



TUGAS AKHIR - RE 184804

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
INDUSTRI TAHU DI KOTA KEDIRI**

LOLYTA SATIVA GAVIDIKNAS
0321154000062

DOSEN PEMBIMBING:
IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D.

Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - RE 184804

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU DI KOTA KEDIRI

LOLYTA SATIVA GAVIDIKNAS
NRP. 0321154000062

DOSEN PEMBIMBING
IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D.

Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2019



FINAL PROJECT - RE 184804

DESIGN OF WASTE WATER TREATMENT PLANT OF TOFU INDUSTRY AT KEDIRI CITY

LOLYTA SATIVA GAVIDIKNAS
NRP. 0321154000062

ADVISOR
IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D.

Department of Environmental Engineering
Faculty of Civil Environmental and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2019

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU DI KOTA KEDIRI

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

LOLYTA SATIVA GAVIDIKNAS
NRP. 0321154000062

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir



Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19711114 200312 2 001



PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU DI KOTA KEDIRI

Nama Mahasiswa : Lolyta Sativa Gavidiknas
NRP : 0321154000062
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Ipung Fitri Purwanti, S.T, M.T, Ph.D

ABSTRAK

Industri tahu merupakan industri yang sedang berkembang di Kediri, selain karena tahu merupakan makanan khas di Kota Kediri, pemerintah setempat mendukung adanya program Industri Kecil Menengah yang tumbuh di masyarakat. Hal ini menyebabkan jumlah industri tahu di Kediri mencapai angka 121. Namun dari semua industri tersebut, hanya 1 industri yang telah memiliki ijin IPAL dan beberapa diantara lainnya memiliki IPAL namun tidak ada monitoring langsung dari pemerintah, sementara sebagian besar lainnya membuang limbahnya langsung ke badan air penerima. Hal ini sering menimbulkan masalah seperti munculnya bau busuk akibat limbah cair yang tidak terolah secara benar. Limbah cair tahu dapat berbahaya bagi badan air apabila tidak diolah terlebih dahulu. Oleh karena itu, perlu dilakukannya perencanaan IPAL ini untuk membantu menyelesaikan masalah terkait limbah cair industri tahu di Kediri.

Metode yang digunakan dalam perencanaan ini adalah pengumpulan data primer dan sekunder, pembagian pabrik kapasitas tinggi dan rendah, perencanaan IPAL untuk pabrik berkapasitas kecil, perencanaan IPAL untuk pabrik berkapasitas produksi tinggi, perhitungan BOQ dan RAB hasil perencanaan, serta langkah terakhir adalah pembuatan SOP untuk IPAL.

Setelah data primer dan sekunder dikumpulkan, digunakan alternatif Anaerobik Digester dan Anaerobik Filter untuk mengurangi pencemaran lingkungan dan memberikan manfaat berupa biogas hasil dari proses anaerobik. Pada 1

pabrik berkapasitas produksi kecil unit yang dibutuhkan adalah 1 unit anaerobik digester dengan diameter 4,5 m, sementara untuk 2 pabrik kecil dibutuhkan 2 unit anaerobik digester dengan diameter 4,5 m, berbeda dengan pabrik berkapasitas produksi besar membutuhkan 4 unit anaerobik digester dengan diameter 4,37 m. sementara untuk unit anaerobik biofilter 1 pabrik kecil membutuhkan 2 tangki filter, 2 pabrik kecil membutuhkan 3 tangki filter, sementara untuk pabrik besar membutuhkan 6 tangki filter.

Dana investasi yang dibutuhkan untuk 1 pabrik kecil Rp106.556.740, sementara untuk 2 pabrik kecil membutuhkan dana sebesar Rp169.055.161. Pabrik besar memiliki jumlah dana investasi paling besar yaitu Rp314.803.489.

Kata kunci: Anaerobik Digester, Biodigester, Anaerobik Biofilter, Industri tahu, unit IPAL, SOP IPAL

DESIGN OF WASTE WATER TREATMENT PLANT OF TOFU INDUSTRY AT KEDIRI CITY

Name of student : Lolyta Sativa Gavidiknas
NRP : 0321154000062
Department : Environmental Engineering
Supervisor : Ipung Fitri Purwanti, S.T, M.T, Ph.D

ABSTRACT

Tofu industry is a growing industry in Kediri because tofu is a typical food in the City of Kediri. The local government supports the existence of Small and Medium Industries programs that grow in the community. This caused the number of tofu industries in Kediri to reach 121. However, from all these industries, only 1 industry had IPAL licenses and some of them had WWTPs but there was no direct monitoring from the government, while most of the others dumped their waste directly into water bodies receiver. This often creates problems such as the appearance of foul odors due to liquid waste that is not properly treated. Liquid waste knows it can be dangerous for water bodies if it is not processed first. Therefore, it is necessary to plan this WWTP to help resolve problems related to the liquid waste of the tofu industry in Kediri.

The method used in this planning is primary and secondary data collection, dividing tofu industry into industry with low production capacity and high production capacity, planning Waste Water Treatment plants for tofu industry with low-production capacity and high-production capacity plants, BOQ and RAB calculation of planning results, and the final step is making SOP for WWTP.

After the primary and secondary data are collected, alternative Anaerobic Digester and Anaerobic Filter are used to reduce environmental pollution and provide the benefits of biogas as a result of anaerobic processes. In 1 factory with a small production capacity, the unit needed is 1 anaerobic digester unit with a diameter of 4.5 m, while for 2 small factories

it takes 2 anaerobic digester units with a diameter of 4.5 m. In large production, it requires 4 units of anaerobic digester with a diameter of 4.37 m. As for the anaerobic biofilter unit, 1 small factory requires 2 filter tanks, 2 small factories need 3 filter tanks, while for large factories need 6 filter tanks.

Investment funds are needed for 1 small factory Rp106,556,740 while for 2 small factories need funds around Rp169,055,161. Large factories have the largest amount of investment funds Rp314,803,489.

Keywords: Anaerobic Digester, Biodigester, Anaerobic Biofilter, Tofu Industry, WWTP unit, SOP IPAL

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan akan kehadiran Allah SWT, yang telah mencurahkan rahmat, taufik dan hidayahnya kepada kita semua tanpa jemu. Sesungguhnya hanya karena kemurahan hati-Nya lah sehingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Tahu di Kota Kediri”** ini dengan lancar dan tepat waktu.

Tugas Akhir ini dapat terselesaikan berkat doa, dukungan, bimbingan orang-orang terbaik yang ada disekeliling penulis. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Ibu Ipung Fitri Purwanti, S.T, M.T, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah menyempatkan waktu untuk membimbing selama penyusunan tugas akhir
2. Bapak Ir. Bowo Djoko Marsono M.Eng, Ibu Bieby Voijant Tangahu S.T, M.T, Ph.D. dan Bapak Welly Herumurti S.T. M.Sc. selaku dosen pengarah yang telah banyak memberikan saran dan masukan untuk laporan tugas akhir ini.
3. Keluarga penulis yang tidak pernah lelah untuk memberikan dukungan.
4. Teman-teman satu angkatan 2015 yang senantiasa memberikan dukungan selama penulis menjalani perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, dengan demikian segala kritik dan saran bagi penyempurnaan tugas akhir ini sangat penulis harapkan. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, 03 Mei 2019

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| KATA PENGANTAR..... | v |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR TABEL..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan..... | 3 |
| 1.4 Ruang Lingkup | 3 |
| 1.5 Manfaat..... | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1 Proses Produksi Tahu | 5 |
| 2.3 Limbah..... | 7 |
| 2.4 Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu | 9 |
| 2.5 Dampak Limbah Cair Industri Tahu..... | 10 |
| 2.6 Baku Mutu Limbah Cair Industri Tahu..... | 11 |
| 2.7 Pengolahan Air Limbah | 12 |
| 2.8 Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu..... | 13 |
| 2.9 Industri Tahu di Kota Kediri | 17 |
| 2.9.1 Proses Pengolahan Air Limbah Industri | 28 |
| 2.10 Anaerobik Filter | 28 |
| 2.11 Anaerobik Digester..... | 31 |
| BAB III METODOLOGI PERENCANAAN | 34 |
| 3.1 Umum | 35 |

| | | |
|---|--|----|
| 3.2 | Kerangka Perencanaan | 35 |
| 3.3 | Tahapan Perencanaan | 38 |
| 3.3.1 | Ide Perencanaan | 38 |
| 3.3.2 | Studi Literatur..... | 38 |
| 3.3.3 | Pengumpulan Data | 38 |
| 3.3.4 | Pembahasan..... | 40 |
| 3.3.5 | Kesimpulan dan Saran | 42 |
| BAB IV PERENCANAAN DAN PEMBAHASAN | | 43 |
| 4.1 | Industri Tahu di Kota Kediri | 43 |
| 4.2 | Hasil Survei Industri Tahu..... | 43 |
| 4.3 | Debit Air Limbah | 46 |
| 4.4 | Alternatif Pengolahan | 47 |
| 4.5 | Desain Unit Anaerobik Biodigester..... | 50 |
| 4.6 | Desain Unit Anaerobik Filter | 57 |
| 4.7 | Hasil Perhitungan Unit | 67 |
| 4.8 | Perhitungan Mass Balance..... | 69 |
| 4.9 | Profil Hidrolis..... | 81 |
| 4.10 | <i>Standard Operation Procedure (SOP)</i> | 86 |
| 4.11 | <i>Bill of Quantity</i> dan Rencana Anggaran | 87 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN | | 95 |
| 5.1 | Kesimpulan | 95 |
| 5.2 | Saran | 95 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | | 97 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/ atau Kegiatan Pengolahan Kedelai | 11 |
| Tabel 2.3 Jumlah IKM Kota Kediri..... | 18 |
| Tabel 2.4 IKM Tahu Kota Kediri 2018 | 18 |
| Tabel 2.5 IKM Tahu Kota Kediri 2018 | 19 |
| Tabel 2.6 Data Perusahaan Tahu dan Produk yang Dihasilkan | 23 |
| Tabel 2.7 Pabrik Kapasitas Produksi Besar (diatas 200kg)... | 25 |
| Tabel 2.8 Pabrik Kapasitas Produksi Kecil (dibawah 200kg). | 26 |
| Tabel 2.9 Jenis Media dan Luas Permukaan Spesifik | 29 |
| Tabel 2.10 Kriteria Desain Anaerobik Digester | 33 |
| Tabel 3.1 Parameter Uji, Metoda Analisis dan Pengawetan Limbah Cair | 39 |
| Tabel 4.1 Hasil Analisa Limbah Tahu industri MAR/ATIM | 45 |
| Tabel 4.2 Hasil Analisa Limbah Tahu industri MIN | 45 |
| Tabel 4.3 Hasil Analisa Limbah Tahu industri SDD | 46 |
| Tabel 4.4 Hasil Analisa Limbah Tahu industri POO..... | 46 |
| Tabel 4.5 Debit Air Limbah..... | 47 |
| Tabel 4.6 Perbandingan Tiap Alternatif..... | 49 |
| Tabel 4.7 Hasil perhitungan kebutuhan kapur per hari | 52 |
| Tabel 4.8 Hasil perhitungan biogas..... | 56 |
| Tabel 4.9 Hasil perhitungan total biogas..... | 67 |
| Tabel 4.10 dimensi bak netralisasi..... | 67 |
| Tabel 4.11 dimensi anaerobik digester | 68 |
| Tabel 4.12 dimensi settler | 68 |

| | |
|--|----|
| Tabel 4.13 dimensi anaerobik filter..... | 68 |
| Tabel 4.14 kualitas efluen..... | 68 |
| Tabel 4.15 Profil Hidrolis..... | 85 |
| Tabel 4.16 BOQ dan RAB Kontruksi | 88 |
| Tabel 4.17 RAB total..... | 93 |
| Tabel 4.18 Biaya Pengoperasian | 94 |
| Tabel 4.19 Biaya Perawatan | 94 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Proses Produksi Tahu | 8 |
| Gambar 2.2 Anaerobik filter | 31 |
| Gambar 2.3 Fixed Dome Digester..... | 32 |
| Gambar 3.1 Kerangka Penelitian | 36 |
| Gambar 4.1 Alternatif pengolahan 1 | 48 |
| Gambar 4.2 Alternatif pengolahan 2 | 48 |
| Gambar 4.3 Alternatif pengolahan 3 | 48 |
| Gambar 4.4 Faktor COD removal dengan nilai HRT | 59 |
| Gambar 4.5 Efisiensi BOD removal dengan COD removal ... | 59 |
| Gambar 4.6 Faktor reduksi sludge | 59 |
| Gambar 4.7 Removal TSS | 60 |
| Gambar 4.8 faktor HRT to fCOD removal | 63 |
| Gambar 4.9 temperatur removal to fCOD removal | 64 |
| Gambar 4.10 CODin to fCOD removal..... | 64 |
| Gambar 4.11 specific filter surface to fCOD removal..... | 65 |
| Gambar 4.12 faktor load..... | 65 |
| Gambar 4.13 faktor BOD removal to COD removal..... | 66 |
| Gambar 4.14 Mass Balance Unit Anaerobik Digester 1 Pabrik | 71 |
| Gambar 4.15 Mass Balance Unit Anaerobik Filter (settler) 1 Pabrik | 72 |
| Gambar 4.16 Mass Balance Unit Anaerobik Filter 1 Pabrik... | 73 |
| Gambar 4.17 Mass Balance Unit Anaerobik Digester Pabrik Besar | 75 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.18 Mass Balance Unit Anaerobik Filter (settler) Pabrik Besar | 76 |
| Gambar 4.19 Mass Balance Unit Anaerobik Filter Pabrik Besar | 77 |
| Gambar 4.20 Mass Balance Unit Anaerobik Digester 2 Pabrik | 79 |
| Gambar 4.21 Mass Balance Unit Anaerobik Filter (settler) 2 Pabrik..... | 80 |
| Gambar 4.22 Mass Balance Unit Anaerobik Filter 2 Pabrik .. | 81 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Kota Kediri merupakan salah satu penghasil tahu terbesar di Indonesia, industri tahu pertama kali muncul pada tahun 1912. Kota Kediri terbagi menjadi 3 kecamatan, yaitu Kecamatan Kota, Kecamatan Mojoroto dan Kecamatan Pesantren. Kecamatan Kota merupakan Kecamatan dengan kepadatan penduduk tertinggi yang mencapai 5.676/ Km². Produk tahu dari Kediri sering disebut dengan tahu takwa. Produk ini telah menjadi makanan khas dari daerah Kota Kediri. Menurut Dinas Perindustrian, Perdagangan, Pertambangan dan Energi Kota Kediri jumlah dari industri tahu pada Tahun 2018 mencapai angka 121. Jumlah tersebut tersebar di berbagai daerah, seperti Kelurahan Blabak, Kelurahan Tinalan, Kelurahan Pakunden, Kelurahan Mrican, Kelurahan Ngletih, Kelurahan Banaran dan Kelurahan Bawang. Salah satu agroindustri terbesar yang memproduksi tahu adalah Tahu Takwa Lie Tien Tin (LTT), dengan kemampuan produksi mencapai 900 biji setiap kali produksi (Dwi, 2015).

Salah satu masalah dari industri tahu adalah permasalahan limbah cair hasil produksi tahu yang bersifat polutif (Lisa *et al*, 2018). Menurut Kaswinarni (2007), dalam proses pengolahan industri tahu menghasilkan limbah padat maupun cair. Limbah padat dihasilkan dari proses penyaringan dan penggumpalan, limbah ini akan dimanfaatkan menjadi tempe gembus, kerupuk ampas tahu, pakan ternak, serta bahan dasar pembuatan roti kering dan *cake*. Sementara menurut Lisa *et al* (2018), limbah cair dari produksi tahu berasal dari proses pencucian, perebusan, pengepresan, dan pencetakan tahu. Limbah cair hasil produksi tahu memiliki karakteristik suhu sekitar 37-45°C, kekeruhan 535-585 FTY, ammonia 23,3-23,5 mg/L, BOD₅ 6.000-8.000 mg/L dan 7.500-14.000 mg/L (Herlambang, 2002). Sementara untuk jumlah air limbah yang dihasilkan oleh industri pembuatan tahu mencapai 15-20 L/ Kg bahan baku kedelai. (Potter *et al*, 1994).

Menurut Ruhmawati *et al* (2017), limbah cair tahu mengandung senyawa organik yang cukup tinggi dan akan mencemari lingkungan serta membahayakan kesehatan manusia jika dibuang ke sungai tanpa menjalani proses pengolahan limbah. Dampak dari pencemaran bahan organik limbah industri tahu adalah gangguan terhadap kehidupan biotik. Turunnya kualitas air perairan akibat meningkatnya kandungan bahan organik (Herlambang, 2002). Sementara menurut Kep/ MENLH/ 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/ atau Kegiatan Pengolahan Kedelai berupa Tahu, memiliki parameter maksimum BOD sebesar 150 mg/L, COD sebesar 300 mg/L dan TSS sebesar 200 mg/L. Oleh karena itu, perlu dilakukannya pengolahan limbah cair agar tidak berbahaya bagi lingkungan. Namun, di Kota Kediri tidak semua industri tahu memiliki pengolahan air limbah yang sesuai untuk limbah cair hasil produksi tahu. Hanya ada 1 industri tahu yang telah memiliki ijin IPAL, sementara untuk industri tahu lainnya ada beberapa yang telah memiliki IPAL belum memiliki ijin dan tidak memiliki IPAL. Sebagian besar dari industri tahu membuang limbahnya langsung ke badan air (DLHKP Kota Kediri, 2018).

Teknologi pengolahan limbah tahu dapat dilakukan dengan proses biologis sistem anaerob, aerob, dan kombinasi anaerob-aerob. Saat ini, teknologi yang sering digunakan adalah sistem anaerob dikarenakan biaya operasionalnya yang murah. Dengan proses anaerob efisiensi pengolahan hanya sekitar 70%-80%, sehingga memerlukan proses lanjutan untuk mengolah air karena kadar pencemar organik yang masih cukup tinggi dan bau yang ditimbulkan (Herlambang, 2002).

Oleh karena itu, diperlukan perencanaan yang sesuai untuk mengurangi kadar pencemaran yang disebabkan oleh limbah cair hasil produksi tahu yang dapat mengganggu kesehatan masyarakat di Kota Kediri.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana perencanaan IPAL yang sesuai untuk pengolahan limbah cair produksi tahu di Kota Kediri?
2. Bagaimana SOP dan biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan dan pengoperasian IPAL pabrik tahu di Kota Kediri?

1.3 Tujuan

1. Merencanakan IPAL yang sesuai untuk limbah cair pabrik tahu di Kota Kediri.
2. Menentukan SOP dan menghitung biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan dan pengoperasian IPAL.

1.4 Ruang Lingkup

1. Pabrik tahu dikategorikan sesuai dengan kapasitas produksi.
2. Penentuan lokasi IPAL.
3. Perencanaan detail IPAL pabrik tahu Kota Kediri.
4. Perencanaan dilengkapi dengan gambar teknik (Denah, potongan unit, profil hidrolis)
5. Perhitungan biaya BOQ dan RAB yang mengacu pada HSPK Kota Kediri terbaru.
6. Pembuatan SOP IPAL.

1.5 Manfaat

Memberikan rekomendasi perencanaan IPAL pabrik tahu di Kota Kediri untuk mengurangi pencemaran yang menyebabkan kerusakan lingkungan di area pabrik

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Produksi Tahu

Proses pertama yang dilakukan dalam produksi tahu adalah pemilihan bahan baku kedelai, kedelai yang dipilih merupakan kedelai yang baru atau tidak tersimpan terlalu lama di gudang. Kedelai yang baru dapat menghasilkan tahu yang baik (aroma dan bentuk). 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 kedua adalah perendaman. Kedelai yang telah disortir dimasukkan kedalam bak atau ember berisi untuk direndam selama \pm 3-12 jam. Proses ini bertujuan untuk membuat kedelai menjadi lunak dan kulitnya mudah dikelupas. Proses selanjutnya adalah pengupasan kulit kedelai setelah itu kedelai dicuci. Pencucian biasanya dilakukan dengan air yg mengalir, tujuan proses ini adalah menghilangkan kotoran yang melekat pada kedelai.

Proses ketiga adalah penggilingan, proses ini menggunakan mesin yang akan memperhalus hasil gilingan. Pada saat proses penggilingan, air ditambahkan agar bubut kedelai terdorong keluar. Hasil dari proses penggilingan adalah bubur kedelai yang ditampung di dalam ember. Pada proses perendaman dan pencucian terdapat banyak limbah cair yang dihasilkan namun belum memiliki kadar pencemaran yang tinggi.

Proses keempat adalah perebusan bubur kedelai agar zat antinutrisi kedelai dapat ternetaktifkan, serta meningkatkan nilai cerna, mempermudah ekstraksi atau penggilingan dan penggumpalan protein. Selain itu, proses ini dapat meningkatkan keawetan produk. Bubur kedelai yang sudah terbentuk kemudian diberi air dan selanjutnya dididihkan dalam tungku pemasakan. Setelah mendidih, proses selanjutnya adalah penyaringan.

Proses penyaringan dilakukan menggunakan kain blaco atau kain mori kasar, bubur kedelai yang telah direbus disaring sambil dibilas dengan air hangat sehingga susu kedelai dapat terekstrak dan keluar. Limbah yang terproduksi dari proses ini

adalah ampas tahu. Ampas padat sendiri mudah basi dan busuk apabila tidak segera diolah sehingga perlu ditempatkan terpisah dari proses pembuatan tahu agar tidak terkontaminasi barang yang kotor. Filtrat cair hasil proses penyaringan ditampung dalam bak, lalu filtrat diaduk pelan dan ditambahkan asam (catu). Penambahan asam dihentikan apabila telah terbentuk gumpalan. Selanjutnya, akan dilakukan proses penyaringan kembali. Limbah cair dari proses ini sudah memiliki kadar pencemaran yang tinggi akibat penambahan asam dan jumlahnya banyak.

Proses penggumpalan tahu dapat dengan menggunakan bahan-bahan seperti batu tahu (sioko) atau CaSO_4 yaitu batu gips yang telah dibakar dan ditumbuk halus menjadi tepung, asam cuka 90%, biang atau kecutan dan sari jeruk. Biang atau kecutan adalah sisa cairan setelah tahap pengendapan protein atau sisa cairan dari pemisahan gumpalan tahu yang telah dibiarkan selama satu malam. Biasanya pengrajin tahu menggunakan kecutan agar dapat mengurangi limbah serta menghemat biaya produksi. Tahap berikutnya adalah pencetakan dan pengepresan, cairan bening diatas gumpalan tahu dibuang sebagian dan sisanya digunakan untuk air asam. Gumpalan tahu kemudian dituangkan ke dalam cetakan yang telah dialasi dengan kain dan diisi hingga penuh. Cetakan yang tersedia biasanya berupa cetakan dari kayu yang berbentuk segi empat dan memiliki lubang kecil-kecil agar air dapat keluar. Setelah itu, kain ditutupkan ke seluruh gumpalan tahu dan kemudian dipres. Semakin berat benda yang digunakan untuk proses pengepresan maka semakin keras tahu yang terbentuk. Lama proses pengepresan ± 1 menit, hingga air keluar.

Setelah tahu cukup dingin, tahu akan dipotong-potong sesuai keinginan konsumen di pasar. Tahu yang sudah dipotong tersebut kemudian dapat dipasarkan. Selain penambahan kecutan, biasanya terdapat bahan tambahan lain seperti kunyit untuk memunculkan warna kuning pada tahu, serta garam untuk memberikan rasa asin ke dalam tahu. (Kaswinarni, 2007).

2.2. Sumber Limbah Industri Tahu

Limbah yang dihasilkan industri tahu umumnya terbagi menjadi dua bentuk limbah, yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat berasal dari kotoran hasil pembersihan kedelai (batu, tanah, kulit kedelai dan benda padat lainnya) dan sisa

saringan bubur kedelai yang biasa disebut dengan ampas tahu. Limbah padat yang berasal dari kotoran jumlah umumnya tidak terlalu banyak sekitar 0,3% dari bahan baku kedelai. Sementara untuk ampas tahu sebesar 25%-35% dari produk tahu yang dihasilkan. (Kaswinarni, 2007).

Limbah cair merupakan bagian terbesar dan berpotensi mencemari lingkungan. Sebagian besar dihasilkan dari cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu pada tahap proses penggumpalan dan penyaringan yang disebut dengan air didih atau *whey*. Sumber lain berasal dari proses sortasi dan pembersihan, pengupasan kulit, pencucian, penyaringan, dan pencucian alat proses dan lantai. Menurut Dhahiyat dalam Lisnasari (1990), sebagian kecil dari limbah cair (air didih) dimanfaatkan kembali sebagai bahan penggumpal.

Air limbah industri tahu mengandung bahan-bahan organik kompleks yang tinggi terutama protein dan asam-asam amino (EMDI-Bapedal, 1994) dan bentuk padatan tersuspensi maupun terlarut (BPPT, 1997a). Adanya senyawa-senyawa organik tersebut menyebabkan limbah cair industri tahu mengandung BOD, COD dan TSS yang tinggi (Tay, 1990; BPPT, 1997a; dan Husin, 2003) yang apabila dibuang ke perairan tanpa pengolahan terlebih dahulu dapat menyebabkan pencemaran

2.3 Limbah

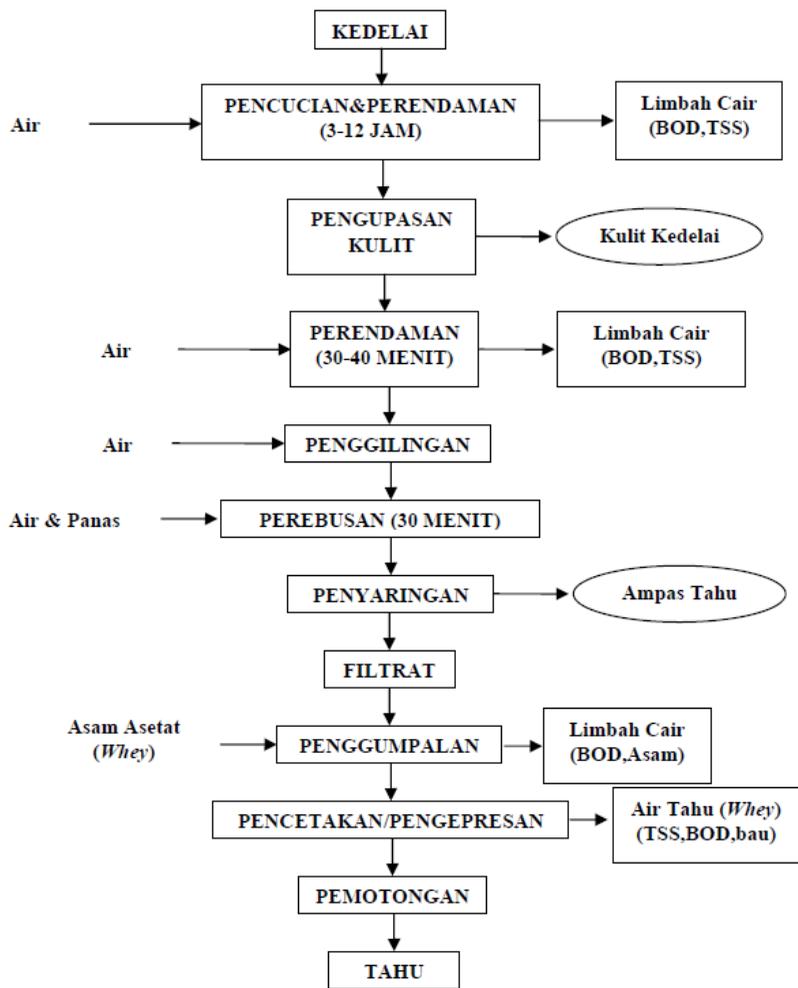
Menurut Abdurrahman (2006), wujud limbah dapat dibedakan menjadi 3, yaitu:

1. Limbah padat

Limbah padat adalah limbah yang memiliki wujud padat yang bersifat kering. Limbah padat ini biasanya berasal dari sisa makanan, sayuran, potongan kayu, ampas hasil industri, dan lain-lain. Limbah ini hanya dapat berpindah tempat jika dipindahkan.

2. Limbah cair

Limbah cair adalah limbah yang memiliki wujud cair. Limbah cair ini selalu larut dalam air dan selalu berpindah (kecuali ditempatkan pada wadah/ bak). Contoh dari limbah cair ini adalah air bekas cuci pakaian dan piring, limbah cair dari industri, dan lain-lain.



Gambar 2.1 Proses Produksi Tahu

3. Limbah gas

Limbah gas adalah limbah yang berwujud gas. Limbah gas bisa dilihat dalam bentuk asap dan selalu bergerak sehingga penyebarannya luas. Contoh dari limbah gas adalah gas buangan kendaraan bermotor, buangan gas dari hasil industri, dan lain-lain.

2.4 Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu

Menurut Saenab *et al* (2018), dengan kapasitas produksi per hari 200-400 kg kedelai, pengrajin dapat menghasilkan 120 papan tahu per hari. Debit air limbah yang dihasilkan adalah 2,5 m³/hari – 5 m³/hari. Sementara menurut Potter *et al* (1994), jumlah air limbah tahu yang dihasilkan oleh industri tahu mencapai 15 – 20 L/ kg bahan baku kedelai. Limbah cair hasil produksi tahu memiliki karakteristik suhu sekitar 37-45°C, kekeruhan 535-585 FTY, ammonia 23,3-23,5 mg/L, BOD₅ 6.000-8.000 mg/L dan 7.500-14.000 mg/L (Herlambang, 2002).

Menurut Adack (2013), pada umumnya bahan – bahan organik yang terkandung dalam industri tahu sangat tinggi, senyawa organik di dalam air buangan tersebut dapat berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Di antara senyawa organik, protein dan lemak yang merupakan paling besar jumlahnya bisa mencapai 40% - 60% protein, 25 - 50% karbohidrat, dan 10% lemak.

Berdasarkan hasil studi Balai Riset dan Standarisasi terhadap karakteristik air buangan industri tahu di Medan (Bappeda, Medan, 1993), diketahui bahwa limbah cair industri tahu rata-rata mengandung BOD (4583 mg/L); COD (7050 mg/L), TSS (4743 mg/L) dan minyak atau lemak 26 mg/L serta pH 6,1. Sementara menurut laporan EMDI-Bapedal (1994) limbah cair industri tersebut rata-rata mengandung BOD, COD dan TSS berturut-turut sebesar 3250, 6520, dan 1500 mg/L. Penggunaan bahan kimia seperti batu tahu (CaSO₄) atau asam asetat sebagai koagulan tahu juga menyebabkan limbah cair tahu mengandung ion-ion logam. Menurut Kuswardani (1985) limbah cair industri tahu mengandung Pb (0,24 mg/L); Ca(34,03 mg/L); Fe (0,19 mg/L); Cu (0,12 mg/L) dan Na (0,59 mg/L). selain itu, menurut Nuriswanto

(1995) dalam penelitiannya bahwa air limbah industri tahu memiliki angka COD antara 1940-4800 mg/L, BOD antara 1070-2600 mg/L, dan pH antara 4,5-5,7. Air limbah tersebut dihasilkan dari \pm 875 L per 35 kg bahan baku kedelai.

2.5 Dampak Limbah Cair Industri Tahu

Banyak industri tahu yang memilih untuk membuang limbahnya langsung ke perairan, karakteristik polutan yang dihasilkan dapat berupa polutan organik (berbau busuk), polutan anorganik (berbuih dan berwarna). Pemerintah telah menetapkan tata aturan untuk mengendalikan pencemaran air limbah industri karena terutama industri tahu mengandung polutan organik dan polutan anorganik. Oleh karena itu limbah tersebut tidak dapat dibuang ke sungai dan memerlukan pengolahan terlebih dahulu agar tidak menyebabkan pencemaran. Air limbah yang berasal dari kegiatan industri apabila dibuang langsung ke perairan dapat menyebabkan perubahan pH air, dan dapat mengganggu kehidupan organisme air. Salah satu akibatnya adalah berbagai jenis ekosistem dapat mengalami keracunan. Namun bergantung pula dengan spesies yang ada, ada spesies yang dapat tahan dengan pencemaran dan ada pula yang tidak. Setiap ekosistem akan beradaptasi dengan tempatnya, namun tingkat adaptasinya sangat terbatas. Apabila batas tersebut terlampaui, maka ikan akan mati, spesies tertentu akan punah sehingga berdampak kepada manusia dan makhluk hidup lainnya.

Selain hal diatas, pembuangan limbah cair tahu ke perairan dapat menimbulkan terjadinya *blooming* (pengendapan bahan organik pada bahan perairan), proses pembusukan dan berkembangnya mikroorganisme patogen. Kondisi tersebut dapat menimbulkan bau busuk dan sumber penyakit. Penetrasi sinar ke dalam air pun berkurang dan menyebabkan penurunan kecepatan fotosintesis oleh tanaman air dan kandungan oksigen terlarut dalam air menurun secara cepat. Lalu terjadi gangguan pada ekosistem air sehingga kondisi air menjadi anaerobik (Fardiaz, 1992). Karena komponen terbesar dari limbah cair tahu yaitu protein, maka dengan masuknya limbah cair tahu ke lingkungan perairan akan meningkatkan total nitrogen di perairan tersebut. Gas-gas yang biasa ditemukan dalam limbah adalah Oksigen (O_2), Hidrogen sulfida (H_2S), Amonia (NH_3), Karbondioksida (CO_2) dan Metana (CH_4). Gas-gas tersebut berasal dari dekomposisi bahan-

bahan organik yang terdapat dalam air buangan. Air limbah industri tahu sifatnya cenderung asam dengan pH 4-5, pada keadaan asa ini zat-zat yang mudah menguap akan terlepas dan menyebabkan timbulnya bau busuk pada limbah cair tahu (Pohan, 2008). Upaya yang dapat dilakukan adalah melakukan pengolahan sebelum dibuang ke badan pengairan.

2.6 Baku Mutu Limbah Cair Industri Tahu

Limbah cair hendaknya diproses dahulu dengan teknik pengolahan limbah, dan setelah memenuhi syarat baku mutu air buangan baru bisa dialirkan ke selokan-selokan atau sungai. Dengan demikian akan tercipta sungai yang bersih dan memiliki fungsi ekologis. Baku mutu limbah cair ditetapkan oleh Menteri yang membidangi lingkungan hidup. Menteri lain dan pimpinan lembaga pemerinah non-departemen, untuk melindungi kualitas air, Gubernur setelah bekonsultasi dengan Menteri dapat menetapkan baku mutu limbah cair lebih hebat dari baku mutu limbah cair yang ditetapkan Menteri. Berikut adalah baku mutu air limbah bagi usaha dan/ atau kegiatan pengolahan kedelai pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/ atau Kegiatan Pengolahan Kedelai

| Parameter | Pengolahan Kedelai | | | | | |
|--|--------------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|
| | Kecap | | Tahu | | Tempe | |
| | Kadar (mg/L) | Beban (kg/ton) | Kadar (mg/L) | Beban (kg/ton) | Kadar (mg/L) | Beban (kg/ton) |
| BOD | 150 | 1,5 | 150 | 3 | 150 | 1,5 |
| COD | 300 | 3 | 300 | 6 | 300 | 3 |
| TSS | 100 | 1 | 100 | 4 | 100 | 1 |
| pH | 6-9 | | | | | |
| Kuantitas air limbah paling tinggi (m ³ /ton) | 10 | | 20 | | 10 | |

Sumber: PermenLH no 5 tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri

2.7 Pengolahan Air Limbah

Air limbah dari hasil produksi harus melalui proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air, hal ini bertujuan agar konsentrasi yang terkandung dalam air limbah dapat memenuhi baku mutu yang ada. Dalam pengelolaan air limbah terdapat beberapa prosedur yang dijalani, yaitu:

1. Preliminary Treatment

Preliminary Treatment merupakan tahap pengolahan awal dengan tujuan untuk melindungi alat-alat atau komponen yang terdapat pada instalasi pengolahan air limbah. Pada tahap ini dilakukan proses penyaringan yang bertujuan memisahkan air dari partikel-partikel yang dapat merusak alat-alat atau komponen pengolahan air limbah, misalnya batu, plastik, kayu dan sebagainya. Selain itu terdapat pula proses untuk menyamaratakan debit limbah. Hal ini bertujuan menghindari *shock loading* yang dapat merusak beberapa unit pengolahan.

2. Primary Treatment

Pada tahap ini dilakukan proses fisika dan kimia, proses yang dapat diterapkan berupa proses sedimentasi dan flotasi untuk fisika, sementara flokulasi untuk kimia. Tujuan dari tahap ini adalah untuk memisahkan partikel-partikel padat organik dengan air. Partikel padat akan mengendap sedang lemak dan minyak berada di permukaan.

3. Secondary Treatment

Tahap ini dilakukan bertujuan untuk menghilangkan material organik terlarut yang masih terdapat dalam air limbah dengan cara menambahkan mikroorganisme ke dalam air limbah yang berfungsi untuk “memakan” material organik dalam air.

4. Final Treatment

Pada tahap ini organisme penyebab penyakit seperti bakteri *E. coli* yang ada dalam air dihilangkan. Terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan seperti menambahkan *chlorine* atau menggunakan sinar *ultraviolet*.

5. Advanced Treatment

Tahap yang perlu dilakukan terutama untuk air limbah yang memiliki karakteristik khusus. Menurut Sri dan Samsudin (2014), tahap ini disebut juga tahap pengolahan limbah lanjutan

dimana komposisi air limbah sudah dianggap aman untuk disalurkan ke selokan atau ke kolam pemeliharaan ikan.

2.8 Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu

Telah banyak studi yang dilakukan untuk mengolah limbah cair industri tahu dikarenakan banyaknya industri tahu di Indonesia namun minimnya kesadaran masyarakat dalam mengolah limbah cair sebelum dibuang ke badan air.

Tidak ada limbah beracun berbahaya yang ditambahkan ke dalam tahu ketika proses produksi, hal ini membuat limbah tahu tidak beracun sehingga dapat diolah secara biologis. Namun apabila tidak ada pengolahan maka bau akan muncul setelah 2 hari dikarenakan degradasi dari zat amonia. Biasanya pengolahan limbah tahu menggunakan proses degradasi biologis. Hal ini dikarenakan tingginya kandungan zat yang mudah terdegradasi akibat besarnya hasil dari rasio BOD dan COD. Namun, proses tersebut sering tidak digunakan selain akibat biaya yang mahal, bagi daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi sehingga memerlukan area yang luas. Koagulasi kimia merupakan salah satu pilihan untuk mengurangi zat organik di dalam air limbah.

Menurut Wita *et al.* (2015), Limbah cair tahu apabila diolah dengan proses aerobik akan membutuhkan biaya yang besar dalam prosesnya. Pengolahan untuk limbah dengan nilai COD yang tinggi, biasanya dilakukan dengan proses anaerobik karena pengoperasiannya yang mudah, biaya yang dibutuhkan untuk operasi pun murah dan desain IPAL yang tidak rumit. Menurut Endri (2009) pengolahan limbah cair industri tahu secara anaerobik dengan IPAL berkompartemen 6, masih menghasilkan padatan yang tinggi pada hasil akhirnya. Penelitian Wita berfokus pada modifikasi IPAL menjadi 3 kompartemen yang bertujuan untuk memperbesar kapasitas dari bioreaktor sehingga dapat menambah kinerja dari IPAL tersebut, proses yang digunakan merupakan anaerobik menggunakan inokulum kotoran sapi dan *wey* yang berfungsi sebagai nutrisi bagi pertumbuhan bakteri dari kotoran sapi. Hasil penelitian Wira *et al.* (2015), pengolahan limbah cair dengan IPAL yang dimodifikasi menurunkan kadar COD masing-masing sebesar 99,07%; 96,04%; dan 96% untuk volume limbah cair tahu sebesar 9.700; 16.800; dan 60.000 mg/L. Penurunan kadar COD ini diakibatkan oleh terjadinya penurunan kandungan bahan organik pada limbah cair tahu. Pengolahan

limbah cair tahu pada tiap kompartemen didominasi oleh jenis mikrobia yang berbeda. Pada kompartemen pertama didominasi oleh bakteri asidogenik, yang akan menurunkan kandungan COD pada limbah dengan cara mengubahnya menjadi etanol, butirat dan propionat. Pada kompartemen kedua didominasi oleh bakteri asetogen, yang akan menurunkan kandungan COD pada limbah dengan cara mengubahnya menjadi asam asetat dan hidrogen. Sedangkan pada kompartemen ketiga didominasi oleh bakteri metanogenik, yang akan menurunkan COD pada limbah dengan mengubah asam asetat menjadi metana (Zhu *et al.*, 2008 dalam Wira *et al.*, 2015). Selain itu, limbah cair yang memiliki kandungan bahan organik yang tinggi hanya mampu diuraikan oleh mikroba sebesar 30% menjadi CH₄.

Proses anaerobik merupakan teknik yang cukup dikenal dalam mengolah limbah organik karena mengubah karbon organik dalam limbah menjadi biogas (metana dan hidrogen) dan mengurangi jumlah dari lumpur yang dibuang. Proses ini menarik perhatian karena tingkat efektivitas pengolahan pada limbah makanan yang memiliki kualitas rendah, serta biogas hasil produksi dapat digunakan langsung sebagai sumber energi. Namun, proses yang rumit dan tidak dapat muncul sendiri serta membutuhkan alat tambahan seperti *pre-treatment*, pengolahan air limbah dan proses komposting. Menurut Subekti (2011), prinsip dari proses anaerob adalah proses biologi yang berlangsung pada kondisi tanpa oksigen oleh mikroorganisme tertentu. Secara umum, proses anaerob terdiri dari empat tahap yaitu hidrolisis, pembentukan asam, pembentukan asetat, dan pembentukan metana. Bakteri yang berpengaruh dalam proses ini berasal dari dua golongan (hidrolitik dan metanogen). Bakteri hidrolitik dapat ditemukan dalam jumlah besar dalam kotoran unggas, organisme ini memecah senyawa organik kompleks sehingga menjadi senyawa yang lebih sederhana. Kemudian senyawa tersebut diuraikan oleh bakteri penghasil asam (*acid-forming bacteria*) menjadi asam lemak dengan berat molekul rendah seperti asam asetat dan asam butirat. Selanjutnya, bakteri metanogenik bertugas untuk mengubah asam-asam tersebut menjadi metana. Sistem biogas yang digunakan merupakan jenis terapung (*floating*) ataupun biogas jenis kubah tetap (*fixed dome*). Untuk biogas tipe terapung tumpukan dari bahan bio atau digester diletakkan drum terbalik dalam posisi terapung. Sementara untuk reaktor biogas

dengan kubah tetap, digester diletakkan di dalam tanah dan di bagian atas dibuat ruangan dengan atap seperti kubah yang terbalik. Fungsi drum terbalik adalah untuk menampung gas metan yang dihasilkan, sehingga industri tahu kecil dapat memanfaatkan sistem biogas secara komunal, dalam sehari industri tahu mampu mengolah 1,5 kuintal kedelai menjadi tahu sehingga produksi biogas yang dihasilkan $\pm 2,25 \text{ m}^3$. Namun gas metana memiliki sifat yang mudah terbakar sehingga perlu dikelola dengan benar, ancaman apabila tidak dikelola dengan baik maka akan menimbulkan efek rumah kaca. Pengolahan dengan bioreaktor anaerobik dapat digunakan sebagai penanganan masalah lingkungan karena tidak membutuhkan biaya investasi dan operasional yang tinggi serta dapat menghasilkan biogas yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Sementara menurut Wagiman (2007), bakteri metanogen dipengaruhi pH, suhu, kandungan nutrisi, keberadaan faktor penghambat dan waktu retensi.

Jika melihat dari kondisi industri tahu sebagai industri dengan skala kecil, maka membutuhkan IPAL yang memiliki peralatan yang mudah digunakan, biaya operasional yang murah, punya nilai ekonomi yang bagus dan bersahabat untuk lingkungan. Metode anaerobik merupakan metode yang diperbolehkan dalam mengolah limbah, selain menghasilkan biogas, hasil dari air olahan dapat digunakan sebagai *fertilizer* cair atau ditambahkan ke dalam biomassa lainnya seperti sampah sayuran, sekam, dan bahan lainnya yang dapat menghasilkan kompos. (Faisal, *et al.*, 2015)

Menurut Pohan (2008), terdapat 3 jenis pengolahan untuk mengolah limbah cair industri tahu, yaitu baik secara fisika, kimia maupun biologis. Cara fisika merupakan metode pemisahan sebagian beban pencemaran yang khususnya berupa padatan tersuspensi dari limbah cair, proses yang biasanya digunakan dalam limbah cair pabrik tahu adalah filtrasi dan sedimentasi. Limbah cair disaring menggunakan media penyaring kemudian padatan tersuspensi yang lolos dari proses filtrasi akan diendapkan dengan menambahkan koagulan sehingga terbentuk flok, kemudian flok-flok padatan akan dipisahkan di unit sedimentasi menggunakan gaya gravitasi.

Sementara untuk cara kimia, beberapa proses yang dapat diterapkan untuk mengolah limbah cair industri tahu adalah koagulasi-flokulasi dan netralisasi. Selain cara kimia, cara biologi

juga dapat diterapkan, beberapa proses biologis yang telah diterapkan untuk mengolah limbah cair pabrik tahu adalah proses lumpur aktif untuk mendegradasi kandungan organik dalam limbah cair tahu dan susu kedelai, hasil dari penelitian ini adalah efisiensi penurunan BOD, nitrogen, dan fosfor sebesar 95%, 67%, dan 57%. Selain itu, biofilter aerobik dapat diterapkan dikarenakan media filter yang mudah diterapkan dan relatif lebih murah biayanya dibanding proses lumpur aktif dengan efisiensi penurunan COD sebesar 72,93% dan penurunan MLSS sebesar 74,96%.

Menurut Subekti (2011), biogas limbah tahu memiliki kualitas dan kuantitas yang lebih baik dibanding biogas dari kotoran ternak, air limbah tahu sendiri mempunyai jandungan metana $CH_4 > 50\%$ sehingga sangat memungkinkan untuk menjadi bahan sumber energi biogas. Biogas dari limbah tahu dapat berfungsi sebagai produsen energi terbarukan memiliki manfaat untuk mengurangi penggunaan energi dari fosil. Adanya pengolahan limbah dapat meminimalkan dampak rumah kaca, pencemaran air dan bau dengan pembangunan IPAL *eco-industry* pun dapat tercapai. Prinsip dari pembangkit biogas adalah alat yang kedap udara dengan bagian-bagian pokok terdiri atas pencerna (*digester*), lubang pemasukan bahan baku dan pengeluaran sisa hasil pencernaan (*slurry*), dan pipa untuk menyalurkan biogas yang terbentuk. Dalam IPAL terdapat bakteri methan yang mengolah limbah cair tahu dan memakan bahan-bahan organik untuk menghasilkan biogas. Kemudian gas yang terbentuk akan disalurkan ke kompor yang terletak di dapur. Gas dapat digunakan untuk memasak dan lampu penerangan.

Menurut Wagiman (2007), produksi biogas menggunakan UASB dengan pertimbangan alat termasuk *high-rate reactor* dan efisiensi mencapai 70%-90%, waktu hidrolis yang rendah, kebutuhan energi kecil, tidak diperlukan media dan teknologi telah teruji. Teknologi UASB sendiri tersebar di seluruh dunia dan banyak digunakan untuk penanganan limbah khususnya limbah industri pertanian. Sementara menurut Sujarwo (2004), UASB juga sudah dipakai pada industri tahu di Indonesia dengan hasil yang cukup memuaskan. Produksi metana oleh bakteri metanogenik terjadi optimal pada pH 5,5-8,3. Apabila pH limbah dalam reaktor anaerobik kurang dari 5,5 maka dapat menyebabkan aktivitas mikrobial dalam mengubah menjadi biogas kurang optimum, oleh

karena itu biasanya pH akan dinaikkan terlebih dahulu dengan larutan kapur pada permukaan saja hingga *steady state*. pH pada sebuah digester biogas juga merupakan fungsi waktu tinggal. Pada periode awal cenderung rendah sementara pada periode berikutnya naik menunjukkan bahwa proses asidogenesis dan metanogenesis berlangsung secara terpisah. UASB selama 8,5 jam memiliki efisiensi penurunan COD sebesar 70%-90%.

Selain teknologi dan proses diatas, salah satu sistem yang dapat diterapkan adalah *constructed wetland*. Menurut Kurnianingsih (2017), sistem constructed wetland terdiri dari tiga media yaitu tanah, pasir, dan kerikil. Pertama aliran air akan melalui lapisan teratas yaitu tanah, kemudian aliran menuju media pasir dan kerikil. Proses ini dapat terjadi karena air mengalir dari tempat tinggi ke tempat rendah. Penyaringan terjadi melalui tanaman, tanah, dan kerikil. Namun penyaringan terbesar terjadi ketika melalui kerikil. Hasil dari penelitian menunjukkan *wetlands* dapat menurunkan COD, BOD, dan TSS pada media tanah dan tanaman dengan waktu genangan paling rendah selama 5 hari. Sementara untuk media kerikil menunjukkan penurunan dengan parameter yang sama paling besar pada waktu genangan 15 hari.

2.9 Industri Tahu di Kota Kediri

Kota Kediri merupakan salah satu kota besar di Jawa Timur, luas dari Kota Kediri sebesar 63,4 km². Kota Kediri terdiri dari 3 Kecamatan, Kecamatan Mojoroto, Kecamatan Kota, dan Kecamatan Pesantren. Luas Kecamatan Mojoroto sebesar 24,6 km², Kecamatan Kota 14,90 km², dan Kecamatan Pesantren seluas 23,90 km². Diantara tiga kecamatan tersebut, Kecamatan Kota memiliki kepadatan penduduk tertinggi sebesar 5.676 per km², lalu Kecamatan Mojoroto sebesar 4.740 km², dan Kecamatan Pesantren sebesar 3.466 km².

Menurut Hermawan (2015), Kota Kediri saat ini berlokasi sebagai kawasan perkotaan yang sedang berkembang, banyak unit-unit usaha industri dengan skala usaha yang bervariasi mulai tumbuh di Kediri, meliputi industri besar, menengah dan kecil. Industri-industri besar yang ada di Kota Kediri bergerak di bidang industri gula dan rokok. Sedangkan untuk Industri Kecil dan Menengah (IKM) sebagian besar bergerak dalam produksi makanan serta pengolahan hasil pertanian. Jumlah IKM yang berada di Kota Kediri pada Tabel 2.3. Sementara untuk IKM Tahu

Kota Kediri yang tersebar di beberapa daerah terdapat dalam Tabel 2.4

Tabel 2.3 Jumlah IKM Kota Kediri

| No | Jenis Usaha | Jumlah Unit Usaha | Nilai Produksi (Rp.) | Jumlah Tenaga Kerja |
|----|--------------------------|-------------------|----------------------|---------------------|
| 1 | Emping Mlinjo | 21 | Rp 450.000,00 | 27 |
| 2 | Makanan Olahan atau Roti | 50 | Rp 1.600.350,00 | 105 |
| 3 | Jamu | 61 | Rp 596.122,00 | 75 |
| 4 | Krupuk | 45 | Rp 2.523.050,00 | 133 |
| 5 | Kue | 81 | Rp 1.739.300,00 | 192 |
| 6 | Tahu | 121 | Rp 7.159.678,00 | 279 |
| 7 | Tempe | 32 | Rp 1.455.000,00 | 83 |

Sumber: Dwi, 2015

Tabel 2.4 IKM Tahu Kota Kediri 2018

| No | Alamat | | | Jumlah Unit Usaha |
|----|---------------|-----------|-----------------|-------------------|
| | Jalan/Desa | Kecamatan | Kabupaten /Kota | |
| 1 | Kel. Blabak | Pesantren | Kota Kediri | 8 |
| 2 | Kel. Tinalan | Pesantren | Kota Kediri | 15 |
| 3 | Kel. Pakunden | Pesantren | Kota Kediri | 5 |
| 4 | Kel. Mrican | Mojoaroto | Kota Kediri | 8 |
| 5 | Kel. Ngletih | Pesantren | Kota Kediri | 10 |

| No | Alamat | | | Alamat |
|--------|--------------|-----------|----------------|-------------------|
| | Jalan/Desa | Kecamatan | Kabupaten/kota | Jumlah Unit Usaha |
| 6 | Kel. Banaran | Pesantren | Kota Kediri | 18 |
| 7 | Kel. Bawang | Pesantren | Kota Kediri | 57 |
| Jumlah | | | | 121 |

Sumber: Dinas Perindustrian, Pertambangan dan Energi Kota Kediri, 2018

Namun, dari Tabel 2.2-2.4 diatas, hanya sebanyak 38 perusahaan yang terdaftar di Dinas Perindustrian, Pertambangan dan Energi Kota Kediri pada Tahun 2018. Tabel 2.5 berisi nama perusahaan IKM Tahu Kota Kediri

Tabel 2.5 IKM Tahu Kota Kediri 2018

| No. | NAMA PERUSAHAAN | ALAMAT | | KAPASITAS PRODUKSI | SATUAN |
|-----|------------------------------|-----------------------|-----------|--------------------|--------|
| | | JALAN / DESA | KECAMATAN | | |
| 1 | STICK TAHU BAH KACUNG | Jl. Trunojoyo No.59 | Kota | 3.600 | Kg |
| 2 | STIK TAHU MING "SURYA ABADI" | Jl. P. Sudirman No.71 | Kota | 15.000 | Kg |
| 3 | ANUGERAH | Jl. Patimura No.52 | Kota | 15.000 | Kg |
| 4 | ATIM | Kel. Tinalan | Pesantren | 230.700 | Biji |
| 5 | GAJAH MADA | Jl. Patimura No. 44 | Kota | 12.000 | Biji |
| 6 | GRESS | Ngadisimo I/45 | Kota | 108.000 | Biji |

| N O. | NAMA PERUSAHAAN | ALAMAT | | KAPASITAS PRODUKSI | SATUAN |
|------|-----------------|------------------------|-----------|--------------------|--------|
| | | JALAN / DESA | KECAMATAN | | |
| 7 | KADENAN | Kel. Blabak | Pesantren | 60.000 | Biji |
| 8 | KADERI | Tinalan IV/17 | Pesantren | 27.000 | Biji |
| 9 | KAHURIPAN | Kel. Bandar Kidul | Mojoroto | 20.000 | Biji |
| 10 | KATIMIN | Tinalan IV/12 | Pesantren | 99.000 | Biji |
| 11 | KAULUNG | Jl. Patimura No.45 | Kota | 34.000 | Biji |
| 12 | KWANG | Singonegaran IV/9 | Kota | 36.000 | Biji |
| 13 | LKK | Kel. Kaliombo | Kota | 162.000 | Biji |
| 14 | LTT | Jl. Patimura No.67 | Kota | 162.000 | Biji |
| 15 | LTT 3 | Jl. Mayor Bismo No.431 | Kota | 52.900 | Biji |
| 16 | LYM | Jl. Yos Sudarso No.13A | Kota | 312.000 | Biji |
| 17 | MATAHAR IUD | Jl. Yos Sudarso No.30 | Kota | 25.500 | Biji |
| 18 | MIKYMOS | Jl. Patimura No.59 | Kota | 168.000 | Biji |
| 19 | NUSA INDAH | Kel. Bawang | Pesantren | 37.500 | Biji |
| 20 | PESAT | Kel. Bandar Kidul | Mojoroto | 30.000 | Biji |

| N O. | NAMA PERUSAHAAN | ALAMAT | | KAPASITAS PRODUKSI | SATUAN |
|------|--------------------|----------------------------|-----------|--------------------|--------|
| | | JALAN / DESA | KECAMATAN | | |
| 21 | SARI LEZAT "POO" | Jl. Yos Sudarso No.36 | Kota | 1.200.000 | kg |
| 22 | SK | Setonopande II/1 | Kota | 40.000 | Biji |
| 23 | SOPONYONO | Jl. Pattimura No.40 | Kota | 15.000 | Kg |
| 24 | SUMBER AYEM | Kel. Ngronggo | Kota | 200.000 | Biji |
| 25 | SUPINI/MUH ARYANTO | Jl. Letjen. Suparman | Kota | 63.000 | Biji |
| 26 | TAHU LTT 2 | Jl. Patimura No.57 | Kota | 52.900 | Biji |
| 27 | USAHA MAJU | Kel. Dermo | Mojoroto | 25.500 | Biji |
| 28 | BAWANG SURYA | Kel. Bawang | Pesantren | 75.000 | Biji |
| 29 | TAHU PANGLIMA | Jl. Yos Sudarso No.126/114 | Kota | 45.000 | Kg |
| 30 | TAHU TAKWALKK | Jl. Patimura No.61 | Kota | 38 | Ton |
| 31 | MOEDJAI S | Tinalan IV/47 | Pesantren | 70.000 | Biji |
| 32 | CAKRA WIJAYA | Jl. Trunojoyo No.63 | Kota | 228.000 | Biji |

| N O. | NAMA PERUSAHAAN | ALAMAT | | KAPASITAS PRODUKSI | SATUAN |
|------|-----------------|----------------------------|-----------|--------------------|--------|
| | | JALAN / DESA | KECAMATAN | | |
| 33 | HAYAM WURUK | Jl. Khairil Anwar No.37 | Mojoroto | 340.000 | Biji |
| 34 | LTH | Jl. Patimura No.64 | Kota | 84.000 | Biji |
| 35 | TAHU PANGLIMA | Jl. Yos Sudarso No.126 | Kota | 165.840 | Biji |
| 36 | TAHU SURYA | Jl. Sersan KKO Harun No.34 | Pesantren | 300.000 | Biji |
| 37 | TAHU TAKWATTL | Jl. Urip Sumohardjo No.208 | Kota | 25.000 | Kg |
| 38 | TAHU TAKWAYONG | Jl. P. Sudirman No.33 | Kota | 64.800 | Biji |
| 39 | TAHU 99* | Kelurahan Tinalan | Pesantren | 90 | Kg |
| 40 | TAHU MIN* | Kelurahan Tinalan | Pesantren | 14 | Kg |
| 41 | TAHU SDD* | Kelurahan Tinalan | Pesantren | 50 | Kg |

Sumber: Dinas Perindustrian, Pertambangan dan Energi Kota Kediri, 2018

*Hasil Survei

Dari data Tabel 2.5 kemudian satuan biji dikonversi ke satuan berat dengan cara menyesuaikan data dari dinas perindustrian dengan hasil survei, hasil survei menunjukkan nilai untuk kapasitas produksi ATIM mencapai 60 Kg, oleh karena itu dicari berat kedelai per 100 biji yang sesuai yaitu pada angka 26

gram. Kemudian mengkonversi kapasitas produksi sesuai dengan tahap sebelumnya. Hasil dari perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Hasil dari konversi berguna untuk menunjukkan perbandingan dari kapasitas produksi dari industri tahu yang ada, kemudian dapat dilihat industri yang memiliki kapasitas tinggi dan rendah serta persebaran daerah dari industri-industri tersebut.

Selain itu dari beberapa data Tabel 2.5 kemudian diubah ke peta Kota Kediri untuk mempermudah mengetahui letak persebaran industri tahu di Kota Kediri pada lampiran. Sementara untuk letak persebaran IKM dan persebaran industri yang telah terdaftar nama perusahaannya dapat dilihat pada lampiran. dari gambar dapat dilihat bahwa persebaran terbesar ada di Kelurahan Jagalan dan Kelurahan Pakelan, sementara menurut data jumlah terbesar untuk IKM terdapat di Kelurahan Bawang. Namun selain itu, Kelurahan Tinalan merupakan salah satu sentra industri tahu yang terkenal di Kota Kediri.

Tabel 2.6 Data Perusahaan Tahu dan Produk yang Dihasilkan

| N O. | NAMA PERUSAHAAN | KAPASITAS PRODUKSI | SATUAN | KAPASITAS PRODUKSI | SATUAN | NAMA PRODUK |
|------|------------------------------|--------------------|--------|--------------------|--------|-------------|
| 1 | STICK TAHU BAH KACUNG | 3.600 | Kg | 3.600 | Kg | Stick Tahu |
| 2 | STIK TAHU MING "SURYA ABADI" | 15.000 | Kg | 15.000 | Kg | Stik tahu |
| 3 | ANUGERAH | 15.000 | Kg | 15.000 | Kg | Tahu |
| 4 | ATIM | 230.700 | Biji | 60 | Kg | Tahu |
| 5 | GAJAH MADA | 12.000 | Biji | 3 | Kg | Tahu |
| 6 | GRESS | 108.000 | Biji | 28 | Kg | Tahu |
| 7 | KADENAN | 60.000 | Biji | 16 | Kg | Tahu |
| 8 | KADERI | 27.000 | Biji | 7 | Kg | Tahu |

| N O. | NAMA PERUSAHAAN | KAPASITAS PRODUKSI | SATUAN | KAPASITAS PRODUKSI | SATUAN | NAMA PRODUK |
|------|--------------------|--------------------|--------|--------------------|--------|-------------|
| 11 | KAULUNG | 34.000 | Biji | 9 | Kg | Tahu |
| 12 | KWANG | 36.000 | Biji | 9 | Kg | Tahu |
| 14 | LTT | 162.000 | Biji | 42 | Kg | Tahu |
| 15 | LTT 3 | 52.900 | Biji | 14 | Kg | Tahu |
| 16 | LYM | 312.000 | Biji | 81 | Kg | Tahu |
| 17 | MATAHAR IUD | 25.500 | Biji | 7 | Kg | Tahu |
| 18 | MIKYMOS | 168.000 | Biji | 44 | Kg | Tahu |
| 19 | NUSA INDAH | 37.500 | Biji | 10 | Kg | Tahu |
| 20 | PESAT | 30.000 | Biji | 8 | Kg | Tahu |
| 21 | SARI LEZAT "POO" | 1.200.000 | kg | 250 | Kg | Tahu |
| 22 | SK | 40.000 | Biji | 10 | Kg | Tahu |
| 23 | SOPONYONO | 15.000 | Kg | 15.000 | Kg | Tahu |
| 24 | SUMBER AYEM | 200.000 | Biji | 52 | Kg | Tahu |
| 25 | SUPINI/MUH ARYANTO | 63.000 | Biji | 16 | Kg | Tahu |
| 26 | TAHU LTT 2 | 52.900 | Biji | 14 | Kg | Tahu |
| 27 | USAHA MAJU | 25.500 | Biji | 7 | Kg | Tahu |
| 28 | BAWANG SURYA | 75.000 | Biji | 20 | Kg | Tahu |
| 29 | TAHU PANGLIMA | 45.000 | Kg | 45.000 | Kg | Tahu |
| 30 | TAHU TAKWALKK | 38 | Ton | 38.000 | Kg | Tahu |
| 31 | MOEDJAIS | 70.000 | Biji | 18 | Kg | Tahu sayur |

| N O. | NAMA PERUSAHAAN | KAPASITAS PRODUKSI | SATUAN | KAPASITAS PRODUKSI | SATUAN | NAMA PRODUK |
|------|-----------------|--------------------|--------|--------------------|--------|----------------------------|
| 34 | LTH | 84.000 | Biji | 22 | Kg | Tahu takwa |
| 35 | TAHU PANGLIMA | 165.840 | Biji | 43 | Kg | Tahu takwa |
| 36 | TAHU SURYA | 300.000 | Biji | 100 | Kg | Tahu takwa |
| 37 | TAHU TAKWATTL | 25.000 | Kg | 25.000 | Kg | Tahu Takwa |
| 38 | TAHU TAKWAYONG | 64.800 | Biji | 17 | Kg | Tahu takwa |
| 39 | TAHU 99* | 90 | Kg | 90 | Kg | Tahu Kuning dan Tahu Putih |
| 40 | TAHU MIN* | 14 | Kg | 14 | Kg | Tahu Takwa |
| 41 | TAHU SDD* | 50 | Kg | 50 | Kg | Tahu Takwa |

Tabel 2.7 Pabrik Kapasitas Produksi Besar (diatas 200kg)

| NO. | NAMA PERUSAHAAN | KAPASITAS PRODUKSI (Kg/Hari) |
|-----|------------------------------|------------------------------|
| 1. | STICK TAHU BAH KACUNG | 3.600 |
| 2. | STIK TAHU MING "SURYA ABADI" | 15.000 |
| 3. | ANUGERAH | 15.000 |
| 4. | SARI LEZAT "POO" | 250 |

| NO. | NAMA PERUSAHAAN | KAPASITAS PRODUKSI (Kg/Hari) |
|-----|-----------------|------------------------------|
| 5. | TAHU PANGLIMA | 45.000 |
| 6. | TAHU TAKWA LKK | 38.000 |
| 7. | TAHU TAKWA TTL | 25.000 |

Tabel 2.8 Pabrik Kapasitas Produksi Kecil (dibawah 200kg)

| NO. | NAMA PERUSAHAAN | KAPASITAS PRODUKSI (Kg/Hari) |
|-----|-----------------|------------------------------|
| 1. | ATIM | 60 |
| 2. | GAJAH MADA | 3 |
| 3. | GRESS | 28 |
| 4. | KADENAN | 16 |
| 5. | KADERI | 7 |
| 6. | KAHURIPAN | 5 |
| 7. | KATIMIN | 26 |
| 8. | KAULUNG | 9 |
| 9. | KWANG | 9 |
| 14. | LTT | 42 |
| 15. | LTT 3 | 14 |
| 16. | LYM | 81 |
| 17. | MATAHARI UD | 7 |
| 18. | MIKYMOS | 44 |

| | | |
|-----|--------------------|------------------------------|
| 19. | NUSA INDAH | 10 |
| 21. | SK | 10 |
| 22. | SUMBER AYEM | 52 |
| 23. | SUPINI/MUH ARYANTO | 16 |
| NO. | NAMA PERUSAHAAN | KAPASITAS PRODUKSI (Kg/Hari) |
| 24. | TAHU LTT 2 | 14 |
| 25. | USAHA MAJU | 7 |
| 26. | BAWANG SURYA | 20 |
| 27. | MOEDJAIS | 18 |
| 28. | CAKRA WIJAYA | 59 |
| 29. | LTH | 22 |
| 30. | TAHU PANGLIMA | 43 |
| 31. | TAHU SURYA | 100 |
| 32. | TAHU TAKWA YONG | 17 |
| 33. | TAHU 99* | 90 |
| 34. | TAHU MIN* | 14 |
| 35. | TAHU SDD* | 50 |

Survei pendahuluan dilakukan di IKM Tahu MAR, industri tahu ini memiliki satu pabrik dengan Perusahaan ATIM dikarenakan pemiliknya merupakan anak dari pemilik IKM ATIM dan lokasi penjualan berdekatan yang berupa rumah dengan kios di depannya. Kedua IKM ini berada di Kelurahan Tinalan yang merupakan salah satu sentra tahu Kediri, warga sekitar sering menyebut daerah ini dengan Kampung Tahu. Survei yang

dilakukan berupa wawancara dengan pemilik IKM MAR dan pengamatan langsung. Kapasitas produksi saat ini untuk IKM MAR sebesar 50 Kg/ hari. Jam operasional untuk produksi tahu dimulai dari pukul 7 pagi hingga pukul 12 siang. Air yang digunakan untuk proses produksi merupakan air bawah tanah yang ditampung di dalam bak berukuran 4m x 2m (pada Gambar 2.9.) Proses produksi dilakukan di bagian belakang rumah dan dikerjakan dengan bantuan 2 pekerja.

2.9.1 Proses Pengolahan Air Limbah Industri Tahu

Proses pengolahan air limbah industri tahu di Kota Kediri belum optimal, dikarenakan menurut DLHKP Kota Kediri hanya 1 industri yang telah memiliki ijin IPAL, sedangkan beberapa industri memiliki IPAL namun tidak pernah dilakukan monitoring terhadap air limbah yang dihasilkan, sementara sebagian besar industri membuang langsung ke dalam badan air langsung.

Hasil survei pendahuluan di pabrik tahu MAR, untuk penampungan air limbah hasil produksi ditampung di dalam 2 tong berukuran 120 liter (pada lampiran). Tong ini berfungsi untuk menampung limbah sementara, setelah tong penuh, limbah akan dibuang ke dalam bak penampung (pada lampiran) yang berfungsi untuk mendinginkan air limbah sebelum dibuang ke badan air yang berlokasi di belakang rumah. Sebelumnya, terdapat 4 industri yang berada di dekat industri ATIM, sekitar tahun 2000, DLHKP membuat IPAL komunal untuk menampung air limbah industri di daerah tersebut (pada lampiran). Namun, karena kurangnya pemeliharaan membuat IPAL tidak berfungsi dan menyebabkan air limbah kembali ke dalam pabrik. Oleh karena itu pemilik industri memilih untuk melepas sambungan pipa dan memilih untuk membuang langsung ke dalam badan air.

Selain itu, survei dilakukan di beberapa area yaitu Kelurahan Pakelan, Kelurahan Tinalan dan Kelurahan Jagalan. Ketiga kelurahan tersebut merupakan lokasi yang telah lama menjadi tempat produksi dan penjualan produk industri tahu. Berikut hasil survei lokasi pada lampiran.

2.10 Anaerobik Filter

Anaerobic Filter atau yang sering disebut fixed bed atau fixed film reactor, mengolah padatan yang tidak diendapkan dan

padatan terlarut dengan cara mengontakkannya pada bakteri. Bakteri yang membutuhkan makanan akan mencerna bahan organik terlarut dalam waktu yang singkat. Kebanyakan bakteri tidak dapat bergerak. Mereka cenderung melekatkan diri pada media padat, misalnya dinding reactor (Sasse,1998).

Berdasarkan penelitian oleh Said (2000), media yang paling efektif untuk biofilter aerob maupun anaerob adalah media sarang tawon. Hal ini dapat dilihat dari perbandingan luas permukaan berbagai media biofilter pada Tabel 2.7 berikut ini.

Tabel 2.9 Jenis Media dan Luas Permukaan Spesifik

| no | Jenis Media | Luas Permukaan Spesifik (m ² /m ³) |
|----|--------------------------------------|---|
| 1 | trickling filter dengan batu pecah | 100-200 |
| 2 | modul sarang tawon (honeycomb modul) | 150-240 |
| 3 | tipe jaring | 50 |
| 4 | RBC | 80-150 |

Menurut Sasse (1998), *Anaerobic Filter* (AF) memiliki kriteria desain sebagai berikut:

- HRT di bak pengendap / tangki septik = 2 jam
- HRT di anaerobik Filter = 1,5-2 hari
- BOD Removal = 70-90 %
- Rasio SS/BOD = 0,35-0,45
- Luas Spesifik Media = 80-180 m²/m³
- Velocity Upflow = < 2 m/jam

Adapun perhitungan AF berdasarkan Sasse et al. (2009) dan Duncan Mara adalah sebagai berikut:

$$Q_{peak} = Q_{ave} / T \quad (2.1)$$

Dimana: Q_{peak} = debit maksimal yang masuk per jam (m³/jam)

Q_{ave} = debit rata rata yang masuk per jam (m³/jam)

T = Waktu aliran air limbah (jam)

Upflow Velocity dari air limbah dalam Anaerobik Filter, yang tidak boleh melebihi 1 m/jam, ditentukan dengan persamaan berikut:

$$V_{up} = Q/A_{cross} = QH/AH = H/\theta \quad (2.2)$$

Dimana : Q = Debit aliran (m³/jam)

Ac = luas area melintang reaktor (m²)

H = kedalaman air (m)

Desain dari kompartemen selanjutnya ditentukan sebagai berikut:

$$V_{kompartemen} = A_c \times H \quad (2.3)$$

Jumlah (n) kompartemen sendiri ditentukan dari persamaan berikut

$$n = (Q \times \theta)/(H \times A_{cross}) = (\theta \times V_{up})/H \quad (2.4)$$

$$A_{surface} = Q / HLR \quad (2.5)$$

Perhitungan kebutuhan media

$$\text{Total tinggi media} = \text{Volume rongga} / A_{surface} \quad (2.6)$$

$$\text{Jumlah media} = \text{Tinggi total media} / \text{tinggi satu media} \quad (2.7)$$

Laju efisiensi COD removal

$$= F. \text{ Temp} \times F. \text{ Strength} \times F. \text{ Permukaan} \times F. \text{ HRT} \times (1 + (\text{Jumlah Filter} \times 0,04)) \times F. \text{ Load} \quad (2.8)$$

COD effluen

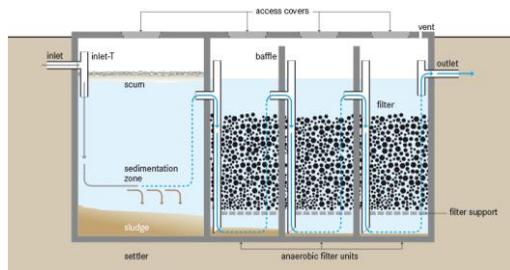
$$= \text{COD}_{influen} - (\text{COD}_{influen} \times \% \text{ Efisiensi COD Biofilter Anaerobik}) \quad (2.9)$$

Efisiensi BOD

$$= \text{Efisiensi COD Biofilter Anaerobik} \times \text{BOD/COD removal ratio} \quad (2.10)$$

BOD effluen

$$= \text{BOD}_{influen} - (\text{BOD}_{influen} \times \% \text{ Efisiensi BOD Biofilter Anaerobik}) \quad (2.11)$$



Gambar 2.2 Anaerobik filter
(Sumber: Tilley et al., 2014)

2.11 Anaerobik Digester

Saat ini banyak teknologi yang memanfaatkan limbah tahu untuk menjadi biogas, hal ini dikarenakan dari 50% air limbah tahu mempunyai kandungan metana, sehingga sangat memungkinkan air limbah tahu dapat diubah menjadi sumber energi biogas, seperti memasak, pemanasan, dan atau konveri menjadi energi listrik (Maragkaki et al., 2018)

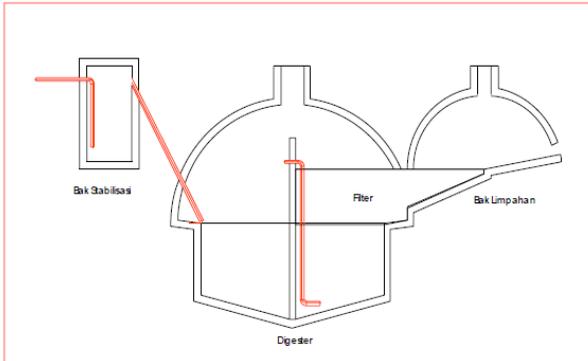
Secara umum proses anaerobik akan menghasilkan gas *Methana* (Biogas). Biogas (gas bio) adalah gas yang dihasilkan dari pembusukan bahan-bahan organik oleh bakteri pada kondisi anaerob (tanpa ada oksigen bebas). Biogas tersebut merupakan campuran dari berbagai macam gas antara lain : CH₄ (54%-70%), CO₂ (27%-45%), O₂ (1%-4%), N₂ (0,5%-3%), CO (1%), dan H₂ (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).

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

- a. **Tipe Terapung (Floating Type).** Tipe terapung ini banyak dikembangkan di India yang terdiri atas sumur pencernaan 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.

- b. 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.



Gambar 2.3 Fixed Dome Digester
(Sumber: DEWATS)

Faktor peting lingkungan untuk digesti anaerobik proses adalah

1. Solid retention time rata-rata waktu padatan berada di dalam proses digesti (massa padatan di dalam reaktor/ massa padatan yg hilang setiap harinya)
2. HRT rata-rata waktu cairan berada di dalam proses digesti (vol reaktor/ biosolid removed)
3. Suhu
4. Alkalinity
5. pH
6. kehadiran zat inhibitor seperti material beracun
7. nutrisi dan logam (Metcalf, 2003)

Kriteria disain yang umum digunakan untuk anaerobic digester low-rate dan high-rate dapat dilihat pada Tabel 2.8 berikut

Tabel 2.10 Kriteria Desain Anaerobik Digester

| Parameter | low rate | high rate |
|--|-----------|-----------|
| Digestion Time, days | 30-60 | 10-20 |
| Organic Solids Loading, kg vss/m ³ .day | 0,64-1,60 | 2,40-6,40 |
| depth (m) | 3,66-13,7 | |
| Diameter (m) | 4,57-38,1 | |

Sumber: Reynold, 1996

Beberapa persamaan yang digunakan dalam perhitungan unit biodigester ini adalah:

$$\text{Volume digester} = Q \text{ sludge} \times \text{SRT desain} \quad (2.12)$$

$$\text{Solid Retention Time} = \frac{\text{Massa Solid}}{\text{Massa Solid Teremoval}} \quad (2.13)$$

$$V \text{ kubah} = 20\% \text{ Volume total digester} \quad (2.14)$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI PERENCANAAN

3.1 Umum

Tugas akhir ini membahas mengenai perencanaan instalasi pengolahan air limbah di industri tahu Kota Kediri. Tahap pertama yang harus dilakukan adalah mengumpulkan data terkait lokasi industri tahu, kapasitas produksi industri tahu, jumlah industri tahu, dan pengolahan terkait limbah cair industri tahu di Kota Kediri. Pengumpulan dilakukan melalui Dinas Lingkungan Hidup Kota Kediri, Dinas Perindustrian Pertambangan dan Energi Kota Kediri, serta melakukan survei langsung ke industri tahu. Setelah itu, melakukan identifikasi permasalahan terkait pengolahan air limbah di industri tahu dan menyesuaikan dengan baku mutu/ peraturan yang ada mengenai limbah cair industri.

Tahap selanjutnya adalah melakukan studi literatur terkait karakteristik air limbah, baku mutu limbah cair, dan unit pengolahan limbah cair yang sesuai. Studi literatur dilakukan dari awal hingga akhir penelitian. Setelah itu tahap yang dilakukan adalah pengumpulan kualitas dan kuantitas dari beberapa industri tahu di Kota Kediri. Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan perbedaan kapasitas produksi (besar dan kecil).

Tahap berikutnya adalah merencanakan IPAL yang sesuai untuk industri tahu di wilayah Kelurahan Tinalan dan pabrik berkapasitas produksi tinggi Kota Kediri serta melakukan perhitungan BOQ dan RAB sesuai HSPK Kota Kediri terbaru. Pembuatan SOP perlu dilakukan mengikuti dengan perencanaan yang dilakukan. Tahap terakhir adalah kesimpulan dan saran.

3.2 Kerangka Perencanaan

Kerangka penelitian disusun untuk menunjukkan jalannya pemikiran dan tahap-tahap yang akan dilakukan selama penelitian ini berlangsung. Selain itu tujuan yang lain adalah memberikan kemudahan bagi penulis dalam menyusun laporan dan pembaca dalam membaca laporan. Kerangka perencanaan akan ditampilkan pada Gambar 3.1 di bawah ini.

IDE TUGAS AKHIR

kondisi terkini: terdapat 121 industri tahu, namun hanya 1 yang memiliki ijin IPAL dan beberapa telah memiliki IPAL, namun sebagian besar tidak memiliki IPAL.

Ideal State: terdapat IPAL yang mampu mengurangi beban pencemar sehingga memenuhi baku mutu untuk dibuang ke lingkungan.



TUJUAN

1. Merencanakan IPAL yang sesuai untuk limbah cair pabrik tahu di Kota Kediri.
2. Menentukan SOP dan menghitung biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan dan pengoperasian IPAL.



PENGUMPULAN DATA

Data Primer: Debit air limbah, karakteristik air limbah, survei lahan lokasi IPAL, observasi lapangan, tinggi muka air tanah.

Data Sekunder: Jumlah, kapasitas produksi, lokasi industri tahu di Kota Kediri, elevasi muka tanah, HSPK Kota Kediri.



A

A

```
graph TD; A[A] --> B[PEMBAHASAN]; B --> C[KESIMPULAN DAN SARAN.]
```

PEMBAHASAN

1. Penetapan kategori industri
2. Penentuan debit air limbah
3. Pengambilan sampel air limbah
5. Penetapan alternatif pengolahan
6. Perhitungan dimensi unit
7. Penggambaran DED
8. Perhitungan BOQ dan RAB
9. Penyusunan SOP

KESIMPULAN DAN SARAN.

3.3 Tahapan Perencanaan

Metode penelitian ini digunakan untuk mempermudah proses perencanaan IPAL industri tahu di Kota Kediri.

3.3.1 Ide Perencanaan

Ide perencanaan ini berawal dari banyaknya industri tahu yang muncul di Kediri, terutama karena dukungan pemerintah untuk terus meningkatkan IKM dan menetapkan tahu takwa sebagai salah satu oleh-oleh makanan khas Kediri. Namun dengan banyaknya industri tahu tidak sebanding dengan penanganan limbah industri tahu yang berbahaya apabila langsung dibuang ke lingkungan tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Hanya beberapa pabrik tahu yang telah memiliki IPAL. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk merencanakan IPAL industri tahu sehingga mengurangi beban pencemar lingkungan di sekitar industri.

3.3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari dasar-dasar teori yang digunakan untuk mendukung penelitian yang akan dilakukan. Selain itu, manfaat dari studi literatur adalah mendapatkan referensi dari karya ilmiah yang sesuai dengan ide tugas akhir. Beberapa literatur dapat berguna sebagai acuan atau koreksi ketika melakukan perbandingan dengan kondisi yang sekarang. Referensi yang perlu dicari untuk penelitian ini meliputi:

- Karakteristik air limbah industri tahu
- Baku mutu limbah cair industri
- Unit pengolahan air limbah industri (kriteria desain, efisiensi pengolahan, SOP unit)

3.3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer dan sekunder ini membantu penulis untuk memperoleh data terkait data yang akan digunakan dalam penelitian ini.

- a) Pengumpulan data primer
Berikut adalah data primer yang diperlukan dalam tugas akhir ini
 1. data hasil analisa laboratorium berupa:
 - a. Karakteristik limbah cair industri tahu.

Teknik sampling yang digunakan merupakan *grab sampling* pada saluran pembuangan air limbah atau bak penampung sebelum air limbah dibuang. Sampel diambil sebesar 1 Liter. Sampling dilakukan pada total 3 industri berbeda sesuai kategori kapasitas produksi dan dilakukan pada 3 hari yang berbeda. 1 industri merupakan industri dengan kapasitas produksi tinggi, sementara 2 industri merupakan industri yang berada di Kelurahan Tinalan. Kegiatan sampling akan dilakukan ketika pabrik sedang melaksanakan kegiatan produksi. Sampel yang diambil akan diuji karakteristiknya meliputi BOD, COD, pH, dan TSS. Berikut adalah metode pengujian dan pengawetan sampel pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Parameter Uji, Metoda Analisis dan Pengawetan Limbah Cair

| No. | Parameter | Metode | Pengawetan Sampel |
|-----|------------------|---------------------|--|
| 1 | BOD ₅ | SNI 6989.72:2009 | Simpan pada suhu $\leq 4^{\circ}\text{C}$ |
| 2 | COD | SNI 06-6989.15-2004 | Menambahkan H ₂ SO ₄ hingga pH < 2 |
| 3 | TSS | SNI 06-6989.3-2004 | Simpan pada suhu 4 ^o C |
| 6 | pH | SNI 06-6989.11-2004 | - |

Sumber: SNI

2. Pengamatan langsung di lapangan

Pengamatan langsung digunakan untuk menunjang perencanaan yang akan

dilakukan. Beberapa data yang dikumpulkan ketika melakukan pengamatan meliputi:

1. Jam operasional
 2. Jumlah pemakaian air untuk proses produksi
 3. Debit air limbah dihitung ketika melaksanakan kegiatan sampling, air limbah yang tertampung dari awal produksi hingga akhir produksi akan dihitung volumenya.
 4. Survei lahan lokasi IPAL dilakukan di sekitar kawasan industri tahu Kelurahan Tinalan dan industri tahu berkapasitas produksi besar.
 5. Tinggi muka air tanah dilihat dari sumur warga sekitar kawasan pengambilan sampel.
 6. Elevasi muka tanah diambil menggunakan aplikasi *My Elevation* pada *smartphone*.
- b) Pengumpulan data sekunder
Data sekunder yang diperlukan dalam tugas akhir ini:
1. Jumlah, kapasitas produksi, dan lokasi industri tahu digunakan untuk menentukan penyebaran industri tahu di Kota Kediri serta menentukan pabrik tahu yang akan dipilih untuk digunakan sebagai tempat penelitian dilihat dari nilai kapasitas produksinya.
 2. HSPK Kota Kediri digunakan untuk menghitung BOQ dan RAB pembuatan IPAL.

3.3.4 Pembahasan

Pembahasan meliputi beberapa langkah yaitu:

1. Penetapan kategori industri

Penetapan kategori industri didasarkan dari kapasitas produksi tiap industri tahu yang ada di Kediri. Hal ini dilakukan karena tempat dari industri tahu yang tersebar di beberapa daerah di Kota Kediri.

2. Penentuan debit air limbah

Debit air limbah diambil dari data dengan cara pengamatan langsung di lapangan,

pengambilan volume berdasarkan besar bak penampung air limbah yang digunakan dan hasil dari wawancara pemilik pabrik. Menurut PUPR (2018), dari keseluruhan air bersih yang digunakan untuk pengolahan kedelai 70-90% merupakan air limbah.

3. Pengambilan sampel untuk analisis karakteristik limbah cair.

Pengambilan sampel dilakukan di 3 industri berbeda (kapasitas produksi tinggi, sedang, dan rendah) dan dilakukan ketika pabrik sedang melaksanakan kegiatan produksi. Lalu analisis akan dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan ITS. Parameter yang digunakan disesuaikan dengan baku mutu yang ada.

4. Penetapan alternatif pengolahan

Penetapan alternatif pengolahan dilakukan berdasarkan debit air limbah, kualitas air limbah, ketersediaan lahan, biaya dan pengoperasian. Selain itu penetapan alternatif disesuaikan dengan kapasitas produksi pabrik-pabrik yang ada. Sistem yang digunakan dapat komunal untuk industri tahu berkapasitas rendah, sistem setempat untuk industri tahu berkapasitas rendah, dan sistem setempat untuk industri tahu berkapasitas tinggi.

5. Perhitungan dimensi unit

Setelah ditetapkan alternatif yang dipilih, perhitungan dimensi unit dilakukan dan disesuaikan dengan literatur yang ada. Perhitungan dimensi unit disesuaikan dengan kapasitas produksi, kualitas dan kuantitas dari air limbah yang akan diolah. Selain itu, perhitungan dimensi unit menyesuaikan terhadap kesediaan lahan pula.

6. Penggambaran DED

Setelah perhitungan unit, langkah selanjutnya adalah penggambaran detail unit yang terpilih. Penggambaran meliputi denah dan detail potongan unit yang digunakan, aplikasi yang digunakan untuk tahap ini adalah *AutoCAD*. Unit yang digambar memiliki ukuran yang sesuai dengan hasil perhitungan pada tahap sebelumnya.

7. Perhitungan BOQ dan RAB

Perhitungan BOQ dan RAB berdasarkan HSPK Kota Kediri Tahun 2018 untuk mengetahui biaya yang diperlukan dalam pembangunan sistem IPAL yang akan dioperasikan. Hal ini dikarenakan menyesuaikan dengan industri-industri tahu memiliki skala kecil hingga besar di Kota Kediri.

8. Pembuatan SOP IPAL

Pembuatan SOP IPAL untuk memudahkan pengoperasian dan perawatan unit IPAL. Pembuatan SOP IPAL merujuk dari literatur unit IPAL yang akan digunakan untuk pengolahan air limbah.

3.3.5 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan hasil dari pembahasan yang menjawab tujuan dan ruang lingkup pada kegiatan penelitian ini. Saran-saran diberikan untuk memperbaiki studi yang akan dilakukan di masa mendatang.

BAB IV PERENCANAAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Industri Tahu di Kota Kediri

Menurut Dinas Perindustrian, Energi, dan Pertambangan Kota Kediri, terdapat 121 IKM Tahu di Kota Kediri. Sementara industri tahu yang terdaftar sebanyak 38 industri.

Dari beberapa industri di Tabel 2.6, beberapa industri untuk diambil sampel limbahnya untuk mewakili mewakili industri produksi tinggi dan rendah. Untuk industri produksi tinggi, sampel yang digunakan berasal dari industri Tahu POO. Sementara untuk produksi rendah, menggunakan industri tahu MAR, MIN, dan SDD. Namun dilakukan pula survei di industri tahu SURYA dan 99. Sementara untuk data debit didapat dari industri tahu POO dan industri tahu MAR yang disesuaikan dengan data sekunder dari penelitian lain.

4.2 Hasil Survei Industri Tahu

1. Industri Tahu MAR

Industri tahu MAR terletak di Kelurahan Tinalan Kota Kediri, pemilik industri tahu MAR yaitu Bapak Siswanto merupakan anak dari industri tahu ATIM. Oleh karena itu, proses produksi mereka dilakukan pada satu pabrik. Dalam sehari, bahan baku yang dibutuhkan sebesar 120 Kg untuk 2 industri tahu. Proses produksi dilakukan setiap hari dari jam 07.00 WIB hingga 12.00 WIB. Sehingga saat malam hari tahu yang telah jadi dapat dipasarkan.

Karyawan yang bekerja sebanyak 4 orang, dalam proses produksi menghasilkan debit sebesar 2652 L/ hari. Produk yang dihasilkan berupa tahu putih, tahu kuning, tahu bulat, dan *stick* tahu. Ampas dari hasil produksi biasanya diberikan pihak lain untuk dibuat bahan tempe. Pembuangan air limbah dari Tahu MAR langsung dibuang ke saluran air di dekat rumah. Air untuk proses produksi merupakan air bawah tanah.

2. Industri Tahu SDD

Industri tahu SDD berlokasi dekat dengan industri tahu MAR di Kelurahan Tinalan dalam sekali produksi bahan baku yang dibutuhkan sebesar 50 Kg

3. Industri Tahu MIN

Industri tahu MIN berada dalam satu lokasi dengan industri tahu SDD dan MAR, dalam sekali produksi bahan baku yang dibutuhkan sebesar 14 Kg

4. Industri Tahu Surya

Industri tahu Surya merupakan industri yang berada di Kelurahan Tinalan, pemilik dari industri ini adalah Pak Bambang untuk proses produksi bahan baku yang digunakan sebesar 100 Kg, proses produksi berlangsung pada pukul 07.00 hingga 12.00 WIB. Produk yang dihasilkan berupa Tahu Takwa dan Tahu Pong. Air yang digunakan untuk produksi merupakan air bawah tanah. Industri ini telah memiliki IPAL yang berbentuk sekat dengan ukuran kurang lebih 5 m x 3 m dan berlokasi di bagian belakang pabrik dengan kondisi di atas tanah serta terbuka. Karyawan yang dimiliki oleh industri ini berjumlah 6 orang.

5. Industri Tahu 99

Industri tahu 99 merupakan industri yang berlokasi di Kelurahan Tinalan, pemilik dari industri ini adalah Pak Jamal, bahan baku yang digunakan untuk produksi setiap harinya sebesar 90 Kg. selama proses produksi sendiri berlangsung dari pukul 07.00 hingga 15.00 WIB dilakukan oleh 2 karyawan yaitu Pak Jamal dan saudaranya. Produk yang dihasilkan berupa tahu putih dan tahu kuning. Air yang digunakan untuk proses produksi berasal dari bawah tanah. Ampas hasil proses produksi dibuat untuk pakan ternak. Industri ini telah memiliki IPAL yang dibangun oleh PU sekitar tahun 2010 yang berada di dalam tanah, ukuran dari IPAL ini 5 m x 2,5 m dengan 3 sekat, air limbah yang berasal dari pabrik langsung masuk ke dalam IPAL sebelum akhirnya keluar ke saluran air.

6. Industri Tahu POO

Industri ini merupakan salah satu industri tahu tertua dan terbesar di Kota Kediri, lokasi dari pabrik POO

berada di Kelurahan Pakelan Kota Kediri, Tahu POO memiliki beberapa toko yang tersebar di Kota Kediri, namun proses pembuatan berlangsung di pabrik pusat. Setiap hari proses produksi berlangsung pukul 02.00 hingga 04.00 WIB, bahan baku yang digunakan setiap harinya mencapai 250 Kg. produk yang dihasilkan mencakup tahu kuning, tahu putih, hingga *stick* tahu. Air yang digunakan berasal dari bawah tanah dan ampas hasil produksi digunakan untuk pakan ternak. Karyawan yang dimiliki tahu POO berjumlah 15 orang. Pabrik ini telah memiliki IPAL yang dibangun pada tahun 2013 memiliki kapasitas hingga 20 m³ dan memiliki ijin IPLC. Namun saat ini setiap harinya debit yang tercatat hanya sekitar 3 m³/hari – 5 m³/hari. Berikut adalah hasil analisa karakteristik dari beberapa industri di atas pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Hasil Analisa Limbah Tahu industri MAR/ATIM

| No | Parameter | Satuan | Baku Mutu | Hasil Analisa |
|----|-----------|---------------------|-----------|---------------|
| 1 | pH | - | 6-9 | 3,7 |
| 2 | TSS | mg/L | 100 | 640 |
| 3 | COD | mg/L O ₂ | 300 | 2.864 |
| 4 | BOD | mg/L O ₂ | 150 | 1.548 |

Sumber: Hasil Analisa Laboratorium

Tabel 4.2 Hasil Analisa Limbah Tahu industri MIN

| No | Parameter | Satuan | Baku Mutu | Hasil Analisa |
|----|-----------|---------------------|-----------|---------------|
| 1 | pH | - | 6-9 | 4,1 |
| 2 | TSS | mg/L | 100 | 320 |
| 3 | COD | mg/L O ₂ | 300 | 1.980 |
| 4 | BOD | mg/L O ₂ | 150 | 1.050 |

Sumber: Hasil Analisa Laboratorium

Tabel 4.3 Hasil Analisa Limbah Tahu industri SDD

| No | Parameter | Satuan | Baku Mutu | Hasil Analisa |
|----|-----------|---------------------|-----------|---------------|
| 1 | pH | - | 6-9 | 4,1 |
| 2 | TSS | mg/L | 100 | 466 |
| 3 | COD | mg/L O ₂ | 300 | 2.388 |
| 4 | BOD | mg/L O ₂ | 150 | 1.266 |

Sumber: Hasil Analisa Laboratorium

Tabel 4.4 Hasil Analisa Limbah Tahu industri POO

| No | Parameter | Satuan | Baku Mutu | Hasil Analisa |
|----|-----------|---------------------|-----------|---------------|
| 1 | pH | - | 6-9 | 6,5 |
| 2 | TSS | mg/L | 100 | 900 |
| 3 | COD | mg/L O ₂ | 300 | 990 |
| 4 | BOD | mg/L O ₂ | 150 | 520 |

Sumber: Hasil Analisa Laboratorium

4.3 Debit Air Limbah

Debit air limbah yang digunakan dalam perencanaan ini menggunakan hasil dari survei langsung, debit 1 pabrik menggunakan survei langsung dari Pabrik MAR, sementara untuk debit 2 pabrik menggunakan debit 1 pabrik yang dikalikan dua sesuai jumlah pabrik. Debit pabrik besar sendiri diambil dari hasil survei langsung di Pabrik POO. Berikut adalah Tabel 4.5 yang berisi jumlah debit masing-masing pabrik.

Tabel 4.5 Debit Air Limbah

| No | Pabrik | Debit (L/hari) |
|----|--------------|----------------|
| 1. | 1 pabrik | 1.326 |
| 2. | 2 pabrik | 2.652 |
| 3. | pabrik besar | 5.000 |

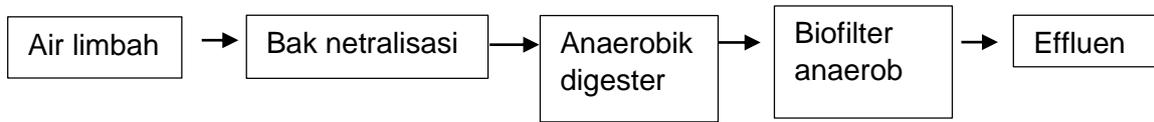
Sumber: survei lapangan

4.4 Alternatif Pengolahan

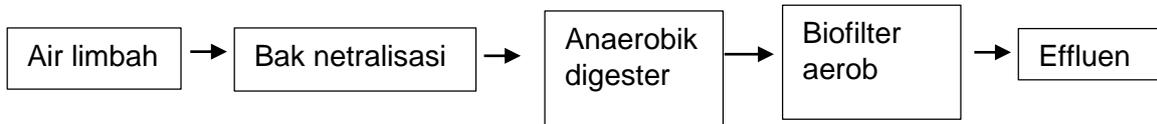
Dalam tugas akhir ini, permasalahan yang diselesaikan meliputi perencanaan IPAL untuk:

1. Pabrik tahu kapasitas produksi besar
2. Pabrik tahu kapasitas produksi kecil dengan sistem komunal
3. Pabrik tahu kapasitas produksi kecil dengan sistem setempat

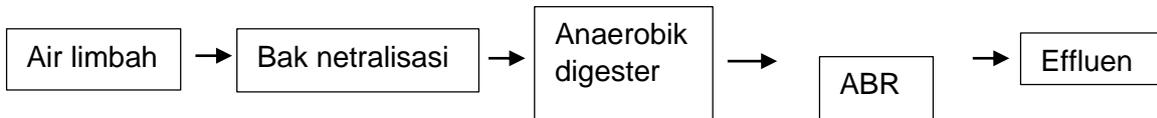
Untuk ketiga permasalahan diatas maka ditentukan beberapa alternatif yang sesuai dalam menyelesaikan permasalahan:



Gambar 4.1 Alternatif pengolahan 1



Gambar 4.2 Alternatif pengolahan 2



Gambar 4.3 Alternatif pengolahan 3

Tabel 4.6 Perbandingan Tiap Alternatif

| Unit | Lahan | Efisiensi penyisihan | OM |
|-------------------|---------|--------------------------|---|
| Biofilter anaerob | sedikit | BOD: 87,78% ^a | produksi lumpur rendah, tidak membutuhkan energi, start up sulit, membutuhkan desain dari ahli konstruksi, memerlukan daya listrik sangat minim dibanding sistem aerobik. |
| | | TSS: 91,79% ^a | |
| | | COD: 87,01% ^a | |
| Biofilter aerob | sedikit | BOD: 64,3% ^a | tahan terhadap organik dan hidraulik shock load, efektivitas dipengaruhi media, dalam proses aerasi merata lapisan mikroorganisme yang melekat pada media mudah terlepas menyebabkan proses menjadi tidak stabil, membutuhkan daya listrik. |
| | | COD: 61,42% ^a | |
| | | TSS: 47,58% ^a | |
| ABR | sedikit | BOD: 78% ^b | Waktu start up lama, membutuhkan pasokan air yang konstan, bentuk reaktor memberikan keuntungan karena memberi kontak lebih baik antara lumpur aktif dengan air limbah |
| | | COD: 77% ^b | |
| | | TSS: 91% ^b | |

Sumber: a: Rahadi et al., 2018

b: Singh et al., 2009

Dari beberapa teknologi yang ada dipilih 3 unit yang memiliki kesamaan yaitu ABR, Anaerobic Biofilter dan Aerobic Biofilter, dari ketiga unit tersebut memiliki kesamaan yaitu memerlukan lahan yang sedikit, sehingga dapat dibangun di sekitar pabrik tahu. Namun karena hasil efluen bahan organik dari anaerobik digester masih tinggi, diperlukan pengolahan yang memiliki efisiensi yang tinggi. Menurut Laily (2015), efisiensi aerobik digester cukup tinggi yaitu 60% untuk BOD dan 51% untuk COD. Sementara, menurut Sasse (1998) efisiensi removal untuk ABR dan Anaerobik Biofilter mencapai 70% hingga 90%. Namun menurut Hamid dan Razif (2014), unit anaerobik biofilter memiliki keunggulan membutuhkan lahan yang lebih kecil dan tingkat efisiensi removal BOD dan COD yang lebih tinggi diikuti dengan produksi biogas yang dihasilkan lebih besar dibanding dengan ABR. Oleh karena itu, pada perencanaan kali ini unit yang digunakan adalah anaerobik biofilter.

4.5 Desain Unit Anaerobik Biodigester

Menurut penelitian Gede (2007), limbah cair tahu mempunyai kandungan protein, lemak, dan karbohidrat atau senyawa-senyawa organik yang apabila diuraikan secara aerob atau anaerob akan menghasilkan metana, karbondioksida, gas-gas lain, dan air. Gas metana sendiri merupakan bahan dasar dari pembuatan biogas. Limbah cair tahu sendiri memiliki kandungan metana lebih dari 50%, sehingga sangat memungkinkan untuk digunakan sebagai bahan baku biogas. Dengan mengkonversi limbah cair pabrik tahu menjadi biogas, pemilik pabrik tahu tidak hanya berkontribusi dalam menjaga lingkungan namun juga meningkatkan pendapatan dengan mengurangi konsumsi bahan bakar untuk pembuatan tahu. Oleh karena itu anaerobik digester dipilih untuk mengurangi pencemaran air limbah sekaligus memberi keuntungan untuk pabrik tahu.

Produksi biogas secara stabil dapat diproduksi pada pH kisaran 7,2-8,2. Produksi gas yang paling baik yaitu pada saat mesofilik, antara suhu 25°C-35°C (Price, 1981). Sementara tipe anaerobik digester yang sering digunakan adalah reaktor balon yang terbuat dari plastik UV dan *fixed dome* yang terbuat dari beton. Menurut penelitian Wahyudi dalam Reski (2013), pada kualitas biogas yang dihasilkan, nilai optimum didapat pada hari 15, hal ini ditunjukkan dengan kadar CH₄ relatif lebih banyak dan kadar CO₂ relatif kecil dibandingkan HRT 12 hari dan 21 hari. Dikarenakan nilai pH dari kualitas air limbah tahu masih rendah, maka diperlukan penambahan kapur untuk mencapai pH optimal yaitu 7,2.

1. Perhitungan Unit Bak Netralisasi

Diketahui:

$$Q = 1326 \text{ L/hari} = 1,326 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Direncanakan:

$$\text{HRT} = 1 \text{ Hari}$$

$$\text{Kedalaman (d)} = 2 \text{ m}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} V. \text{ efektif} &= Q \times \text{HRT} \\ &= 1,326 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Direncanakan bak berbentuk persegi dengan P : L = 1 : 1

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{Vd} \\ &= 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$\text{Freeboard} = 0,3 \text{ m}$$

Bak netralisasi direncanakan menggunakan sistem batch, dimana limbah tahu dikumpulkan selama prosesnya. Kapur selanjutnya dibubuhkan secara manual dan diaduk secara manual pula.

2. Perhitungan Kebutuhan Kapur

Diketahui

$$\text{pH} = 3,7$$

$$Q = 1326000 \text{ L}$$

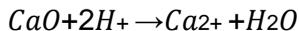
$$= 1326 \text{ kg}$$

$$= 1.326.000 \text{ gram}$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-3,7} \text{ M}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol [H+]} &= 0,0001995 \\ &= [\text{H+}] \times Q \\ &= 264,57 \text{ mol} \end{aligned}$$

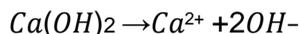
Untuk mencapai pH = 7



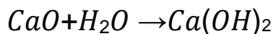
$$\begin{aligned} \text{Mol CaO} &= \frac{1}{2} \text{ Mol [H+]} \\ &= 132,28 \text{ mol} \\ \text{gr CaO} &= \text{Mol CaO} \times \text{Mr CaO} \\ &= 7408,0099 \text{ gr} \end{aligned}$$

Untuk mencapai pH = 7,2

$$\begin{aligned} \text{pOH} &= 6,8 \\ [\text{OH}^-] &= 10^{-6,8} \text{ M} \\ &= 1,58 \times 10^{-7} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Ca(OH)}_2 &= \frac{1}{2} \times [\text{OH}^-] \\ &= 7,92 \times 10^{-8} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{gr CaO} &= \text{Ca(OH)}_2 \times Q \times \text{Mr} \\ &= 7,775 \text{ gr (untuk 90\%)} \\ \text{Total CaO} &= 7415,78 \text{ gr (untuk 90\%)} \\ &= 8157,3 \text{ gr (untuk 100\%)} \\ &= 8,157 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, maka untuk 2 pabrik membutuhkan 11,8 kg kapur per harinya. Kebutuhan kapur untuk pabrik kecil dan pabrik besar terdapat pada Tabel 4.5 dibawah ini

Tabel 4.7 Hasil perhitungan kebutuhan kapur per hari

| Pabrik | Kebutuhan kapur (kg) |
|----------|----------------------|
| 1 Pabrik | 8,15 |
| 2 Pabrik | 6,5 |

| Pabrik | Kebutuhan kapur (kg) |
|--------------|----------------------|
| Pabrik besar | 0,08 |

Perbedaan kebutuhan kapur berdasarkan nilai pH yang berbeda-beda dari uji kualitas air limbah tahu, kualitas air buangan industri tahu berasal dari proses yang digunakan. Jika nilai pH cukup tinggi menunjukkan *whey* yang digunakan masih cukup baru, berasal dari proses sebelumnya sehingga nilai pH tidak terlalu rendah.

3. Perhitungan Unit Pengaduk

Direncanakan

$$T_d = 20 \text{ detik}$$

$$G = 1000 / \text{detik}$$

1 pabrik

$$D_i = 50\% \times \text{Lebar bak} \\ = 0,5 \text{ m}$$

$$W_i = 1/6 * D_i \\ = 0,08 \text{ m}$$

$$D_i/W_i = 6 \text{ (Flat Paddles, 2 blades)}$$

$$K_T = 1,70 \\ = 75\% \times 1,70 \text{ (tanpa sekat)} \\ = 1,275$$

$$\text{Vol} = 1,326 \text{ m}^3$$

$$P = G^2 \times V \times \mu \\ = (1000 / \text{detik})^2 \times 1,326 \text{ m}^3 \times 0,000890 \text{ N s/m}^2 \\ = 1180,14 \text{ watt}$$

$$D_i = (P / (K_T \times n^3 \times \rho)) \\ = 0,5$$

$$D_i/L_b = 0,83$$

$$N_{re} = 1316989 > 10000 \text{ (memenuhi)}$$

2 pabrik

$$D_i = 50\% \times \text{Lebar bak} \\ = 0,6 \text{ m}$$

$$W_i = 1/6 * D_i \\ = 0,1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
Di/Wi &= 6 \text{ (Flat Paddles, 2 blades)} \\
K_T &= 1,70 \\
&= 75\% \times 1,70 \text{ (tanpa sekat)} \\
&= 1,275 \\
Vol &= 2,652 \text{ m}^3 \\
P &= G^2 \times V \times \mu \\
&= (1000/\text{detik})^2 \times 2,652 \text{ m}^3 \times 0,000890 \text{ N s/m}^2 \\
&= 2360,26 \text{ watt} \\
Di &= (P/(K_T \times n^3 \times \rho)) \\
&= 0,964 \\
Di/Lb &= 0,8 \\
Nre &= 1737778 > 10000 \text{ (memenuhi)}
\end{aligned}$$

Pabrik besar

$$\begin{aligned}
Di &= 50\% \times \text{Lebar bak} \\
&= 0,8 \text{ m} \\
Wi &= 1/6 * Di \\
&= 0,133 \text{ m} \\
Di/Wi &= 6 \text{ (Flat Paddles, 2 blades)} \\
K_T &= 1,70 \\
&= 75\% \times 1,70 \text{ (tanpa sekat)} \\
&= 1,275 \\
Vol &= 5 \text{ m}^3 \\
P &= G^2 \times V \times \mu \\
&= (1000/\text{detik})^2 \times 5 \text{ m}^3 \times 0,000890 \text{ N s/m}^2 \\
&= 4450 \text{ watt} \\
Di &= (P/(K_T \times n^3 \times \rho)) \\
&= 0,8 \\
Di/Lb &= 0,68 \\
Nre &= 2239509 > 10000 \text{ (memenuhi)}
\end{aligned}$$

4. Perhitungan Unit Anaerobik Digester

Direncanakan

$$\begin{aligned}
\text{HRT} &= 15 \text{ Hari} \\
\text{Kedalaman air (d)} &= 5 \text{ m}
\end{aligned}$$

Perhitungan

$$\begin{aligned}
\text{Volume efektif} &= Q \times \text{HRT} \\
&= 19,89 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

| | |
|-----------------------|--|
| Volume kubah | = 20 % x total volume digester = 3,978 m ³ |
| Volume total | = 23,868 |
| Luas Alas | = Vol. efektif : kedalaman air = 3,978 m ² |
| D | = $(\sqrt{L.alas/\pi}) \times 2$ = 4,5 m |
| r | = 2,25 m |
| tinggi kubah | = Vol kubah : Luas alas = 1 m |
| Tinggi total digester | = 6 m |

Produksi Lumpur

| | |
|---------------|----------------|
| M.TSS removed | = 308,95 g/hr |
| M.COD removed | = 1898,83 g/hr |
| M.BOD removed | = 1026,32 g/hr |

| | |
|-----------------------|---|
| Pengurasan | = 2 tahun sekali |
| M.lumpur | = lumpur TSS x durasi pengurasan = 225,539 kg/2thn |
| M. kapur | = 7,415 kg/hr |
| Total produksi lumpur | = 5639,06 kg/2thn |

Sesuai grafik faktor reduksi sludge selama penyimpanan 24 bulan, maka nilai lumpur stabilnya adalah sebagai berikut:

| | |
|---------------|---|
| Lumpur stabil | = 84% x produksi lumpur = 4736,8 kg/2thn |
|---------------|---|

Densitas solid (TSS+kapur)

| | |
|---------------|--|
| ss | = 2,65 kg/L |
| f kapur | = 3,34 kg/L |
| % berat SS | = $(ss\ awal/berat\ total) \times 100\%$ = 3,9% |
| % berat kapur | = $(kapur/berat\ total) \times 100\%$ = 96,1% |

| | |
|----------------|--|
| Densitas solid | = $(\rho_{ss} \times \%ss) + (\rho_{kapur} \times \%kapur) 100\%$ = 3,31 kg/L |
|----------------|--|

| | |
|--------------------|-------|
| Lumpur (Solid+air) | |
| Asumsi %air | = 95% |

Massa lumpur = lumpur stabil : 5%
 = 94736,3 kg/2 th
 Densitas lumpur = $\frac{(\rho_{\text{solid}} \cdot \% \text{solid}) + (\rho_{\text{air}} \cdot \% \text{air})}{100\%}$
 = 1,0825 kg/L
 Volume lumpur = $\frac{M_{\text{lumpur}}}{\rho_{\text{lumpur}}}$
 = 2,08 m³
 Diameter Digester = 4,5 m
 Luas alas = 3,978 m²
 H = 0,523 m

Pengurasan dilakukan setiap 2 tahun sekali. Lumpur diambil dari manhole dan selanjutnya dibawa ke unit SDB karena berpotensi untuk dijadikan pupuk.

Produksi Biogas

Untuk menghitung jumlah biogas dari limbah yang diproduksi dapat dengan menggunakan cara menghitung kapasitas limbah yang harus diperhitungkan dengan menggunakan rumus dibawah ini:

Yield coefficient (y) = 0,04 (0,02-0,06)

Endogenous Coefficient (b) = 0,02 (0,01-0,04)

$$P_x = \frac{YQ(S_e - S)(1 \text{ kg}/10^3 \text{ g})}{1 + b(\text{SRT})}$$

$$= 0,076$$

$$V_{\text{CH}_4} = (0,40)[(S_e - S)(Q)(1 \text{ kg}/10^3 \text{ g}) - 1,42P_x]$$

$$= 0,716 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Berikut adalah hasil dari perhitungan biogas pada Tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.8 Hasil perhitungan biogas

| Pabrik | Biogas |
|--------------|--------------------------|
| 1 Pabrik | 0,716 m ³ /hr |
| 2 Pabrik | 1,303 m ³ /hr |
| Pabrik besar | 0,946 m ³ /hr |

Pipa inlet & pipa outlet

$$\begin{aligned} Q_{in} &= 1,326 \text{ m}^3/\text{hr} \\ &= 0,00015 \text{ m}^3/\text{detik} \\ V_{\text{sumsi}} &= 0,3 \text{ m/detik} \\ A_{\text{pipa}} &= \frac{Q_{in}}{V_{\text{pipain}}} \\ &= 0,000051 \text{ m}^2 \\ D_{\text{pipa inlet}} &= \sqrt{\frac{4 \times A_{\text{pipainlet}}}{\pi}} \\ &= 0,008 \text{ m} \\ &= 8 \text{ mm} \\ &= 32 \text{ mm} \\ V_{\text{cek pipa}} &= \frac{Q_{in}}{A_{\text{pipainlet}}} \\ &= 0,16 \text{ m/detik} \\ \text{Pipa outlet} &= \text{pipa inlet} \end{aligned}$$

Pipa gas menggunakan PVC dengan diameter berukuran 32 mm yang dihubungkan ke sebuah media pemurnian gas berupa bak kedap berisi air dan kapur. Selanjutnya dari bak kedap ini pipa gas dihubungkan ke kompor-kompor terdekat. Bak kedap ini berguna untuk mencegah terjadinya ledakan apabila muncul api dan kembali menuju digester, api akan terhambat oleh air. Penambahan kapur berguna untuk mengikat CO₂ yang keluar bersama metana. Sehingga gas yang menuju kompor merupakan murni CH₄.

4.6 Desain Unit Anaerobik Filter

Menurut Sasse (1998), Anaerobic Filter (AF) memiliki kriteria desain sebagai berikut:

| | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Beban Organik | = 4,5 Kg COD/m ³ .Hari |
| HRT di bak pengendap / tangki septik | = 2 jam |
| HRT di Anaerobik Filter | = 1-2 hari |
| BOD Removal | = 70-90 % |
| Rasio SS/BOD | = 0,35-0,45 |

Luas Spesifik Media
Velocity Upflow

= 80-180 m²/m³
= < 2 m/jam

1. Perhitungan unit settler

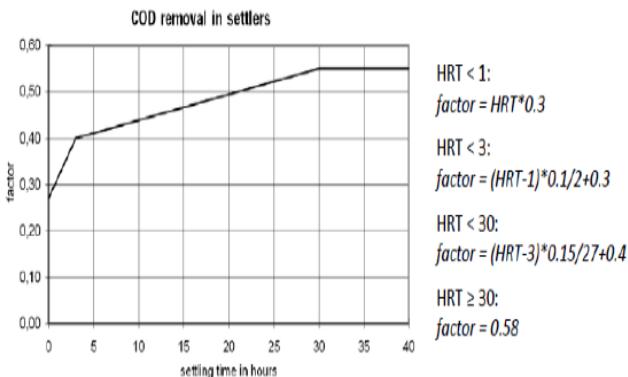
Diketahui:

Qaverage = 1,323 m³/hr
Qpeak = 0,2205 m³/jam (jam operasional 6 jam)
TSS = 233 mg/L
COD = 1432 mg/L
BOD = 774 mg/L

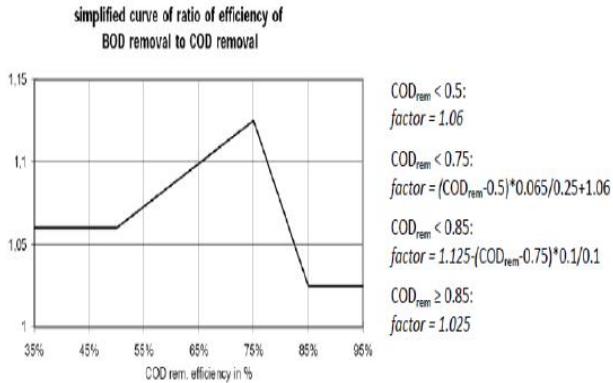
Direncanakan:

HRT = 0,4
Desludging = 2 jam
Lebar dalam = 2,5 m
Kedalaman air = 1 m

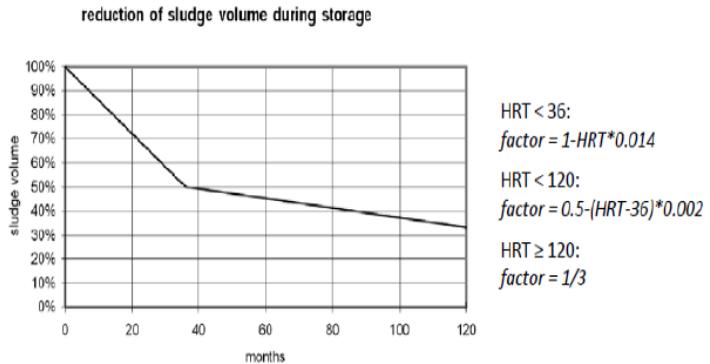
Dalam perencanaan unit settler diperlukan beberapa grafik untuk membantu perhitungan, grafik 4.4-4.7 dapat dilihat dibawah ini:



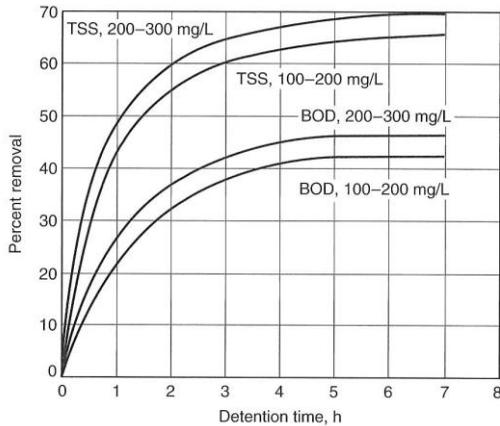
Gambar 4.4 Faktor COD removal dengan nilai HRT



Gambar 4.5 Efisiensi BOD removal dengan COD removal



Gambar 4.6 Faktor reduksi sludge



Gambar 4.7 Removal TSS

f COD removal to HRT = 0,35
 (Gambar 4.4)
 f efficiency BOD removal to COD removal = 1,05
 (Gambar 4.5)
 f reduction of sludge = 0,67
 (Gambar 4.6) ³

Perhitungan:

COD/BOD ratio = 1,85
 COD rem rate = (SS/COD ratio) : 0,6 × f COD rem
 = 0,23
 COD effluent = (1-COD rem rate) × COD in
 = 1097,87 mg/L
 BOD rem rate = f efficiency BOD rem to COD rem ×
 COD rem rate
 = 0,245
 BOD effluent = (1-BOD rem rate) × BOD in
 = 584,37 mg/L

Untuk menghitung efisiensi penurunan TSS, besar removal yang didapat berasal dari grafik Gambar 4.7

TSS rem rate = 0,6

TSS effluent = 93,2 mg/L

Sludge volume:

Sludge volume per BOD removal = $0,005 \times f$ reduction sludge
= 0,0035

BOD removed = BOD influen-BOD effluen
= 189,63 mg/L

Vol. sludge from BOD reduct = $\frac{\text{Vol.Sludge per BOD rem} \times \text{BODrem}}{1000}$

= 0,00064

Volume Sludge = Vol. sludge from BOD reduct \times Desludging \times 30 \times Q
= 0,605 m³

Volume air = HRT \times Q_{peak}
= 0,4425 m³

Volume air + sludge = 1,04 m³

As = 1,04 m³

Freeboard volume = 0,36 m³

Total settler volume = 1,36 m³

Ukuran chamber

P Chamber 1 = (0,67 \times total settler) : (lebar dalam \times d)

= 0,3 m

P chamber 2 = Pchamber 1 : 2

= 0,2 m

As = Lebar dalam \times (Pchamber 1 + Pchamber 2)

= 1,25 m²

Total volume = As \times d

= 1,25 m³

Biogas = (COD_{in}-COD_{eff}) \times Q \times $\frac{0,35}{1000}$

\times 0,7 \times 0,5

= 0,054 m³/ hr

Kualitas effluen setler:

TSS = 93,2 mg/L

$$\text{COD} = 1097,87 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD} = 584,37 \text{ mg/L}$$

Perhitungan unit anaerobik filter

Diketahui:

$$Q = 1323 \text{ L/hari}$$

$$= 1,323 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{\text{peak}} = 0,22 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Direncanakan:

$$\text{HRT} = 24 \text{ jam}$$

$$\text{Kedalaman tangki (d)} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang filter} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar filter} = \text{Lebar settler}$$

$$= 2,5 \text{ m}$$

$$\text{As} = \text{panjang} \times \text{lebar filter}$$

$$= 5 \text{ m}^2$$

$$\text{Jarak filter ke muka air} = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Jarak filter ke dasar} = 0,6 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi penyangga} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi media} = d - \text{Jarak filter ke dasar} - \text{Jarak filter}$$

$$\text{ke muka air} - \text{Tinggi penyangga}$$

$$= 0,95 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah filter} = 1$$

Menggunakan media sarang tawon

$$\text{Spesifik permukaan} = 150 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

$$\text{Pori} = 98\%$$

$$\text{Net volume filter tank} = \text{As} \times \text{Jumlah tangki} \times (d - \text{tinggi}$$

$$\text{Media}(1 - \text{pori}))$$

$$= 39,62$$

$$\text{Organik loading} = \frac{Q \times \text{COD}_{\text{in}} \times 1000}{\text{net volume}}$$

$$= 0,036 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hr}$$

$$V_{\text{up}} = \frac{Q_{\text{peak}}}{\text{As} \times \text{pori}}$$

$$= 0,045 \text{ m/s}$$

$$\text{HLR} = \frac{Q}{\text{As}}$$

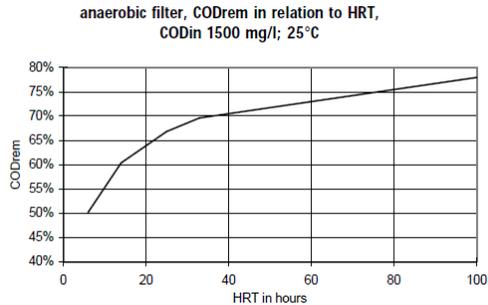
$$= 0,0441 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$$

$$\text{total filter (void)} = \text{HLR} \times Q \times \text{As}$$

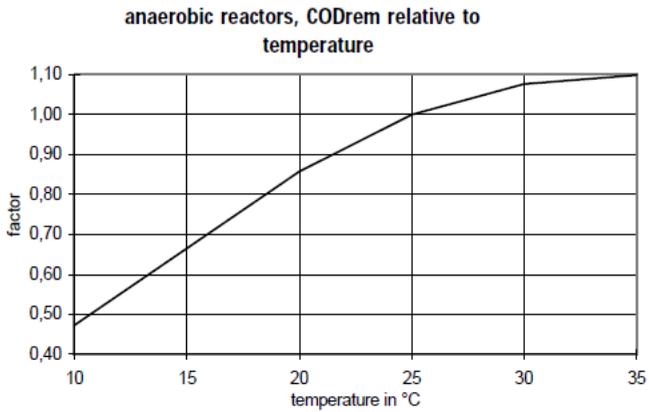
$$= 0,29$$

$$\begin{aligned}
 V \text{ 1 filter(void)} &= \text{tinggi media} \times A_s \\
 &= 1,18 \\
 \text{Cek kebutuhan filter} &= \frac{V \text{ total filter}}{V \text{ 1 filter}} \\
 &= 2 \\
 \text{Jumlah tangki} &= \frac{\text{HRT} \times V \text{ up}}{\text{depth}} \\
 &= 2
 \end{aligned}$$

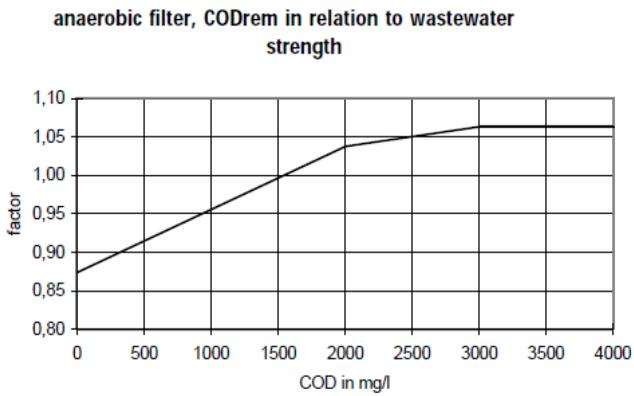
Untuk menentukan nilai COD rem, diperlukan beberapa grafik untuk menentukan nilai faktor yang mempengaruhi nilai COD removal pada unit anaerobik filter. Berikut adalah beberapa grafik yang digunakan yaitu pada Gambar 4.8 – 4.13 dibawah ini.



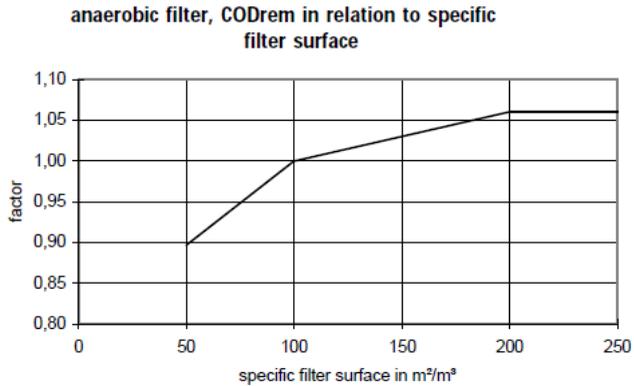
Gambar 4.8 faktor HRT to fCOD removal



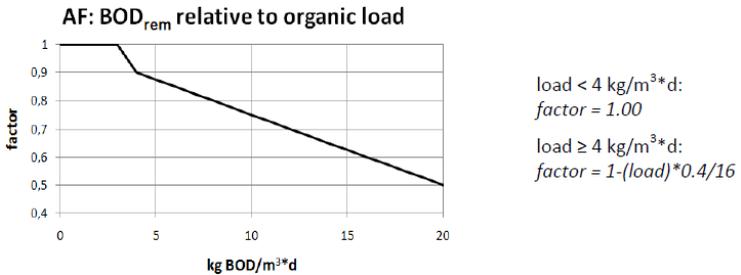
Gambar 4.9 temperatur removal to fCOD removal



Gambar 4.10 CODin to fCOD removal



Gambar 4.11 specific filter surface to fCOD removal



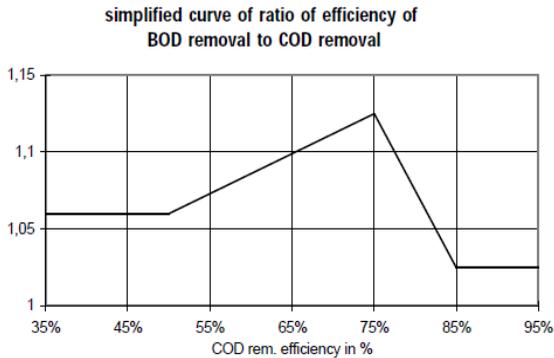
Gambar 4.12 faktor load

Dari grafik diatas akan didapat faktor kalkulasi untuk menentukan COD removal. Hasil dari grafik diatas adalah sebagai berikut:

- f temp = 1,1
- f load = 1
- f strength = 0,97
- f surface = 1,03 (media sarang tawon)
- f HRT = 0,67
- f chamber = 1 + (jumlah tangki x 0,04)

$$\begin{aligned}
 &= 1,08 \\
 \text{COD rem} &= f \text{ temp} \times f \text{ load} \times f \text{ strength} \times f \text{ surface} \times \\
 &\quad f \text{ HRT} \times f \text{ chamber} \\
 &= 79,5\% \\
 \text{COD effluent} &= (1-\text{COD rem}) \times \text{COD in} \\
 &= 224,8 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan nilai BOD removal, maka perlu menentukan nilai f BOD/COD removal menggunakan grafik 4.13 dibawah ini.



Gambar 4.13 faktor BOD removal to COD removal

$$\begin{aligned}
 \text{BOD rem} &= \text{COD rem} \times f \text{ BOD/COD rem} \\
 &= 85,4\% \\
 \text{BOD effluent} &= (1-\text{BODrem}) \times \text{BODin} \\
 &= 84,8 \text{ mg/L} \\
 \text{TSS rem} &= 70\% \\
 \text{TSS effluent} &= (1-\text{TSSrem}) \times \text{TSS in} \\
 &= 27,9 \text{ mg/L} \\
 \text{Biogas} &= (\text{CODin}-\text{CODeff}) \times Q \times \frac{0,35}{1000} \times 0,7 \times 0,5 \\
 &= 0,14 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Total biogas} &= 0,19 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Kualitas efluen:} & \\
 \text{TSS} &= 27,9 \text{ mg/L} \\
 \text{COD} &= 224,8 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD} &= 84,8 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Pipa inlet & pipa outlet

$$Q_{in} = 1,323 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$= 0,000015 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Vasumsi = 0,3 m/detik

$$A_{pipa} = \frac{Q_{in}}{v_{pipainlet}}$$

$$= 0,000051 \text{ m}^2$$

$$D_{pipa \text{ inlet}} = \sqrt{\frac{4 \times A_{pipainlet}}{\pi}}$$

$$= 0,008 \text{ m}$$

$$= 8 \text{ mm}$$

$$= 100 \text{ mm}$$

V cek pipa = $\frac{Q_{in}}{A_{pipainlet}}$

$$= 0,16 \text{ m/detik}$$

Pipa outlet = pipa inlet

Berikut adalah perhitungan total biogas yang diproduksi:

Tabel 4.9 Hasil perhitungan total biogas

| Pabrik | Biogas |
|--------------|--------------------------|
| 1 Pabrik | 0,19 m ³ /hr |
| 2 Pabrik | 0,391 m ³ /hr |
| Pabrik besar | 0,25 m ³ /hr |

4.7 Hasil Perhitungan Unit

Sementara untuk dimensi unit yang direncanakan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.10 dimensi bak netralisasi

| Bak Netralisasi | Panjang (m) | Lebar (m) | Kedalaman (m) |
|-----------------|-------------|-----------|---------------|
| 1 Pabrik | 1,2 | 1,2 | 2 |
| 2 Pabrik | 1,7 | 1,7 | 2 |
| Pabrik besar | 1,6 | 1,6 | 2 |

Tabel 4.11 dimensi anaerobik digester

| Anaerobik digester | Diameter (m) | Kedalaman (m) | Kedalaman ruang lumpur (m) | Jumlah Unit |
|--------------------|--------------|---------------|----------------------------|-------------|
| 1 Pabrik | 4,5 | 5 | 0,52 | 1 |
| 2 Pabrik | 4,5 | 5 | 0,52 | 2 |
| Pabrik besar | 4,3 | 5 | 1,01 | 4 |

Tabel 4.12 dimensi settler

| Settler | Kedalaman (m) | Lebar (m) | Panjang ruang 1 (m) | Panjang ruang 2 (m) |
|--------------|---------------|-----------|---------------------|---------------------|
| 1 Pabrik | 1,2 | 2,5 | 0,3 | 0,2 |
| 2 Pabrik | 1,2 | 2,5 | 0,5 | 0,2 |
| Pabrik besar | 1,2 | 2,5 | 1,2 | 0,6 |

Tabel 4.13 dimensi anaerobik filter

| Anaerobik Filter | Jumlah tangki | kedalaman (m) | Lebar (m) | Panjang tangki (m) |
|------------------|---------------|---------------|-----------|--------------------|
| 1 Pabrik | 2 | 2 | 2,5 | 2 |
| 2 Pabrik | 3 | 2 | 2,5 | 2 |
| Pabrik besar | 6 | 2 | 2,5 | 2 |

Tabel 4.14 kualitas efluen

| pabrik | parameter | | |
|--------------|------------|------------|------------|
| | TSS (mg/L) | COD (mg/L) | BOD (mg/L) |
| 1 Pabrik | 27,96 | 224,79 | 84,79 |
| 2 Pabrik | 27,96 | 192,4 | 66,29 |
| Pabrik besar | 54 | 65,14 | 21,5 |
| Baku Mutu | 100 | 300 | 150 |

Hasil lumpur dari unit akan dibawa untuk pengolahan lanjut menggunakan unit SDB dikarenakan di Kota Kediri belum terdapat pengolahan lumpur yang sesuai. Endapan lumpur hasil fermentasi limbah cair pabrik tahu berpotensi untuk dijadikan pupuk kompos. (Suhailah *et al.*, 2018). Dikarenakan IPLT di Kota Kediri tidak berfungsi optimal pada tahun 2019, maka perlu direncanakan unit untuk mengolah lumpur hasil olahan limbah tahu. Berikut adalah perhitungan unit SDB yang dibutuhkan:

| | |
|----------------------------|---|
| Q lumpur | = 2,68 m ³ /hr |
| Rencana jumlah bak | = 5 |
| Rencana waktu pengurasan | = 10 hari |
| Rencana tebal cake | = 0,3 m |
| Luas permukaan | = (Qlumpur x td)/(jumlah bak x kedalaman bak) |
| | = 17,9 m ² |
| Lebar bed | = 3 m |
| Panjang bed | = luas permukaan/ lebar bed rencana |
| | = 5,97 m |
| Luas lahan yang diperlukan | = luas permukaan x rencana jumlah bak |
| | = 89,62 m ² |

4.8 Perhitungan Mass Balance

Mass Balance 1 Pabrik unit anaerobik digester

| | |
|-------------------|-------------|
| TSS _{in} | = 466 mg/L |
| COD _{in} | = 2864 mg/L |
| BOD _{in} | = 1548 mg/L |

Efisiensi removal dari anaerobik digester:

| | |
|--------------------|-------|
| TSS _{rem} | = 50% |
| COD _{rem} | = 50% |
| BOD _{rem} | = 50% |

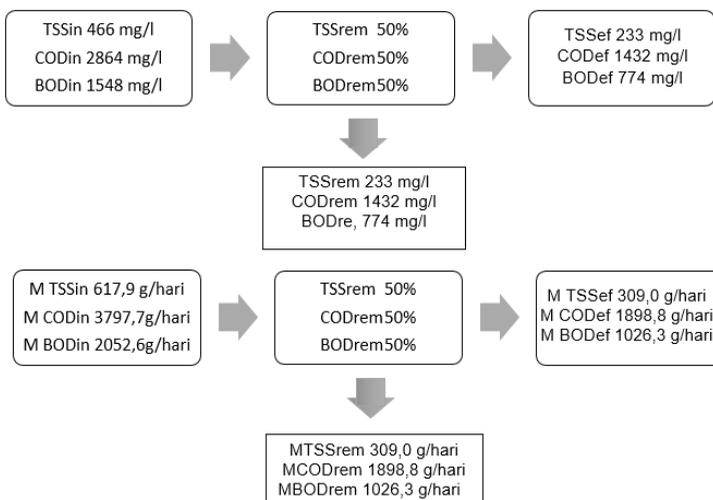
(Polprasert, 2007)

TSSEff = 233 mg/L
 CODEff = 1432 mg/L
 BODEff = 774 mg/L

M.TSSin = 617,9 g/hr
 M.CODin = 3797,66 g/hr
 M.BODin = 2052,65 g/hr

M.TSSrem = M TSSin x efisiensi removal
 = 308,95 g/hr
 M.CODrem = M CODin x efisiensi removal
 = 1898,83 g/hr
 M.BODrem = M BODin x efisiensi removal
 = 1026,32 g/hr

M.TSSEff = 308,95 g/hr
 M.CODEff = 1898,83 g/hr
 M.BODEff = 1026,32 g/hr



Gambar 4.14 Mass Balance Unit Anaerobik Digester 1 Pabrik

**unit anaerobik biofilter
kompartemen**

| | |
|-------|-------------|
| TSSin | = 233 mg/L |
| CODin | = 1432 mg/L |
| BODin | = 774 mg/L |

Efisiensi removal dari anaerobik digester:

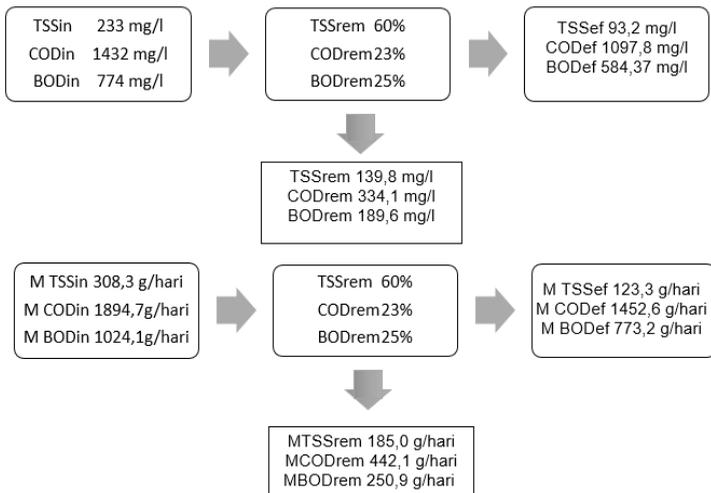
| | |
|--------|---------|
| TSSrem | = 60% |
| CODrem | = 23% |
| BODrem | = 24,5% |

| | |
|--------|----------------|
| TSSeff | = 93,2 mg/L |
| CODeff | = 1097,86 mg/L |
| BODeff | = 584,37 mg/L |

| | |
|---------|----------------|
| M.TSSin | = 308,29 g/hr |
| M.CODin | = 1894,74 g/hr |
| M.BODin | = 1024,11 g/hr |

| | |
|----------|---|
| M.TSSrem | = M TSSin x efisiensi removal = 184,97 g/hr |
| M.CODrem | = M CODin x efisiensi removal = 442,107 g/hr |
| M.BODrem | = M BODin x efisiensi removal = 250,90 g/hr |

| | |
|----------|----------------|
| M.TSSeff | = 123,31 g/hr |
| M.CODeff | = 1452,63 g/hr |
| M.BODeff | = 773,20 g/hr |



Gambar 4.15 Mass Balance Unit Anaerobik Filter (settler) 1 Pabrik

Unit AF

TSSin = 93,2 mg/L
 CODin = 1097,86 mg/L
 BODin = 584,37 mg/L

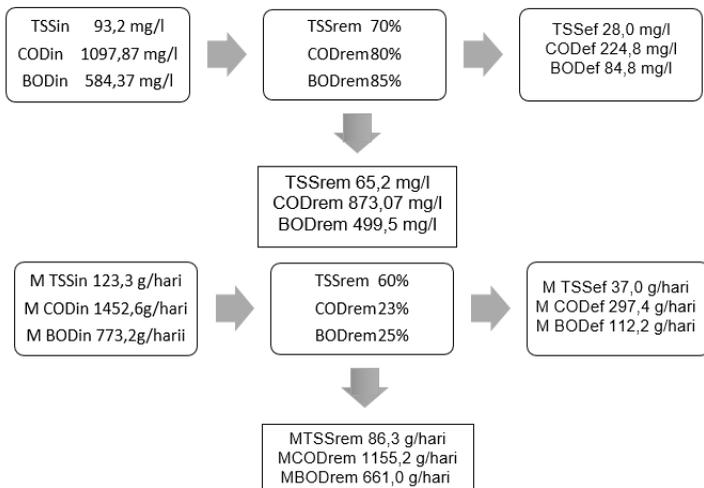
Efisiensi removal dari anaerobik digester:

TSSrem = 70%
 CODrem = 80%
 BODrem = 85%

TSSeff = 27,96 mg/L
 CODeff = 224,79 mg/L
 BODeff = 84,79 mg/L

M.TSSin = 123,31 g/hr
 M.CODin = 1452,63 g/hr
 M.BODin = 773,2 g/hr

$$\begin{aligned}
 M.TSSrem &= M TSSin \times \text{efisiensi removal} \\
 &= 86,32 \text{ g/hr} \\
 M.CODrem &= M CODin \times \text{efisiensi removal} \\
 &= 1155,20 \text{ g/hr} \\
 M.BODrem &= M BODin \times \text{efisiensi removal} \\
 &= 661,004 \text{ g/hr} \\
 \\
 M.TSSeff &= 36,99 \text{ g/hr} \\
 M.CODeff &= 297,443 \text{ g/hr} \\
 M.BODeff &= 112,2 \text{ g/hr}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.16 Mass Balance Unit Anaerobik Filter 1 Pabrik

Mass Balance Pabrik besar unit anaerobik digester

$$\begin{aligned}
 TSSin &= 900 \text{ mg/L} \\
 CODin &= 990 \text{ mg/L} \\
 BODin &= 520 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Efisiensi removal dari anaerobik digester:

$$TSSrem = 50\%$$

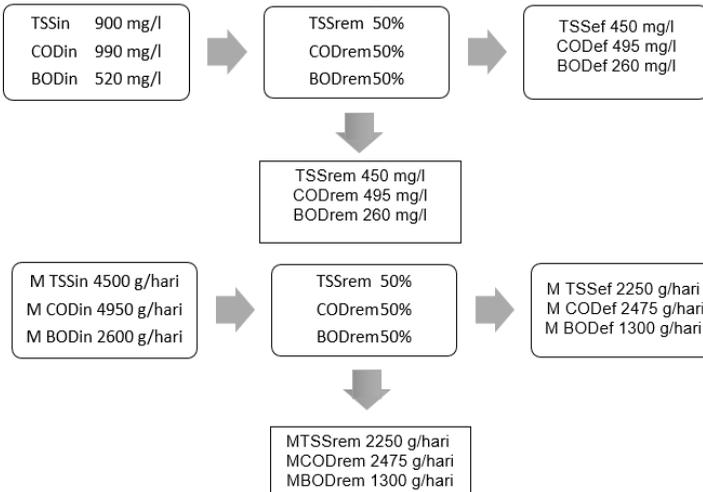
CODrem = 50%
 BODrem = 50%

TSSeff = 450 mg/L
 CODeff = 495 mg/L
 BODeff = 260 mg/L

M.TSSin = 4500 g/hr
 M.CODin = 4950 g/hr
 M.BODin = 2600 g/hr

M.TSSrem = M TSSin x efisiensi removal
 = 2250 g/hr
 M.CODrem = M CODin x efisiensi removal
 = 2475 g/hr
 M.BODrem = M BODin x efisiensi removal
 = 1300 g/hr

M.TSSeff = 2250 g/hr
 M.CODeff = 2475 g/hr
 M.BODeff = 1300 g/hr



Gambar 4.17 Mass Balance Unit Anaerobik Digester Pabrik Besar

**unit anaerobik biofilter
kompartemen**

| | |
|-------------------|------------|
| TSS _{in} | = 450 mg/L |
| COD _{in} | = 495 mg/L |
| BOD _{in} | = 260 mg/L |

Efisiensi removal dari anaerobik digester:

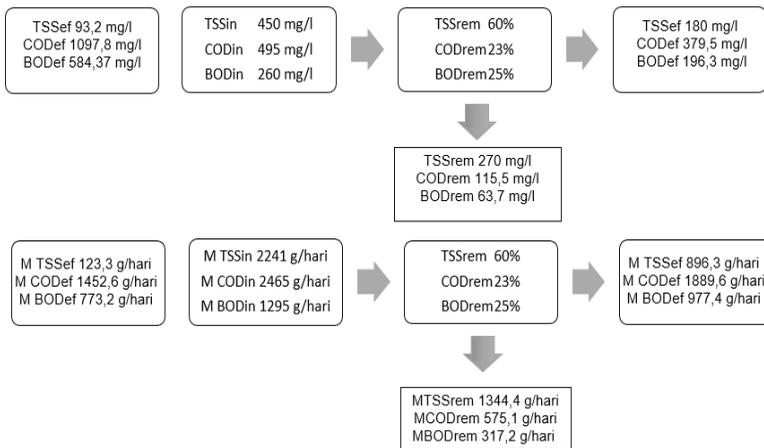
| | |
|--------------------|---------|
| TSS _{rem} | = 60% |
| COD _{rem} | = 23% |
| BOD _{rem} | = 24,5% |

| | |
|--------------------|--------------|
| TSS _{eff} | = 180 mg/L |
| COD _{eff} | = 379,5 mg/L |
| BOD _{eff} | = 196,3 mg/L |

| | |
|---------------------|-------------|
| M.TSS _{in} | = 2241 g/hr |
| M.COD _{in} | = 2465g/hr |
| M.BOD _{in} | = 1295 g/hr |

| | |
|----------------------|---|
| M.TSS _{rem} | = M TSS _{in} x efisiensi removal = 1344,38 g/hr |
| M.COD _{rem} | = M COD _{in} x efisiensi removal = 579,09 g/hr |
| M.BOD _{rem} | = M BOD _{in} x efisiensi removal = 317,17 g/hr |

| | |
|----------------------|----------------|
| M.TSS _{eff} | = 896,25 g/hr |
| M.COD _{eff} | = 1889,61 g/hr |
| M.BOD _{eff} | = 977,41 g/hr |



Gambar 4.18 Mass Balance Unit Anaerobik Filter (settler) Pabrik Besar

Unit AF

TSSin = 180 mg/L
 CODin = 379,5 mg/L
 BODin = 196,3 mg/L

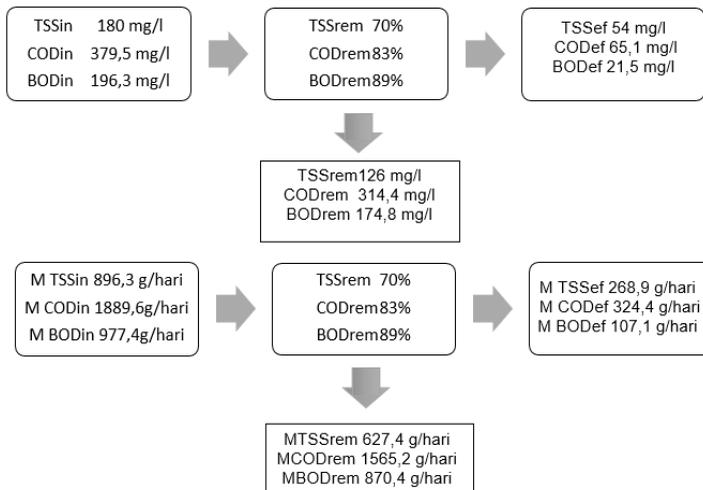
Efisiensi removal dari anaerobik digester:

TSSrem = 70%
 CODrem = 83%
 BODrem = 89%

TSSeff = 54 mg/L
 CODeff = 65,14 mg/L
 BODeff = 21,5 mg/L

M.TSSin = 896 g/hr
 M.CODin = 1890 g/hr
 M.BODin = 21,5 g/hr

$$\begin{aligned}
 M.TSSrem &= M TSSin \times \text{efisiensi removal} \\
 &= 627,38 \text{ g/hr} \\
 M.CODrem &= M CODin \times \text{efisiensi removal} \\
 &= 1565,24 \text{ g/hr} \\
 M.BODrem &= M BODin \times \text{efisiensi removal} \\
 &= 879,35 \text{ g/hr} \\
 \\
 M.TSSeff &= 269,87 \text{ g/hr} \\
 M.CODeff &= 324,36 \text{ g/hr} \\
 M.BODeff &= 107,06 \text{ g/hr}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.19 Mass Balance Unit Anaerobik Filter Pabrik Besar

Mass Balance 2 Pabrik unit anaerobik digester

$$\begin{aligned}
 TSSin &= 466 \text{ mg/L} \\
 CODin &= 2864 \text{ mg/L} \\
 BODin &= 1548 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Efisiensi removal dari anaerobik digester:

$$\begin{aligned}
 TSSrem &= 50\% \\
 CODrem &= 50\% \\
 BODrem &= 50\%
 \end{aligned}$$

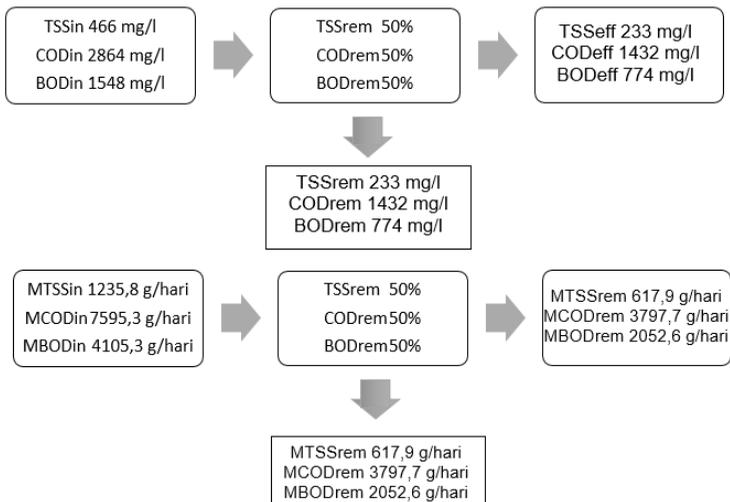
(Polprasert, 2007)

TSSEff = 233 mg/L
CODEff = 1432 mg/L
BODEff = 774 mg/L

M.TSSin = 1235,832 g/hr
M.CODin = 7595,32 g/hr
M.BODin = 4105,29 g/hr

M.TSSrem = M TSSin x efisiensi removal
= 617,91 g/hr
M.CODrem = M CODin x efisiensi removal
= 3797,66 g/hr
M.BODrem = M BODin x efisiensi removal
= 2052,648 g/hr

M.TSSEff = 617,91 g/hr
M.CODEff = 3797,66 g/hr
M.BODEff = 2052,648 g/hr



Gambar 4.20 Mass Balance Unit Anaerobik Digester 2 Pabrik

**unit anaerobik biofilter
kompartemen**

| | |
|-------------------|-------------|
| TSS _{in} | = 233 mg/L |
| COD _{in} | = 1432 mg/L |
| BOD _{in} | = 774 mg/L |

Efisiensi removal dari anaerobik digester:

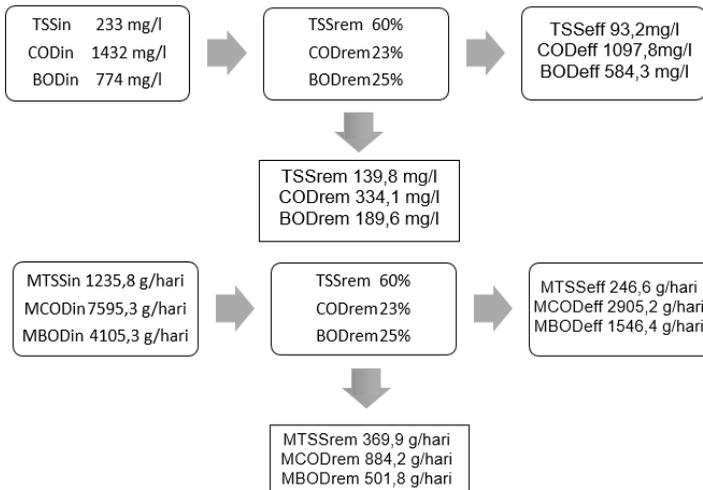
| | |
|--------------------|---------|
| TSS _{rem} | = 60% |
| COD _{rem} | = 23% |
| BOD _{rem} | = 24,5% |

| | |
|--------------------|----------------|
| TSS _{eff} | = 93,2 mg/L |
| COD _{eff} | = 1097,86 mg/L |
| BOD _{eff} | = 584,37 mg/L |

| | |
|---------------------|--------------|
| M.TSS _{in} | = 616,6 g/hr |
| M.COD _{in} | = 3789 g/hr |
| M.BOD _{in} | = 2048 g/hr |

| | |
|----------------------|---|
| M.TSS _{rem} | = M TSS _{in} x efisiensi removal |
| | = 369,95 g/hr |
| M.COD _{rem} | = M COD _{in} x efisiensi removal |
| | = 884,21 g/hr |
| M.BOD _{rem} | = M BOD _{in} x efisiensi removal |
| | = 501,81 g/hr |

| | |
|----------------------|----------------|
| M.TSS _{eff} | = 246,63 g/hr |
| M.COD _{eff} | = 2905,27 g/hr |
| M.BOD _{eff} | = 1546,41 g/hr |



Gambar 4.21 Mass Balance Unit Anaerobik Filter (settler) 2 Pabrik

Unit AF

TSSin = 93,2 mg/L
 CODin = 1097,86 mg/L
 BODin = 584,37 mg/L

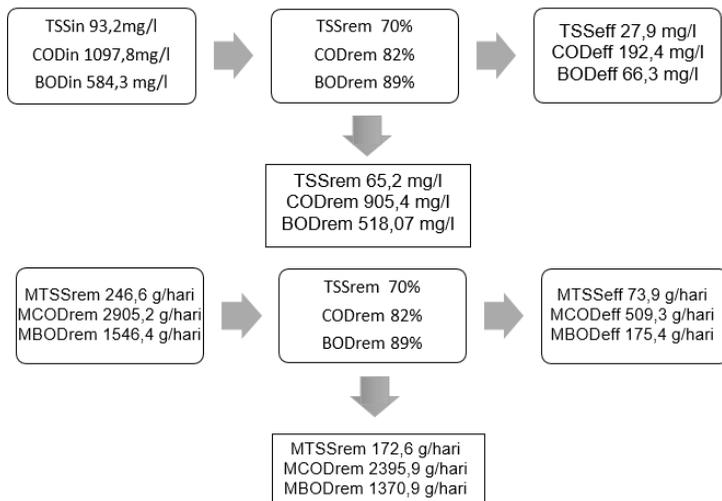
Efisiensi removal dari anaerobik digester:

TSSrem = 70%
 CODrem = 82%
 BODrem = 88%

TSSeff = 27,96 mg/L
 CODEff = 192,45 mg/L
 BODEff = 66,29 mg/L

M.TSSin = 246,6 g/hr
 M.CODin = 2905,3 g/hr
 M.BODin = 1546,4 g/hr

$$\begin{aligned}
 M.TSSrem &= M TSSin \times \text{efisiensi removal} \\
 &= 172,64 \text{ g/hr} \\
 M.CODrem &= M CODin \times \text{efisiensi removal} \\
 &= 2395,97 \text{ g/hr} \\
 M.BODrem &= M BODin \times \text{efisiensi removal} \\
 &= 1370,97 \text{ g/hr} \\
 \\
 M.TSSeff &= 72,9 \text{ g/hr} \\
 M.CODEff &= 509,3 \text{ g/hr} \\
 M.BODEff &= 175,4 \text{ g/hr}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.22 Mass Balance Unit Anaerobik Filter 2 Pabrik

4.9 Profil Hidrolis

Profil hidrolis dihitung untuk menentukan tinggi permukaan air pada setiap unit. *headloss* karena kecepatan

aliran di unit IPAL ditentukan berdasarkan persamaan Darcy-Weisbach untuk bangunan *open channel*.

$$Hf = f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g}$$

headloss dalam media *filter* ditentukan berdasarkan persamaan Carman Kozeny

$$\frac{Hf}{L} = \frac{150\mu (1-\epsilon)^2}{\phi^2 D^2 \epsilon^3} v_s$$

Sementara untuk *headloss* belokan merupakan kehilangan tekanan akibat turbulensi aliran yang dipengaruhi oleh belokan

$$Hf = \left(\frac{v \cdot n}{1,48 R^{2/3}} \right)^2 \cdot L$$

Berikut adalah perhitungan profil hidrolis

4.6.1 Bak Netralisasi

Headloss Kecepatan

| | |
|--------------------------|----------------|
| Panjang (b) | = 1,2 m |
| Tinggi (y) | = 2 m |
| Kecepatan aliran (v) | = 0,1 m/s |
| Percepatan gravitasi (g) | = 0,98 m/s |
| Jari-jari Hidrolis | = 0,46153846 |
| Koefisien kekasaran | = 0,2992289 |
| Panjang aliran (L) | = 1,2 m |
| Headloss (hf) | = 0,00002030 m |

Outlet

$$P = \rho \times g \times h = 1000 \times 9,8 \times 2 = 19600$$

$$\frac{P}{\gamma} + z = \frac{19600}{102,04} + 7,4 = 199,4 \text{ m}$$

Inlet anaerobik digester

$$= \rho \times g \times h = 1000 \times 9,8 \times 2$$

$$\frac{P}{\gamma} + z + \frac{v^2}{2g} = 19600$$

$$= \frac{19600}{102,04} + 5,2 + \frac{0,1^2}{2 \times 9,8}$$

$$= 197,3 \text{ m}$$

4.6.2 Anaerobik Digester

Headloss Kecepatan

| | |
|--------------------------|----------------|
| Diameter | = 4,50222875 m |
| Tinggi (y) | = 5 m |
| Kecepatan aliran (v) | = 0,3 m/s |
| Percepatan gravitasi (g) | = 0,98 m/s |
| Jari-jari Hidrolis (R) | = 1,55225408 m |
| Koefisien kekasaran (f) | = 0,03013059 m |
| Panjang aliran (L) | = 4,50222875 m |
| Headloss (hf) | = 0,00232154 m |

4.6.4 Settler

Kompartemen 1

Headloss Kecepatan

| | |
|--------------------------|----------------|
| Panjang (b) | = 0,5 m |
| Tinggi (y) | = 1,2 m |
| Kecepatan aliran (v) | = 0,3 m/s |
| Percepatan gravitasi (g) | = 0,98 m/s |
| Jari-jari Hidrolis (R) | = 0,20689655 m |
| Koefisien kekasaran (f) | = 0,0298744 m |
| Panjang aliran (L) | = 0,5 m |
| Headloss (hf) | = 0,00003407 m |

Kompartemen 2

Headloss Kecepatan

| | |
|--------------------------|----------------|
| Panjang (b) | = 0,3 m |
| Tinggi (y) | = 1,2 m |
| Kecepatan aliran (v) | = 0,3 m/s |
| Percepatan gravitasi (g) | = 0,98 m/s |
| Jari-jari Hidrolis (R) | = 0,13333333 m |
| Koefisien kekasaran (f) | = 0,02986039 m |
| Panjang aliran (L) | = 0,3 m |

| | |
|-----------------------------|----------------|
| Headloss (hf) | = 0,00001317 m |
| Headloss Belokan | |
| Panjang Belokan (L) | = 1,2 m |
| Jari jari Hidrolis (R) | = 0,13333333 m |
| Kecepatan aliran | = 0,3 m/s |
| Koefisiensi kekasaran beton | = 0,014 |
| Headloss (hf) | = 0,073991 |

4.6.5 Anaerobik Filter

Headloss jatuhan

| | |
|-----------------------------|----------------|
| Lebar (b) | = 2,5 m |
| Tinggi (y) | = 2 m |
| Kecepatan aliran | = 0,3 m/s |
| Koefisiensi kekasaran beton | = 0,014 |
| Percepatan gravitasi | = 0,98 m/s |
| Jari jari hidrolis | = 0,76923077 |
| Headloss (hf) | = 0,01191801 m |

Headloss kecepatan

| | |
|---|----------------|
| Panjang (b) | = 2 m |
| Tinggi (y) | = 0,6 m |
| Kecepatan aliran (v) | = 0,3 m/s |
| Percepatan gravitasi (g) | = 0,98 m/s |
| Jari-jari Hidrolis (R) | = 0,375 m |
| Koefisien kekasaran (f) | = 0,02990641 m |
| Panjang aliran (L) | = 2 m |
| Headloss (hf) = $f \times L \times R \times v^2 / 2g$ | = 0,00024729 m |

Headloss media

| | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| Tinggi bed media (L) | = 0,95 m |
| Faktor Bentuk (ϕ) | = 0,78 |
| Diameter rongga | = 0,02 m |
| Viskositas Kinematis (μ) | = 8×10^{-7} kg/m.s |
| Porositas Media (ϵ) | = 0,98 |
| Kecepatan Aliran (V) | = 0,3 m/s |
| Headloss (hf) | = 0,00006161 m |

Headloss kecepatan

| | |
|-------------|---------|
| Panjang (b) | = 2 m |
| Tinggi (y) | = 0,4 m |

| | |
|--------------------------|----------------|
| Kecepatan aliran (v) | = 0,3 m/s |
| Percepatan gravitasi (g) | = 0,98 m/s |
| Jari-jari Hidrolis (R) | = 0,28571429 m |
| Koefisien kekasaran (f) | = 0,02988941 m |
| Panjang aliran (L) | = 2 m |
| Headloss (hf) | = 0,00018830 m |

Headloss belokan

| | |
|-----------------------------|----------------|
| panjang belokan (L) | = 0,2 m |
| jari jari hidrolis (R) | = 0,02988941 m |
| kecepatan aliran | = 0,98 m/s 88 |
| koefisiensi kekasaran beton | = 0,014 |
| headloss (hf) | = 0,29582012 m |

dari perhitungan diatas kemudian dimasukkan ke dalam perhitungan headloss dibawah ini dengan ketinggian muka air sekitar +80,85. Berikut adalah hasil perhitungan pada Tabel 4.15

Tabel 4.15 Profil Hidrolis

| Unit Bangunan | Headloss (m) | Muka Air (m) |
|--------------------|--------------|--------------|
| Bak netralisasi | | 80,850 |
| | 0,00002030 | 80,850 |
| Anaerobik digester | | 80,850 |
| | 0,00232154 | 80,848 |
| Anaerobik filter | | 80,848 |
| settler1 | 0,00003407 | 80,848 |
| settler2 | 0,00001317 | |
| | 0,073990998 | 80,774 |
| kompartemen | 0,01191801 | |
| | 0,00024729 | |
| | 0,00006161 | |
| | 0,00018830 | |
| | 0,295820118 | 80,465 |
| muka air akhir | | 80,465 |

4.10 Standard Operation Procedure (SOP)

Pada subbab ini akan dibahas mengenai SOP dari setiap unit IPAL, SOP ini disusun untuk mempermudah pengoperasian hingga pengawasan dalam menggunakan IPAL. Berikut adalah SOP dari setiap unit

SOP bak netralisasi:

1. Pemeriksaan debit inlet setiap hari.
2. Penambahan kapur sesuai dosis dari jar-test.
3. Pemeriksaan COD, BOD, TSS, dan pH pada inlet dan outlet unit 3 bulan sekali.
4. Dilakukan pengadukan menggunakan paddle selama 20 detik setelah ditambahkan kapur.

SOP anaerobik digester:

1. Pemeriksaan COD, BOD, TSS, dan pH pada inlet dan outlet unit anaerobik digester, dilaksanakan 3 bulan sekali.
2. pH merupakan faktor penting untuk menjaga terjadinya proses anaerobik berjalan optimal. Untuk menjaga pH agar dalam range 6,5-7,2 maka perlu ditambahkan kapur setiap harinya pada bak netralisasi
3. Mengukur debit masuk dan debit keluar setiap hari.
4. Pengecekan pipa gas untuk menghindari kebocoran dapat dilihat pada bagian SOP pengecekan gas.
5. Pengurasan lumpur dilakukan 2 tahun sekali.
6. Jangan menyalakan api di sekitar unit biogas.

SOP anaerobik filter:

1. Pengolahan pada unit sebelumnya dan kompartemen unit 1 dan 2 perlu diperhatikan untuk menghindari padatan masuk ke dalam filter.
2. Pengecekan secara berkala air limbah hasil olahan 3 bulan sekali
3. Mengukur debit masuk dan keluar setiap hari.

4. Jika debit yang keluar sedikit, kemungkinan akibat dari efisiensi filter berkurang.
5. Ketika efisiensi filter berkurang, maka perlu dilakukan pembersihan media. Pembersihan dilakukan dengan cara mengeluarkan media filter secara manual dan kemudian mencuci media tersebut.
6. Ketinggian air dalam unit harus mencakup media filter setidaknya 0,3 m untuk menjamin aliran dalam filter.

SOP pengecekan gas:

1. Buka valve penghubung biogas, lalu cek apak terdapat bau tak sedap (seperti bau kentut).
2. Jika tidak, nyalakan kompor, apabila api dan stabil berwarna biru maka biogas yang terbentuk sudah baik.
3. Jika api berwarna merah dan belum stabil, maka biogas belum layak untuk digunakan.
4. Jika telah selesai memasak, tutup valve terlebih dahulu maka api akan perlahan padam.

4.11 *Bill of Quantity* dan Rencana Anggaran Biaya

Pembangunan IPAL memerlukan perhitungan untuk biaya investasi yang akan dihitung dalam subbab ini. Perhitungan rencana anggaran biaya dilakukan menggunakan HSPK Kabupaten Kediri 2019 dan HSPBJ Kota Kediri 2019. Namun, selain biaya investasi diperlukan pula perhitungan biaya perawatan dan biaya pengoperasian dikarenakan kebutuhan perlengkapan seperti kapur untuk menaikkan pH, pembersihan media sarang tawon dan juga pengurusan lumpur. Berikut adalah perhitungan BOQ dan RAB untuk 1 pabrik kecil pada Tabel 4.16. Sementara untuk total biaya untuk 2 pabrik dan pabrik besar pada Tabel 4.17. Lalu untuk perhitungan biaya perawatan dan pengoperasian dapat dilihat pada Tabel 4.18 dan Tabel 4.19.

Tabel 4.16 BOQ dan RAB Kontruksi

| uraian kegiatan | kebutuhan | koef | satuan | harga satuan | harga |
|-----------------------------------|-----------|-------|--------|--------------|-------------|
| pembuatan bouwplank | | | | | |
| upah | | | | | |
| mandor | | 0,005 | O.H | Rp110.920 | Rp555 |
| kepala tukang | | 0,01 | O.H | Rp103.560 | Rp1.036 |
| tukang | | 0,1 | O.H | Rp88.720 | Rp8.872 |
| pembantu tukang | | 0,1 | O.H | Rp66.630 | Rp6.663 |
| bahan | | | | | |
| paku biasa | | 0,02 | doz | Rp13.750 | Rp275 |
| kayu meranti usuk 4/6, 5/7 | | 0,012 | m3 | Rp10.335.940 | Rp124.031 |
| kayu bekisting | | 0,007 | m3 | Rp5.512.500 | Rp38.588 |
| jumlah | | | | | Rp180.019 |
| | 47 | | titik | | |
| jumlah total | | | | | Rp8.460.892 |
| pengukuran & pemasangan bouwplank | | | | | |
| upah | | | | | |
| mandor | | 0,005 | O.H | Rp110.920 | Rp555 |
| kepala tukang | | 0,01 | O.H | Rp103.560 | Rp1.036 |
| tukang | | 0,1 | O.H | Rp88.720 | Rp8.872 |
| pembantu tukang | | 0,1 | O.H | Rp66.630 | Rp6.663 |
| bahan | | | | | |
| paku biasa | | 0,02 | doz | Rp13.750 | Rp275 |
| kayu meranti usuk 4/6, 5/7 | | 0,012 | m3 | Rp10.335.940 | Rp124.031 |
| kayu bekisting | | 0,007 | m3 | Rp5.512.500 | Rp38.588 |
| jumlah | | | | | Rp180.019 |

| uraian kegiatan | kebutuhan | koef | satuan | harga satuan | harga |
|--|-----------|-------|--------|--------------|-------------|
| | 47 | | titik | | |
| jumlah total | | | | | Rp8.460.892 |
| pembersihan lapangan ringan & perataan | | | | | |
| upah | | | | | |
| mandor | | 0,05 | O. H | Rp110.920 | Rp5.546 |
| pembantu tukang | | 0,1 | O. H | Rp66.630 | Rp6.663 |
| jumlah | | | | | Rp12.209 |
| | 33,9 | | m2 | | |
| jumlah total | | | | | Rp413.839 |
| Pembuangan 1 m3 tanah sejauh 30 meter | | | | | |
| upah | | | | | |
| mandor | | 0,025 | O. H | Rp110.920 | Rp2.773 |
| pembantu tukang | | 0,75 | O. H | Rp66.630 | Rp49.973 |
| jumlah | | | | | Rp52.746 |
| | 46,2 | | m3 | | |
| jumlah total | | | | | Rp2.436.842 |
| Penggalian tanah biasa sedalam 1m | | | | | |
| upah | | | | | |
| mandor | | 0,025 | O. H | Rp110.920 | Rp2.773 |
| pembantu tukang | | 0,75 | O. H | Rp66.630 | Rp49.973 |
| jumlah | | | | | Rp52.746 |
| | 46,2 | | m3 | | |
| jumlah total | | | | | Rp2.436.842 |
| Pengurugan kembali 1 m3 galian tanah Tanah Biasa Sedalam 1 M | | | | | |
| upah | | | | | |

| uraian kegiatan | kebutuhan | koef | satuan | harga satuan | harga |
|---|-----------|-------|--------|--------------|--------------|
| mandor | | 0,025 | O. H | Rp110.920 | Rp2.773 |
| pembantu tukang | | 0,25 | O. H | Rp66.630 | Rp16.658 |
| jumlah | | | | | Rp19.431 |
| | 15,4 | | m3 | | |
| jumlah total | | | | | Rp299.230 |
| STRUKTUR UTAMA | | | | | |
| Pemasangan 1 m3 pondasi batu belah campuran 1SP : 5PP | | | | | |
| upah | | | | | |
| Mandor | | 0,075 | O. H | Rp110.920 | Rp8.319 |
| kepala tukang Batu | | 0,075 | O. H | Rp103.560 | Rp7.767 |
| Tukang Batu | | 0,75 | O. H | Rp88.720 | Rp66.540 |
| Pembantu Tukang | | 1,5 | O. H | Rp66.630 | Rp99.945 |
| bahan | | | | | |
| Semen Portland | | 136 | Kg | Rp1.187 | Rp161.488 |
| Pasir Pasang | | 0,544 | m3 | Rp220.500 | Rp119.952 |
| Batu Kali Pecah 15/20 cm | | 1,2 | m3 | Rp272.880 | Rp327.456 |
| jumlah | | | | | Rp791.467 |
| | 33,9 | | m3 | | |
| jumlah total | | | | | Rp26.827.778 |
| pekerjaan beton k-225 | | | | | |
| upah | | | | | |
| Mandor | | 0,083 | O. H | Rp75.000 | Rp6.225 |
| kepala tukang Batu | | 0,028 | O. H | Rp90.000 | Rp2.520 |
| Tukang Batu | | 0,275 | O. H | Rp110.920 | Rp30.503 |
| Pembantu Tukang | | 1,65 | O. H | Rp66.630 | Rp109.940 |

| uraian kegiatan | kebutuhan | koef | satuan | harga satuan | harga |
|-----------------------------------|-----------|--------------------|---------|--------------|--------------|
| bahan | | | | | |
| Semen Portland | | 371 | Kg | Rp1.187 | Rp440.377 |
| pasir beton | | 0,49 8571 | m3 | Rp174.200 | Rp86.851 |
| Batu pecah mesin 1/2 cm | | 0,77 5556 | m3 | Rp290.300 | Rp225.144 |
| Air kerja | | 215 | liter | Rp5 | Rp1.075 |
| jumlah | | | | | Rp902.634 |
| | 24,5 | | m3 | | |
| jumlah total | | | | | Rp22.079.206 |
| pekerjaan beton k-250 | | | | | |
| upah | | | | | |
| Pekerja | | 1,65 | O. H | Rp75.000 | Rp123.750 |
| Tukang Batu | | 0,27 5 | O. H | Rp90.000 | Rp24.750 |
| Kepala Tukang | | 0,02 8 | O. H | Rp92.500 | Rp2.590 |
| Mandor | | 0,08 3 | O. H | Rp108.800 | Rp9.030 |
| bahan | | | | | |
| Semen portland | | 384 | Kg | Rp1.187 | Rp455.967 |
| Pasir Beton | | 0,49 4285 71 | m3 | Rp174.200 | Rp86.105 |
| Batu Pecah uk.0,5-1 | | 0,76 9629 63 | m3 | Rp290.300 | Rp223.423 |
| Air | | 215 | liter | Rp5 | Rp1.075 |
| jumlah | | | | | Rp926.691 |
| | 6,4 | | m3 | | |
| jumlah total | | | | | Rp5.892.364 |
| Pekerjaan Bekisting untuk dinding | | | | | |
| upah | | | | | |
| Pekerja | | 0,66 | O. H | Rp75.000 | Rp49.500 |

| uraian kegiatan | kebutuhan | koef | satuan | harga satuan | harga |
|------------------------------|-----------|-----------|----------------|--------------|-------------|
| Tukang kayu | | 0,33 | O. H | Rp90.000 | Rp29.700 |
| Kepala tukang | | 0,03 3 | O. H | Rp92.500 | Rp3.053 |
| Mandor | | 0,03 3 | O. H | Rp108.800 | Rp3.590 |
| bahan | | | | | |
| Kayu Meranti, balok | | 0,03 | m3 | Rp4.855.250 | Rp145.658 |
| Paku biasa | | 0,4 | kg | Rp13.750 | Rp5.500 |
| Minyak bekisting | | 0,2 | Lit er | Rp7.500 | Rp1.500 |
| Kayu Kamper | | 0,02 | m3 | Rp8.971.600 | Rp179.432 |
| Plywood 6 mm | | 0,35 | Lb r | Rp82.350 | Rp28.823 |
| Dolken kayu Ø 8-10/400 cm | | 3 | Ba tan g | Rp24.300 | Rp72.900 |
| jumlah | | | | | Rp519.655 |
| | 8,3 | | m2 | | |
| jumlah total | | | | | Rp4.337.040 |
| Pekerjaan Bekisting Lantai | | | | | |
| upah | | | | | |
| Pekerja | | 0,66 | O. H | Rp75.000 | Rp49.500 |
| Tukang kayu | | 0,33 | O. H | Rp90.000 | Rp29.700 |
| Kepala tukang | | 0,03 3 | O. H | Rp92.500 | Rp3.053 |
| Mandor | | 0,03 3 | O. H | Rp108.800 | Rp3.590 |
| bahan | | | | | |
| Kayu Meranti, balok | | 0,04 | m3 | Rp4.855.250 | Rp194.210 |
| Paku biasa | | 0,4 | kg | Rp13.750 | Rp5.500 |
| Minyak bekisting | | 0,2 | Lit er | Rp7.500 | Rp1.500 |
| Kayu Kamper | | 0,01 5 | m3 | Rp8.971.600 | Rp134.574 |
| Plywood 6 mm | | 0,35 | Lb r | Rp82.350 | Rp28.823 |

| uraian kegiatan | kebutuhan | koef | satuan | harga satuan | harga |
|-----------------------------------|-----------|------|--------|--------------|---------------|
| Dolken kayu Ø 8-10/400 cm | | 6 | Batang | Rp24.300 | Rp145.800 |
| jumlah | | | | | Rp510.407 |
| | 6,8 | | m2 | | |
| jumlah total | | | | | Rp3.460.173 |
| PEKERJAAN FINISHING | | | | | |
| Pemasangan Akseoris | | | | | |
| bahan | | | | | |
| media sarang tawon | | 2 | set | Rp60.000 | Rp120.000 |
| | | 4,75 | m3 | Rp10.555.556 | Rp21.111.111 |
| Pemasangan Pipa | | | | | |
| pipa PVC 4" | | 5 | m | Rp213.560 | Rp213.560 |
| Pipa PVC Ø 150mm (penyalur udara) | | 2 | buah | Rp5.190 | Rp5.190 |
| elbow | | 5 | buah | Rp1.000 | Rp1.000 |
| tee | | 2 | buah | Rp780 | Rp780 |
| total | | | | | Rp106.556.740 |

Tabel 4.17 RAB total

| Pabrik | Investasi |
|----------------|---------------|
| 1 Pabrik kecil | Rp106.556.740 |
| 2 Pabrik kecil | Rp169.055.161 |
| Pabrik Besar | Rp314.803.489 |

Tabel 4.18 Biaya Pengoperasian

| 1 Pabrik kecil | Jumlah | Satuan | Harga satuan | Harga |
|-----------------|------------|----------|--------------|--------------|
| CaO mesh powder | 244,720929 | kg/bulan | Rp5.000 | Rp 1.223.605 |
| operator | 1 | orang | Rp800.000 | Rp 800.000 |
| total | | | | Rp 2.023.605 |
| 2 Pabrik kecil | | | | |
| CaO mesh powder | 195,15921 | kg/bulan | Rp5.000 | Rp 975.796 |
| operator | 1 | orang | Rp800.000 | Rp 800.000 |
| total | | | | Rp 1.775.796 |
| Pabrik besar | | | | |
| CaO mesh powder | 2,42855 | kg/bulan | Rp5.000 | Rp 12.143 |
| operator | 1 | orang | Rp800.000 | Rp 800.000 |
| total | | | | Rp 812.143 |

Tabel 4.19 Biaya Perawatan

| Biaya Perawatan | Jumlah | Satuan | Harga satuan | Harga |
|-------------------------|--------|--------|--------------|--------------|
| pengurusan lumpur/2 thn | 1 | kali | Rp500.000 | Rp 500.000 |
| pembersihan media | 1 | kali | Rp100.000 | Rp 100.000 |
| uji kualitas efluen | 6 | sampel | Rp1.102.500 | Rp 6.615.000 |
| total | | | | Rp 7.215.000 |

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari perencanaan dalam menyelesaikan permasalahan air limbah industri di Kota Kediri, unit yang digunakan adalah anaerobik digester dan anaerobik filter.

1. Untuk 1 pabrik tahu dibutuhkan 1 unit anaerobic digester dengan diameter 4,5 m dan kedalaman 5 m, dan dibutuhkan dimensi settler dengan panjang ruang 1 dan ruang 2 adalah 0,3 m dan 0,2 m dimensi anaerobik filter yang dibutuhkan adalah dengan lebar dan panjang adalah 2,5 m dan 2 m, jumlah tangki 2 unit. Sementara untuk 2 pabrik tahu dibutuhkan 2 unit anaerobik digester dengan diameter 4,5 m dan kedalaman 5 m, dan dibutuhkan dimensi settler dengan panjang ruang 1 dan ruang 2 adalah 0,5 m dan 0,2 m, dimensi anaerobik filter yang dibutuhkan adalah dengan lebar 2,5 m dan panjang 2 m, jumlah tangki 3 unit. Lalu untuk pabrik besar dibutuhkan 4 unit anaerobik digester dengan diameter 4,3 m dan kedalaman 5 m, dan dibutuhkan dimensi settler dengan panjang ruang 1 dan ruang 2 adalah 1,2 m dan 0,6 m, dimensi anaerobik filter yang dibutuhkan adalah dengan lebar 2,5 m dan panjang 2 m, jumlah tangki 6 unit.
2. SOP IPAL dapat dilihat pada halaman 85 hingga 86.
3. Total biaya investasi untuk 1 pabrik kecil dan 2 pabrik kecil adalah Rp100.768.783 dan Rp169.055.161, sementara untuk pabrik besar biaya yang dibutuhkan adalah Rp314.803.489.

5.2 Saran

Hasil dari perencanaan ini masih memiliki saran yang dapat membantu keberlangsungan dalam pengoperasian IPAL:

1. Perlunya ada pembangunan unit pengolahan lumpur untuk mengolah dan memanfaatkan lumpur hasil olahan air limbah industri tahu.

2. Kerjasama dengan pemerintah dalam pembangunan, pengoperasian, dan perawatan unit IPAL.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, U. 2006. **Kinerja Sistem Lumpur Aktif pada Pengolahan Limbah Cair Laundry**. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Adack, J. 2013. "Dampak Pencemaran Limbah Pabrik Tahu Terhadap Lingkungan Hidup". *Lex Administratum* 1, 03: 78-87.
- Anonim. 2004. **SNI 06-6989.3-2004 Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (*Total Suspended Solid*, TSS) Secara Gravimetri**. Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. 2004. **SNI 06-6989.11-2004 Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan Alat pH Meter**. Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. 2004. **SNI 06-6989.15-2004 Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (KOK) Refluks Terbuka dengan Refluks Terbuka Secara Titrimetri**. Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. 2009. **SNI 6989.72:2009 Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemical Oxygen Demand*/ BOD)**. Badan Standarisasi Nasional.
- BPPT. 1997. **Teknologi Pengolahan Limbah Tahu-Tempe Dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob**. <http://www.enviro.bppt.go.id/-Kel-1/>
- Dwi, R. P. 2015. **Analisis Efisiensi, Nilai Tambah, Saluran Pemasaran serta Strategi Pengembangan pada Agroindustri Tahu Takwa di Kota Kediri**. Tugas Akhir. Universitas Jember.
- EMDI-Bapedal. 1994. **Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia**. Sumber Pengendalian dan Baku Mutu. EMDI-BAPEDAL.

- Endri, N.E. 2009. **Evaluasi Kinerja Penanganan Limbah Cair Tahu Kita CV Kitagama**. Skripsi. TPHP Teknologi Pertanian Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Faisal, M., Maulana, F., Gani, A., dan Daimon, H. 2015. "Physical and Chemical Properties of Wastewater Discharged from Tofu Industries in Banda Aceh City, Indonesia". **Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences** 6, 04: 1053-1058.
- Fardiaz, S. 1992. **Polusi Air dan Udara**. PT Kanisius. Yogyakarta.
- Gede Sudaryanti N L. 2007. **Pemanfaatan Sedimen Perairan Tercemar Sebagai Bahan Lumpur Aktif dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. Laporan Penelitian**. Universitas Udayana Bali.
- Hamid, A., dan Mohammad R. 2014. "Perbandingan Desain Ipal Proses Attached Growth Anaerobic Filter dengan Suspended Growth Anaerobic Baffled Reactor untuk Pusat Pertokoan di Kota Surabaya". **Jurnal Teknik Pomits** 3, 02: D 85-D 88.
- Hardjosuprpto, Moh. Masduki. 2000. **Penyaluran Air Buangan (PAB) Volume II. Bandung** : ITB
- Herlambang. 2002. **Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu**. Jakarta: Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan dan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah Samarinda
- Hermawan, L. 2015. "Strategi Diversifikasi Produk Pangan Olahan Tahu Khas Kota Kediri". **Jurnal Ilmiah Bisnis dan Ekonomi Asia** 9, 02: 26-32.
- Husin, A. 2003. **Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Biji Kalor (Moringa Olcifera Seeds) Sebagai Koagulan**. Laporan Penelitian Dosen Muda, Fakultas Teknik USU.
- Kaswinarni, F. 2007. **Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu Studi Kasus Industri Tahu Tandang Semarang, Sederhana Kendal dan Gagak Sipat Boyolali**. Tesis. Universitas Diponegoro.

- Kurnianingsih, O. 2017. **Alternatif Pengolahan Limbah di Sekitar Sungai Jumleng Surakarta**. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Lisa, D., Syarifuddin, dan Winarni, R. 2018. "Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Metode Gabungan Aerasi dan Adsorpsi dalam Menurunkan Kadar Bod, Cod dan Tss di Industri Tahu Pela Mampan Kecamatan Mampang Prapatan-Jakarta Selatan". **Jurnal Teknologi dan Seni Kesehatan** 09, 01: 44-50.
- Lisnasari, S. F. 1995. **Pemanfaatan Gulma Air (Aquatic Weeds) Sebagai Upaya Pengolahan Limbah Cair Industri Pembuatan Tahu**. Thesis. Program Pasca Sarjana USU Medan.
- Metcalf and Eddy, Inc.,. 1981. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse** : Mc Graw Hill. Inc., New York.
- Morel, A. ; Diener, S. 2006. **Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of Different Treatment Systems for Households or Neighborhoods**. Duebendorf: Swiss Federal Institute of Aquatic Science, Departemen
- Nuriswanto. 1995. **Rekayasa Pengolahan Air Limbah Industri Kecil Tempe**. Balai Informasi dan Penelitian Industri Pangan. Surabaya.
- Pohan, N. 2008. **Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Proses Biofilter Aerobik**. Tesis. Universitas Sumatera Utara.
- Potter, C., Soepardi, M., dan Gani, A. 1994. **Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia serta Sumber Pengendalian dan Baku Mutu**. EMDI Bappedal. Surakarta.
- PUPR. 2018. <http://eproduklitbang.pu.go.id/ipal-limbah-tahu/>. Diakses pada tanggal 5 Maret 2019.
- Republik Indonesia. 2010. **Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri**. Jakarta.
- Ruhmawati, T. Sukandar, D. Karmini, M., Roni S. R. 2017. "Penurunan Kadar Total Suspended Solid (TSS) Air

Limbah Pabrik Tahu dengan Metode Fitoremediasi”.
Jurnal Permukiman 12, 1: 25-32.

- Saenab, S., Mimien, H. I. A. M., Rohman, F., Novia, A. A. 2018. **Pemanfaatan Limbah Cair Industri Tahu Sebagai Pupuk Organik Cair (POC) Guna Mendukung Program Lorong Garden (Longgar) Kota Makassar: 3 – 7.** Gowa, 9 April 2018: Seminar Nasional Megabiodiversitas Indonesia.
- Said, N.I. 2000. “Pengolahan Air Limbah dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob”. **Jurnal Teknologi Lingkungan** 1,2.
- Sasse, L BORDA (Editor). 1998. **DEWATS. Decentralized Wastewater Treatment in Developing Countries.** Bremen: Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA)
- Sasse, L. BORDA (Editor). 2009. **DEWATS. Decentralized Wastewater Treatment in Developing Countries.** Bremen: Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA)
- Singh., Shirish., Haberl, R., Moog, O., Raj R., Shrestha, P., dan Shrestha, R. 2009. “Performance of an Anaerobic Baffled Reactor and Hybrid Constructed Wetland Treating High-Strength Wastewater in Nepal—A Model for DEWATS”. **Ecological Engineering** 35, 5: 54-60.
- Subekti, S. 2011. **Pengolahan Limbah Cair Tahu menjadi Biogas sebagai Bahan Bakar Alternatif:** 61 – 66. Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang 2011: Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-2.
- Sujarwo, A. 2004. **Aplikasi Teknologi Pengolahan Limbah Cair. Pelatihan Dasar Teknologi Tepat Guna Pengolahan Limbah Cair.** Pusteklim, Yogyakarta, 7-16 Juni 2004.
- Sri, Y.K. dan Samsudin, R. 2014. “Pengkajian Pelaksanaan dan Pengembangan Kapasitas Pengolahan Limbah Padat Dan Limbah Cair Di Bandara Sultan Thaha-Jambi”. **Warta Ardhia Jurnal Perhubungan Udara** 4, 3: 189-202.

- Rahadi, B., Wirosuedarmo, R., dan Harera, A. 2018. "Sistem Anaerobik-Aerobik pada Pengolahan Limbah Industri Tahu untuk Menurunkan Kadar BOD, COD, dan TSS". **Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan**: 17-26.
- Reynold. 1996. **Unit Operations and Processes in Environmental Engineering**. PWS Publishing Company.
- Tay, J. H. 1990. **Biological Treatment of Soya Bean Waste**. *Journal Water Science and Technology* 22, 9: 141-147.
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., dan Zurbrügg, C. 2014. **Compendium of Sanitation Systems and Technologies**. 2nd Revised Edition
- Tchobanoglous, G., Franklin, B., dan David, S. 1981. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse Second Edition**. USA: Mcgraw Hill Companies Inc.
- Wagiman. 2007. "Identifikasi Potensi Produksi Biogas dari Limbah Cair Tahu dengan Reaktor *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB)". **Jurnal Bioteknologi** 4, 2: 41-45.
- Wira, I. G. A. K., Nur, M. C., dan Rahayu, E. S. 2015. **Modifikasi Pengolahan Limbah Cair Tahu di Cv Kitagama secara Anaerobik**. 2015: Seminar Nasional Prodi Biologi F. MIPA UNHI.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 1 GAMBAR DOKUMENTASI



pengolahan

Proses perendaman kedelai sebelum dilakukan proses



Tahu yang telah mengalami proses pencetakan dan siap dipotong



Proses pencetakan kedelai menjadi tahu



Proses perebusan kedelai



Proses penyaringan kedelai



Bak penampung air bersih untuk proses produksi



Letak badan air dan bak penampung air limbah



Air limbah tahu hasil dari proses penyaringan dan pemasakan



IPAL yang pernah dibangun di sekitar sentra pabrik Tinalan

**PEMERINTAH
KOTA KEDIRI**



**RENCANA TATA RUANG WILAYAH (RTRW)
KOTA KEDIRI**

TAHUN 2010 - 2030

**PETA BATAS ADMINISTRASI
KOTA KEDIRI
TAHUN 2009**

LEGENDA

BATAS WILAYAH

Batas Kota

Batas Kecamatan

Batas Kelurahan

PEMUBUKUAN

Jalan Kiblat

Jalan Lintas

Jalan Unggulan

Jalan Secepat

Jalan Kemis Aji

PERUBAHAN

Sungai dan Sungai Muatman

WILAYAH ADMINISTRASI

Kecamatan Nogosari

Kecamatan Kota

Kecamatan Pesantren

WALIKOTA KEDIRI

RETNA PRATI KOTA KEDIRI

H. Darnal Akbar

H. Imam Satrio Purwanto

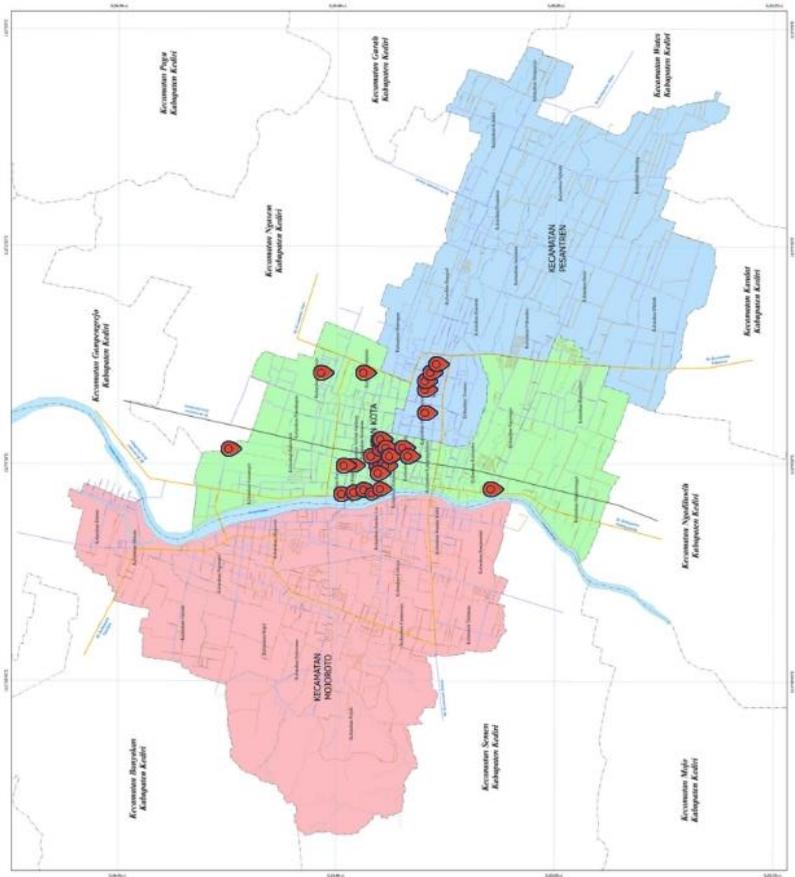
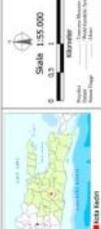
NOMOR PETA : 2

SUMBER PETA :

1. RTRW Kota Kediri

2. RTRW Kabupaten Kediri

3. Hasil Survei



LAMPIRAN 3
HARGA SATUAN POKOK PEKERJAAN

| | | | |
|--|-------|--------|--------------|
| uraian kegiatan | koef | satuan | harga |
| pembuatan bouwplank | | titik | |
| upah | | | |
| mandor | 0,005 | O.H | Rp110.920 |
| kepala tukang | 0,01 | O.H | Rp103.560 |
| tukang | 0,1 | O.H | Rp88.720 |
| pembantu tukang | 0,1 | O.H | Rp66.630 |
| bahan | | | |
| paku biasa | 0,02 | doz | Rp13.750 |
| kayu meranti usuk 4/6, 5/7 | 0,012 | m3 | Rp10.335.940 |
| kayu bekisting | 0,007 | m3 | Rp5.512.500 |
| jumlah | | | |
| pengukuran & pemasangan bouwplank | | titik | |
| upah | | | |
| mandor | 0,005 | O.H | Rp110.920 |
| kepala tukang | 0,01 | O.H | Rp103.560 |
| tukang | 0,1 | O.H | Rp88.720 |
| pembantu tukang | 0,1 | O.H | Rp66.630 |
| bahan | | | |
| paku biasa | 0,02 | doz | Rp13.750 |
| kayu meranti usuk 4/6, 5/7 | 0,012 | m3 | Rp10.335.940 |
| kayu bekisting | 0,007 | m3 | Rp5.512.500 |
| uraian kegiatan | koef | satuan | harga |
| jumlah | | | |
| pembersihan lapangan ringan & perataan | | m2 | |
| upah | | | |
| mandor | 0,05 | O.H | Rp110.920 |

| | | | |
|---|--------|--------|-----------|
| pembantu tukang | 0,1 | O.H | Rp66.630 |
| jumlah | | | |
| Pembuangan 1 m3 tanah sejauh 30 meter | 0,0000 | m3 | |
| upah | | | |
| mandor | 0,025 | O.H | Rp110.920 |
| pembantu tukang | 0,75 | O.H | Rp66.630 |
| jumlah | | | |
| Penggalian tanah biasa sedalam 1m | 0,0000 | m3 | |
| upah | | | |
| mandor | 0,025 | O.H | Rp110.920 |
| pembantu tukang | 0,75 | O.H | Rp66.630 |
| jumlah | | | |
| Pengurangan kembali 1 m3 galian tanah Tanah Biasa Sedalam 1 M | 0 | m3 | |
| upah | | m3 | |
| mandor | 0,025 | O.H | Rp110.920 |
| pembantu tukang | 0,25 | O.H | Rp66.630 |
| jumlah | | | |
| STRUKTUR UTAMA | | | |
| uraian kegiatan | koef | satuan | harga |
| Pemasangan 1 m3 pondasi batu belah campuran 1SP : 5PP | | m3 | |
| upah | | | |
| Mandor | 0,075 | O.H | Rp110.920 |
| kepala tukang Batu | 0,075 | O.H | Rp103.560 |
| Tukang Batu | 0,75 | O.H | Rp88.720 |
| Pembantu Tukang | 1,5 | O.H | Rp66.630 |
| bahan | | | |

| | | | |
|--------------------------|-------------|--------|-----------|
| Semen Portland | 136 | Kg | Rp1.187 |
| Pasir Pasang | 0,544 | m3 | Rp220.500 |
| Batu Kali Pecah 15/20 cm | 1,2 | m3 | Rp272.880 |
| jumlah | | | |
| pekerjaan beton k-225 | | m3 | |
| upah | | | |
| Mandor | 0,083 | O.H | Rp75.000 |
| kepala tukang Batu | 0,028 | O.H | Rp90.000 |
| Tukang Batu | 0,275 | O.H | Rp110.920 |
| Pembantu Tukang | 1,65 | O.H | Rp66.630 |
| bahan | | | |
| Semen Portland | 371 | Kg | Rp1.187 |
| pasir beton | 0,498571 | m3 | Rp174.200 |
| Batu pecah mesin 1/2 cm | 0,775556 | m3 | Rp290.300 |
| Air kerja | 215 | liter | Rp5 |
| jumlah | | | |
| pekerjaan beton k-250 | | m3 | |
| uraian kegiatan | koef | satuan | harga |
| upah | | | |
| Pekerja | 1,65 | O.H | Rp75.000 |
| Tukang Batu | 0,275 | O.H | Rp90.000 |
| Kepala Tukang | 0,028 | O.H | Rp92.500 |
| Mandor | 0,083 | O.H | Rp108.800 |
| bahan | | | |
| Semen portland | 384 | Kg | Rp1.187 |
| Pasir Beton | 0,494285714 | m3 | Rp174.200 |
| Batu Pecah uk.0,5-1 | 0,76962963 | m3 | Rp290.300 |
| Air | 215 | liter | Rp5 |
| jumlah | | | |

| | | | |
|-----------------------------------|-------|--------|-------------|
| Pekerjaan Bekisting untuk dinding | | m2 | |
| upah | | | |
| Pekerja | 0,66 | O.H | Rp75.000 |
| Tukang kayu | 0,33 | O.H | Rp90.000 |
| Kepala tukang | 0,033 | O.H | Rp92.500 |
| Mandor | 0,033 | O.H | Rp108.800 |
| bahan | | | |
| Kayu Meranti, balok | 0,03 | m3 | Rp4.855.250 |
| Paku biasa | 0,4 | kg | Rp13.750 |
| Minyak bekisting | 0,2 | Liter | Rp7.500 |
| Kayu Kamper | 0,02 | m3 | Rp8.971.600 |
| Plywood 6 mm | 0,35 | Lbr | Rp82.350 |
| uraian kegiatan | koef | satuan | harga |
| Dolken kayu Ø 8-10/400 cm | 3 | Batang | Rp24.300 |
| jumlah | | | |
| Pekerjaan Bekisting Lantai | | m2 | |
| upah | | | |
| Pekerja | 0,66 | O.H | Rp75.000 |
| Tukang kayu | 0,33 | O.H | Rp90.000 |
| Kepala tukang | 0,033 | O.H | Rp92.500 |
| Mandor | 0,033 | O.H | Rp108.800 |
| bahan | | | |
| Kayu Meranti, balok | 0,04 | m3 | Rp4.855.250 |
| Paku biasa | 0,4 | kg | Rp13.750 |
| Minyak bekisting | 0,2 | Liter | Rp7.500 |
| Kayu Kamper | 0,015 | m3 | Rp8.971.600 |
| Plywood 6 mm | 0,35 | Lbr | Rp82.350 |
| Dolken kayu Ø 8-10/400 cm | 6 | Batang | Rp24.300 |
| jumlah | | | |

| | | | |
|-----------------------------------|--|----------|--------------|
| PEKERJAAN FINISHING | | | |
| Pemasangan Akseoris | | | |
| bahan | | | |
| media sarang tawon | | set | Rp60.000 |
| | | m3 | Rp10.555.556 |
| Pemasangan Pipa | | | |
| pipa PVC 4" | | m | Rp213.560 |
| Pipa PVC Ø 150mm (penyalur udara) | | buah | Rp5.190 |
| elbow | | buah | Rp1.000 |
| tee | | buah | Rp780 |
| total | | | |
| Biaya Pengoperasian | | | |
| CaO mesh powder | | kg/bulan | Rp5.000 |
| operator | | orang | Rp800.000 |
| total | | | |
| Biaya Perawatan | | | |
| pengurasan lumpur/2 thn | | kali | Rp500.000 |
| pembersihan media | | kali | Rp100.000 |
| uji kualitas efluen | | sampel | Rp1.102.500 |
| total | | | |

BIOGRAFI PENULIS



Penulis berasal dari Kota Kediri yang lahir pada tanggal 02 Mei 1997. Penulis kemudian memulai pendidikannya di TK Bhayangkari 42 Kota Kediri setelah itu melanjutkan di SD Negeri Banjaran 4 Kota Kediri. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Kediri, setelah lulus penulis melanjutkan pendidikannya di SMA Negeri 2 Kota Kediri. Pada tahun 2015 penulis berhasil memasuki jurusan teknik

lingkungan ITS Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, serta memiliki NRP 0321154000062. Penulis aktif di HMTL menjadi wakil ketua TL Games 2015, staff divisi Seni dan Olahraga, kemudian menjadi ketua divisi Seni dan Olahraga. Selain itu penulis juga aktif di kegiatan HMTL seperti menjadi koordinator perlengkapan wisuda 115, koordinator acara malam seni dll. Penulis juga aktif dalam kegiatan basket HMTL dan kegiatan fakultas atau institut lainnya. Penulis dapat dihubungi melalui email lolytasativa@gmail.com



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN-ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

KTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2018/2019

Kode/SKS : RE141581 (06/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Hari, tanggal : Selasa, 7 Mei 2019
Pukul : 14.00-15.00
Lokasi : TL-102
Judul : PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU DI KOTA KEDIRI

Nilai TOEFL : 477

Nama : LOLYTA SATIVA GAVIDIKNAS
NRP. : 0321154000062
Topik : PERENCANAAN

Tanda Tangan

LOLYTA SATIVA G

| No./Hal. | Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir |
|----------|---|
| 1. | Tabel rekap data pabrik tahu yg berisi, Dairi Limba, Dimensi, Unit dll. |
| 2. | Tabel alternatif pengolahan sbbvt lebih kuantitatif. |
| 3. | Dalit y pabrik kecil, besar - |
| 4. | buat summary y ketiga jenis pabrik |
| 5. | Foto: table berhub. dg foto |
| 6. | Bayangan lumpur di digestor, bgnan. |
| 7. | badan air dimana. |
| 8. | Perbaiki SDP. |

27/5

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir
2. Tidak dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D.

()



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : LOLYTA RATIVA G.
NRP : 03211510000062
Judul : Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Tahu di Kota Kediri

| No | Tanggal | Keterangan Kegiatan / Pembahasan | Paraf |
|----|----------|--|-------|
| 1 | | <ul style="list-style-type: none">- alternatif satu diolah di lahan- alternatif dua bisa diolah di mangrove mangrove biologis jadi satu- cari unit yg bisa ditanam, mungkin bisa jadi 3 paket → satu unit- untuk 3 sub-perencanaan, 3 alternatif pengolahan. | T |
| 2 | 15.04.19 | <ul style="list-style-type: none">- saat menggunakan data penelitian- depan rumah SPAL menggunakan house inlet- untuk pabrik yg besar menggunakan IAL dg lahan dan pabrik- untuk alternatif rumahan kecil SPAL dan besar non SPAL- yg kecil rumahan lahan. | T |
| 3 | | <ul style="list-style-type: none">- cari biopfilter package- SPAL diganti dengan pengelompokan.- CaO mengendap? (gula bioplot?) | T |
| 4 | | hitung pompa dan unit SDB (prelim) | T |

Surabaya,
Dosen Pembimbing



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Lalyta Selwa G.
NRP : 03211190000062
Judul : _____

| No | Tanggal | Keterangan Kegiatan / Pembahasan | Paraf |
|----|----------|--|-------|
| 5 | 22/01/19 | - Cek pembubunan kapur dan kemurnian kapur - ubah debit pipa dan debit anaerobik digester | |
| 6 | 25/01/19 | - HSPK dicampur kab dan kota. - Anitena BOG STAB | |

Surabaya,
Dosen Pembimbing



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948888, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Jumat, 05-Jul-19
Pukul : 07.00-09.00 WIB
Lokasi : TL-102
Judul : Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Tahu di Kota Kediri

Nilai TOEFL 477

Nama : Lotya Sativa Gavidiknas
NRP. : 0321154000062
Topik : Perencanaan

Tanda Tangan

| No./Hal. | Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir |
|----------|---|
| 1/ | Tambahkan grease trap & pengolahan ml |
| 2/ | Mass balance |
| 3/ | Letak manhole. |
| 4/ | Celi vol. bangunan pd BOR |
| 5/ | Kesimpulan |
| 6/ | Bagaimana menyalurkan air Buw mengalir & anaerobic digester ke ABR → pipa effluen di letakkan di bag atas? |
| 7/ | Pengadukan & netralisasi → hitung |
| 8/ | Bagaimana menaruhlekan APP 2 unit. |
| 9/ | netralisasi, berpencaran pt anaerobic filter? → kapurings. |

ir 27/7 19

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistansi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:
1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing
Ipung Fitri Purwanti, S.T, M.T, Ph.D



FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : LOLYTA SATIVA GAULDIKMAS
NRP : 0321154000062
Judul Tugas Akhir : PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI TAMI DI KOTA KEPRI

| No | Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02) | Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman) |
|----|---|---|
| 1. | terambahkan mass balance | |
| 2. | perbaikan telak manhole | |
| 3. | cek vol bangunan pada BOD | |
| 4. | Kesimpulan | |
| 5. | Bagaimana memastikan air mengalir dari anaerobik digester ke ABK. | |
| 6. | Pengadukan di netalisasi (hitung rpm, kebutuhan paddle) | |
| 7. | Bagaimana menentukan Anaerobic biofilter menjadi 2 unit. | |
| 8. | Netalisasi apakah berpengaruh di anaerobic filter. | |

Dosen Pembimbing,

Irana J. K.

Mahasiswa Ybs.,

Lolyta Sativa G.