3.	Parto HC.	9,1
4.	Hartono	14,6
5.	Suali	32,0
6.	Parno	17,0
7.	Parto	2,5
8.	Pandiman	12,4
9.	Tarno	31,0
<b>JUMLAH</b>		<b>150 m<sup>3</sup>/hari</b>

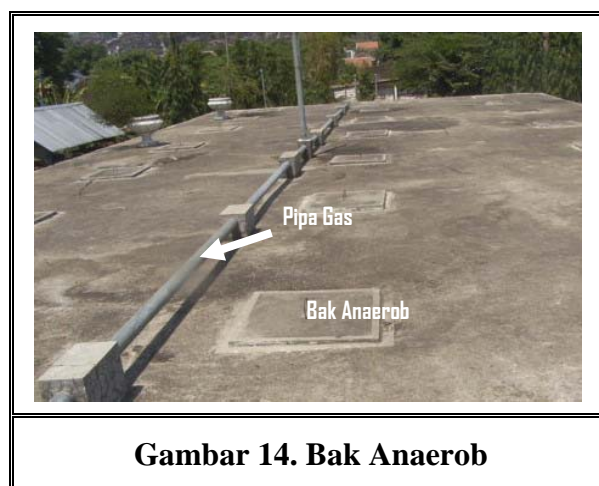
Sumber : BINTARI, 2002

Setelah melalui jaringan pipa, air limbah yang berasal dari industri tahu masuk ke tahap pra pengolahan. Disini air limbah yang berasal dari industri tahu sebelum masuk ke bak equalisasi (bak penampungan) harus melalui saringan (bar screen) terlebih dahulu untuk memisahkan kotoran-kotoran yang terikut, sehingga tidak mengganggu proses selanjutnya. Bak equalisasi tersebut berada di bawah tanah. Bak ini mempunyai ukuran : 10,8 x 6,0 x 3,0 m, volume 194,4 m<sup>3</sup>, dan waktu tinggal 31 jam. Bak equalisasi dan saringan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 13. A). Bak Equalisasi (Bawah Tanah) dan Pipa Gas, B). Saringan Air Limbah**

Setelah beberapa saat berada dalam bak equalisasi, air limbah kemudian dipompakan masuk ke bak anaerob, disini air limbah sudah memasuki tahap pengolahan anaerob. Unit pengolahan anaerob ini dinamakan *Anaerobic Baffle Methane Fermentation Tank* (ABMFT) dengan jumlah 3 x 8 sekat dengan ukuran 25,6 x 10,8 x 7,62 m, volume 2106,7 m<sup>3</sup>, dan waktu tinggal 14 hari. Pada prinsipnya ABMFT merupakan metode penguraian materi organik yang terkandung dalam air limbah secara anaerobik yang berlangsung di dalam bak tertutup. Di dalam unit ini terdapat *baffle* dengan arah naik-turun. *Baffle* ini berfungsi memperluas permukaan pada proses penguraian materi organik oleh bakteri anaerob. Hasil proses penguraian materi organik dari unit ini adalah berupa gas CH<sub>4</sub> (metan) yang dialirkan melalui pipa gas yang terletak di bagian atas bak anaerob. Unit pengolahan anaerob (ABMFT) dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

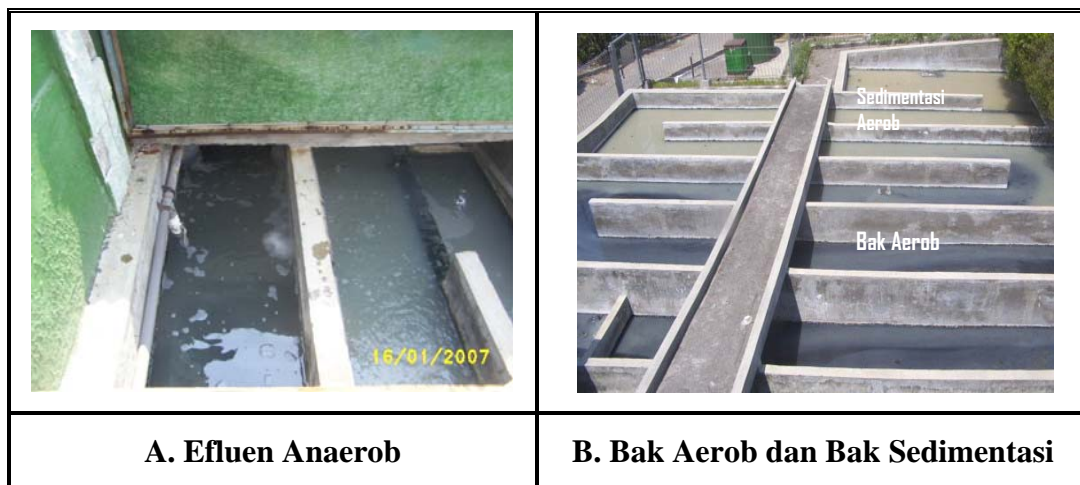


Setelah melalui proses anaerobik, kemudian air limbah masuk ke bak pengendap (Settling Tank) dengan ukuran bak : 2,5 x 0,7 x 6 m, volume 10,5 m<sup>3</sup>, dan waktu tinggal 1,68 jam. Bak pengendap ini berfungsi untuk mengurangi partikel-partikel padat dalam air limbah dengan cara mengendapkan selama waktu tertentu sehingga terendapkan sekaligus mengurangi kekeruhan. Sebagian partikel kasar akan mengendap di dalam bak, sedangkan partikel yang halus terikut bersama dengan air. Apabila jumlah lumpur pada unit ini terlalu banyak, maka dilakukan pengembalian lumpur ke dalam unit ABMFT melalui saluran resirkulasi lumpur.

Tahap selanjutnya air limbah yang sudah melalui proses anaerobik dan bak pengendap kemudian masuk ke unit kolam aerasi, disini air limbah memasuki tahap

pengolahan aerobik. Kolam aerasi ini mempunyai ukuran 10,8 x 6,8 x 0,7 m, volume 51,4 m<sup>3</sup> dan waktu tinggal 8,2 jam. Kadar oksigen terlarut air limbah yang sudah melalui proses anaerobik adalah nol. Oleh karena itu dialirkan menuju ke kolam aerasi untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut. Aerator yang bekerja pada kolam akan memberikan udara. Semakin banyak kontak oksigen dengan air, maka semakin banyak air limbah akan menyerap oksigen. Aerasi ini efektif untuk mengurangi bahan-bahan kimia yang menyebabkan bau seperti H<sub>2</sub>S. Selain itu juga dapat melepaskan karbondioksida terlarut dari air.

Proses selanjutnya air limbah masuk ke bak sedimentasi. Bak sedimentasi ini mempunyai ukuran 9,8 x 1,5 x 1,5 m, volume 22,05 m<sup>3</sup> dan waktu tinggal 3,5 jam. Proses dalam bak ini diharapkan dapat menurunkan kekeruhan. Air yang terlalu keruh tidak baik digunakan karena banyak mengandung lumpur yang dapat mengganggu fisiologi biota air, misalnya alat pernafasan ikan (insang), serta menghalangi sinar matahari yang menembus ke dalam perairan. Proses-proses tersebut diatas dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



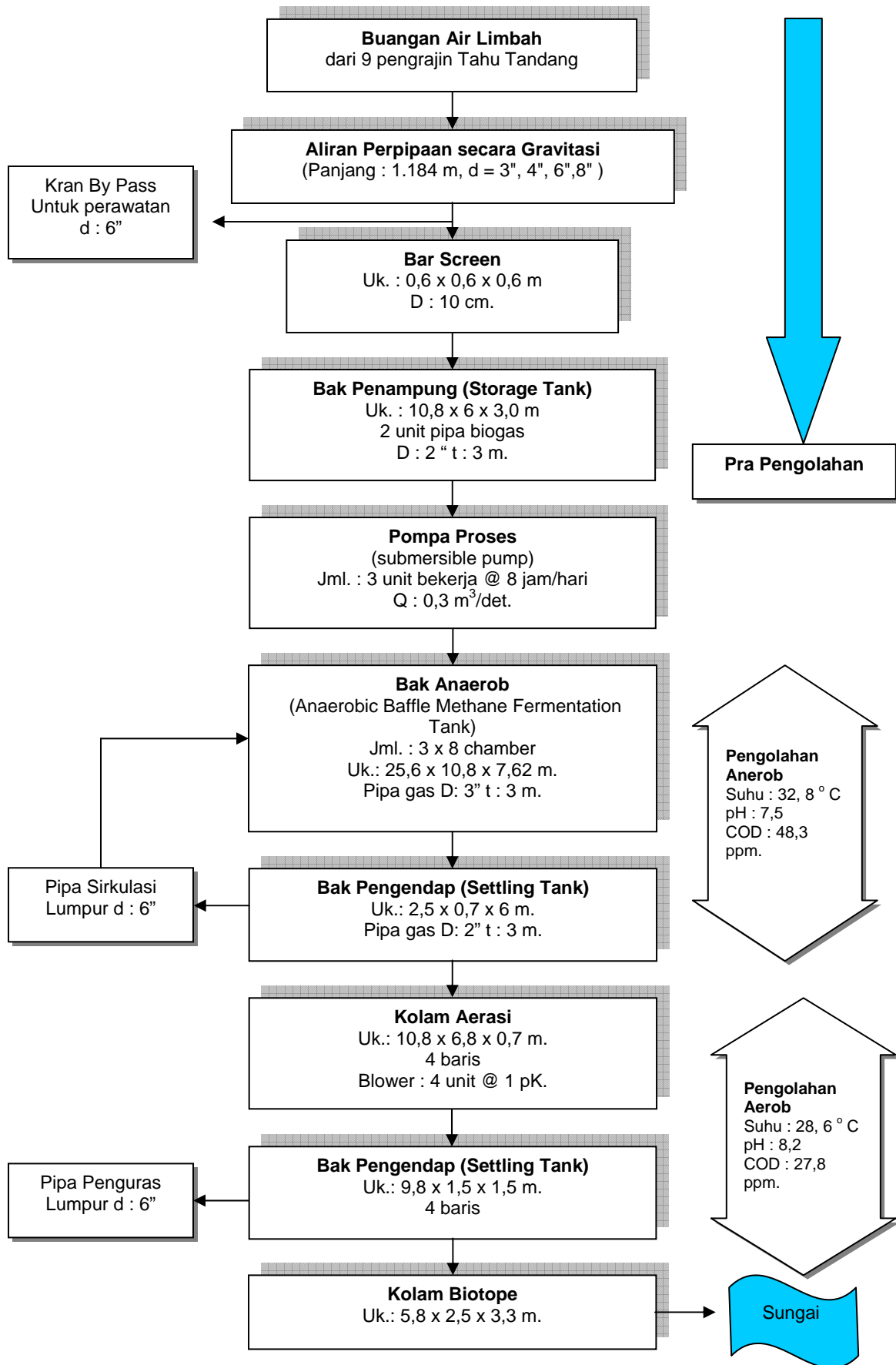
**Gambar 15. A). Efluen Anaerob, B). Bak Aerob dan Bak Sedimentasi**

Air limbah yang sudah dikelola, terlebih dahulu di kontrol kualitas airnya, sebelum dibuang ke sungai. Kontrol ini berguna untuk mengetahui pengaruh air limbah terhadap biota air. Kolam kontrol ini mempunyai ukuran : 5,8 x 2,5 x 3,3 m dan volume : 47,85 m<sup>3</sup>. Pada kolam kontrol terdapat ikan air tawar, yaitu ikan lele (*Clarias sp*) dan enceng gondok (*Eichornia crassipes*) Apabila ikan yang berada di dalam kolam kontrol dapat bertahan hidup, berarti air limbah cukup baik bagi dan dapat dibuang ke

lingkungan. Namun apabila ikan atau enceng gondok mati, berarti proses yang berlangsung di IPAL ada yang kurang sempurna. Di IPAL Tandang ini air hasil pengolahan dibuang ke Sungai Bajak yang gambarnya dapat dilihat dibawah ini :



Secara keseluruhan proses pengolahan IPAL Industri Tahu Tandang dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 17. Diagram Alir IPAL Industri Tahu Tandang - Semarang

#### 4.3.2. Proses Anaerob-Aerob IPAL Industri Tahu Sederhana Kendal

Industri Tahu Sederhana berlokasi di Wilayah Dukuh Jombor Timur Desa Ketapang Kendal, tepatnya di tepi Sungai Blorong Kendal. Tanah yang digunakan adalah milik Perusahaan Tahu Sederhana sendiri dengan kondisi lingkungan sekitarnya adalah perkampungan penduduk. Air limbah tahu dari industri tahu ini merupakan salah satu pencemaran air di Sungai Blorong. Oleh sebab itu, salah satu upaya melindungi kondisi lingkungan sungai ini adalah dengan melakukan penanganan limbah cair tahu dengan membangun IPAL yang berada di halaman belakang pabrik tahu.

Pola pendekatan teknologi penanggulangan air limbah adalah sistem pengolahan limbah sendiri, yaitu industri tahu mempunyai IPAL sendiri sesuai dengan kapasitas produksi dan tingkat pencemarannya. Proses IPAL yang digunakan adalah dengan sistem anaerob. Pembuatan IPAL dilakukan oleh CV. Sarana Cipta Alam Lestari dan dibangun pada tahun 1996 dengan kapasitas 40 m<sup>3</sup>/hari.

Industri Tahu Sederhana mempunyai kapasitas produksi 1300 kg/hari dan waktu produksi mulai jam 07.00 sampai 13.00 WIB. Kegiatan produksi tahu di Industri Tahu Sederhana dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 18. Kegiatan Produksi Tahu di Industri Tahu Sederhana**

Sistem Penyaluran air limbah sisa proses produksi tahu menuju ke IPAL adalah dengan melalui parit-parit atau selokan-selokan yang dibangun di dalam pabrik. Air limbah tersebut mengalir menuju ke bak equalisasi, disini air limbah ditampung sementara sebelum memasuki proses anaerob. Bak equalisasi (Storage Tank) ini

mempunyai ukuran 6,0 x 3,5 x 3,0 m, volume 63 m<sup>3</sup>, dan waktu tinggal 37,8 jam atau 1,5 hari. Saluran air limbah di Industri Tahu Sederhana dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



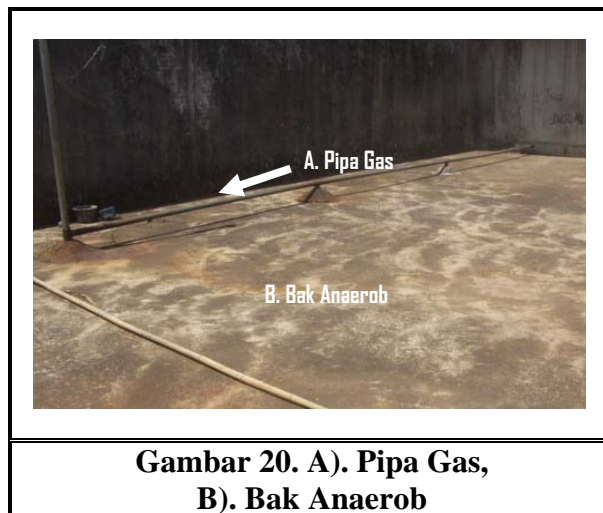
Air limbah setelah melalui bak equalisasi kemudian masuk ke unit pengolahan anaerob. Pada unit ini terjadi proses penguraian materi organik yang terkandung dalam air limbah secara anaerobik yang berlangsung di dalam bak tertutup. Bak anaerob mempunyai ukuran 15 x 8 x 2,5 m dibagi menjadi 15 bak, volume 300 m<sup>3</sup>, dan waktu tinggal 7,5 hari. Bak anaerob pada IPAL Industri Tahu Sederhana ini menggunakan tipe baffle reaktor. Distribusi air limbah segar dan lumpur aktif adalah dua hal yang sangat penting dalam reaktor baffle ini. Air limbah segar dilewatkan secara merata pada lumpur aktif yang tersedimentasi di dasar bak sesegera mungkin untuk terjadinya proses penguraian.

Dari hasil pengolahan limbah yang dilakukan dengan sistem anaerob, maka akan dihasilkan gas CH<sub>4</sub> (metan) yang dialirkan menggunakan pipa yang terletak diatas bak anaerob. Gas metan terbentuk karena proses fermentasi secara anaerobik oleh bakteri metan atau disebut juga bakteri anaerobik dan bakteri biogas yang mengurai bahan organik (biomassa) yang terkandung dalam air limbah tahu sehingga terbentuk gas metan yang bila dibakar dapat menghasilkan energi panas. Gas metan ini kemudian dibakar (flare) agar tidak menimbulkan bau. Gas ini sebenarnya bisa dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari sebagai pengganti bahan bakar untuk memasak dan sebagai pengganti lampu penerangan, tetapi di IPAL Industri Tahu Sederhana gas tersebut dibakar. Hal ini disebabkan karena kondisi lingkungan di sekitar Industri Tahu Sederhana tidak menjadi satu dengan rumah yang dihuni oleh pemilik industri tahu.

Setelah adanya instalasi pengolahan air limbah ini dampak terhadap lingkungan dapat dikurangi, karena sebelum dibangun sarana pengolahan air limbah Industri Tahu Sederhana kerap mendapatkan protes dari masyarakat di sekitarnya.

Air hasil olahan dari bak anaerob kemudian masuk ke bak aerasi. Bak aerasi ini fungsinya untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut, karena air langsung kontak dengan udara. Semakin banyak kontak oksigen dengan air, maka semakin banyak air limbah akan menyerap oksigen. Kadar oksigen akan meningkat bergantung pada temperatur dan turbulensi permukaan air limbah untuk menambah kadar oksigen pada air limbah. Aerasi ini cukup efektif untuk mengurangi bahan-bahan kimia yang menyebabkan bau seperti  $H_2S$ . Selain itu juga dapat melepaskan karbondioksida terlarut dari air. Bak aerasi ini mempunyai ukuran  $3,0 \times 2,5 \times 0,8$  m, volume  $6 \text{ m}^3$ , dan waktu tinggal 3,6 jam.

Pipa penyalur gas metan, bak anaerob, dan kolam aerasi dapat dilihat pada gambar-gambar dibawah ini :





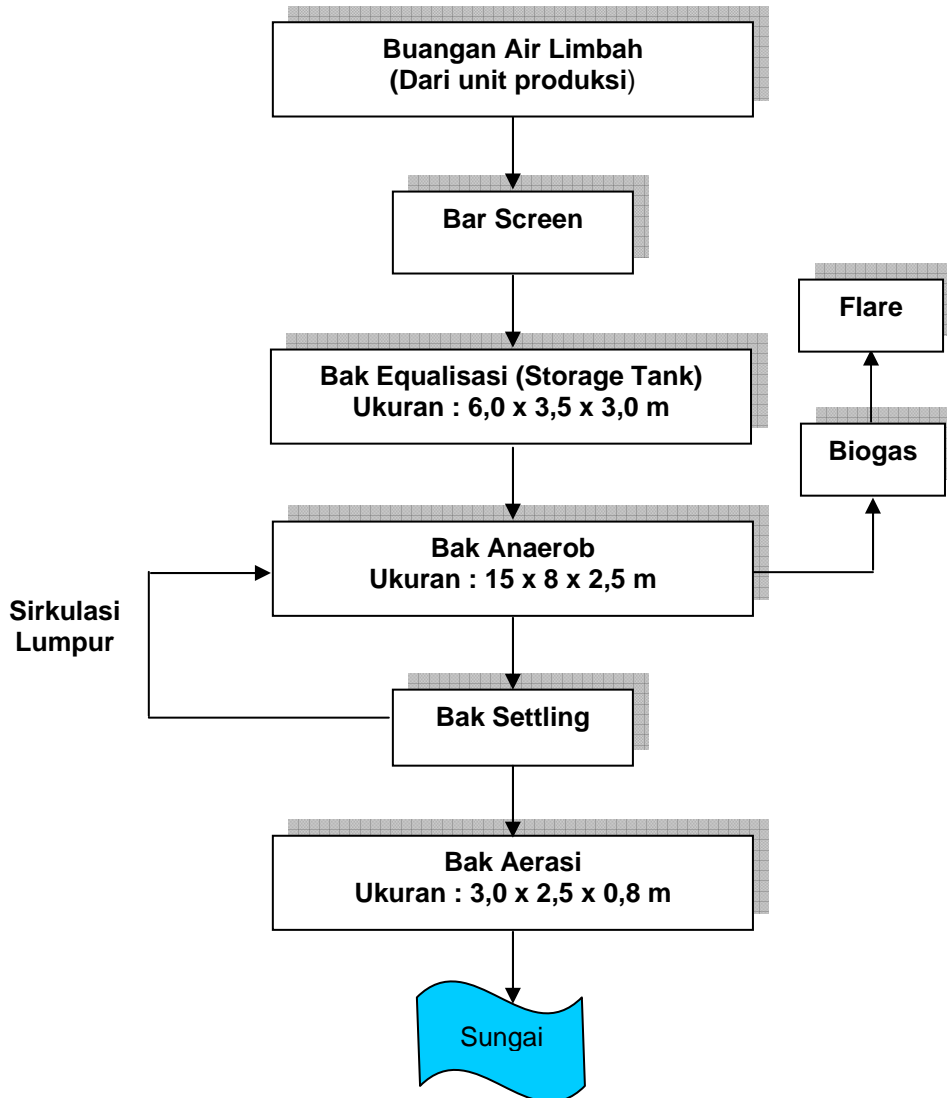
**Gambar 21. Pipa Gas Flare**



**Gambar 22. Air Hasil Proses IPAL  
pada Bak Aerasi**

Kapasitas perencanaan IPAL ini yaitu 40 m<sup>3</sup>/hari, kondisi IPAL saat ini prosesnya masih berjalan dengan baik sehingga waktu tinggal pada proses pengolahan lebih lama serta hasil proses yang diperoleh selalu optimal karena kendala-kendala proses dapat teratasi. Ini didukung dengan partisipasi pemilik industri tahu terhadap keberlangsungan proses IPAL. Sebelum adanya unit pengolah limbah ini, pemilik industri tahu kerap mendapatkan protes dari masyarakat setempat dan para pengusaha tambak yang berlokasi di sekitar Sungai Blorong. Keberadaan IPAL ini sudah lebih dari sepuluh tahun, dan status unit pengolahan limbah ini masih berfungsi dengan baik dan terpelihara. Semua ini didukung oleh pemilik industri tahu yang berpendidikan tinggi dan bukan berasal dari kalangan ekonomi lemah.

Secara keseluruhan proses IPAL di Industri Tahu Sederhana Kendal dapat dilihat pada gambar di bawah ini :

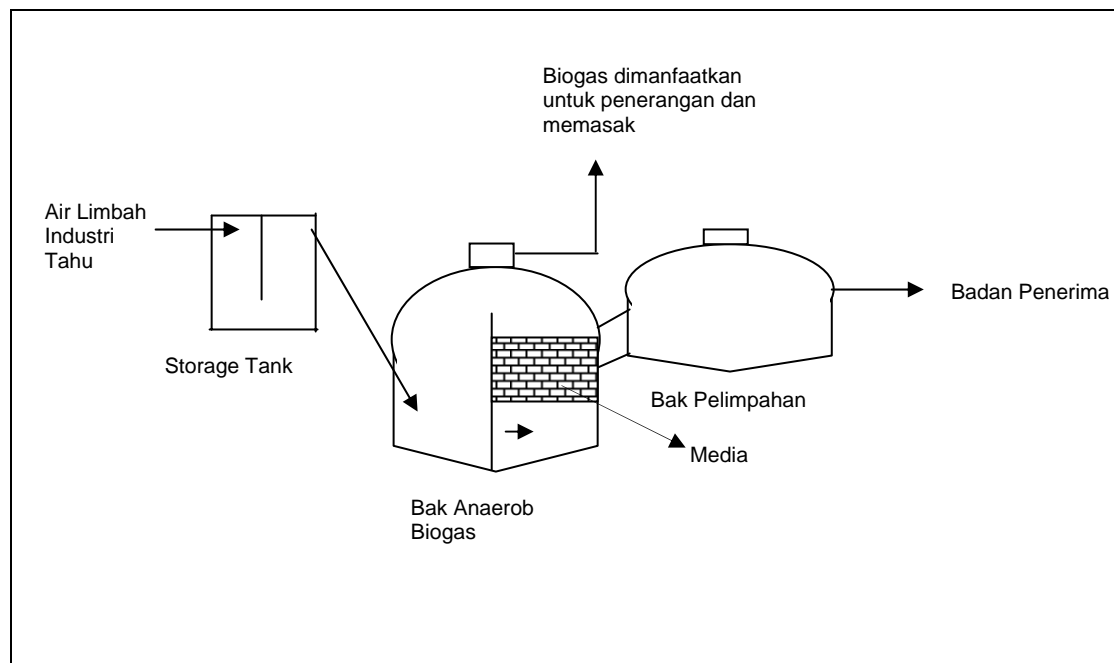


**Gambar 23. Diagram Alir Proses IPAL Industri Tahu Sederhana Kendal**

#### **4.3.3. Proses Anaerob IPAL Industri Tahu Gagak Sipat Boyolali**

Industri Tahu Boyolali ini tepatnya berada di Dusun Kanoman, Desa Gagaksipat, Kecamatan Ngemplak Boyolali. Industri tahu ini Kondisi di sekitar industri tahu ini

merupakan perkampungan penduduk dengan beberapa pengrajin tahu. Industri ini tempat produksinya mengambil lokasi di area belakang rumah begitu juga dengan pengolahan limbahnya. Industri tahu ini mempunyai kapasitas produksi 300 kg/hari. Pola pendekatan teknologi penanggulangan buangan adalah dengan sistem pengolahan limbah sendiri. Pembuatan IPAL dilakukan atas bantuan dari Bapedal Kabupaten Boyolali yang bekerjasama dengan LPTP (Lembaga Pengembangan Teknologi Pedesaan) dan DEWATS (Decentralized Wastewater Treatment System). IPAL yang digunakan adalah dengan sistem Anaerob-Biogas. Biogas di industri tahu ini dimanfaatkan oleh pengrajin tahu setempat sebagai bahan bakar untuk memasak dan penerangan (lampu petromaks). Flow diagram proses IPAL Industri Tahu Boyolali ini adalah sebagai berikut :



**Gambar 24. Flow Diagram Proses IPAL Industri Tahu Boyolali**

Sistem Biogas merupakan gabungan antara Up-flow Anaerob dengan Anaerob Biofilter, sistem ini sangat tepat untuk industri tahu rumah tangga (non komunal) karena pemakaian biofilter bisa mengurangi volume IPAL sehingga lokasi yang digunakan untuk IPAL tidak terlalu memakan tempat, disamping itu hasil biogas bisa langsung digunakan untuk memasak dan penerangan rumah tangga.

Air limbah sisa proses produksi mengalir melalui parit atau selokan yang dibuat di dalam pabrik menuju ke bak equalisasi (bak penampungan), disini air limbah melalui

penyaringan terlebih dahulu untuk memisahkan kotoran-kotoran yang terikut, sehingga tidak mengganggu proses selanjutnya. Bak penampungan ini mempunyai ukuran bak : 0,8 x 0,8 x 1,2 m, volume : 0,768 m<sup>3</sup>, dan waktu tinggal yaitu 3,6 jam. Dengan adanya jeda waktu produksi tiap harinya bak ini secara teknis dapat menjadi tempat berlangsungnya proses asidifikasi. Air limbah selanjutnya memasuki bak anaerob, di dalam bak anaerob ini terjadi penguraian materi organik (fermentasi). Bak anaerob ini mempunyai volume 30 m<sup>3</sup> dan waktu tinggal 6 hari. Bak Anaerob ini merupakan tempat berlangsungnya proses anaerob dan pengambilan biogas. Bentuk dari bak ini adalah lingkaran dan tutup setengah bola (*dome*). Bak disekat menjadi 2 bagian dengan bagian akhir dipasang media filter (dengan botol kemasan air minum). Dilihat dari sisi konstruksinya, reaktor biogas yang digunakan di Industri Tahu Boyolali ini menggunakan reaktor biogas jenis *fixed dome digester* (digester permanen), model ini juga dikenal dengan model Cina. Jenis reaktor ini memiliki volume tetap sehingga produksi gas akan meningkatkan tekanan di dalam reaktor. Teknologi biogas pada umumnya memanfaatkan proses pencernaan yang dilakukan oleh bakteri metanogen yang produknya berupa gas metana (CH<sub>4</sub>). Gas metana hasil pencernaan tersebut bisa mencapai 60% dari keseluruhan gas hasil reaktor biogas, sedangkan sisanya didominasi oleh CO<sub>2</sub>. Bakteri ini bekerja pada lingkungan yang hampa udara (anaerob), sehingga proses ini disebut juga dengan pencernaan anaerob (anaerob digestion). Dalam digester permanen, gas ditampung pada bagian atas dari kubah bangunan digester. Proses produksi biogas dimulai dalam waktu 3-5 hari. Menurut Garcelon, dkk, keberhasilan proses pencernaan bergantung pada kelangsungan hidup bakteri metanogen dalam reaktor, sehingga beberapa kondisi yang mendukung berkembangbiaknya bakteri ini di dalam reaktor perlu diperhatikan, misalnya temperatur, keasaman, dan jumlah materi organik yang hendak dicerna. Di dalam reaktor biogas, terdapat dua jenis bakteri yang sangat berperan, yakni bakteri asam dan bakteri methan. Kedua jenis bakteri ini perlu eksis dalam jumlah yang berimbang. Kegagalan reaktor biogas bisa dikarenakan tidak seimbangnya populasi bakteri methan terhadap bakteri asam yang menyebabkan lingkungan menjadi sangat asam (pH kurang dari 7) yang selanjutnya menghambat kelangsungan hidup bakteri methan. Keasaman substrat/media biogas dianjurkan untuk berada pada rentang pH 6,5 s/d 8. Bakteri methan ini cukup sensitif terhadap temperatur. Temperatur 35°C diyakini sebagai temperatur optimum untuk

perkembangbiakan bakteri metan (Garcelon, dkk). Bahan yang sudah diolah di dalam digester kemudian akan mengalir keluar dari digester menuju ke bak pelimpahan (expansion chamber). Bak pelimpahan ini mempunyai volume  $2,4 \text{ m}^3$  dan waktu tinggal 11,5 jam. Dari bak pelimpahan kemudian dialirkan dibuang ke badan sungai.

Untuk memanfaatkan biogas tersebut pada saluran bagian atas bak penampungan tersebut diberi saluran (dibuat dari pipa PVC) kemudian gas akan keluar melalui saluran tersebut. Pipa ini diberi kran sehingga bila dibutuhkan bisa dibuka. Sedangkan bila tidak dipakai bisa ditutup kembali sehingga gas tetap berada dalam penampungan. Dari saluran pipa tadi dihubungkan dengan selang plastik yang lebih kecil, selang ini dihubungkan pada alat yang akan digunakan seperti kompor gas dan lampu petromak (yang biasanya memakai bahan bakar minyak). Kompor gas yang dipakai adalah kompor gas biasa tetapi yang harganya lebih murah. Di Dusun Kanoman, biogas ini belum dimanfaatkan secara maksimal. Penggunaan biogas ini sebenarnya sangat menguntungkan bagi masyarakat yang kurang mampu, terutama masyarakat yang tinggal di wilayah pedesaan. Mereka tidak perlu membeli minyak tanah guna keperluan memasak dan penggunaan lampu penerangan. Biogas yang dihasilkan dari limbah cair tahu ini merupakan salah satu energi alternatif yang perlu dioptimalkan pemanfaatannya.

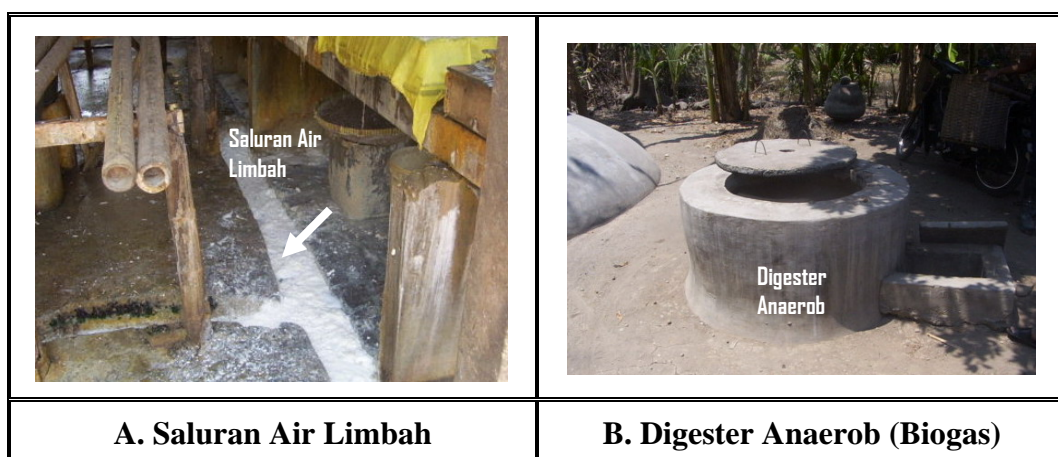
Dengan adanya biogas ini dari segi ekonomis sedikit banyak dapat membantu masyarakat terutama pemilik industri tahu dalam hal pemakaian bahan bakar karena biogas merupakan energi alternatif pengganti listrik dan bahan bakar lainnya. Penggunaan biogas ini di Desa Gagaksipat hanya sebatas untuk memasak dan lampu penerangan (petromax) yang berguna jika terjadi pemadaman lampu. Penggunaan biogas ini juga hanya terbatas pada beberapa rumah tangga saja, seperti di Desa Gagaksipat hanya disalurkan untuk tiga keluarga. Selain itu manfaat lainnya adalah mengurangi pencemaran air, mengurangi bahaya ledakan akibat tekanan gas metan, mengurangi bau yang kurang sedap ( $\text{H}_2\text{S}$ ) yang dihasilkan dari proses anaerob, dan dapat mengurangi emisi gas metan ( $\text{CH}_4$ ) yang dihasilkan dari dekomposisi bahan organik. Gas metan termasuk gas rumah kaca (green house gas) yang bersama dengan  $\text{CO}_2$  dapat memberikan efek rumah kaca yang menyebabkan terjadinya fenomena pemanasan global. Pengurangan gas metan secara lokal dapat berperan positif dalam

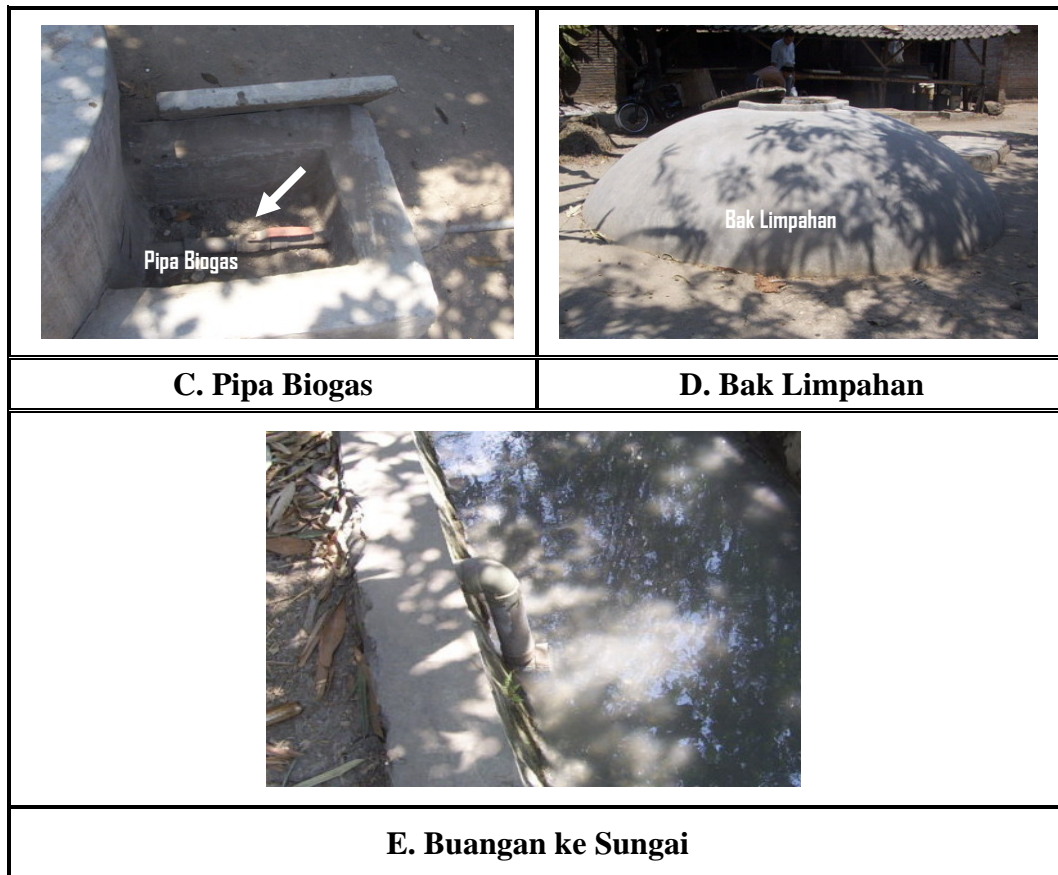
upaya penyelesaian masalah global yaitu efek rumah kaca. Kompor biogas dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Industri tahu yang membuang limbah pada unit pengolahan limbah ini hanya satu pengrajin tahu saja. Rata-rata pendidikan yang dimiliki pengrajin tahu rendah dalam pengelolaan limbah dan berasal dari kalangan ekonomi lemah. Hal ini merupakan penghambat dalam penerapan teknologi pengolahan air limbah pabrik tahu ini. Unit pengolahan limbah ini sudah hampir lima tahun, dan statusnya proses masih berjalan, menghasilkan biogas yang sudah dimanfaatkan tetapi belum pernah dilakukan perawatan dari pemilik industri tahu.

Proses pengolahan limbah di Industri Tahu Boyolali dapat dilihat pada gambar dibawah ini :





**Gambar 26. Proses IPAL Industri Tahu Boyolali,**

**A). Saluran Air Limbah, B). Digester Anaerob (Biogas),  
C). Pipa Biogas, D). Bak Limpahan, E). Buangan ke Sungai**

#### **4.4. 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 :

##### **4.4.1. 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 6. 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	Efluen		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. Jika tidak dilakukan efisiensi pemakaian air dikhawatirkan kapasitas IPAL menjadi berlebihan dan selanjutnya akan mengurangi efisiensi kinerja IPAL.

Dari data hasil analisis diatas juga dapat diketahui efisiensi penurunan COD dan BOD. Efisiensi pengolah limbah merupakan rasio antara kandungan organik yang disisihkan melalui proses pengolahan dengan konsentrasi awal. Nilai efisiensi IPAL Tandang adalah sebagai berikut :

**Tabel 7. 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 6) 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 dihindari. Selain itu sistem sirkulasi

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

Namun walaupun demikian masih terdapat kendala-kendala teknis yang dihadapi dan perlu penanganan yang serius dari pihak-pihak yang terkait. Kendala yang dihadapi saat ini adalah : 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 terbangun 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 terbangun ke sungai.

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

**Tabel 8. 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, air mengalir dari penampungan air secara tidak terkontrol dan air yang mengalir tersebut dibiarkan begitu saja. Sehingga untuk mempertahankan kualitas air limbahnya agar selalu memenuhi baku mutu yang ditentukan maka Industri Tahu Sederhana dapat mengurangi pemakaian air sehingga tidak memperbesar beban pencemaran maksimum.

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 9. 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 ini sangat dibantu dengan waktu tinggal yang cukup pada setiap tahapan prosesnya. Kapasitas pengolahan limbah ini adalah 40 m<sup>3</sup>/hari, sedangkan saat ini kapasitas maksimum air limbah yang dibuang dari unit produksi 20 m<sup>3</sup>/hari, maka waktu tinggal pada proses pengolahan menjadi lebih lama. 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 10. Hasil Analisis IPAL Industri Tahu Boyolali**

HASIL ANALISIS			Baku Mutu Air Limbah Perda Prop. Jateng No. 10

No.	Parameter				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 11. 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 adalah sebagai berikut : 1). Faktor waktu tinggal terbatas, 2). Tidak adanya sistem pengaturan jumlah lumpur anaerob, 3). Tidak adanya proses lanjutan yaitu proses aerob atau paling tidak adanya kontak antara air hasil proses anaerob dengan udara. 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.

#### **4.4.2. 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. Di dalam limbah cair sudah terdapat bahan-bahan organik, nitrogen, dan fosfor yang merupakan sumber makanan bagi mikroorganisme dalam lumpur. Akan tetapi karena kandungan nitrogen dan fosfor tersebut tidak mencukupi untuk pertumbuhan mikroorganisme, maka perlu ditambahkan nutrisi dari luar. Dengan penambahan nutrisi ini, diharapkan mikroorganisme dapat tumbuh secara optimal sehingga dapat mengolah limbah dengan baik.

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

**Tabel 12. 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 14 diatas, waktu tinggal bak anaerob berbanding lurus dengan nilai efisiensi penurunan BOD dan COD, yaitu bak anaerob yang mempunyai waktu tinggal yang lebih 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%.

#### 4.4.3. Biaya IPAL

Pembuatan Unit IPAL membutuhkan biaya investasi awal. Selain itu ada biaya pengoperasian IPAL, yaitu biaya untuk tenaga operator, listrik, pemeliharaan dan perawatan.

Unit IPAL Tandang Semarang memerlukan biaya investasi awal yang cukup besar, dan biaya operasional juga besar. Selain itu juga membutuhkan lahan yang luas. 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 13. Rincian biaya Operasional IPAL Industri Tahu Tandang Semarang**

No.	Rincian Biaya	Jumlah	Upah (Rp/Bulan)	Biaya (Rp)
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) :				5.251.860

Biaya Operasi Limbah : Rp. 1.167/m<sup>3</sup> limbah/hari

Biaya investasi awal Unit IPAL Industri Tahu Tandang Semarang adalah sebagai berikut :

**Tabel 14**  
**Biaya Pembuatan IPAL Industri Tahu Tandang Semarang<sup>\*)</sup>**

No.	URAIAN PEKERJAAN	ANALISIS	VOLUME	HARGA		JUMLAH TIAP POST (Rp.)
				SATUAN	JUMLAH	
1	2	3	4	5	6	7
<b>A</b>	<b>PEKERJAAN SIPIL</b>					
<b>I</b>	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>					
1	Pembersihan Lahan	Hitung	880,00 M <sup>2</sup>	4.375,00	3.850.000,00	<i>3.850.000,00</i>
<b>II</b>	<b>PEKERJAAN SALURAN</b>					
1	Galian	Hitung	3,00 M <sup>3</sup>	15.625,00	46.875,00	
2	Urugan tanah kembali	Hitung	1,00 M <sup>3</sup>	3.906,25	3.906,25	
3	Tanah diratakan dan dipadatkan	Hitung	0,50 M <sup>3</sup>	14.375,00	7.187,50	
4	Pasang Saluran U 20	Hitung	20,00 M	38.979,87	779.597,40	<i>837.566,15</i>
<b>III</b>	<b>PEKERJAAN BAK PENAMPUNG &amp; SARINGAN</b>					
1	Galian	Hitung	316,80 M <sup>3</sup>	15.625,00	4.950.000,00	
2	Urugan tanah kembali	Hitung	82,00 M <sup>3</sup>	3.906,25	320.312,50	
3	Tanah diratakan dan dipadatkan	Hitung	40,00 M <sup>3</sup>	14.375,00	575.000,00	
4	Urugan Pasir Lantai Kerja	Hitung	7,35 M <sup>3</sup>	74.175,00	544.815,38	
5	Beton Lantai Kerja	Hitung	3,67 M <sup>3</sup>	1.952.462,00	7.165.535,54	
6	Beton	Hitung	47,24 M <sup>3</sup>	2.816.112,50	133.019.073,94	
7	Plesteran (camp.: 1PC:3PS)	Hitung	108,95 M <sup>2</sup>	29.700,00	3.235.815,00	
8	Waterproofing	Hitung	108,95 M <sup>2</sup>	16.500,00	1.797.675,00	
9	Saringan	Taksir	2,00 Ls.	350.000,00	700.000,00	<i>152.308.227,35</i>
<b>IV</b>	<b>PEKERJAAN BAK ANEROB</b>					
1	Galian	Hitung	5898,90 M <sup>3</sup>	15.625,00	92.170.312,50	
2	Urugan tanah kembali	Hitung	284,00 M <sup>3</sup>	3.906,25	1.109.375,00	
3	Tanah diratakan dan dipadatkan	Hitung	112,00 M <sup>3</sup>	14.375,00	1.610.000,00	
4	Urugan Pasir Lantai Kerja	Hitung	29,21 M <sup>3</sup>	74.175,00	2.166.651,75	
5	Beton Lantai Kerja	Hitung	14,60 M <sup>3</sup>	1.952.462,00	28.505.945,20	
6	Beton	Hitung	507,00 M <sup>3</sup>	2.816.112,50	1.427.760.589,16	
7	Plesteran (camp.: 1PC:3PS)	Hitung	3301,44 M <sup>2</sup>	29.700,00	98.052.768,00	
8	Waterproofing	Hitung	3301,44 M <sup>2</sup>	16.500,00	54.473.760,00	<i>1.651.375.641,61</i>

<b>V</b>	<b>PEKERJAAN BAK PENGENDAP</b>						
1	Galian	Hitung	10,50	M <sup>3</sup>	15.625,00	164.062,50	
2	Urugan tanah kembali	Hitung	2,20	M <sup>3</sup>	3.906,25	8.593,75	
3	Tanah diratakan dan dipadatkan	Hitung	1,50	M <sup>3</sup>	14.375,00	21.562,50	
4	Urugan Pasir Lantai Kerja	Hitung	1,95	M <sup>3</sup>	74.175,00	144.641,25	
5	Beton Lantai Kerja	Hitung	0,98	M <sup>3</sup>	1.952.462,00	1.903.650,45	
6	Beton	Hitung	7,48	M <sup>3</sup>	2.816.112,50	21.050.440,94	
7	Plesteran (camp.: 1PC:3PS)	Hitung	23,80	M <sup>2</sup>	29.700,00	706.860,00	
8	Waterproofing	Hitung	23,80	M <sup>2</sup>	16.500,00	392.700,00	
							<i>24.392.511,39</i>
<b>VI</b>	<b>PEKERJAAN KOLAM AERASI</b>						
1	Galian	Hitung	92,40	M <sup>3</sup>	15.625,00	1.443.750,00	
2	Urugan tanah kembali	Hitung	8,80	M <sup>3</sup>	3.906,25	34.375,00	
3	Tanah diratakan dan dipadatkan	Hitung	2,60	M <sup>3</sup>	14.375,00	37.375,00	
4	Urugan Pasir Lantai Kerja	Hitung	8,25	M <sup>3</sup>	74.175,00	611.869,58	
5	Beton Lantai Kerja	Hitung	4,12	M <sup>3</sup>	1.952.462,00	8.044.143,44	
6	Beton	Hitung	34,50	M <sup>3</sup>	2.816.112,50	97.155.881,25	
7	Plesteran (camp.: 1PC:3PS)	Hitung	92,40	M <sup>2</sup>	29.700,00	2.744.280,00	
8	Waterproofing	Hitung	92,40	M <sup>2</sup>	16.500,00	1.524.600,00	
							<i>111.596.274,27</i>
<b>VII</b>	<b>PEKERJAAN BAK PENGENDAP</b>						
1	Galian	Hitung	15,12	M <sup>3</sup>	15.625,00	236.250,00	
2	Urugan tanah kembali	Hitung	2,80	M <sup>3</sup>	3.906,25	10.937,50	
3	Tanah diratakan dan dipadatkan	Hitung	1,12	M <sup>3</sup>	14.375,00	16.100,00	
4	Urugan Pasir Lantai Kerja	Hitung	1,80	M <sup>3</sup>	74.175,00	133.515,00	
5	Beton Lantai Kerja	Hitung	0,90	M <sup>3</sup>	1.952.462,00	1.757.215,80	
6	Beton	Hitung	13,88	M <sup>3</sup>	2.816.112,50	39.087.641,50	
7	Plesteran (camp.: 1PC:3PS)	Hitung	156,00	M <sup>2</sup>	29.700,00	4.633.200,00	
8	Waterproofing	Hitung	156,00	M <sup>2</sup>	16.500,00	2.574.000,00	
							<i>48.448.859,80</i>
<b>VIII</b>	<b>PEKERJAAN KOLAM BIOTOPE</b>						
1	Galian	Hitung	71,40	M <sup>3</sup>	15.625,00	1.115.625,00	
2	Urugan tanah kembali	Hitung	16,60	M <sup>3</sup>	3.906,25	64.843,75	
3	Tanah diratakan dan dipadatkan	Hitung	7,20	M <sup>3</sup>	14.375,00	103.500,00	
4	Urugan Pasir Lantai Kerja	Hitung	1,89	M <sup>3</sup>	74.175,00	140.190,75	
5	Beton Lantai Kerja	Hitung	0,95	M <sup>3</sup>	1.952.462,00	1.845.076,59	
6	Beton	Hitung	13,70	M <sup>3</sup>	2.816.112,50	38.566.660,69	
7	Plesteran (camp.: 1PC:3PS)	Hitung	33,00	M <sup>2</sup>	29.700,00	980.100,00	
8	Waterproofing	Hitung	33,00	M <sup>2</sup>	16.500,00	544.500,00	
							<i>43.360.496,78</i>

<b>B</b>	<b>PEKERJAAN MEKANIK &amp; ELEKTRIK POMPA, FLOWMETER,SARINGAN</b>					
<b>I</b>	Pompa Proses	Taksir	4 unit	35.000.000,00	140.000.000,00	
1	Kapasitas : 0.3 M3/detik Type : Submersible					
2.	Blower Type : Ring Power : 1pK	Taksir	4 unit	8.500.000,00	34.000.000,00	
3.	Flowmeter Type: Mechanical Flowmeter Diameter: 4 "	Taksir	1,00 Unit	2.500.000,00	2.500.000,00	
4.	Saringan Kasar (Stainless Steel)	Taksir	9,00 Unit	425.000,00	3.825.000,00	
5.	Saringan Halus	Taksir	9,00 Unit	325.000,00	325.000,00	
						<i>180.650.000,00</i>
<b>II.</b>	<b>PIPA &amp; FITTING</b>					
1.	Pasang Pipa PVC AW dia. 8 "	Hitung	425,00 M	128.500,00	54.612.500,00	
2.	Pasang Pipa PVC AW dia. 6 "	Hitung	694,00 M	105.325,00	73.095.550,00	
3.	Pasang Pipa PVC AW dia. 4 "	Hitung	525,00 M	37.363,75	19.615.968,75	
4.	Pasang Pipa PVC AW dia. 3 "	Hitung	124,00 M	31.357,50	3.888.330,00	
5.	Elbow 90° PVC 4 "	Hitung	6,00 Bh.	48.200,00	289.200,00	
6.	Elbow 90° PVC 3 "	Hitung	58,00 Bh.	24.800,00	1.438.400,00	
7.	Sock PVC AW 4"	Hitung	4,00 Bh.	22.100,00	88.400,00	
8.	Sock PVC AW 3"	Hitung	6,00 Bh.	18.200,00	109.200,00	
9.	Cap PVC AW 3 "	Hitung	26,00 Bh.	36.400,00	946.400,00	
10.	Valve PVC 6 "	Hitung	4,00 Bh.	3.250.000,00	13.000.000,00	
11.	Valve PVC 3 "	Hitung	2,00 Bh.	523.630,00	1.047.260,00	
12.	Lem PVC	Hitung	300,00 Kg.	53.250,00	15.975.000,00	
13.	Amplas	Hitung	500,00 Lb.	3.300,00	1.650.000,00	
						<i>185.756.208,75</i>
<b>III.</b>	<b>STEEL SUPPORT</b>					
1.	Pipa Galv. 2 "	Hitung	125,00 Bt.	221.650,00	27.706.250,00	
2.	U Bolt 3 "	Hitung	600,00 Bh.	4.300,00	2.580.000,00	
3.	Mur/Baut	Hitung	6.250,00 Bh.	1.000,00	6.250.000,00	
						<i>36.536.250,00</i>
<b>IV.</b>	<b>PANEL &amp; KABEL</b>					
1.	Panel listrik (induk)	Hitung	1,00 unit	140.000.000,00	140.000.000,00	
2.	Panel listrik (kecil)	Hitung	2,00 unit	36.000.000,00	72.000.000,00	
3.	Kabel (NYM 3 x 0.75)	Hitung	6,00 Roll	185.500,00	1.113.000,00	
4.	Kabel (NYM 2 x 0.75)	Hitung	10,00 Roll	134.300,00	1.343.000,00	
						<i>214.456.000,00</i>

V	<b>LAMPU PENERANGAN</b>					
	a. Lampu TL 40 W	Hitung				
	b. Tiang	Hitung	16,00	Set	48.200,00	771.200,00
			16,00	Bh	176.500,00	2.824.000,00
	<b>Total Biaya</b>					<b>3.595.200,00</b>
						<b>2.657.163.236,10</b>

<sup>\*)</sup> Konsultan

Untuk biaya investasi awal Industri Tahu Sederhana Kendal yaitu :

**Tabel 15**  
**Biaya Pembuatan IPAL Industri Tahu Sederhana Kendal<sup>\*)</sup>**

No.	URAIAN PEKERJAAN	ANALISIS	VOLUME	HARGA		JUMLAH TIAP POST (Rp.)
				SATUAN	JUMLAH	
1	2	3	4	5	6	7
<b>A</b>	<b>PEKERJAAN SIPIL</b>					
<b>I</b>	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>					
1	Pembersihan Lahan	Hitung	220,00 M <sup>2</sup>	4.375,00	962.500,00	962.500,00
<b>II</b>	<b>PEKERJAAN SALURAN</b>					
1	Galian	Hitung	2,00 M <sup>3</sup>	15.625,00	31.250,00	
2	Urugan tanah kembali	Hitung	1,00 M <sup>3</sup>	3.906,25	3.906,25	
3	Tanah diratakan dan dipadatkan	Hitung	0,20 M <sup>3</sup>	14.375,00	2.875,00	
4	Pasang Saluran U 20	Hitung	12,00 M	38.979,87	467.758,44	505.789,69
<b>III</b>	<b>PEKERJAAN BAK PENAMPUNG &amp; SARINGAN</b>					
1	Galian	Hitung	78,75 M <sup>3</sup>	15.625,00	1.230.468,75	
2	Urugan tanah kembali	Hitung	11,50 M <sup>3</sup>	3.906,25	44.921,88	
3	Tanah diratakan dan dipadatkan	Hitung	2,80 M <sup>3</sup>	14.375,00	40.250,00	
4	Urugan Pasir Lantai Kerja	Hitung	2,60 M <sup>3</sup>	74.175,00	192.855,00	
5	Beton Lantai Kerja	Hitung	1,30 M <sup>3</sup>	1.952.462,00	2.538.200,60	
6	Beton	Hitung	22,80 M <sup>3</sup>	2.816.112,50	64.207.365,00	
7	Plesteran (camp.: 1PC:3PS)	Hitung	88,00 M <sup>2</sup>	29.700,00	2.613.600,00	
8	Waterproofing	Hitung	57,00 M <sup>2</sup>	16.500,00	940.500,00	
9	Saringan	Taksir	2,00 Ls.	350.000,00	700.000,00	72.508.161,23

<b>IV</b>	<b>PEKERJAAN BAK ANEROB</b>					
1	Galian	Hitung	216,00	M <sup>3</sup>	15.625,00	3.375.000,00
2	Urugan tanah kembali	Hitung	58,00	M <sup>3</sup>	3.906,25	226.562,50
3	Tanah diratakan dan dipadatkan	Hitung	22,00	M <sup>3</sup>	14.375,00	316.250,00
4	Urugan Pasir Lantai Kerja	Hitung	14,40	M <sup>3</sup>	74.175,00	1.068.120,00
5	Beton Lantai Kerja	Hitung	7,20	M <sup>3</sup>	1.952.462,00	14.057.726,40
6	Beton	Hitung	97,65	M <sup>3</sup>	2.816.112,50	274.993.385,63
7	Plesteran (camp.: 1PC:3PS)	Hitung	630,00	M <sup>2</sup>	29.700,00	18.711.000,00
8	Waterproofing	Hitung	430,00	M <sup>2</sup>	16.500,00	7.095.000,00
						312.748.044,53
	<b>PEKERJAAN KOLAM AERASI</b>					
<b>V</b>	<b>AERASI</b>					
1	Galian	Hitung	14,00	M <sup>3</sup>	15.625,00	218.750,00
2	Urugan tanah kembali	Hitung	3,25	M <sup>3</sup>	3.906,25	12.695,31
3	Tanah diratakan dan dipadatkan	Hitung	1,10	M <sup>3</sup>	14.375,00	15.812,50
4	Urugan Pasir Lantai Kerja	Hitung	1,05	M <sup>3</sup>	74.175,00	77.883,75
5	Beton Lantai Kerja	Hitung	0,50	M <sup>3</sup>	1.952.462,00	976.231,00
6	Beton	Hitung	5,35	M <sup>3</sup>	2.816.112,50	15.066.201,88
7	Plesteran (camp.: 1PC:3PS)	Hitung	128,00	M <sup>2</sup>	29.700,00	3.801.600,00
8	Waterproofing	Hitung	8,80	M <sup>2</sup>	16.500,00	145.200,00
						20.314.374,44
<b>B</b>	<b>PEKERJAAN MEKANIK</b>					
<b>I</b>	<b>PIPA &amp; FITTING</b>					
1	Pasang Pipa PVC AW dia. 6 "	Hitung	18,00	M	105.325,00	1.895.850,00
2	Pasang Pipa PVC AW dia. 4 "	Hitung	8,00	M	37.363,75	298.910,00
3	Pasang Pipa PVC AW dia. 3 "	Hitung	4,00	M	31.357,50	125.430,00
4	Elbow 90° PVC 4 "	Hitung	2,00	Bh.	48.200,00	96.400,00
5	Elbow 90° PVC 3 "	Hitung	1,00	Bh.	24.800,00	24.800,00
6	Sock PVC AW 4"	Hitung	2,00	Bh.	22.100,00	44.200,00
7	Sock PVC AW 3"	Hitung	2,00	Bh.	18.200,00	36.400,00
8	Lem PVC	Hitung	6,00	Kg.	53.250,00	319.500,00
9	Amplas	Hitung	20,00	Lb.	3.300,00	66.000,00
						2.907.490,00
<b>II</b>	<b>STEEL SUPPORT</b>					
1	Pipa Galv. 2 "	Hitung	3,00	Bt.	221.650,00	664.950,00
2	U Bolt 3 "	Hitung	8,00	Bh.	4.300,00	34.400,00
3	Mur/Baut	Hitung	22,00	Bh.	1.000,00	22.000,00
						721.350,00
<b>III</b>	<b>LAMPU PENERANGAN</b>					
a.	Lampu TL 40 W	Hitung	4,00	Set	48.200,00	192.800,00
b.	Tiang	Hitung	4,00	Bh	176.500,00	706.000,00
						898.800,00
	<b>Total Biaya</b>					<b>411.566.509,88</b>

<sup>\*)</sup> Konsultan

Unit pengolahan limbah ini prosesnya masih berjalan dengan baik karena adanya dukungan dari pemilik pabrik untuk selalu melakukan perawatan secara rutin, sehingga

jika ada kerusakan secara langsung diatasi. Pengelolaan IPAL ini ditanggung oleh pemilik industri tahu, dengan dibantu oleh operator. IPAL ini mempunyai kapasitas 40 m<sup>3</sup>/hari, biaya operasional/bulan ± Rp.1.000.000, biaya operasional/m<sup>3</sup> limbah/hari Rp.834,- dan beban biaya bangunan IPAL/m<sup>3</sup> air limbah yaitu ± Rp. 11.759.043.

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

**Tabel 16**  
**Biaya Pembuatan IPAL Industri Tahu Boyolali<sup>\*)</sup>**

No.	URAIAN PEKERJAAN	ANALISIS	VOLUME	HARGA		JUMLAH TIAP POST (Rp.)
				SATUAN	JUMLAH	
1	2	3	4	5	6	7
<b>A</b>	<b>PEKERJAAN SIPIL</b>					
<b>I</b>	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>					
1	Pembersihan Lahan	Hitung	25,00 M <sup>2</sup>	4.375,00	109.375,00	<i>109.375,00</i>
<b>II</b>	<b>PEKERJAAN SALURAN</b>					
1	Galian	Hitung	3,00 M <sup>3</sup>	15.625,00	46.875,00	
2	Urugan tanah kembali	Hitung	1,00 M <sup>3</sup>	3.906,25	3.906,25	
3	Tanah diratakan dan dipadatkan	Hitung	0,50 M <sup>3</sup>	14.375,00	7.187,50	<i>837.566,15</i>
4	Pasang Saluran U 20	Hitung	20,00 M	38.979,87	779.597,40	
<b>III</b>	<b>PEKERJAAN BAK PENAMPUNG &amp; SARINGAN</b>					
1	Galian	Hitung	8,00 M <sup>3</sup>	15.625,00	125.000,00	
2	Urugan tanah kembali	Hitung	2,50 M <sup>3</sup>	3.906,25	9.765,63	<i>1.350.316,96</i>
3	Tanah diratakan dan dipadatkan	Hitung	1,25 M <sup>3</sup>	14.375,00	17.968,75	
4	Pasangan Batu kali 1 PC : 2 PS	Hitung	0,85 M <sup>3</sup>	289.590,00	246.151,50	
4	Pasangan 1 Bata (1PC : 2PS)	Hitung	8,24 M <sup>2</sup>	106.604,00	878.416,96	
5	Plesteran (camp.: 1PC:2PS)	Hitung	12,00 M <sup>2</sup>	29.700,00	356.400,00	
6	Waterproofing	Hitung	7,00 M <sup>2</sup>	16.500,00	115.500,00	
7	Saringan	Taksir	2,00 Ls.	95.000,00	190.000,00	
<b>IV</b>	<b>PEKERJAAN BAK BIOGAS</b>					
1	Galian	Hitung	54,00 M <sup>3</sup>	15.625,00	843.750,00	
2	Urugan tanah kembali	Hitung	16,00 M <sup>3</sup>	3.906,25	62.500,00	
3	Tanah diratakan dan dipadatkan	Hitung	6,00 M <sup>3</sup>	14.375,00	86.250,00	
4	Pasangan Batu kali 1 PC : 2 PS	Hitung	7,25 M <sup>3</sup>	391.752,60	2.840.206,35	
4	Pasangan 1 Bata (1PC : 2PS)	Hitung	136,82 M <sup>2</sup>	106.604,00	14.585.559,28	
5	Plesteran (camp.: 1PC:2PS)	Hitung	56,00 M <sup>2</sup>	29.700,00	1.663.200,00	

6	Beton	Hitung	2,20	M <sup>3</sup>	2.816.112,50	6.195.447,50	
6	Waterproofing	Hitung	38,00	M <sup>2</sup>	16.500,00	627.000,00	
							23.071.206,78
<b>V</b>	<b>PIPA &amp; FITTING</b>						
1	Pasang Pipa PVC AW dia. 4 "	Hitung	8,00	M	31.357,50	250.860,00	
2	Pasang Pipa PVC AW dia. 1 1/2 "	Hitung	12,00	M	19.355,00	232.260,00	
3	Pasang Pipa PVC AW dia. 1/2 "	Hitung	40,00	M	11.285,00	451.400,00	
4	Elbow 90° PVC 3 "	Hitung	2,00	Bh.	24.800,00	49.600,00	
5	Tee PVC AW 1 1/2 "	Hitung	2,00	Bh.	30.150,00	60.300,00	
6	Sock PVC AW 1/2 "	Hitung	4,00	Bh.	3.000,00	12.000,00	
7	Valve PVC 1/2 "	Hitung	4,00	Bh.	28.600,00	114.400,00	
8	Lem PVC	Hitung	0,50	Kg.	53.250,00	26.625,00	
9	Amplas	Hitung	2,00	Lb.	3.300,00	6.600,00	
							1.204.045,00
<b>VI</b>	<b>PEKERJAAN PRASARANA</b>						
1	Administrasi dan dokumentasi	Taksir	Ls.		300.000,00	300.000,00	
2	Test Laboratorium	Taksir	3,00	Titik	700.000,00	2.100.000,00	
3	Tungku Pemanas/Kompor	Taksir	1,00	unit	450.000,00	450.000,00	
4	Penyempurnaan dan pembersihan	Taksir	Ls.		400.000,00	400.000,00	
							3.250.000,00
<b>VII</b>	<b>Seeding</b>						
			Ls.		1.575.000,00	1.575.000,00	1.575.000,00
<b>Total Biaya</b>							<b>31.397.509,89</b>

<sup>\*)</sup> Konsultan

Pada prinsipnya, pembuatan biogas ini tidak terlalu rumit, biayanya tidak begitu besar dan memerlukan lahan yang tidak begitu luas. Untuk biaya perawatan sepenuhnya ditanggung oleh pemilik industri tahu, biaya operasional/bulan ± Rp.60.000, biaya operasional/m<sup>3</sup> limbah/hari Rp.400,-, dan beban biaya bangunan IPAL/m<sup>3</sup> air limbah ± Rp. 5.232.918.

#### 4.4.4. 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 Gagak Sipat Boyolali kualitas efluen masih dibawah baku mutu yang ditetapkan sehingga dianggap belum memenuhi standar kualitas air.

#### 4.5. Analisis SWOT

##### 4.5.1. Analisis SWOT Industri Tahu Tandang Semarang

Tabel faktor internal Industri Tahu Tandang Semarang beserta nilai bobotnya adalah sebagai berikut :

**Tabel 17. Faktor Internal Industri Tahu Tandang Semarang**

<b>a. Strength</b>	<b>Skor</b>
1. Tahapan proses IPAL lengkap (anaerob-aerob)	5

2. Efisiensi tinggi	5
3. Efluen di bawah baku mutu yang ditetapkan	5
<b>b. Weaknesses</b>	
1. Saringan air limbah rusak, sehingga banyak kotoran-kotoran yang terikut air limbah masuk ke dalam unit pengolahan limbah	5
2. Kebocoran pipa penyalur air limbah, menyebabkan air limbah langsung terbuang ke sungai	5
3. Tidak semua pengrajin berperan aktif dalam pemeliharaan IPAL dan pengelolaan lingkungan	5
4. Bau busuk yang menyengat dari bak equalisasi	5
5. Pemakaian air berlebihan	5

Tabel faktor eksternal beserta beserta nilai bobotnya adalah sebagai berikut :

**Tabel 18. Faktor Eksternal Industri Tahu Tandang Semarang**

<b>a. Opportunity</b>	<b>Skor</b>
1. Biogas	4
2. Pengolahan limbah padat untuk memperluas lapangan kerja dan peningkatan pendapatan	4
<b>b. Threats</b>	
1. Penduduk sekitar kurang kritis pengelolaan limbah yang ada	5
2. Proses IPAL terganggu akibat kebocoran saringan	5
3. Rasa kurang memiliki terhadap IPAL	5

Penentuan strategi dari Industri Tahu Tandang dapat dianalisis berdasarkan matriks dari setiap elemen faktor internal dan eksternal. Matriks SWOT Sentra Industri Tahu Tandang dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 19. 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><b><u>Strength</u></b></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><b><u>Weaknesses</u></b></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><b><u>Opportunity</u></b></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><b><u>Strength-Opportunity</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perbaikan pipa flaring untuk mengurangi bau dan pencemaran udara</li> </ol>	<p><b><u>Weaknesses-Opportunity</u></b></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><b><u>Threats</u></b></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><b><u>Strength-Threats</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Adanya pendekatan partisipatif dalam penerapan teknologi ini</li> </ol>	<p><b><u>Weaknesses-Threats</u></b></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>

#### 4.5.2. Analisis SWOT Industri Tahu Sederhana Kendal

Tabel faktor internal Industri Tahu Sederhana Kendal beserta nilai bobotnya adalah sebagai berikut :

**Tabel 20. Faktor Internal Industri Tahu Sederhana Kendal**

<b>a. Strength</b>	<b>Skor</b>
1. Pemilik industri tahu berperan aktif dalam pengelolaan IPAL	5
2. Ada kontrol dari masyarakat, terutama dari para pengusaha tambak	5
3. Pemilik industri tahu mempunyai pengetahuan yang cukup dalam upaya pengolahan limbah dan pengelolaan lingkungan	4
4. Efisiensi tinggi	5
5. Efluen di bawah baku mutu yang ditetapkan	5
6. Kebersihan pabrik terjaga	
7. IPAL terpelihara dengan baik	
<b>b. Weaknesses</b>	
1. Pemakaian air berlebihan	5

Sedangkan tabel faktor eksternal beserta beserta nilai bobotnya adalah sebagai berikut :

**Tabel 21. Faktor Eksternal Industri Tahu Sederhana Kendal**

<b>a. Opportunity</b>	<b>Skor</b>
1. Biogas	3
2. Penghematan pemakaian air	5
3. Pengolahan limbah padat untuk memperluas lapangan kerja dan peningkatan pendapatan	4
<b>b. Threats</b>	
1. Pemakaian air yang berlebihan dikhawatirkan kapasitas IPAL menjadi berlebihan	5

Penentuan strategi dari Industri Tahu Sederhana Kendal dapat dianalisis berdasarkan matriks dari setiap elemen faktor internal dan eksternal. Matriks SWOT Industri Tahu Sederhana Kendal dapat dilihat pada tabel yang terdapat dibawah ini :

**Tabel 22. Matrik SWOT Industri Tahu Sederhana Kendal**

<p style="text-align: center;"><b>FAKTOR INTERNAL</b></p> <p style="text-align: center;"><b>FAKTOR EKSTERNAL</b></p>	<p><b><u>Strength</u></b></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><b><u>Weaknesses</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemakaian air berlebihan</li> </ol>
<p><b><u>Opportunity</u></b></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><b><u>Strength-Opportunity</u></b></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><b><u>Weaknesses-Opportunity</u></b></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><b><u>Threats</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemakaian air yang berlebihan dikhawatirkan kapasitas IPAL menjadi berlebihan</li> </ol>	<p><b><u>Strength-Threats</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penerapan produksi bersih terutama untuk pemakaian air</li> </ol>	<p><b><u>Weaknesses-Threats</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penerapan produksi bersih terutama untuk pemakaian air</li> </ol>

#### 4.5.3. Analisis SWOT Industri Tahu Gagak Sipat Boyolali

Tabel faktor internal Industri Tahu Boyolali beserta nilai bobotnya adalah sebagai berikut :

**Tabel 23. Faktor Internal Industri Tahu Boyolali**

<b>a. <i>Strength</i></b>	<b>Skor</b>
1. Biogas dimanfaatkan untuk keperluan rumah tangga (memasak dan penerangan)	4
<b>b. <i>Weaknesses</i></b>	
1. IPAL tanpa perawatan	5
2. Kualitas efluen tidak memenuhi syarat	5
5. Efisiensi rendah	5
6. Tidak ada sistem pengaturan lumpur	5
7. Tidak ada pengolahan lanjut (aerob)	5
8. Pemakaian air berlebihan	5

Tabel faktor eksternal Industri Tahu Boyolali beserta nilai bobotnya adalah sebagai berikut :

**Tabel 24. Faktor Eksternal Industri Tahu Boyolali**

<b>a. <i>Opportunity</i></b>	<b>Skor</b>
1. Memberi kesempatan bagi pengrajin yang lain untuk menyalurkan limbahnya ke IPAL	4
2. Pengurangan pencemaran lingkungan oleh gas metan	4

3. Pengolahan limbah padat untuk memperluas lapangan kerja dan peningkatan pendapatan	
<b>b. Threats</b>	
1. Pencemaran air karena kualitas efluen di bawah baku mutu yang ditetapkan	5
2. IPAL semakin tidak terawat	5

Penentuan strategi dari Sentra Industri Tahu Boyolali dapat dianalisis berdasarkan matriks dari setiap elemen faktor internal dan eksternal. Matriks SWOT Industri Tahu Boyolali dapat dilihat pada tabel yang terdapat dibawah ini :

**Tabel 25. Matrik SWOT Industri Tahu Boyolali**

<b>FAKTOR INTERNAL</b>	<u><i>Strength</i></u> 1. Biogas dimanfaatkan untuk keperluan rumah tangga (memasak dan penerangan)	<u><i>Weaknesses</i></u> 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
<b>FAKTOR EKSTERNAL</b>		

<p><b><u>Opportunity</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pengurangan pencemaran lingkungan oleh gas metan</li> <li>2. Memberi kesempatan bagi pengrajin yang lain untuk menyalurkan limbahnya ke IPAL</li> <li>3. Pengolahan limbah padat untuk memperluas lapangan kerja dan peningkatan pendapatan</li> </ol>	<p><b><u>Strength-Opportunity</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perluasan pemanfaatan biogas</li> </ol>	<p><b><u>Weaknesses-Opportunity</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Proses pengolahan lanjutan agar efisiensi penurunan COD dan BOD dapat ditingkatkan</li> </ol>
<p><b><u>Threats</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pencemaran air karena kualitas efluen di bawah baku mutu yang ditetapkan</li> <li>2. IPAL semakin tidak terawat</li> </ol>	<p><b><u>Strength-Threats</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Adanya panduan pengoperasian dan perawatan IPAL</li> </ol>	<p><b><u>Weaknesses-Threats</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penigkatan pengawasan terhadap operasional dan pemeliharaan IPAL</li> </ol>



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. 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.

## 5.2. 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.



## LAMPIRAN

### LAMPIRAN 1 : Proses Pengambilan Sampel Air Limbah Industri Tahu



**Pengambilan Air Limbah di Bak Limpahan**



**Pengambilan Air Limbah di Bak Equalisasi**

### LAMPIRAN 2 : Pengukuran Parameter Air Limbah Industri Tahu



**Pengukuran Parameter Air Limbah Tahu**

**LAMPIRAN 3 : Pemanfaatan Biogas di Desa Gagak Sipat Boyolali**



**Kompor Biogas**



**Lampu Petromax**

**LAMPIRAN 4 : Ketel Uap Industri Tahu Sederhana Kendal**



LAM



endal



**LAMPIRAN 7 : Industri Tahu Gagak Sipat Boyolali**





**Lampiran 7. Perbandingan Sistem Pengolahan Limbah  
Industri Tahu Tandang Semarang, Industri Tahu Sederhana Kendal  
dan Industri Tahu Boyolali**

No.	Pembandingan	IPAL Industri Tahu Lamper Tengah	IPAL Industri Tahu Sederhana Kendal	IPAL Industri Tahu Boyolali
1.	Kapasitas Produksi	1000 kg/hari	1300 kg/hari	300 kg/hari
2.	Debit Air Limbah	23 m <sup>3</sup> /detik	35 m <sup>3</sup> /detik	6 m <sup>3</sup> /detik
3.	Jumlah Pengrajin	9 pengrajin	1 pengrajin	1 pengrajin
4.	Pengolahan Air Limbah :			
	a. Sistem Pengolahan	Anaerob-Aerob	Anaerob-Aerob	Anaerob
	b. Ukuran&Volume	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bar Screen : 0,6 x 0,6 x 0,6 m d = 10 cm</li> <li>▪ Bak Penampung (Storage Tank) : 10,8 x 6 x 3,0 m = 194,4 m<sup>3</sup></li> <li>▪ Bak Anaerob : 25,6 x 10,8 x 7,62 m = 2106,7 m<sup>3</sup></li> <li>▪ Bak Pengendap (Settling Tank) : 2,5 x 0,7 x 6 m = 10,5 m<sup>3</sup></li> <li>▪ Kolam Aerasi (Aeration Ditch) : 10,8 x 6,8 x 0,7 m = 51,408 m<sup>3</sup></li> <li>▪ Bak Pengendap (Settling Ditch) : 9,8 x 1,5 x 1,5 m = 22,05 m<sup>3</sup></li> <li>▪ Kolam Biotope : 5,8 x 2,5 x 3,3 m = 47,85 m<sup>3</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bak Penampung (Storage Tank) : 6,0 x 3,5 x 3,0 m = 63 m<sup>3</sup></li> <li>▪ Bak Anaerob : 15 x 8 x 2,5 m = 300 m<sup>3</sup></li> <li>▪ Kolam Aerasi (Aeration Ditch) : 3,0 x 2,5 x 0,8 m = 6 m<sup>3</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bak Penampung (Storage Tank) : 0,8 x 0,8 x 1,2 m = 0,768 m<sup>3</sup></li> <li>▪ Bak Anaerob = 30 m<sup>3</sup></li> <li>▪ Bak Pelimpahan = 2,4 m<sup>3</sup></li> </ul>
	c. Waktu Tinggal	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bak Penampung : 31 jam</li> <li>▪ Bak Anaerob : 14 hari</li> <li>▪ Bak Pengendap : 1,68 jam</li> <li>▪ Kolam Aerasi : 8,2 jam</li> <li>Bak Pengendap : 3,5 jam</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bak Penampung : 1,5 hari</li> <li>▪ Bak Anaerob : 7,5 hari</li> <li>▪ Bak Aerasi : 3,6 jam</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bak Penampung : 3,6 jam</li> <li>▪ Bak Anaerob : 6 hari</li> <li>▪ Bak Pelimpahan : 11,5 jam</li> </ul>
	d. Jenis Bak	Baffle Reaktor	Baffle Reaktor	Fixed Dome Digester
	e. Tahapan Proses	unit produksi → aliran pipa → bar screen → bak penampung → bak anaerob → bak pengendap → kolam aerasi → bak sedimentasi	unit produksi → saluran air limbah → bar screen → bak penampung → bak anaerob → bak pengendap → kolam aerasi	unit produksi → saluran air limbah → bar screen → bak penampung → bak anaerob → bak limpahan → sungai

		→ kolam biotope → sungai	→ sungai	
5.	Hasil Analisa Air Limbah :	<p>a. Influen (Output Industri) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Suhu : 50,0°C</li> <li>▪ TSS : 678 mg/l</li> <li>▪ BOD<sub>5</sub> : 3475 mg/l</li> <li>▪ COD : 6197 mg/l</li> <li>▪ pH : 5,09</li> </ul>	<p>a. Influen (Input IPAL) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Suhu : 43,1°C</li> <li>▪ TSS : 388 mg/l</li> <li>▪ BOD<sub>5</sub> : 2726 mg/l</li> <li>▪ COD : 4972 mg/l</li> <li>▪ pH : 5,51</li> </ul>	<p>a. Influen (Input IPAL) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Suhu : 50,4°C</li> <li>▪ TSS : 575 mg/l</li> <li>▪ BOD<sub>5</sub> : 3283 mg/l</li> <li>▪ COD : 6486 mg/l</li> <li>▪ pH : 4,53</li> </ul>
		<p>b. Equalisasi (Input IPAL) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Suhu : 39°C</li> <li>▪ TSS : 624 mg/l</li> <li>▪ BOD<sub>5</sub> : 610,6 mg/l</li> <li>▪ COD : 5163 mg/l</li> <li>▪ pH : 7,64</li> </ul>	<p>b. Efluen (Output IPAL) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Suhu : 36,9°C</li> <li>▪ TSS : 62 mg/l</li> <li>▪ BOD<sub>5</sub> : 57,60 mg/l</li> <li>▪ COD : 203,2 mg/l</li> <li>▪ pH : 7,06</li> </ul>	<p>b. Efluen (Output IPAL) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Suhu : 36,9°C</li> <li>▪ TSS : 116 mg/l</li> <li>▪ BOD<sub>5</sub> : 337,9 mg/l</li> <li>▪ COD : 759,8 mg/l</li> <li>▪ pH : 7,32</li> </ul>
		<p>c. Efluen Anaerob :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Suhu : 37,7°C</li> <li>▪ TSS : 138 mg/l</li> <li>▪ BOD<sub>5</sub> : 69,12 mg/l</li> <li>▪ COD : 133,5 mg/l</li> <li>▪ pH : 7,51</li> </ul>		
		<p>d. Bak Aerasi :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Suhu : 34,6°C</li> <li>▪ TSS : 66 mg/l</li> <li>▪ BOD<sub>5</sub> : 24,00 mg/l</li> <li>▪ COD : 125,5 mg/l</li> <li>▪ pH : 7,36</li> </ul>		
6.	Efisiensi Pengolahan	BOD <sub>5</sub> : 99,3%, COD : 97,9%	BOD <sub>5</sub> : 97,8%, COD : 95,9%	BOD <sub>5</sub> : 89,70%, COD : 88,28%
7.	Kebutuhan Lahan	880 m <sup>2</sup>	220 m <sup>2</sup>	25 m <sup>2</sup>
8.	Biaya Total IPAL	± Rp. 2.657.163.236,10	± Rp. 411.566.509,88	± Rp. 31.397.509,89
9.	Biaya IPAL/m <sup>3</sup> Limbah	± Rp. 115.528.836,3	± Rp. 11.759.043,14	± Rp. 5.232.918,32
10.	Biaya Operasional/Bulan	± Rp. 5.251.860	± Rp. 1.000.000	± Rp. 60.000

11.	Biaya Operasional/m <sup>3</sup> Limbah/Hari	± Rp. 1.167	± Rp.834	± Rp.400
12.	Kelebihan&Kekurangan :			
	a. Energi (Biogas)	Biogas belum dimanfaatkan (flare)	Biogas belum dimanfaatkan (flare)	Biogas dimanfaatkan untuk memasak dan penerangan (lampu petromax), dan dimanfaatkan oleh 4 keluarga
	b. Teknis	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kebocoran pipa penyalur air limbah dari unit produksi menuju ke IPAL</li> <li>▪ Bak kontrol pada unit produksi kapasitasnya tidak sesuai dengan volume air limbah yang dihasilkan</li> <li>▪ Penyaring air limbah rusak</li> <li>▪ Banyak kotoran-kotoran yang terikut dalam proses IPAL</li> <li>▪ Waktu tinggal pada masing-masing proses cukup lama</li> <li>▪ Tahapan proses pengolahan lengkap</li> <li>▪ Ada operator IPAL</li> <li>▪ Efisiensi tinggi</li> <li>▪ Ada pengaturan jumlah lumpur anaerob</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pengrajin berpartisipasi dalam pengelolaan IPAL</li> <li>▪ Ada operator</li> <li>▪ Efisiensi tinggi</li> <li>▪ Ada pengaturan jumlah lumpur anaerob</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tidak ada operator IPAL</li> <li>▪ Tidak ada perawatan secara rutin</li> <li>▪ Hanya mengandalkan proses anaerob saja, tidak ada proses aerasi</li> <li>▪ Lebih menitik beratkan kepada pemanfaatan biogas</li> <li>▪ Waktu tinggal cukup singkat</li> <li>▪ Efisiensi rendah</li> <li>▪ Tidak ada pengaturan jumlah lumpur anaerob</li> </ul>
	c. Ekonomi&Sosial	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Biaya konstruksi, operasional dan pemeliharaan mahal</li> <li>▪ Kebutuhan lahan luas</li> <li>▪ Pengrajin tahu kurang berperan serta dalam pengelolaan air limbah</li> <li>▪ Tidak adanya kontrol dari masyarakat dan dinas yang terkait</li> <li>▪ Kesadaran yang rendah terhadap pentingnya kebersihan dan kesehatan lingkungan</li> <li>▪ Lingkungan pabrik berada di lokasi yang padat penduduk dan dekat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Biaya konstruksi, operasional dan pemeliharaan cukup mahal</li> <li>▪ Pengrajin tahu berperan serta dalam pengelolaan air limbah</li> <li>▪ Adanya kontrol dari masyarakat terutama para pengusaha tambak</li> <li>▪ Pengrajin tahu bukan berasal dari kalangan ekonomi lemah</li> <li>▪ Kesadaran yang tinggi terhadap pentingnya kebersihan dan kesehatan lingkungan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Biaya konstruksi, operasional dan pemeliharaan murah</li> <li>▪ Kebutuhan lahan pembuat unit pengolah limbah tidak terlalu luas</li> <li>▪ Pengrajin tahu kurang berperan serta dalam pengelolaan air limbah</li> <li>▪ Tidak adanya kontrol dari masyarakat dan dinas yang terkait</li> <li>▪ Kesadaran yang rendah terhadap pentingnya kebersihan dan kesehatan lingkungan</li> </ul>

		<p>dengan pasar tradisional sehingga terkesan kumuh</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sifat malas dari pengrajin dalam upaya pengelolaan air limbah</li> <li>▪ Pengetahuan yang rendah dari para pengrajin dalam hal pengelolaan air limbah sehingga kurang mengetahui prosedur-prosedur pengolahan limbah</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pengetahuan yang rendah dari para pengrajin dalam hal pengelolaan air limbah sehingga kurang mengetahui prosedur-prosedur pengolahan air limbah</li> <li>▪ Pengrajin tahu berasal dari kalangan ekonomi lemah</li> </ul>
	d. Lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Akibat dari air limbah yang terbuang ke sungai karena adanya kebocoran pipa penyalur dari unit produksi dan bak kontrol di unit produksi yang kapasitasnya tidak sesuai dengan volume air limbah yang dihasilkan akan menyebabkan sungai menjadi tercemar mengingat aliran Sungai Bajak tidak begitu lancar</li> <li>▪ Efluennya tidak mencemari karena kualitasnya di bawah baku mutu yang ditetapkan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Efluennya tidak mencemari lingkungan karena kualitasnya di bawah baku mutu yang ditetapkan sehingga air hasil olahan sudah belum memenuhi standar kualitas air</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kualitas efluennya di atas baku mutu yang ditetapkan, sehingga air hasil olahan masih belum memenuhi standar kualitas air</li> </ul>
13.	Pengelolaan Limbah Padat	Dijual, harga Rp.7000,-/ sak dan sebagian dibuat tempe gembus.	Dijual, harga Rp7.000,-/sak	Dijual, harga Rp.2500,-/ember

## BIODATA PENULIS



Fibria Kaswinarni. Lahir di Surakarta, 24 Februari 1981. Menyelesaikan pendidikan SD sampai SMP di Tanjung Karang Bandar Lampung, lalu menempuh pendidikan menengah atas di SMU N 1 Colomadu Karanganyar Surakarta dan lulus pada tahun 1996. Kemudian melanjutkan kuliah di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Diponegoro Semarang lulus pada tahun 2005. Bulan Agustus 2005 melanjutkan studi pendidikan di Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang. Tesis dengan judul **“Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu (Studi Kasus di Industri Tahu Tandang Semarang, Sederhana Kendal dan Gagak Sipat Boyolali)”** telah selesai pada bulan Mei 2007.