



**TUGAS AKHIR - RE141581**

**PERENCANAAN IPAL *PORTABLE* DENGAN UNIT  
PENGOLAHAN ANAEROBIC BIOFILTER DAN  
AEROBIC BIOFILTER UNTUK KEGIATAN USAHA  
BAKERY DI KOTA SURABAYA**

**BIMA KRIDA PAMUNGKAS  
NRP 3311 100 012**

**Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.**

**Co-Pembimbing  
Ir. Didik Bambang S, M.T.**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015**



**FINAL PROJECT - RE141581**

**DESIGN OF A PORTABLE WASTEWATER  
TREATMENT PLANT USING ANAEROBIC  
BIOFILTER AND AEROBIC BIOFILTER UNITS  
FOR BAKERY INDUSTRIES IN SURABAYA**

**BIMA KRIDA PAMUNGKAS  
NRP 3311 100 012**

**Supervisor  
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.**

**Co-Supervisor  
Ir. Didik Bambang S, M.T.**

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institute of Technology Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015**

## LEMBAR PENGESAHAN

**Perencanaan IPAL *Portable* dengan Unit Pengolahan  
*Anaerobic Biofilter* dan *Aerobic Biofilter* untuk  
Kegiatan Usaha *Bakery* di Kota Surabaya**

### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**BIMA KRIDA PAMUNGKAS  
NRP 3311100012**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Pembimbing

1. **Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.**



Co-Pembimbing

2. **Ir. Didik Bambang Supriyadi, M.T.**



## Perencanaan IPAL *Portable* dengan Unit Pengolahan *Anaerobic Biofilter* dan *Aerobic Biofilter* untuk Kegiatan Usaha *Bakery* di Kota Surabaya

Nama Mahasiswa : Bima Krida Pamungkas  
NRP : 3311100012  
Jurusan : Teknik Lingkungan FTSP ITS  
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.  
Co-Pembimbing : Ir. Didik Bambang S, M.T.

### ABSTRAK

Peningkatan pencemaran lingkungan yang terjadi di Kota Surabaya berakibat pada menurunnya kualitas lingkungan. Salah satu kontribusi pencemaran lingkungan adalah belum dimilikinya IPAL di setiap industri-industri perumahan yang berkembang di Kota Surabaya, salah satunya adalah usaha *bakery*. Sebagian besar pelaku kegiatan usaha *bakery* menggunakan lahan sewa/kontrak di lokasi usaha mereka sehingga realisasi pembangunan IPAL tidak dilakukan. Kondisi tersebut diakibatkan karena biaya investasi yang besar serta pelaku usaha *bakery* membutuhkan bentuk IPAL yang *fleksible* dan dapat dipindahkan (*portable*) apabila kegiatan usaha berpindah lokasi.

Tahapan perencanaan dalam mendesain IPAL *portable* ini meliputi pengumpulan data primer dan sekunder, penghitungan dimensi unit IPAL *portable*, penggambaran DED, serta penghitungan anggaran biaya masing-masing unit IPAL *portable*.

Desain IPAL *portable* dalam perencanaan ini terdiri dari 2 alternatif desain. DED IPAL *portable* alternatif 1 dengan unit *septic tank*, *anaerobic biofilter*, dan bak penampung memiliki luas lahan sebesar 2 m x 2,4 m x 1,5 m dengan jumlah kompartemen biofilter sebanyak 12 buah. Kualitas effluen yang dihasilkan dari IPAL *portable* alternatif 1 meliputi nilai BOD 13 mg/L, COD 34,43 mg/L, dan TSS 11, 03 mg/L. DED IPAL *portable* alternatif 2 dengan unit *septic tank*, *aerobic biofilter*, dan bak penampung memiliki luas lahan sebesar 1,9 m x 2 m x 1,5 m dengan jumlah kompartemen biofilter sebanyak 14 buah. Kualitas effluen yang dihasilkan IPAL *portable* alternatif 2 meliputi nilai BOD 13 mg/L, COD 34,9 mg/L, dan TSS 11, 03 mg/L. Anggaran biaya yang dibutuhkan untuk

membangun IPAL *portable* alternatif 1 adalah Rp. 22.800.000 dan IPAL *portable* alternatif 2 adalah Rp. 25.100.000.

**Kata kunci:** IPAL *portable*, *anaerobic biofilter*, *aerobic biofilter*, *bakery*

## **Design of A Portable Wastewater Treatment Plant using Anaerobic Biofilter and Aerobic Biofilter Units for Bakery Industries in Surabaya**

Name : Bima Krida Pamungkas  
NRP : 3311100012  
Department : Environmental Engineering  
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.  
Co-supervisor : Ir. Didik Bambang S, M.T.

### **ABSTRACT**

One of the causes of the decreasing of environment quality in Surabaya is due to pollution. One of the pollution problems comes from industries in Surabaya which do not have any wastewater treatment plant (WWTP) yet, such as bakery industry. A WWTP in bakery industries can not be installed since most of the bakery industries rent an area for their workplace. Moreover, they need an investment for building a WWTP. Therefore, a flexible and portable design of WWTP is needed to answer the challenge in such conditions. This final work will design a portable WWTP for obtaining solution of this problem.

The steps of the design are collecting primary and secondary data, literature study, calculating the dimension, drawing the plant, and estimating the budget for building the portable WWTP.

There will be 2 alternatives of the portable WWTP. The first one consists of a septic tank and an anaerobic biofilter with 12 compartments, and an effluent tank. The total area needed for the plant is 2 m x 2.4 m x 1.5 m. The quality of the effluent of the WWTP is BOD 13.11 mg/L, COD 34.43 mg/L, and TSS 11.03 mg/L. The second alternative has a septic tank and an aerobic biofilter with 14 compartments, and an effluent tank. The area needed for the plant is 1.9 m x 2 m x 1.5 m. The quality of the effluent from the WWTP is BOD 13.4 mg/L, COD 34.9 mg/L, and TSS 11.03 mg/L.

The budget needed for building the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> alternatives of WWTP is IDR 22,800,000.00 and IDR 25,100,000.00, respectively.

**Keywords:** *Portable WWTP, anaerobic biofilter, aerobic biofilter, bakery.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Perencanaan IPAL *Portable* Dengan Unit Pengolahan *Anaerobic Biofilter* dan *Aerobic Biofilter* Untuk Kegiatan Usaha *Bakery* di Kota Surabaya”**. Atas bimbingan, arahan, dan bantuannya penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc. selaku dosen pembimbing tugas akhir beserta Ir. Didik Bambang S, MT. selaku dosen co-pembimbing tugas akhir yang telah membimbing dengan sangat baik, terima kasih atas kesediaan, kesabaran, dan ilmu yang diberikan selama bimbingan tugas akhir.
2. Ir. Atiek Moesriati, M.Kes. selaku dosen wali sekaligus dosen penguji, Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.Eng, Ph.D. dan Ir. Agus Slamet, M.Sc. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam tugas akhir ini.
3. Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE, M.Sc, Ph.D selaku Kepala Jurusan Teknik Lingkungan ITS yang telah mengarahkan proses perkuliahan dari semester 1 hingga semester 8.
4. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan mental, semangat dan banyak doa hingga selesainya tugas akhir ini.
5. Rekan Tugas Akhir yang telah membantu dalam banyak hal, Gede Angga Prawira Sidi, Syaiful Hans Saputra dan Dimas Brilliant Sunarno yang telah berjuang bersama-sama menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Teman-teman anggota Lab. Manajemen Kualitas Lingkungan yang telah bersama-sama menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Rekan-rekan fungsionaris PB IMTLI 2014 (Arina, Qisty, Febi, Afi, Frenty, Anifatius, Ola, Reynaldi, Eris, dan Manda) yang telah mendukung dalam penyelesaian tugas akhir ini.
8. Rekan-rekan Astra 1st Surabaya (Leonika, Ilmi, Andika, Iga, Marvin, Sabeth, Bella, Juan, Dimas) yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.



9. Teman-teman angkatan 2011 yang telah memberikan semangat dan bantuan selama tugas akhir.

Surabaya, Juli 2015

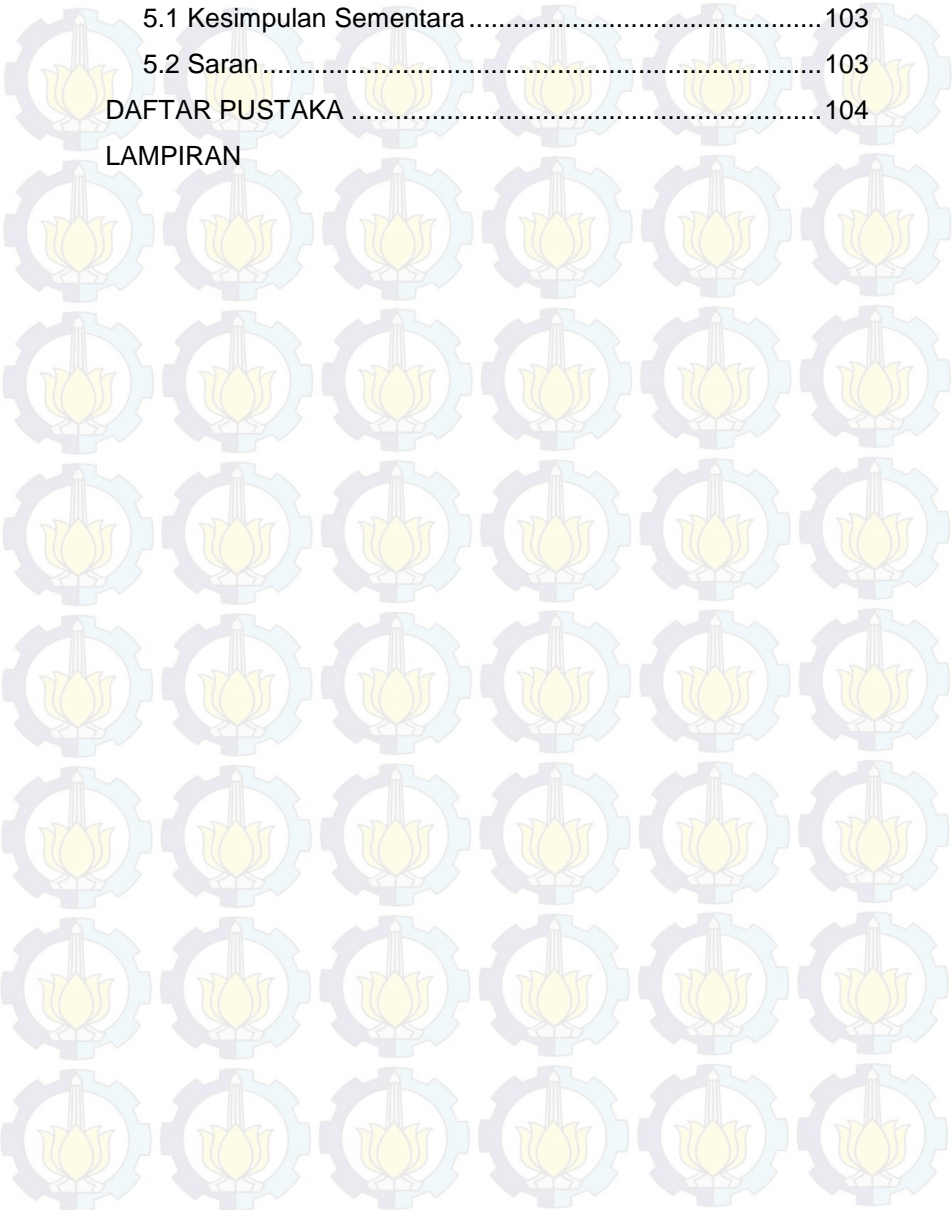
Penulis

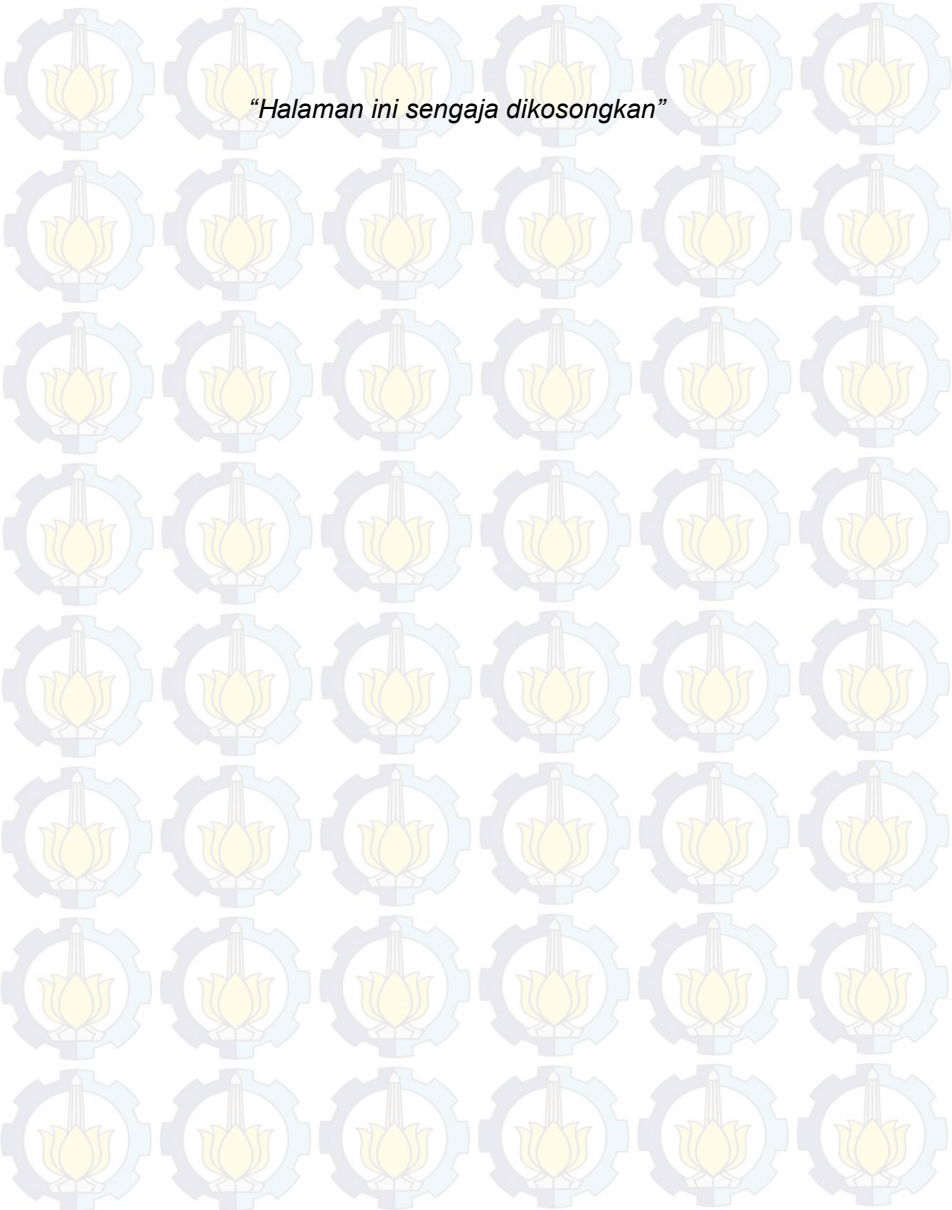
## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Perencanaan .....	3
1.4 Ruang Lingkup .....	3
1.5 Manfaat Perencanaan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Definisi Kegiatan Usaha <i>Bakery</i> .....	5
2.2 Karakteristik Limbah Kegiatan Usaha <i>Bakery</i> .....	5
2.3 Kualitas dan Kuantitas Air Limbah .....	8
2.4 Parameter Pengolahan Air Limbah <i>Bakery</i> .....	9
2.5 Baku Mutu Air Limbah <i>Bakery</i> .....	10
2.6 Proses Pengolahan Air Limbah <i>Bakery</i> .....	11
2.7 Unit Pengolahan Secara <i>Portable</i> .....	12
2.8 Unit Pengolahan yang Digunakan .....	14
2.9 <i>Aerobic Biofilter</i> .....	18
2.10 <i>Anaerobic Biofilter</i> .....	22
2.11 Media Biofilter .....	24

2.12 Penelitian Terdahulu.....	27
<b>BAB III METODE PERENCANAAN.....</b>	<b>29</b>
3.1 Kerangka Perencanaan.....	29
3.2 Tahapan Perencanaan.....	33
<b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>	<b>37</b>
4.1 Alternatif Pengolahan.....	37
4.2 Penentuan Debit Air Limbah <i>Bakery</i> .....	38
4.3 Perhitungan DED Unit Pre-Treatment.....	40
4.3.1 Bak Pemisah Minyak dan Lemak.....	40
4.3.2 Bak Ekualisasi.....	42
4.4 Perhitungan DED IPAL <i>Portable</i> .....	45
4.4.1 <i>Septic Tank</i> .....	46
4.4.2 <i>Anaerobic Biofilter</i> .....	52
4.4.3 <i>Aerobic Biofilter</i> .....	58
4.4.4 Bak Penampung.....	66
4.4.5 Luas Lahan IPAL <i>Portable</i> .....	67
4.5 <i>Mass Balance</i> IPAL <i>Portable</i> .....	70
4.6 Profil Hidrolis.....	78
4.7 BOQ dan RAB IPAL <i>Portable</i> .....	86
4.7.1 Harga Satuan Pokok Kegiatan.....	86
4.7.2 Unit <i>Pre-Treatment</i> .....	92
4.7.3 IPAL <i>Portable</i> Alternatif 1.....	94
4.7.4 IPAL <i>Portable</i> Alternatif 2.....	96
4.8 Perbandingan Alternatif Pengolahan.....	97
4.9 Prosedur Pemeliharaan IPAL <i>Portable</i> .....	100
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>103</b>

5.1 Kesimpulan Sementara .....	103
5.2 Saran .....	103
DAFTAR PUSTAKA .....	104
LAMPIRAN	





## DAFTAR GAMBAR

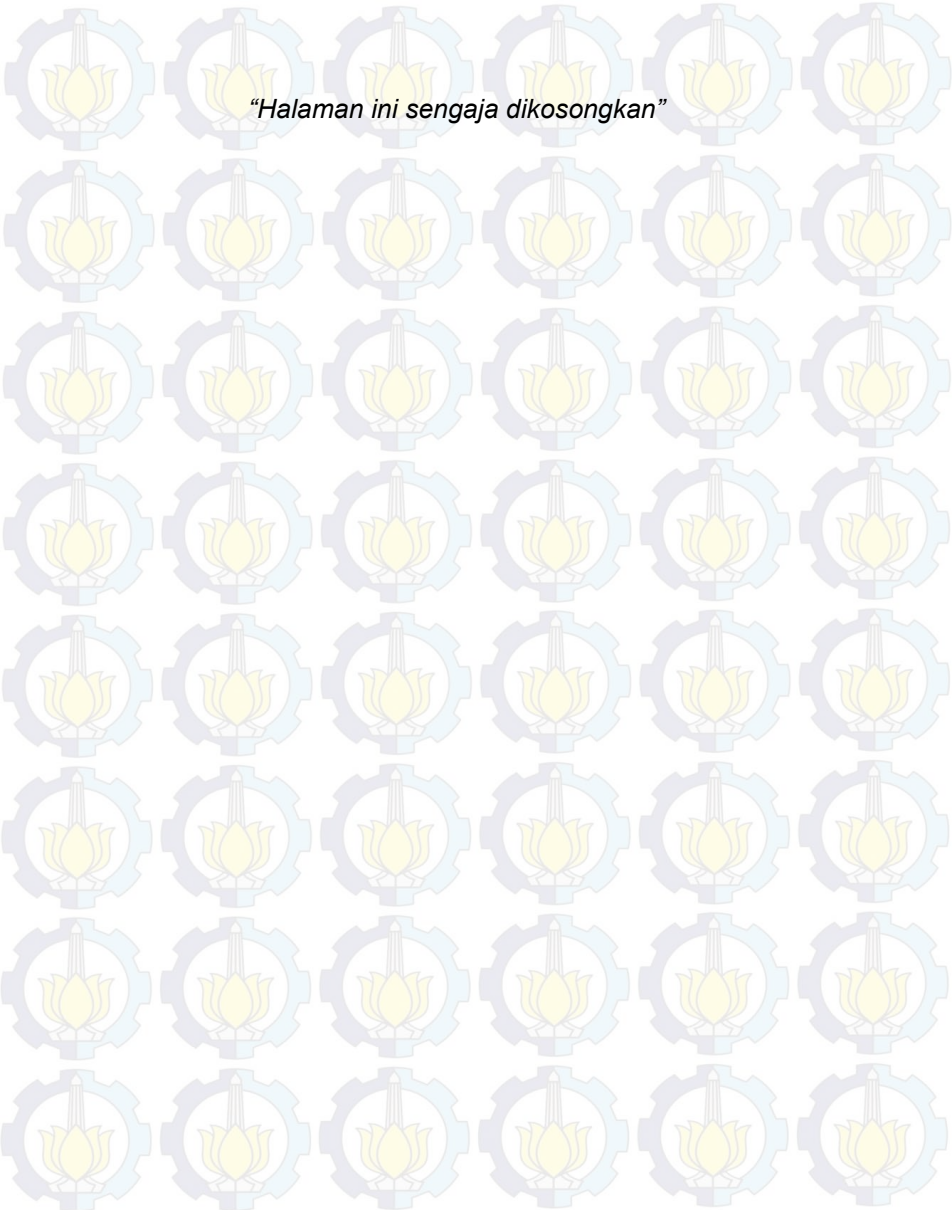
Gambar 2.1 Alternatif Pengolahan 1 .....	15
Gambar 2.2 Alternatif Pengolahan 2 .....	15
Gambar 2.3 Skema <i>Aerobic Biofilter</i> .....	19
Gambar 2.4 Skema <i>Anaerobic Biofilter</i> .....	23
Gambar 2.5 Bentuk Media Jenis Sarang Tawon .....	27
Gambar 3.1 Tahapan Perencanaan .....	30
Gambar 4.1 Grafik Volume Bak Ekualisasi .....	44
Gambar 4.2 Faktor COD Removal .....	48
Gambar 4.3 Rasio BOD removal/COD removal .....	49
Gambar 4.5 Faktor Suhu Anaerobic Biofilter .....	53
Gambar 4.6 Faktor Strength Anaerobic Biofilter .....	54
Gambar 4.7 Faktor HRT Anaerobic Biofilter .....	55
Gambar 4.8 Faktor Surface Anaerobic Biofilter .....	55
Gambar 4.9 Faktor Suhu Aerobic Biofilter .....	59
Gambar 4.10 Faktor Strength Aerobic Biofilter .....	60
Gambar 4.11 Faktor HRT Aerobic Biofilter .....	61
Gambar 4.12 Faktor Surface Aerobic Biofilter .....	61
Gambar 4.13 Perbandingan Luas Lahan .....	98
Gambar 4.14 Perbandingan Volume .....	98
Gambar 4.15 Perbandingan Efisiensi Removal .....	99
Gambar 4.16 Perbandingan Biaya .....	100

*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Pengolahan Aerob dan Anaerob .....	9
Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Rumah Makan (Restoran) .....	11
Tabel 2.3 Perbandingan Material IPAL <i>Portable</i> .....	13
Tabel 2.4 Kelebihan dan Kekurangan <i>Anaerobic Biofilter</i> .....	23
Tabel 2.5 Luas Permukaan Spesifik Media Biofilter .....	25
Tabel 4.1 Perhitungan Beda Level Muka Air Limbah.....	38
Tabel 4.2 Karakteristik Limbah Bakery X di Surabaya.....	40
Tabel 4.3 Data Jumlah Pelangan .....	41
Tabel 4.4 Perhitungan Bak Ekualisasi .....	43
Tabel 4.5 Efisiensi Removal di Septic Tank .....	50
Tabel 4.6 Efisiensi Removal Anaerobic Biofilter .....	57
Tabel 4.7 Efisiensi Removal Aerobic Biofilter .....	63
Tabel 4.8 HSPK IPAL <i>Portable</i> .....	86
Tabel 4.9 RAB Unit <i>Pre-Treatment</i> .....	92
Tabel 4.10 Rekapitulasi RAB.....	93
Tabel 4.9 RAB Alternatif 1 .....	94
Tabel 4.10 Rekapitulasi RAB Alternatif 1.....	96
Tabel 4.9 RAB Alternatif 2 .....	96
Tabel 4.10 Rekapitulasi RAB Alternatif 2.....	98





*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*

## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pencemaran lingkungan di Kota Surabaya berakibat pada penurunan kualitas air di sungai Surabaya. Penurunan kualitas air tersebut disebabkan oleh limbah domestik yang memberikan kontribusi pencemaran sebesar 60% dan limbah industri sebesar 40% (BLH, 2010). Limbah domestik yang mencemari sungai Surabaya tidak hanya berasal dari limbah pemukiman tetapi berasal dari limbah rumah makan, perhotelan, dan usaha komersial lainnya. Menurut Thornton (2001), limbah yang berasal dari sumber komersial terdiri dari limbah rumah makan, hotel, usaha manufaktur, dan kegiatan lainnya. Limbah rumah makan dan hotel memiliki kontribusi sebesar 17,8%, limbah industri manufaktur sebesar 20%, dan sisanya dipengaruhi oleh kegiatan industri lainnya.

Menurut Pagaya (2013), perkembangan kegiatan usaha *bakery* mengalami peningkatan. Peningkatan tersebut dilihat dengan semakin beragamnya kegiatan usaha *bakery* dalam skala rumah hingga industri besar. Sebanyak 99% kegiatan usaha makanan skala menengah di Surabaya, yang meliputi rumah makan, toko roti (*bakery*), dan *cafe*, belum memiliki instalasi pengolahan air limbah sedangkan sebanyak 85% sudah memiliki dokumen UKL-UPL (AMPL, 2012). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kegiatan usaha *bakery* di Surabaya belum memenuhi standar peraturan perundang-undangan yang berlaku. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan, setiap kegiatan usaha wajib mengolah limbah dan menjaga ekosistem lingkungan. Upaya menjaga ekosistem lingkungan dilakukan dengan memenuhi baku mutu limbah cair yang akan dibuang ke badan air agar sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri dan Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur.

Menurut Theresia (2005), limbah kegiatan usaha *bakery* dapat dikategorikan dalam limbah kegiatan usaha rumah makan (restoran) karena memiliki kandungan nutrisi yang tinggi seperti karbohidrat, lemak, dan protein. Karakteristik limbah cair usaha

rumah makan (restoran) terdiri dari *oil and grease, suspended solid (SS)*, dan deterjen (Yang *et al.*, 2012). Berdasarkan hal tersebut, kualitas *effluent* limbah cair kegiatan usaha *bakery* ekivalen dengan limbah cair kegiatan usaha rumah makan (restoran) sehingga membutuhkan instalasi pengolahan air limbah yang sejenis.

Pembuatan instalasi pengolahan air limbah yang sesuai untuk kegiatan usaha *bakery* dapat menggunakan unit pengolahan biofilter. Penerapan unit pengolahan biofilter mampu mengurangi penggunaan lahan dan biaya pembuatan sehingga lebih efisien. Penggunaan biofilter dapat diaplikasikan dengan prinsip anaerobik dan aerobik (Said, 2008). Pengolahan limbah anaerobik dengan *Anaerobic biofilter* memiliki kelebihan efisiensi removal tinggi dan volume unit kecil (Hamid, 2014). Menurut Wakelin dan Forster (1998) unit pengolahan limbah pada usaha *bakery* dengan menggunakan *Aerobic biofilter* mampu meningkatkan efisiensi removal hingga 96%.

Upaya pengolahan limbah kegiatan usaha *bakery* belum bisa dilakukan secara optimal karena dalam pembuatan instalasi pengolahan air limbah memerlukan lahan yang luas dan mekanisme operasi yang rumit (Maharani dan Damayanti, 2013). Kondisi tersebut disebabkan oleh pengelola kegiatan usaha menerapkan sistem kontrak dalam penggunaan lahan serta bangunan kegiatan usaha *bakery* di Surabaya. Berdasarkan pada kondisi lapangan, diperlukan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) mudah dipindahkan (*portable*). Desain IPAL *portable* tersebut bertujuan untuk meningkatkan efisiensi operasi dan biaya daripada pembuatan IPAL secara permanen. IPAL *portable* memiliki kelebihan dari segi material bahan yang lebih ringan, memiliki unit-unit pengolahan yang terintegrasi, serta belum banyak tersedia di pasaran. Penggunaan IPAL *portable* mampu meningkatkan pengolahan limbah di kegiatan usaha *bakery* menjadi efektif dan efisien. IPAL *portable* memiliki kelebihan secara ekonomi antara lain menekan biaya investasi hingga 30% dan meminimalkan biaya operasi dan pemeliharaan (Ariani, 2011). Oleh karena itu, diperlukan dimensi instalasi pengolahan air limbah (IPAL) *portable* dengan membandingkan unit pengolahan *Anaerobic biofilter* dan *Aerobic biofilter* untuk kegiatan usaha *bakery* di Surabaya. Desain ini ditentukan berdasarkan aspek

teknis dan biaya yang sesuai dengan baku mutu yang berlaku sehingga dapat dijadikan bahan rekomendasi pengolahan limbah *bakery* di Surabaya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana mendesain IPAL *Portable* dengan unit *Anaerobic biofilter* untuk kegiatan usaha *bakery* di Kota Surabaya?
2. Bagaimana mendesain IPAL *Portable* dengan unit *Aerobic biofilter* untuk kegiatan usaha *bakery* di Kota Surabaya?
3. Berapa Rencana Anggaran Biaya yang dibutuhkan untuk masing-masing IPAL *Portable*?

## **1.3 Tujuan Perencanaan**

Tujuan yang ingin dicapai dalam perencanaan ini adalah:

1. Desain IPAL *Portable* dengan unit *Anaerobic biofilter* untuk kegiatan usaha *bakery* di Kota Surabaya.
2. Desain IPAL *Portable* dengan unit *Aerobic biofilter* untuk kegiatan usaha *bakery* di Kota Surabaya.
3. Memperoleh Rencana Anggaran Biaya yang dibutuhkan untuk masing-masing IPAL *Portable*.

## **1.4 Ruang Lingkup**

Dalam proses desain IPAL *Portable* ini, ruang lingkup yang digunakan meliputi:

1. Karakteristik air limbah didapatkan dari salah satu kegiatan usaha *bakery* X di Surabaya
2. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya disesuaikan dengan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya tahun 2015
3. Parameter yang digunakan adalah parameter kualitas air yang terdiri dari BOD, COD, dan TSS.
4. Baku mutu limbah cair mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri dan Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur.

### 1.5 Manfaat Perencanaan

Manfaat dari perencanaan ini meliputi:

1. Memberikan rekomendasi desain IPAL *Portable* bagi pengelola kegiatan usaha *bakery* di Kota Surabaya
2. Memberikan kontribusi dalam bidang desain IPAL mengenai alternatif IPAL *Portable* untuk kegiatan usaha *bakery* di Kota Surabaya
3. Memberikan informasi kepada Badan Lingkungan Hidup terkait desain IPAL *Portable* untuk kegiatan usaha *bakery* di Kota Surabaya.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Definisi Kegiatan Usaha *Bakery*

Kegiatan usaha *bakery* di Indonesia semakin berkembang, mulai dari industri skala rumah hingga skala outlet modern dengan status waralaba dari luar negeri bersaing dalam memperebutkan pelanggan. Pada tahun 2014, jumlah kegiatan usaha *bakery* di Surabaya mencapai 408 usaha yang meliputi toko waralaba, *home industry*, dan industri. Jumlah industri *bakery* tersebut diperkirakan meningkat hingga 15 persen pada tahun 2015 (Roelan, 2014).

Peningkatan jumlah kegiatan usaha *bakery* pada tahun 2015 berbanding lurus dengan peningkatan volume limbah cair yang dihasilkan. Dalam hal ini, limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan usaha *bakery* belum dapat diolah dengan optimal karena sebagian besar usaha ini tidak memiliki lahan yang cukup untuk membuat suatu pengolahan limbah. Kondisi tersebut disebabkan oleh pengelola kegiatan usaha menerapkan sistem kontrak dalam perizinan dan penggunaan lahan serta bangunan kegiatan usaha *bakery* di Surabaya.

### 2.2 Karakteristik Limbah Kegiatan Usaha *Bakery*

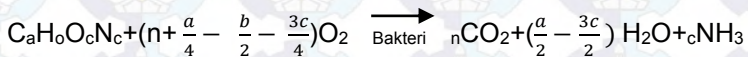
Pada umumnya, karakteristik dari air limbah berbeda-beda. Hal ini tergantung dari aktivitas yang dilakukan. Karakteristik air limbah dipengaruhi oleh adanya materi organik yang terkandung dalam air limbah tersebut (APHA, 2005). Pada usaha *bakery*, air limbah yang dihasilkan adalah hasil dari pembuatan roti atau penjualan roti yang sudah tidak dapat dijual. Komposisi nutrient sangat bervariasi tergantung bahan yang digunakan dalam pembuatan roti. *Bakery waste* atau limbah *bakery* mengandung bahan kering 89,8%, protein kasar 10,7% lalu abu 3,8% dan lemak kasar 12,7% (Santiyu, 2014).

Parameter yang digunakan dalam air limbah ini adalah pH, kemudian kandungan minyak dan lemak COD, BOD pada air limbah serta *total suspended solid* (TSS). Peraturan yang digunakan sebagai baku mutu adalah Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri dan Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur. Peraturan

ini digunakan karena lokasi perencanaan berada di dalam lingkup Jawa Timur yaitu Kota Surabaya.

### 1. **Biochemical Oxygen Demand (BOD)**

BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* adalah satuan yang digunakan untuk mengukur kebutuhan oksigen yang diperlukan dalam menguraikan bahan organik di dalam air limbah (Sugiharto (1987) dalam Fatmawati *et al* (2012)). Satuan yang digunakan dalam mengukur BOD pada umumnya adalah mg/L air kotor. Pada uji BOD ini terjadi reaksi oksidasi pada zat organik dengan adanya bantuan bakteri di dalam air (Ayuningtyas, 2009). Persamaan reaksi tersebut sebagai berikut,



Berdasarkan reaksi yang terjadi diatas, air limbah yang mengandung zat organik dapat dilihat dari jumlah O<sub>2</sub> yang diperlukan. Hal ini bertujuan untuk menguraikan komponen organik menjadi komponen yang stabil (Fadly, 2008). Zat organik merupakan makanan bagi bakteri, sedangkan untuk proses metabolisme, bakteri membutuhkan oksigen. Selama identifikasi BOD, sampel yang dianalisis harus bebas dari udara luar agar menghindari kontaminasi dari oksigen yang berada di luar pada udara bebas (Salmin, 2005).

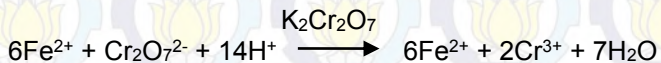
BOD menggambarkan suatu bahan organik yang dapat didekomposisi dengan proses biologis. Bahan organik dapat berupa protein, glukosa, kanji, lemak, ester, dan lain sebagainya. Bahan-bahan organik merupakan hasil pembuangan dari industri dan buangan limbah domestik atau berasal dari pembusukan hewan atau tumbuhan yang sudah tidak hidup (Effendi, 2003).

### 2. **Chemical Oxygen Demand (COD)**

*Chemical Oxygen Demand* merupakan jumlah oksigen yang diperlukan dalam menguraikan seluruh bahan organik yang terkandung dalam air dengan

menguraikan secara kimia menggunakan oksidator kuat pada kondisi asam dan panas serta menggunakan katalisatir perak sulfat. Hal tersebut menyebabkan seluruh bahan organik akan teroksidasi, baik yang mudah maupun yang kompleks dan sulit terurai (Metcalf dan Eddy, 2003). Pendapat tersebut diperkuat oleh Rahmawati dan Azizah (2005) bahwa COD adalah jumlah oksigen ( $\text{mgO}_2$ ) yang dibutuhkan dalam mengoksidasi zat organik yang ada dalam sampel air sebanyak 1 liter.

Beberapa bahan organik dalam yang tidak didegradasi secara biologis, akan didegradasi melalui proses oksidasi secara kimiawi (Kasam *et al*, 2005). Kadar COD dalam air limbah akan semakin menurun apabila berkurangnya konsentrasi bahan organik dalam air limbah. Sebagian dari zat organik dioksidasi oleh larutan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  dalam suasana asam. Berikut adalah reaksi dalam COD.



### 3. Total Suspended Solid (TSS)

*Total Suspended Solid* merupakan jumlah berat dalam mg/liter kering lumpur yang ada dalam limbah setelah mengalami pengeringan (Rahmawati dan Azizah, 2005). Air limbah yang mengandung jumlah padatan tersuspensi memiliki variasi bergantung dari jenis industrinya. Padatan tersuspensi ini dapat diukur, sehingga nilainya dapat diketahui. Pengukuran padatan dilakukan dengan menggunakan alat yang bernama turbidimeter.

Menurut Effendi (2003), total padatan yang tersuspensi adalah padatan tersuspensi yang memiliki diameter  $> 1 \mu\text{m}$  yang tertahan pada sebuah kertas saring dengan diameter pori  $0,45 \mu\text{m}$ . Padatan tersuspensi yang tertahan tersebut terdiri dari lumpur serta pasir yang halus dari kikisan tanah. Pada umumnya, kandungan dari TSS ini berupa logam, sehingga adanya TSS dalam keadaan relatif tinggi maka kekeruhan pada air akan meningkat dan kualitas air akan mengalami penurunan.



#### **4. Potential Hydrogen (pH)**

*Potential Hydrogen* (pH) merupakan suatu indeks yang menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan, dalam hal ini air limbah. Menurut Rudiyantri dan Ekasari (2009), pH air merupakan tingkat konsentrasi ion hidrogen dalam suatu larutan. Nilai pH dikatakan asam apabila nilainya dibawah 6,5, sedangkan dikatakan basa jika nilai diatas 7,5.

Nilai pH dalam suatu air limbah adalah salah satu parameter yang cukup penting dalam memantau kualitas air. Perbedaan nilai pH pada air limbah dipengaruhi oleh karakteristik dan sumber limbah tersebut. Nilai pH normal yaitu berada pada rentang 6,5-7,5 (Rudiyantri dan Ekasari, 2009).

#### **5. Minyak dan Lemak**

Minyak dan lemak dapat terkandung di dalam air limbah. Dalam hal ini, lemak tergolong pada bahan organik yang tetap dan sulit untuk diuraikan oleh bakteri. Terbentuknya emulsi air dalam minyak akan membuat lapisan yang menutupi permukaan air dan dapat merugikan, karena penetrasi sinar matahari ke dalam air berkurang serta lapisan minyak menghambat pengambilan oksigen dari udara menurun.

Minyak dan lemak dapat mempengaruhi aktivitas mikroba dan merupakan pelapisan cairan limbah sehingga menghambat proses oksidasi dalam kondisi aerobik. Minyak tersebut dapat dihilangkan saat proses netralisasi dengan penambahan NaOH dan membentuk sabun berbusa (Pratiwi, 2011).

### **2.3 Kualitas dan Kuantitas Air Limbah**

Dalam merencanakan sebuah bangunan pengolahan air limbah, harus mengetahui kualitas serta kuantitas air limbah yang dihasilkan. Pertama, kualitas air limbah perlu diketahui agar dapat menentukan perhitungan yang digunakan, seperti sistem pengolahan yang sesuai dengan kualitas air limbah

tersebut. Kualitas air limbah juga digunakan untuk mengetahui karakteristik dari air limbah tersebut.

Kedua, kuantitas dari air limbah yang dihasilkan juga harus diketahui. Hal ini bertujuan untuk mengetahui luas lahan yang akan digunakan. Kuantitas air limbah dapat diketahui dengan melihat debit air limbah yang akan diolah dalam satuan tertentu. Bisa dalam satuan L/hari, L/jam ataupun L/detik. Dari debit tersebut dapat dihitung jumlah besaran dari tiap unit pengolahan yang digunakan. Cara yang paling akurat adalah dengan menggunakan meter air sehingga diketahui debit air limbahnya, namun pada kenyataannya hal tersebut sulit dilakukan. Hal ini dapat diatasi dengan cara mengasumsikan debit air limbah berasal dari 60-80% dari debit air bersih yang digunakan.

#### 2.4 Parameter Pengolahan Air Limbah *Bakery*

Dalam perencanaan ini, unit pengolahan air limbah masuk ke dalam *secondary treatment* (pengolahan tahap kedua). Pengolahan tahap kedua merupakan pengolahan biologis. Prinsip kerja dari pengolahan ini yaitu menggunakan peranan dari mikro-organisme. Mikro-organisme ini digunakan untuk mengoksidasi zat organik yang terkandung dalam air limbah, baik secara aerobik ataupun anaerobik. Mikro-organisme aerobik digunakan dalam kondisi aerobik dan mikro-organisme anaerobik digunakan dalam kondisi anaerobik.

Menurut Eckenfelder *et al.* (1988), parameter pengolahan air limbah secara aerob dan anaerob pada *secondary treatment* terdiri dari:

- a. Temperatur
- b. pH dan Alkalinitas
- c. Produksi lumpur dan kebutuhan nutrisi

Perbandingan pengolahan air limbah secara aerob dan anaerob tercantum dalam Tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Perbandingan Pengolahan Aerob dan Anaerob**

Parameter	Aerob	Anaerob
Kebutuhan energi	Tinggi	Rendah
Tingkat pengolahan	60-90%	95%

<b>Parameter</b>	<b>Aerob</b>	<b>Anaerob</b>
Produksi lumpur	Tinggi	Rendah
Kebutuhan nutrien	Tinggi untuk beberapa limbah industri	Rendah
Bau	Tidak terlalu berpotensi menimbulkan bau	Berpotensi menimbulkan bau
Kebutuhan alkalinitas	Rendah	Tinggi untuk beberapa limbah industri
Produksi biogas	Tidak ada	Ada (dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi)
<i>Start-up time</i>	2 – 4 minggu	2 – 4 bulan

Sumber: Eckenfelder *et al.* (1988)

## 2.5 Baku Mutu Air Limbah *Bakery*

Standar yang digunakan dalam menentukan kadar maksimum untuk beberapa parameter dalam perencanaan ini adalah baku mutu dari Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. Hal ini bertujuan untuk meminimisasi jumlah dari parameter yang diukur agar tetap masuk dalam daya tampung badan air sebagai penerima air limbah *bakery*. Dengan demikian, air limbah yang masuk tidak akan mencemari badan air. Baku mutu yang digunakan adalah baku mutu untuk limbah rumah makan atau restoran.

Baku mutu untuk limbah rumah makan (restoran) masuk dalam kategori limbah kegiatan usaha lainnya dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. Menurut Yang *et al.* (2012) karakteristik limbah cair usaha rumah makan (restoran) terdiri dari *oil and grease*, *total suspended solid (TSS)*, dan deterjen. Pada kondisi tersebut, limbah kegiatan usaha *bakery* dapat dikategorikan dalam limbah kegiatan usaha rumah makan (restoran) karena memiliki kandungan nutrisi yang tinggi seperti karbohidrat, lemak, dan protein

(Theresia, 2005). Baku mutu tersebut tercantum dalam Tabel 2.2.

**Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Rumah Makan (Restoran)**

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
BOD <sub>5</sub>	mg/L	30
COD	mg/L	50
TSS	mg/L	50
Minyak dan Lemak	mg/L	10

Sumber: Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013

## 2.6 Proses Pengolahan Air Limbah *Bakery*

Limbah kegiatan usaha *bakery* harus dikelola dengan baik agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan di sekitar industri. Pengelolaan yang tidak baik akan mengakibatkan pencemaran saluran air oleh limbah cair yang dihasilkan, penyumbatan saluran drainase, menimbulkan bau yang tidak sedap dan menyebabkan banjir. Salah satu pengelolaan yang akan dilakukan tentunya pengelolaan terhadap limbah cair yang dihasilkan. Limbah cair yang dihasilkan oleh kegiatan usaha *bakery* ini harus diolah menggunakan pengolahan yang tepat. Menurut Santiyu (2014), pengolahan limbah cair ini bertujuan untuk menghilangkan sebagian besar *suspended solid* (SS) serta penyisihan unsur hara berupa nitrogen dan fosfor.

Menurut Zulaikha *et al.* (2014), sebagian besar di negara maju limbah ini telah dikelola dengan baik secara pengolahannya. Kasus serupa di Malaysia, limbah hanya dibuang ke saluran drainase dimana saluran tersebut mengarah ke pabrik yang memiliki unit pengolahan. Situasi ini dapat mengakibatkan dampak yang negatif apabila tidak ada kesadaran dari masyarakat umum khususnya pemilik usaha

*bakery* tersebut. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Air menyebutkan bahwa setiap pengganggu jawab usaha dan/atau kegiatan yang membuang air limbah ke air atau sumber air wajib mencegah dan menanggulangi terjadinya pencemaran air.

Berdasarkan peraturan tersebut, diperlukan unit pengolahan yang sesuai dengan karakteristik limbah cair *bakery*. Menurut Reynolds *et al.* (1996), pada dasarnya untuk suatu sistem pengolahan limbah cair dapat diklasifikasikan menjadi tiga tahap yaitu pengolahan secara fisik (*primary treatment*), kemudian pengolahan biologis (*secondary treatment*) dan pengolahan kimiawi (*tertiary treatment*).

## **2.7 Unit Pengolahan Secara *Portable***

Metode yang sering diterapkan untuk sistem pengolahan limbah cair biasanya memerlukan lahan yang tetap dan luas serta metodenya yang sulit (Maharani dan Damayanti, 2013). Pembangunan unit pengolahan sering dilakukan secara permanen. Disisi lain pembangunan IPAL permanen dengan bahan baku beton memiliki beberapa kekurangan antara lain:

1. Bentuk yang telah dibuat sulit untuk diubah.
  2. Lemah terhadap kuat tarik.
  3. Mempunyai bobot yang Berat.
  4. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.
- (Wancik, 2009)

Berdasarkan pengamatan langsung, lahan kegiatan usaha *bakery* ini sebagian besar tidak tetap (sewa/kontrak). Berdasarkan kondisi tersebut, perlu adanya unit pengolahan yang memiliki tingkat fleksibilitas dan efektivitas dalam penggunaan. Unit pengolahan tersebut didesain secara *portable* atau bisa dipindah-pindahkan. Keuntungan yang bisa didapatkan dengan adanya unit pengolahan secara *portable* ini adalah:

1. Tidak menetap dan bisa dipindahkan.
2. Penghematan biaya apabila lahan usaha berpindah tempat karena tidak perlu mendesain atau membuat unit pengolahan lagi.

3. Mempermudah pekerja dalam mengoperasikan karena tidak memerlukan pelatihan lagi apabila usaha berpindah tempat.
4. Membantu perusahaan dalam menangani limbah cair yang dihasilkan meringankan pengaturan lahan jika usaha berpindah tempat.

Selain beberapa keuntungan tersebut, pembangunan unit pengolahan secara portable juga dimaksudkan sebagai *brandawareness* kepada pengelola kegiatan usaha *bakery* mengenai pentingnya pengelolaan lingkungan secara berkelanjutan.

Pembangunan unit IPAL secara *portable* perlu memperhatikan beberapa aspek seperti luas lahan kegiatan usaha, pemakaian energi, dan pemakaian material IPAL *portable*. Terdapat beberapa alternatif material yang dapat digunakan dalam pembuatan IPAL *portable* antara lain aluminium, baja, atau *fiberglass*. Menurut Wancik (2009), kelebihan dan kekurangan masing-masing material tersebut untuk digunakan sebagai bahan pembuatan IPAL *portable* tercantum dalam Tabel 2.3.

**Tabel 2.3 Perbandingan Material IPAL Portable**

No	Material	Kelebihan	Kekurangan
1.	Aluminium	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mempunyai bobot yang ringan</li> <li>- Memiliki kuat tarik yang tinggi</li> <li>- Mudah dalam perawatan</li> <li>- Tahan terhadap karat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mudah tergores</li> <li>- Lemah terhadap benturan.</li> <li>- Kurang fleksibel dalam hal desain</li> </ul>
2.	Baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kuat tarik tinggi</li> <li>- Tidak dimakan rayap</li> <li>- Hampir tidak memiliki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bisa berkarat.</li> <li>- Lemah terhadap gaya tekan</li> <li>- Tidak fleksibel untuk dibentuk</li> </ul>

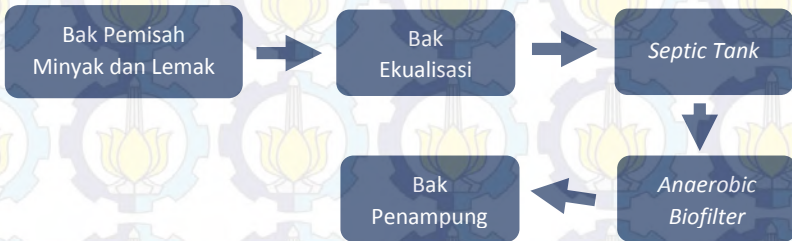
No	Material	Kelebihan	Kekurangan
		perbedaan nilai muai dan susut - Lebih murah dibandingkan dengan <i>stainless steel</i> - Lebih kuat dibandingkan dengan aluminium	berbagai profile
3.	<i>Fiberglass</i>	- Tidak korosif dan tahan lama minimal 15-20 tahun - Mudah dibentuk dengan ketebalan 8-10 mm - Dapat dibongkar dan dipindahkan sesuai kebutuhan - Lebih murah dibandingkan baja dan aluminium	- Membutuhkan sistem penyangga yang kuat apabila diisi beban berat

Sumber: Wancik, 2009

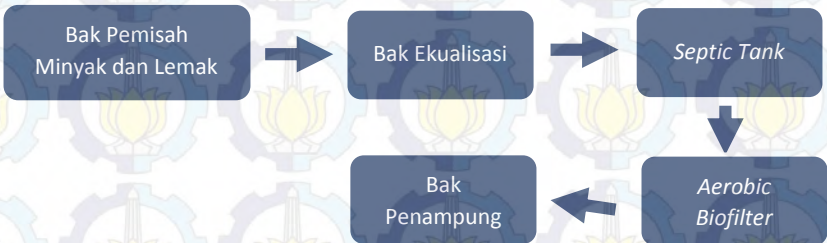
## 2.8 Unit Pengolahan yang Digunakan

Pada tugas akhir ini dipilih alternatif desain pengolahan yang akan dibandingkan. Alternatif desain dipilih berdasarkan unit pengolahan yang digunakan. Alternatif unit pengolahan yang

digunakan terdiri dari *aerobic biofilter* dan *anaerobic biofilter* seperti tertera pada gambar 2.2 dan 2.3



Gambar 2.1 Alternatif Pengolahan 1



Gambar 2.2 Alternatif Pengolahan 2

### 1. Bak Pemisah Minyak dan Lemak

Bak pemisah minyak dan lemak berfungsi sebagai pengolahan awal (*primary treatment*) untuk memisahkan kadar minyak dan lemak yang terkandung dalam air limbah *bakery*. Dengan adanya bak pemisah minyak dan lemak, maka proses pengolahan lanjutan tidak akan terganggu dan mampu mengurangi kandungan bahan organik secara maksimal.

Pada bak pengumpul diperlukan unit bak pemisah lemak/minyak karena karakteristik limbah kegiatan usaha *bakery* memiliki kesamaan dengan limbah rumah makan (Said, 2008). Dimensi bak pemisah lemak/minyak dapat ditentukan dengan terlebih dahulu menentukan kapasitas debit limbah cair yang akan diolah serta waktu tinggal



lemak/minyak. Waktu tinggal (*retention time*) lemak/minyak adalah 30 menit atau 0,5 jam. Perhitungan volume bak pemisah lemak/minyak dapat ditentukan dengan persamaan (2.1).

$$V = \frac{30}{60 \times 24} \text{ hari} \times Q_{\text{ave}} \quad (2.1)$$

Dimana:

V = Volume bak pemisah lemak/minyak

Q<sub>ave</sub> = Debit rata-rata limbah cair yang akan diolah

## 2. Bak Ekualisasi

Pada alternatif pengolahan ini, bak ekualisasi berfungsi sebagai pengolahan awal (*primary treatment*). Bak ekualisasi dalam pengolahan air limbah tidak dilakukan perlakuan apapun, baik itu secara fisik, biologi, ataupun kimia, pada bak ekualisasi hanya dilakukan perlakuan untuk menghomogenkan air limbah yang masuk dalam hal karakteristiknya dan untuk menjaga kuantitas debit air limbah yang dialirkan agar tidak fluktuatif (Mashahiro, 2000). Fungsi lain dari bak ekualisasi dalam alternatif ini sebagai bak pengendap untuk mengurangi kadar TSS yang berlebih pada unit pengolahan selanjutnya.

Rumus-rumus yang digunakan dalam proses perhitungan untuk memperoleh dimensi dari unit pengolahan *pre-treatment* bak ekualisasi adalah sebagai berikut:

A. Kriteria desain bak ekualisasi:

Kecepatan aliran = 1-2 m/dt

Hydraulic Retention Time = 4-8 jam

B. Perhitungan diameter pipa inlet dan *headloss* yang terjadi dapat ditentukan dengan persamaan 2.2

$$D = \left[ \frac{4 \cdot A}{\pi} \right]^{1/2} \quad (2.2)$$

Dimana:

D = Diameter pipa inlet (mm)

A = Luas permukaan (m<sup>2</sup>)

C. *Headloss* yang terjadi dapat ditentukan dengan persamaan 2.3 dan 2.4

$$Hf \text{ mayor} = \left[ \frac{Q}{0,00155 \cdot C \cdot D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \quad (2.3)$$

$$Hf \text{ minor} = \left[ \frac{K \cdot v^2}{2 \cdot g} \right] \quad (2.4)$$

Dimana:

Q = Debit air limbah (m<sup>3</sup>/s)

C = Koefisien kekasaran pipa

D = Diameter pipa (cm)

L = Panjang pipa (m)

K = Jumlah belokan pipa

v = kecepatan aliran

g = kecepatan gravitasi (m/s)

D. Perhitungan dimensi bak ekualisasi dapat ditentukan dengan persamaan 2.5

$$V = \left[ \frac{HRT}{24} \right] \times Q \quad (2.5)$$

Dimana:

V = Volume bak ekualisasi (m<sup>3</sup>)

HRT = *Hydraulic Retention Time* (menit)

Q = Debit air limbah

E. Perhitungan pompa yang digunakan dapat ditentukan dengan persamaan 2.6, 2.7, dan 2.8.

$$Head \text{ sistem} = Hf \text{ mayor} + Hf \text{ minor} + \left[ \frac{v^2}{2 \cdot g} \right] \quad (2.6)$$

$$= \text{Head statis} \\ = \text{jarak dari muka air sampai pipa tertinggi} \quad (2.7)$$

$$\text{Head pompa} = \text{Head statis} + \text{Head sistem} \quad (2.8)$$

### 3. Biofilter

Biofilter berfungsi sebagai pengolahan lanjutan yang bersifat biologis. Biofilter menggunakan tipe pengolahan *attached growth* karena pada bangunan ini media kerikil maupun sarang tawon akan ditumbuhi (*attached*) oleh mikroorganisme. Mikroorganisme ini yang akan menyerap dan mendegradasi bahan-bahan organik pada air limbah. Perbedaan tipe media yang digunakan didasarkan atas tingkat removal yang berbeda atas tipe media pasir kerikil dan media sarang tawon.

Alternatif pengolahan air limbah ini didasarkan pada proses aerobik dan anaerobik. Pengolahan air limbah dengan menggunakan *aerobic biofilter* memiliki keunggulan dari segi *start up time* yang lebih singkat serta tidak berpotensi menimbulkan bau, tetapi pengolahan ini menghasilkan produksi lumpur yang lebih banyak dan membutuhkan kebutuhan energi yang lebih besar. Kebutuhan energi yang dibutuhkan dipergunakan untuk suplai oksigen dalam tangki biofilter. Pada pengolahan air limbah dengan menggunakan *anaerobic biofilter* memiliki keunggulan efisiensi removal yang lebih tinggi daripada *aerobic biofilter* serta memiliki produk samping berupa biogas. Unit *anaerobic biofilter* juga memiliki kelemahan dari segi tingkat stabilitas proses terhadap toksik yang rendah serta *start up time* yang relatif lebih lama.

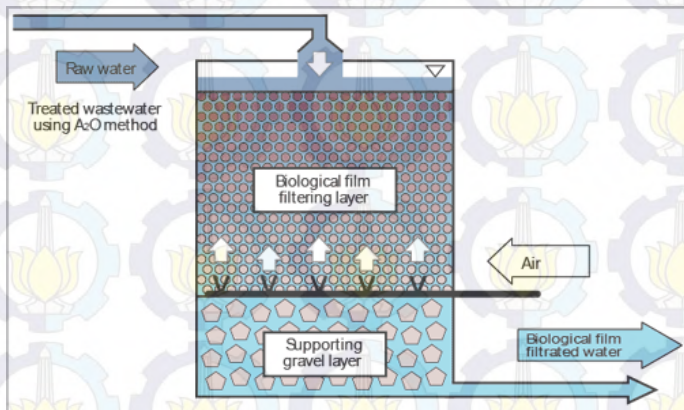
### 4. Bak Penampung

Bak penampung dalam alternatif pengolahan ini berfungsi untuk menampung hasil olahan air limbah. Hasil olahan air limbah tersebut dapat digunakan kembali untuk keperluan lain kegiatan usaha, seperti penyiraman tanaman atau pembersihan area kegiatan usaha.

#### 2.9 *Aerobic biofilter*

*Aerobic biofilter* adalah proses pengolahan air limbah dengan menggunakan media penyangga dalam reaktor biologis dan bantuan aerasi (Herlambang, 2001). Proses aerasi

diperlukan oleh mikro-organismes aerob dalam media penyangga membutuhkan suplai oksigen atau udara untuk mengurai senyawa organik menjadi  $\text{CO}_2$ , air, dan ammonia. Menurut Balitbang PU (2005), kompartemen *aerobic biofilter* harus mempunyai dinding segi empat yang datar dan pada sisi lebar bagian bawah dibuat miring ke dalam tangki. Pada bagian dalam tangki aerobik dilengkapi dengan pipa saluran udara. Gambar *aerobic biofilter* dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.3 Skema *Aerobic Biofilter*  
(Bureau of Sewerage Tokyo Metropolitan Government, 2014)

Menurut Casey (2006), pengolahan air limbah dengan sistem aerobik menggunakan *aerobic biofilter* memiliki kesamaan konsep dengan *trickling filter*. Secara konsep, pengolahan air limbah dengan metode ini membutuhkan keberadaan oksigen untuk mendegradasi bahan-bahan organik. Dalam pengolahan aerobik menggunakan *aerobic biofilter* atau *trickling filter* memanfaatkan teknologi *biofilm* yang membutuhkan media tumbuh organisme dari materi yang kasar, keras, tajam dan kedap air. Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menerapkan unit pengolahan aerobik ini, antara lain:

1. Jenis Media

Bahan untuk media *aerobic biofilter* harus kuat, keras dan tahan tekanan, tahan lama, tidak mudah berubah dan mempunyai

luas permukaan per menit volume yang tinggi. Bahan-bahan yang biasa digunakan adalah batu kali, krikil, antrasit, batu bara, dan sebagainya. Akhir-akhir ini telah digunakan media plastik yang dirancang sedemikian rupa sehingga menghasilkan panas yang tinggi

## 2. Diameter Media

Diameter media *aerobic biofilter* biasanya antara 2,5-7,5 cm. Sebaiknya dihindari penggunaan media dengan diameter terlalu kecil karena akan memperbesar kemungkinan penyumbatan. Makin luas permukaan media maka semakin banyak pula mikroorganisme yang hidup di atasnya.

## 3. Ketebalan Susunan media

Ketebalan media *aerobic biofilter* minimum 1 meter dan maksimum 3-4 meter. Makin tinggi ketebalan media maka makin besar pula total luas permukaan yang ditumbuhi mikroorganisme sehingga makin banyak pula mikroorganisme yang tumbuh menempel di atasnya.

## 4. Lama Waktu Tinggal Trickling Filter

Diperlukan lama waktu tinggal yang disebut waktu pengkondisian atau pendewasaan agar mikroorganisme yang tumbuh di atas permukaan media telah tumbuh cukup memadai untuk terselenggaranya proses yang diharapkan. Masa pendewasaan biasa berkisar 2-6 minggu. Lama waktu tinggal ini dimaksudkan agar mikroorganisme dapat menguraikan bahan-bahan organik dan tumbuh di permukaan media Trickling Filter membentuk lapisan Biofilm atau lapisan berlendir.

## 5. pH

Pertumbuhan mikroorganisme khususnya bakteri dipengaruhi oleh nilai pH. Agar pertumbuhan baik diusahakan agar pH mendekati keadaan netral. Nilai pH antara 4-9,5 dengan nilai pH yang optimum 6,5-7,5 merupakan lingkungan yang sesuai.

## 6. Suhu

Suhu yang baik untuk mikroorganisme adalah 25-37 derajat Celcius. Selain itu suhu juga mempengaruhi kecepatan reaksi dari suatu proses biologis. Bahkan efisiensi dari *aerobic biofilter* sangat dipengaruhi oleh suhu.

## 7. Aerasi

Agar aerasi berlangsung dengan baik media *aerobic biofilter* harus disusun sedemikian rupa sehingga memungkinkan masuknya udara kedalam sistem *aerobic biofilter* tersebut. Ketersediaan udara, dalam hal ini adalah Oksigen sangat berpengaruh terhadap proses penguraian oleh mikroorganisme.

Perhitungan *aerobic biofilter* dapat disesuaikan dengan acuan pembuatan IPAL domestik karena karakteristik limbah cair kegiatan usaha *bakery* dapat dikategorikan dalam limbah domestik (Said, 2008). Perhitungan unit pengolahan ini didasarkan pada kriteria perencanaan. Kriteria perencanaan *aerobic filter* meliputi:

- *Organic Loading Rate* : 5-6 kg COD/m<sup>3</sup>.hari
- OLR BOD : 0,3 -2,0 kg BOD/m<sup>3</sup>.hari
- HRT di septic tank : 2 jam
- HRT di *aerobic biofilter* : 10-40 jam
- BOD Removal : 80%

(sumber: Casey, 2006)

Desain *aerobic filter* dapat ditentukan berdasarkan perhitungan matematis meliputi:

- 1) Volume media dapat ditentukan dengan persamaan 2.9.

$$V_{media} = \frac{Q_{ave} \times BOD}{OLR_{BOD}} \quad (2.9)$$

Dimana:

V media= Volume media yang diperlukan (m<sup>3</sup>)

Q ave = Debit rata-rata limbah cair (L/hari)

BOD = Konsentrasi BOD masuk (mg/L)

OLR BOD = *Organic Loading Rate* BOD (0,3-2,0 kg BOD/m<sup>3</sup>.hari)

- 2) Volume reaktor dapat ditentukan dengan persamaan 2.10.

$$V_{reaktor} = \frac{100}{40} \times V_{media} \quad (2.10)$$

- 3) Waktu tinggal ( $t_d$ ) dalam reaktor aerob dapat ditentukan dengan persamaan 2.11.

$$t_d = \frac{V_{reaktor}}{Q_{ave}} \times 24 \text{ jam/hari} \quad (2.11)$$

- 4) Kebutuhan udara teoritis dapat ditentukan dengan persamaan 2.12.

$$Keb \text{ Udara teoritis} = \frac{2 \times BOD}{\mu \times O_2} \quad (2.12)$$

Dimana:

BOD = beban BOD removal (kg/hari)

$\mu$  = berat udara pada suhu 28°C = 1,1725 kg/m<sup>3</sup>

O<sub>2</sub> = jumlah oksigen di udara 21%

- 5) Kebutuhan udara aktual dapat ditentukan dengan persamaan 2.13

$$Keb \text{ Udara aktual} = \frac{Keb \text{ udara teoritis}}{Efisiensi \text{ difuser}} \quad (2.13)$$

(Sumber: Said, 2008)

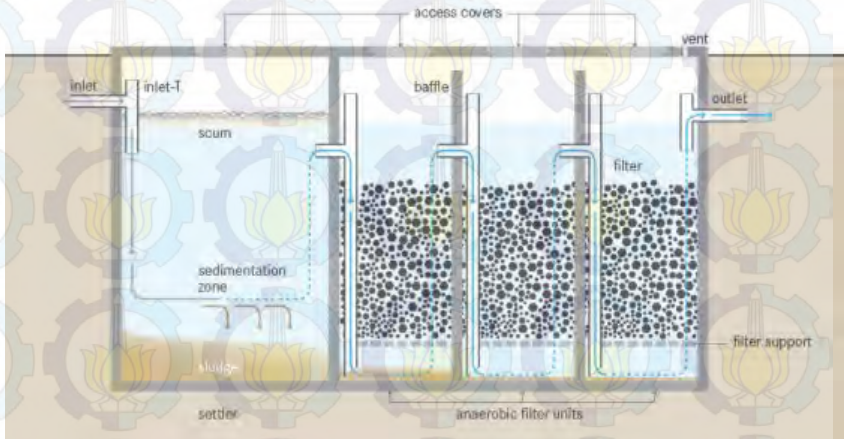
## 2.10 Anaerobic biofilter

*Anaerobic biofilter* adalah proses pengolahan limbah cair secara biologis dengan memanfaatkan mikro-organisme dalam mendegradasi senyawa organik yang sangat tinggi dalam kondisi sedikit oksigen terlarut. Proses degradasi senyawa organik dalam sistem anaerob terdiri dari hidrolisis, asidogenesis, dan metanogenesis (Indriyati, 2005). Menurut Balitbang PU (2005), dinding tangki *anaerobic biofilter* harus berbentuk elips dengan titik puncak elips berada pada pertengahan dinding.

*Anaerobic biofilter* digunakan pada tahap pengolahan kedua yaitu pengolahan secara biologi dalam proses pengolahan air limbah. Unit *anaerobic biofilter* ini menerapkan proses *attached growth* dengan prinsip kerja *Fixed-medium Systems* yaitu dengan cara melewatkan air limbah pada media-media tempat tumbuh melekatnya mikroorganisme yang digunakan untuk menghilangkan kandungan materi

organik pada air limbah. Penerapan *anaerobic biofilter* ini dapat dilakukan melalui dua macam proses yaitu *up-flow* (aliran ke atas) dan *down-flow* (aliran ke bawah) (Rittmann and Mc Carty, 2001).

Gambar 2.4 Skema *Anaerobic Biofilter*



(Tilley et al., 2014)

Kelebihan dan kekurangan dari *anaerobic biofilter* dapat dilihat pada Tabel 2.4.

**Tabel 2.4 Kelebihan dan Kekurangan *Anaerobic Biofilter***

Kelebihan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lumpur yang dihasilkan relatif sedikit,</li> <li>2. Energi listrik yang dibutuhkan dalam proses pengoperasian rendah,</li> <li>3. Tidak menimbulkan bau yang menyengat</li> <li>4. Bisa dibangun secara vertikal (tower) disesuaikan dengan keadaan lahan yang digunakan.</li> <li>5. Masa pemakaian jangka panjang</li> </ol>
Kekurangan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kemampuan reduksi patogen dan nutrisi relatif rendah</li> <li>2. Sesuai untuk pengolahan limbah dengan konsentrasi SS yang rendah</li> <li>3. Memerlukan <i>feeding</i> air limbah yang konstan</li> </ol>

Sumber: Tilley et al., 2014



Berikut merupakan kriteria perencanaan untuk unit pengolahan *Anaerobic biofilter* pada umumnya:

- *Organic Loading Rate* : 4-5 kg COD/m<sup>3</sup>.hari
- OLR BOD : 0,4-4,7 kg BOD/m<sup>3</sup>.hari
- HRT di *anaerobic biofilter* : 24-48 jam
- BOD Removal : 70-90%
- Luas spesifik media : 80-180 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>
- *Velocity upflow* : < 2 m/jam

(sumber: Sasse, 1998)

Berdasarkan kriteria perencanaan tersebut, penentuan dimensi unit pengolahan *anaerobic biofilter* dapat ditentukan dengan persamaan:

- 1) Volume media yang diperlukan dapat ditentukan dengan persamaan 2.14.

$$V_{media} = \frac{Q_{ave} \times BOD}{OLR_{BOD}} \quad (2.14)$$

Dimana:

V media = Volume media yang diperlukan (m<sup>3</sup>)

Q ave = Debit rata-rata limbah cair (L/hari)

BOD= Konsentrasi BOD masuk (mg/L)

OLR BOD = *Organic Loading Rate* BOD (0,4-4,7 kg BOD/m<sup>3</sup>.hari)

- 2) Volume reaktor dari volume media dapat ditentukan dengan persamaan 2.15.

$$V_{reaktor} = \frac{100}{60} \times V_{media} \quad (2.15)$$

- 3) Waktu tinggal (td) dalam reaktor anaerob dapat ditentukan dengan persamaan 2.16.

$$td = \frac{V_{reaktor}}{Q_{ave}} \times 24 \text{ jam/hari} \quad (2.16)$$

(Sumber: Said, 2008)

### 2.11 Media Biofilter

Pengolahan air limbah dengan menggunakan unit biofilter membutuhkan media yang sesuai untuk menghasilkan *effluent* yang memenuhi baku mutu. Media biofilter yang digunakan dapat bersifat organik maupun anorganik. Ukuran media biofilter yang digunakan juga berpengaruh terhadap efektivitas pengolahan air limbah. Beberapa jenis media biofilter dan perbandingan luas permukaannya yang sering digunakan dalam pengolahan air limbah dijelaskan dalam tabel 2.5.

**Tabel 2.5 Perbandingan Luas Permukaan Spesifik Media Biofilter**

No	Jenis Media	Luas permukaan spesifik (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )
1	Trickling Filter dengan batu pecah	100-200
2	Modul Sarang Tawon ( <i>honeycomb modul</i> )	150-240
3	Tipe Jaring	50
4	RBC	80-150
5	Bio-ball (random)	200-240

Sumber: Said dan Firly, 2005

Salah satu jenis media biofilter yang sering digunakan adalah batu pecah atau kerikil. Media batuan dan kerikil memiliki keunggulan dari segi biaya yang relatif lebih murah dan mudah didapatkan. Media tersebut juga memiliki beberapa kekurangan seperti spesifikasi media yang lebih berat daripada jenis media yang lain serta memiliki fraksi volume dan rongga yang rendah. Fraksi volume yang rendah menyebabkan media ini sering mengalami penyumbatan sehingga untuk mengatasinya perlu dilakukan penggantian media. Penyumbatan juga dapat diatasi dengan mengganti ukuran media dengan lebih besar namun akan mengurangi luas permukaan media biofilm. Kelemahan lain dari penggunaan media batuan dan kerikil adalah masa jenis yang besar sehingga membutuhkan konstruksi unit yang kokoh. Pembuatan konstruksi unit pengolahan yang kokoh menyebabkan meningkatnya biaya pembangunan dan

pemeliharaan IPAL. Berikut adalah spesifikasi jenis media batuan atau kerikil:

- Porositas = 0,5
- Bentuk = angular
- Sphericity = 0,78
- Faktor bentuk = 7,7
- Diameter rata-rata = 2,025 cm

(Sumber : Notodarmodjo et al., 2004)

Penggunaan media jenis batuan dan kerikil dapat disubstitusi dengan penggunaan arang karbon aktif atau keramik berpori. Media pengganti tersebut juga memiliki keunggulan yang sama dengan media jenis batuan dan kerikil, tetapi proses pemeliharaan yang rumit menyebabkan penggunaan media pengganti ini kurang diminati. Media pengganti lain yang sekarang mulai digunakan dalam berbagai jenis pengolahan biofilter adalah media terstruktur. Media terstruktur umumnya digunakan karena memiliki tingkat porositas bahan media yang tinggi sehingga akan cukup ruang untuk berkembangnya mikroorganisme yang mendegradasi bahan-bahan organik. Salah satu contoh media terstruktur adalah media sarang tawon. Spesifikasi media terstruktur tipe sarang tawon antara lain:

- Material = PVC
- Ukuran = 30 x 25 x 30 cm
- Ukuran lubang = 2 x 2 cm
- Ketebalan = 0,5 mm
- Luas spesifik = 150-220 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>
- Berat = 30-35 kg/m<sup>3</sup>
- Porositas rongga = 0,98
- Warna = Bening Transparan

(Sumber: Said dan Firly, 2005)

Media jenis sarang tawon menggunakan bahan berupa lembaran PVC (*Polivinil Chlorida*) yang dibentuk dalam kondisi vakum. Penggunaan media jenis ini memiliki keunggulan dari segi harga yang relatif lebih murah dan memiliki sifat kebasaa. PVC relative merupakan resin murah dengan sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan PP atau HDPE. PVC pada awalnya bersifat *hydrophobic* namun

biasanya menjadi basah atau mempunyai sifat kebasahan yang baik dalam waktu satu atau dua minggu.



Gambar 2.5 Bentuk Media Jenis Sarang Tawon  
(Said dan Firly, 2005)

Media jenis sarang tawon merupakan media organik yang berbentuk lembaran-lembaran PVC. Media tersebut berbentuk blok segi empat yang memiliki saluran sehingga mampu mengalirkan sepanjang satu axis atau dua axis. Kemampuan media untuk mengalirkan sepanjang dua axis diakibatkan terbentuknya aliran *cross corrugated packing* dalam media tersebut. Rata-rata media jenis sarang tawon yang saat ini digunakan untuk biofilter adalah jenis aliran silang (*cross crosflow*).

## 2.12 Penelitian Terdahulu

1. Penelitian yang dilakukan oleh Said dan Firly (2005) mengenai uji *performance* untuk biofilter anaerobik dalam mengolah air limbah rumah potong ayam. Penelitian ini menghasilkan efisiensi penurunan terbaik untuk limbah tersebut. Didapat efisiensi removal untuk COD sebanyak 87%, kandungan zat organik ( $\text{KMnO}_4$ ) sebanyak 83%, kemudian BOD 89%, dan TSS 96%.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Bodkhe (2008) mengenai studi HRT dalam menentukan efektivitas *anaerobik filter* menunjukkan bahwa HRT 12 jam merupakan rentang waktu paling optimal untuk pengolahan limbah domestik.

Efisiensi removal yang dihasilkan mencapai 90% untuk BOD, 95% untuk COD, dan 95% untuk TSS. Biogas yang dihasilkan mencapai  $0,35 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg COD}$  dengan kandungan  $\text{CH}_4$  yaitu sebesar 70%.

3. Praditya (2013) merencanakan bangunan IPAL untuk limbah cair pusat pertokoan. DED dari bangunan tersebut yaitu sebagai berikut:
  - a. IPAL pusat pertokoan dengan proses anaerobik membutuhkan volume media  $78,3 \text{ m}^3$ ; panjang 2,1 m; lebar 1 m; tinggi 3 m; dan jumlah bed 12 buah.
  - b. IPAL pusat pertokoan dengan proses aerobik membutuhkan volume media  $39,1 \text{ m}^3$ ; panjang 1,6 m; lebar 0,8 m; tinggi 3 m; dan jumlah bed 10 buah.
  - c. IPAL pusat pertokoan dengan kombinasi proses aerobik-anaerobik. Bak anaerobik membutuhkan volume media  $78,3 \text{ m}^3$ ; panjang 3,6 m; lebar 1,8 m; tinggi 3 m; dan jumlah bed 4 buah. Bak aerobik membutuhkan volume media  $11,2 \text{ m}^3$ ; panjang 1,9 m; lebar 1 m; tinggi 3 m; dan jumlah bed 2 buah.
4. Bilal (2014) melakukan perencanaan bangunan IPAL anaerobik filter, dengan DED untuk dimensinya yaitu panjang 1,05 m; lebar 0,53 m; tinggi 3 m. Biaya yang diperlukan untuk membangun IPAL tersebut adalah Rp 258.000.000.
5. Soewondo dan Yulianto (2008) melakukan penelitian tentang pengaruh aerasi pada biofilter aerob terhadap kemampuan *removal* COD bahwa kemampuan efisiensi *removal* COD tertinggi berada pada kondisi aerasi secara *intermitent*. Sebanyak 87% COD berkurang dengan waktu aerasi setiap 4 jam sekali. Sedangkan pengaruh aerasi secara terus-menerus mampu mengurangi kadar COD sebesar 83%.

## BAB 3 METODE PERENCANAAN

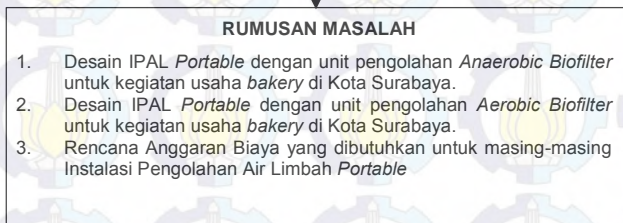
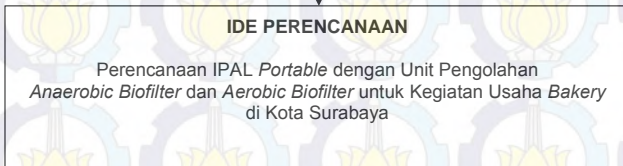
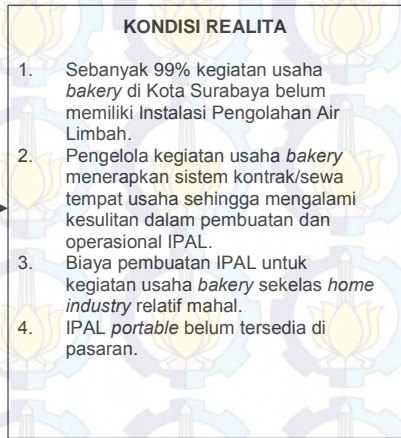
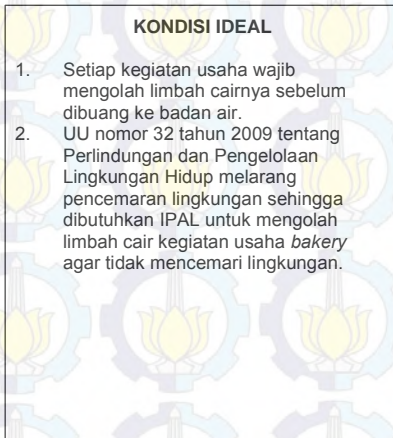
### 3.1 Kerangka Perencanaan

Metode perencanaan ini disusun dalam bentuk kerangka perencanaan yaitu alur atau prosedur dalam perencanaan yang akan dilakukan. Kerangka perencanaan ini bertujuan untuk:

1. Sebagai gambaran awal tahapan perencanaan sehingga dapat memudahkan perencanaan dan penulisan laporan.
2. Dapat mengetahui hal-hal yang berkaitan dengan perencanaan agar tujuan perencanaan tercapai dan memudahkan pembaca dalam memahami mengenai perencanaan yang akan dilakukan.
3. Sebagai pedoman awal dalam pelaksanaan perencanaan, sehingga kesalahan yang berisiko terjadi dapat diminimisasi.

Tugas akhir perencanaan ini perlu dilakukan agar pengelola kegiatan usaha *bakery* memiliki tanggung jawab dalam mengelola limbah cair yang dihasilkan dari proses pengolahan produksi *bakery*. Pengelolaan limbah cair *bakery* dapat dilakukan meskipun dalam kondisi lahan terbatas atau lahan sewa. Apabila pengelola kegiatan usaha *bakery* mengaplikasikan tugas akhir perencanaan ini, diharapkan effluen limbah *bakery* dapat langsung dibuang ke badan air penerima sehingga tidak perlu menyediakan biaya operasional penampungan atau pembuangan limbah *bakery*.

Pada tugas akhir ini dilakukan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah secara *Portable* dengan proses *anaerobic* menggunakan unit *Anaerobic biofilter* dan proses *aerobic* menggunakan unit *Aerobic biofilter* untuk kegiatan usaha *Bakery* di Kota Surabaya. Metode perencanaan ini disusun sebagai pedoman dalam melaksanakan ide perencanaan yang akan menjawab tujuan perencanaan. Penyusunan tahapan perencanaan bertujuan sebagai penjabar alur perencanaan yang akan dilakukan agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan perencanaan. Tahapan perencanaan dapat dilihat pada gambar 3.1.



A

### TUJUAN PERENCANAAN

1. Mendesain IPAL *Portable* dengan unit pengolahan *Anaerobic Biofilter* untuk kegiatan usaha *bakery* di Kota Surabaya.
2. Mendesain IPAL *Portable* dengan unit pengolahan *Aerobic Biofilter* untuk kegiatan usaha *bakery* di Kota Surabaya.
3. Menghitung Rencana Anggaran Biaya yang dibutuhkan untuk masing-masing Instalasi Pengolahan Air Limbah *Portable*.

### TINJAUAN PUSTAKA

1. Definisi kegiatan usaha *bakery*
2. Karakteristik limbah kegiatan usaha *bakery*
3. Kualitas dan kuantitas air limbah
4. Parameter pengolahan air limbah *bakery*
5. Baku mutu air limbah *bakery*
6. Proses pengolahan air limbah *bakery*
7. Unit pengolahan secara *portable*
8. Unit pengolahan yang digunakan
9. *Aerobic biofilter*
10. *Anaerobic biofilter*
11. Media biofilter
12. Perencanaan terdahulu

### PENGUMPULAN DATA

#### DATA SEKUNDER

1. Data Karakteristik limbah cair meliputi BOD, COD, TSS, dan pH.
2. HSPK Kota Surabaya tahun 2015

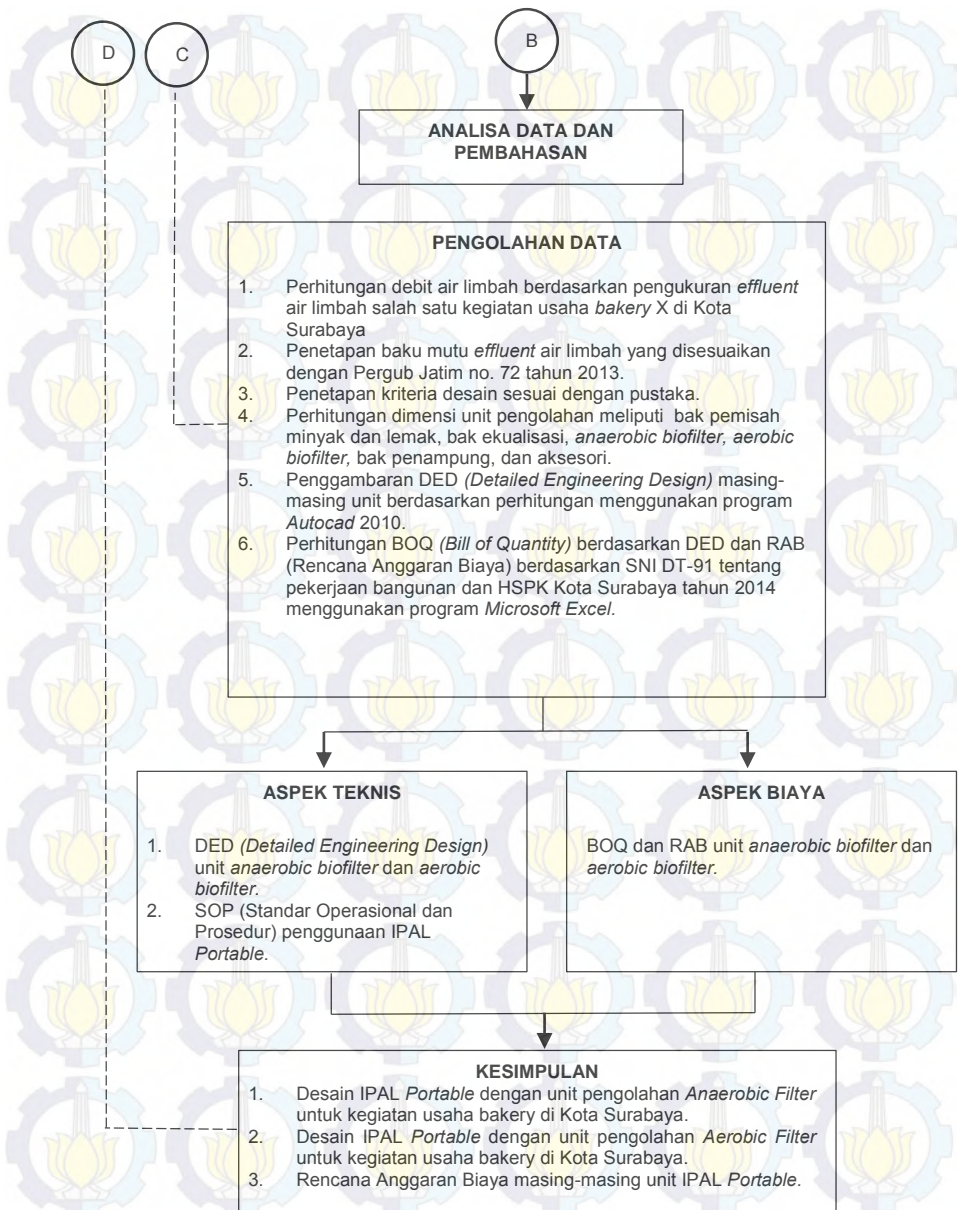
#### DATA PRIMER

1. Pengukuran debit limbah cair kegiatan usaha *bakery* X di Kota Surabaya.

D C

B





Gambar 3.1 Tahapan Perencanaan

### 3.2 Tahapan Perencanaan

Tahapan perencanaan dapat menjelaskan tentang urutan kerja yang akan dilakukan dalam perencanaan ini. Dalam tahapan perencanaan ini juga dijelaskan secara rinci tahapan yang akan disusun dalam kerangka perencanaan. Tujuan dari pembuatan tahapan perencanaan ini adalah untuk memudahkan pemahaman dan menjelaskan melalui deskripsi tiap tahapan. Berikut merupakan tahapan yang dilakukan dalam perencanaan, antara lain:

#### 1. Judul Perencanaan

Judul tugas akhir perencanaan ini adalah “Perencanaan IPAL *Portable* dengan Unit Pengolahan *Anaerobic biofilter* dan *Aerobic biofilter* untuk Kegiatan Usaha *Bakery* di Kota Surabaya”. Judul ini diperoleh karena adanya “GAP” antara kondisi ideal dan kondisi realita. Kondisi realita dalam perencanaan ini adalah belum adanya instalasi pengolahan air limbah pada kegiatan usaha *bakery* di Kota Surabaya sehingga limbah cair yang dihasilkan akan mencemari badan perairan. Berdasarkan pada kondisi lapangan, kegiatan usaha *bakery* tidak memiliki lahan yang luas dan tenaga operasional dalam mengelola IPAL serta menerapkan sistem sewa lahan usaha sehingga dibutuhkan IPAL *Portable* untuk mengolah limbah cairnya.

#### 2. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka bertujuan untuk membantu dan mendukung ide perencanaan serta dapat meningkatkan pemahaman lebih jelas terhadap ide yang akan direncanakan. Tinjauan pustaka juga harus mendapatkan *feedback* dari analisa data dan pembahasan untuk menyesuaikan hasil analisa dengan literatur yang ada. Sumber literatur yang digunakan adalah jurnal internasional, jurnal Indonesia, peraturan dan baku mutu, prosiding, *text book*, serta tugas akhir yang berhubungan dengan perencanaan ini. Data-data yang berasal dari sumber literatur meliputi:

1. Definisi kegiatan usaha *bakery*
2. Karakteristik limbah kegiatan usaha *bakery*
3. Kualitas dan kuantitas air limbah
4. Parameter pengolahan air limbah *bakery*

5. Baku mutu air limbah *bakery*
6. Proses pengolahan air limbah *bakery*
7. Unit pengolahan secara *portable*
8. Unit pengolahan yang digunakan meliputi bak pemisah minyak dan lemak, bak ekualisasi, biofilter, dan bak penampung.
9. *Aerobic biofilter*
10. *Anaerobic biofilter*
11. Media Biofilter
12. Perencanaan Terdahulu

### 3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam perencanaan. Data-data yang diperlukan meliputi:

#### A. Data Primer

Pengukuran debit dilakukan pada saluran *effluent* sebanyak 5 kali berdasarkan selama 5 hari berturut-turut dengan memperhatikan hari puncak dan hari biasa dengan metode *time gravity*.

#### B. Data Sekunder

1. Data karakteristik limbah cair meliputi BOD, COD, dan TSS.
2. HSPK Kota Surabaya tahun 2015.

### 4. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan setelah data-data yang dibutuhkan telah dikumpulkan. Adapun pengolahan data yang dilakukan meliputi:

1. Perhitungan debit air limbah pengukuran pada salah satu kegiatan usaha *bakery* X di Kota Surabaya.
2. Penetapan baku mutu *effluent* air limbah yang disesuaikan dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri dan Usaha Lainnya. Baku mutu kegiatan usaha *bakery* masuk dalam kategori baku mutu limbah cair rumah makan (restoran).
3. Penetapan kriteria desain sesuai dengan pustaka.

4. Perhitungan dimensi unit bak pemisah minyak dan lemak, bak ekualisasi, *anaerobic biofilter*, dan *aerobic biofilter*.
5. Penggambaran DED (*Detail Engineering Design*) masing-masing unit berdasarkan perhitungan menggunakan program *Autocad 2007*.
6. Perhitungan BOQ (*Bill of Quantity*) berdasarkan DED dan RAB (Rencana Anggaran Biaya) berdasarkan SNI DT-91 tentang pekerjaan bangunan dan HSPK Kota Surabaya tahun 2015 menggunakan program *Microsoft Excel*.

## 5. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan digunakan untuk memperjelas data yang telah diolah. Hasil dan pembahasan meliputi aspek teknis dan biaya yang terdiri dari:

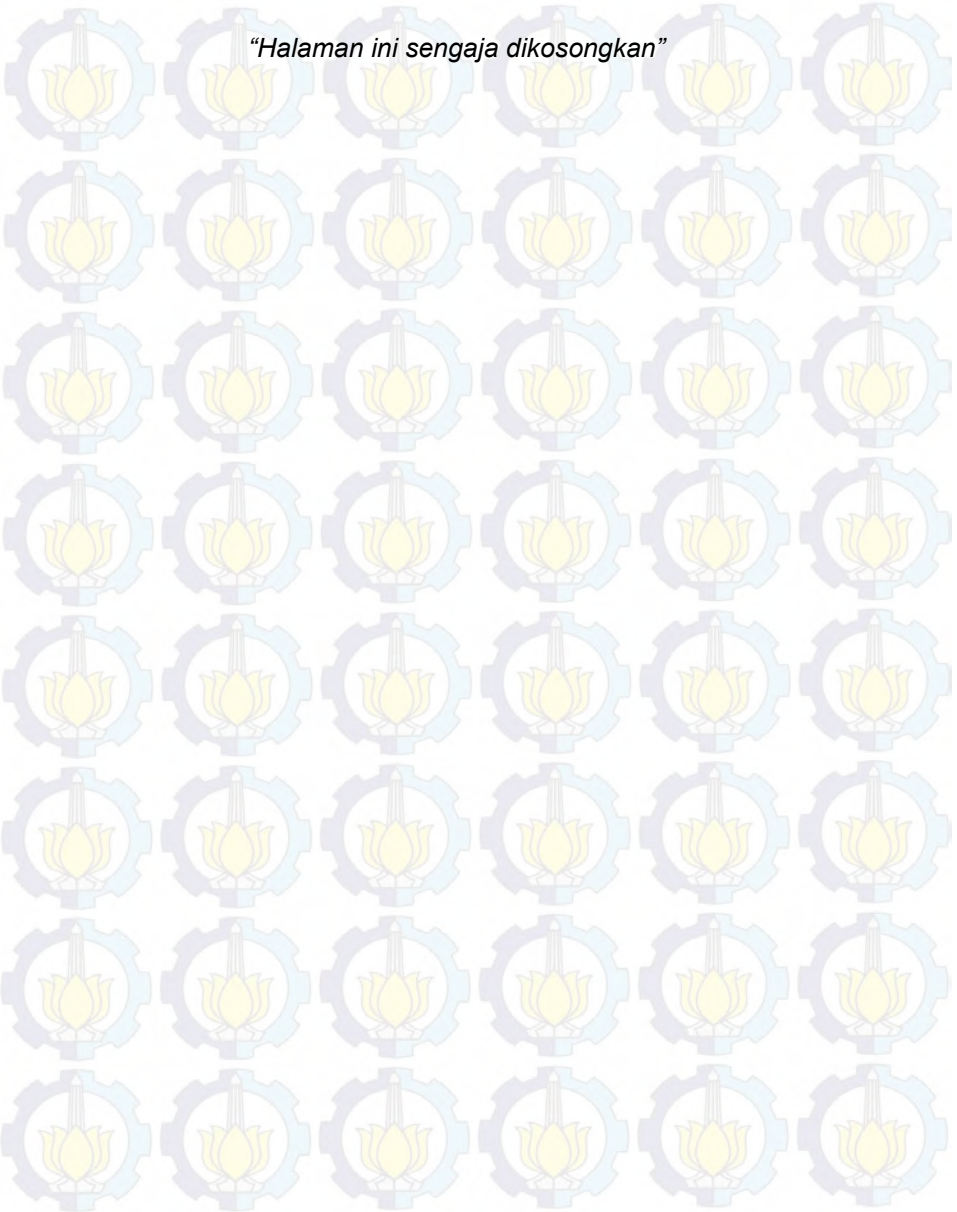
1. DED unit *anaerobic biofilter* dan *aerobic biofilter*.
2. SOP (Standar Operasional dan Prosedur) penggunaan IPAL *Portable*.
3. BOQ dan RAB unit *anaerobic biofilter* dan *aerobic biofilter*.

## 6. Kesimpulan

Kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan perencanaan. Kesimpulan tersebut meliputi:

1. Desain IPAL *Portable* dengan unit pengolahan *Anaerobic biofilter* untuk kegiatan usaha bakery di Kota Surabaya.
2. Desain IPAL *Portable* dengan unit pengolahan *Aerobic biofilter* untuk kegiatan usaha bakery di Kota Surabaya.
3. Rencana Anggaran Biaya masing-masing unit IPAL *Portable*.

*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*



## BAB 4 HASIL DAN PERENCANAAN

### 4.1 Alternatif Pengolahan

IPAL *portable* untuk kegiatan usaha *bakery* menggunakan *attached growth process* dengan unit pengolahan biofilter. Penggunaan *attached growth process* dalam tugas akhir perencanaan ini didasarkan pada penggunaan energi relatif sedikit, operasi dan pemeliharaan unit pengolahan mudah, serta lebih cepat pulih apabila terjadi *shock loading*. Pada unit pengolahan tersebut menggunakan dua alternatif pengolahan yaitu pengolahan anaerob dan aerob. Digunakannya kedua alternatif tersebut untuk membandingkan alternatif mana yang lebih efektif digunakan sebagai IPAL *portable* untuk kegiatan usaha *bakery* di kota Surabaya.

Menurut Said (2008), IPAL yang sesuai untuk digunakan dalam mengolah air limbah rumah makan (*bakery*) adalah biofilter. Unit pengolahan biofilter cocok digunakan untuk lokasi usaha dengan lahan terbatas namun memiliki beban limbah cair yang besar. Selain itu, operasi dan pemeliharaan dari unit pengolahan biofilter relatif lebih mudah dan murah. Secara proses, unit pengolahan biofilter dapat dibedakan secara anaerob, aerob, atau kombinasi anaerob-aerob.

Proses pengolahan pada unit biofilter anaerob memiliki beberapa kelebihan antara lain efisiensi removal BOD sebesar 70-90%, lumpur yang dihasilkan relatif sedikit, dan memiliki produk samping berupa metana (Sasse, 2009). Pada proses pengolahan dengan menggunakan unit biofilter aerob memiliki beberapa kelebihan antara lain *start up time* yang lebih cepat daripada anaerob (2-4 minggu), tidak berpotensi menimbulkan bau, dan menghasilkan lumpur yang mengandung nutrisi tinggi untuk proses resirkulasi (Eckenfelder *et al.*, 1988). Menurut, Gendy *et al.* (2012), penggunaan unit *aerobic biofilter* bersifat sebagai unit tambahan dalam pengolahan limbah cair. Unit *aerobic biofilter* mampu meningkatkan efisiensi removal hingga 91%.

Pada tugas akhir perencanaan ini, unit pengolahan yang digunakan adalah *anaerobic biofilter* dan *aerobic biofilter*. Selain kedua unit tersebut, juga dibutuhkan unit pendukung berupa *septic tank*, bak penampung, bak ekualisasi, dan bak pemisah minyak

dan lemak. Pada perencanaan IPAL *portable*, unit yang dibangun dalam satu kesatuan atau paket IPAL adalah *septic tank*, *anaerobic biofilter/aerobic biofilter*, dan bak penampung. Sedangkan bak ekualisasi dan bak pemisah minyak dan lemak bersifat terpisah dari paket IPAL dikarenakan menyesuaikan beban limbah cair masing-masing kegiatan usaha *bakery*.

#### 4.2 Penentuan Debit Air Limbah *Bakery*

Debit air limbah *bakery* ditentukan melalui *sampling* pada salah kegiatan usaha *bakery* X di Kota Surabaya. *Sampling* debit air limbah dilakukan dengan cara menghitung beda tinggi level muka air dalam satu hari operasional sehingga dapat ditentukan debit air limbah salah satu kegiatan usaha *bakery* X di Kota Surabaya. Pengukuran debit air limbah *bakery* dilakukan dalam waktu 6 hari berturut-turut dengan memperhatikan waktu operasional harian dan puncak. Berikut adalah tabel perhitungan beda level muka air limbah *bakery*.

**Tabel 4.1 Perhitungan Beda Level Muka Air Limbah**

Waktu Pengukuran Debit				Kenaikan Level Muka Air (m)
Hari	Pengukuran Awal (m)	Hari	Pengukuran Akhir (m)	
1	2	2	2,5	0,5
2	2	3	2,5	0,5
3	2	4	2,5	0,5
4	1,4	5	2,5	1,1
5	1,7	6	2,5	0,8

Berdasarkan pada tabel 4.1, diketahui bahwa hari pertama sampai hari keempat mewakili hari operasional umum dalam satu minggu, sedangkan hari kelima dan keenam mewakili hari puncak dalam satu minggu. Pada hari kelima dan keenam diketahui bahwa beda level muka air lebih besar daripada hari lainnya. Dalam perhitungan debit air limbah *bakery*, diketahui volume bak penampung limbah *bakery* sebesar 35,5 m<sup>3</sup> dengan ketinggian bak penampung limbah 2,5 m dan luas alas bak penampung 14,2 m<sup>2</sup>.

Debit air limbah *bakery* dapat ditentukan dengan perhitungan berikut:

Volume Tandon diketahui	=	35,5 m <sup>3</sup>
Tinggi tandon	=	2,5 m
Luas Alas	=	14,2 m <sup>2</sup>
Waktu pengisian bak	=	24 jam
Jam operasional	=	15 jam
Volume kenaikan level air	=	

$$V_1 = 0,5 \text{ m} \times 14,2 \text{ m}^2 = 7,1 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 0,5 \text{ m} \times 14,2 \text{ m}^2 = 7,1 \text{ m}^3$$

$$V_3 = 0,5 \text{ m} \times 14,2 \text{ m}^2 = 7,1 \text{ m}^3$$

$$V_4 = 1,1 \text{ m} \times 14,2 \text{ m}^2 = 15,62 \text{ m}^3$$

$$V_5 = 0,8 \text{ m} \times 14,2 \text{ m}^2 = 11,36 \text{ m}^3$$

Debit air limbah *bakery* harian

$$Q_1 = \frac{7,1 \text{ m}^3}{24 \text{ jam}} = 0,296 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q_2 = \frac{7,1 \text{ m}^3}{24 \text{ jam}} = 0,296 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q_3 = \frac{7,1 \text{ m}^3}{24 \text{ jam}} = 0,296 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q_4 = \frac{15,62 \text{ m}^3}{24 \text{ jam}} = 0,651 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q_5 = \frac{11,36 \text{ m}^3}{24 \text{ jam}} = 0,473 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q_{\text{ave}} = \frac{Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5}{5} = \frac{0,296 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} + 0,296 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} + 0,296 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} + 0,651 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} + 0,473 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}}{5}$$

$$Q_{\text{ave}} = 0,402 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q_{\text{ave}} = 0,402 \text{ m}^3/\text{jam} \times 15 \text{ jam operasional/hari}$$

$$Q_{\text{ave}} = 6,035 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Dalam tugas akhir ini, debit air limbah *bakery* yang diukur mewakili debit air limbah industri *bakery* kelas menengah. Kategori industri *bakery* kelas menengah ditentukan berdasarkan jumlah tenaga kerja. Tenaga kerja yang dipekerjakan pada salah satu kegiatan usaha *bakery* X di Kota Surabaya kurang lebih 24 orang. Dalam hal ini, kegiatan usaha *bakery* yang masuk kategori kelas industri menengah adalah kegiatan usaha *bakery* dengan jumlah tenaga kerja antara 20-99 tenaga kerja (Glendoh, 2001).



## Karakteristik Air Limbah

Penentuan karakteristik air limbah *bakery* dalam perencanaan kali ini didasarkan pada hasil uji parameter kualitas air limbah *bakery* X di Kota Surabaya. Air limbah *bakery* X tersebut merupakan representasi dari kegiatan usaha *bakery* kelas menengah di Kota Surabaya. Berikut adalah hasil uji karakteristik air limbah *bakery* X di Kota Surabaya.

**Tabel 4.2 Karakteristik Limbah *Bakery* X di Surabaya**

No	Parameter	Mg/L
1.	BOD <sub>5</sub>	421
2.	COD	702,388
3.	TSS	858,333
4.	Minyak dan Lemak	< LD
5.	pH	6,9

Sumber: BLH Kota Surabaya, 2014

### 4.3 Perhitungan DED Unit *Pre-Treatment*

Unit *pre-treatment* dalam perencanaan ini, berfungsi sebagai unit pengolahan awal sebelum masuk ke dalam unit IPAL *portable*. Unit *pre-treatment* terdiri dari bak pemisah minyak dan lemak dan bak ekualisasi. Kedua unit ini merupakan syarat operasional penggunaan IPAL *portable* agar beban air limbah yang masuk ke dalam IPAL *portable* tidak terlalu besar. Unit *pre-treatment* merupakan unit *optional* yang dibutuhkan untuk mendukung kinerja IPAL *portable*. Unit *pre-treatment* terpisah dengan unit *portable* karena menyesuaikan kondisi lapangan pada lokasi usaha *bakery*. Apabila pada lokasi usaha *bakery* sudah memiliki bak penampungan awal maka unit *pre-treatment* tidak perlu dibangun.

#### 4.3.1 Bak Pemisah Minyak dan Lemak

Menurut BLH (2014), kualitas *effluent oil and grease* pada salah satu kegiatan usaha *bakery* X di Kota Surabaya sudah dibawah baku mutu limbah cair berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur no. 72 tahun 2013. Meskipun kualitas *oil and grease* air limbah *bakery* di bawah baku mutu, bak pemisah minyak dan lemak tetap dibutuhkan untuk mengantisipasi adanya fluktuasi

konsentrasi dari *oil and grease* dalam debit air limbah *bakery*. Perhitungan bak pemisah minyak dan lemak menggunakan metode *grease interceptor liquid capacity* (NPCA, 2009).

$$V_{og} = \frac{\text{quantity of meals}}{\text{hour}} \times \text{waste flow rate} \times \text{retention time} \times \text{storage factor}$$

Data jumlah pelanggan salah satu kegiatan usaha bakery X di Kota Surabaya ditentukan melalui observasi langsung pada lokasi salah satu kegiatan usaha *bakery* X di Kota Surabaya. Data ini diperlukan untuk menentukan nilai *quantity of meals/hour*.

**Tabel 4.3 Data Jumlah Pelanggan**

Hari	Jumlah (orang)		
	1	32	28
2	20	20	21
3	26	28	26
Rata-rata	3,25	3,17	3,33
Rata <sup>2</sup> Total	3,25		

Berdasarkan data tersebut, diketahui bahwa nilai *quantity of meals / hour* adalah 3,25.

$$\text{Quantity of meals/hour} = 3,25$$

$$\text{Waste flow rate} = 18,9 \text{ L (without dishwasher)}$$

$$\text{Retention time} = 2,5 \text{ (commercial kitchen waste)}$$

$$\text{Storage factor} = 2 \text{ (16 hours operation)}$$

$$V_{og} = \frac{3,25}{\text{hour}} \times 18,9 \text{ L} \times 2,5 \text{ hour} \times 2$$

$$V_{og} = 0,307 \text{ m}^3$$

$$h_{rencana} = 0,6 \text{ m}$$

$$A = \frac{0,307 \text{ m}^3}{0,6 \text{ m}}$$

$$A = 0,533 \text{ m}^2$$

$$P : L = 2 : 1$$

$$L = \sqrt{\frac{0,533}{2}}$$

$$L = 0,52 \text{ m} \sim 0,6 \text{ m}$$

$$P = 0,52 \text{ m} \times 2 = 1,03 \text{ m} \sim 1 \text{ m}$$

### Pipa influen dan Efluen Bak Pemisah Minyak dan Lemak

Direncanakan:

Debit air masuk ( $Q_{in}$ ) = 0,402 m<sup>3</sup>/jam

Pada perencanaan ini, debit air limbah *bakery* yang masuk sama dengan debit yang keluar maka diameter pipa influen dan efluen juga memiliki ukuran yang sama. Dalam perencanaan ini, pipa yang digunakan adalah pipa AW dikarenakan memiliki diameter terkecil yang dijual di pasaran. Diameter pipa rencana bak pemisah minyak dan lemak sebesar 22 mm dengan menggunakan merk pipa wavin.

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 3,14 \times 0,022^2 \\ &= 0,000379 \text{ m}^2 \\ v &= \frac{Q_{in}}{A} \\ &= \frac{0,402}{0,000379} \\ &= 0,3 \text{ m/s} \end{aligned}$$

#### 4.3.2 Bak Ekualisasi

Dalam perencanaan IPAL *portable*, dibutuhkan unit bak ekualisasi sebagai bak penampung awal untuk menjaga kuantitas debit air limbah yang masuk. Kuantitas debit air limbah *bakery* yang masuk dalam unit perlu dijaga karena air limbah yang dihasilkan dari proses produksi tidak kontinyu mengalir selama 24 jam. Penentuan DED dari bak ekualisasi didasarkan atas perhitungan bak ekualisasi dari *Wastewater Engineering Treatment and Reuse* oleh Tchobanoglus, 2003. Berikut adalah perhitungan DED bak ekualisasi.

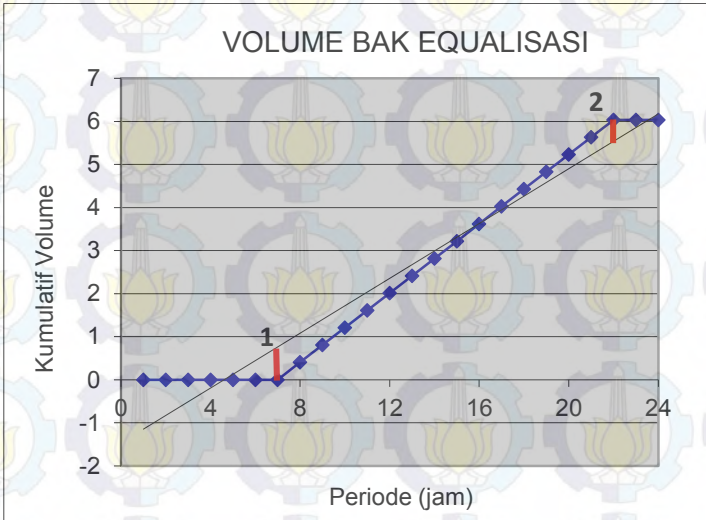
$$\begin{aligned} Q_{ave} &= 0,402 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 1,12 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

**Tabel 4.4 Perhitungan Bak Ekualisasi**

Periode	Average Flowrate	Volume In	Kumulatif	Volume Rata-rata	Kumulatif	Selisih
jam ke-	(m <sup>3</sup> /dt)	(m <sup>3</sup> )	volume	(m <sup>3</sup> )	volume	

Periode	Average Flowrate	Volume In	Kumulatif	Volume Rata-rata	Kumulatif	Selisih
0 - 1	0,000000	0,0	0,0	0,251	0,251	-0,251
1 - 2	0,000000	0,0	0,0	0,251	0,503	-0,503
2 - 3	0,000000	0,0	0,0	0,251	0,754	-0,754
3 - 4	0,000000	0,0	0,0	0,251	1,006	-1,006
4 - 5	0,000000	0,0	0,0	0,251	1,257	-1,257
5 - 6	0,000000	0,0	0,0	0,251	1,509	-1,509
<b>6 - 7</b>	<b>0,000000</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	0,251	<b>1,760</b>	<b>-1,760</b>
7 - 8	0,000112	0,4	0,4	0,251	2,012	-1,609
8 - 9	0,000112	0,4	0,8	0,251	2,263	-1,458
9 - 10	0,000112	0,4	1,2	0,251	2,515	-1,308
10 - 11	0,000112	0,4	1,6	0,251	2,766	-1,157
11 - 12	0,000112	0,4	2,0	0,251	3,018	-1,006
12 - 13	0,000112	0,4	2,4	0,251	3,269	-0,855
13 - 14	0,000112	0,4	2,8	0,251	3,520	-0,704
14 - 15	0,000112	0,4	3,2	0,251	3,772	-0,553
15 - 16	0,000112	0,4	3,6	0,251	4,023	-0,402
16 - 17	0,000112	0,4	4,0	0,251	4,275	-0,251
17 - 18	0,000112	0,4	4,4	0,251	4,526	-0,101
18 - 19	0,000112	0,4	4,8	0,251	4,778	0,050
19 - 20	0,000112	0,4	5,2	0,251	5,029	0,201
20 - 21	0,000112	0,4	5,6	0,251	5,281	0,352
<b>21 - 22</b>	0,000112	<b>0,4</b>	<b>6,0</b>	0,251	<b>5,532</b>	<b>0,503</b>
22 - 23	0,000000	0,0	6,0	0,251	5,784	0,251
23 - 24	0,000000	0,0	6,0	0,251	6,035	0,000
Rata-Rata	<b>0,000069</b>					

Berdasarkan pada perhitungan Tabel 4.4, data volume kumulatif kemudian dibuat grafik.



Gambar 4.1 Grafik Volume Bak Ekualisasi

Berdasarkan pada gambar 4.1, diketahui bahwa selisih dari dua titik kritis terbesar yaitu titik 1 dan 2. Titik 1 terletak pada periode (jam) 6-7, sedangkan titik 2 terletak pada periode (jam) 21-22. Kumulatif volume dari dari periode (jam) 6-7 adalah  $-1,760 \text{ m}^3$ , sedangkan kumulatif volume dari periode (jam) 21-22 adalah  $0,503 \text{ m}^3$ .

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Ekualisasi}} &= \text{Titik 2} - \text{Titik 1} \\
 &= 0,503 - (-1,760) \\
 &= 2,263 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Direncanakan,} \\
 h_{\text{rencana}} &= 2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{V}{h} \\
 &= \frac{2,263}{2} \\
 &= 1,13 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P : L &= 2 : 1 \\
 L &= 2 \sqrt{\frac{1,13}{2}} \\
 &= 0,752 \text{ m} \sim 0,8 \text{ m} \\
 P &= 0,752 \times 2 \\
 &= 1,504 \text{ m} \sim 1,5 \text{ m} \\
 \text{Cek Td} &= \frac{p \times l \times h}{Q_{ave}} \\
 &= \frac{1,5 \times 0,8 \times 2}{0,402} \\
 &= 5,96 \text{ jam} \sim \text{memenuhi (4-8 jam)}
 \end{aligned}$$

### Pipa influen dan Efluen Bak Ekualisasi

Direncanakan:

$$\text{Debit air masuk } (Q_{in}) = 0,402 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Pada perencanaan ini, debit air limbah *bakery* yang masuk sama dengan debit yang keluar maka diameter pipa influen dan efluen juga memiliki ukuran yang sama. Dalam perencanaan ini, pipa yang digunakan adalah pipa AW dikarenakan memiliki diameter terkecil yang dijual di pasaran. Diameter pipa rencana bak ekualisasi sebesar 22 mm dengan menggunakan merk pipa wavin.

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,022^2 \\
 &= 0,000379 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{Q_{in}}{A} \\
 &= \frac{0,402}{0,000379} \\
 &= 0,3 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

#### 4.4 Perhitungan DED IPAL *Portable*

IPAL *Portable* dalam tugas akhir ini direncanakan dalam satu paket. Paket IPAL *portable* terdiri dari unit *septic tank*, *anaerobic biofilter*, *aerobic biofilter*, dan bak penampung. Paket IPAL *portable* ini berbentuk *compact* atau satu kesatuan sehingga dapat dipindah-pindahkan untuk operasional IPAL.

#### 4.4.1 *Septic Tank*

Dalam perencanaan tugas akhir ini, *septic tank* dalam unit IPAL *portable* berfungsi untuk menurunkan konsentrasi BOD, COD, dan TSS dalam air limbah *bakery*. Fungsi lain dari *septic tank* dalam unit ini sebagai bak pengendap awal sehingga mampu mengurangi partikel diskrit yang terbawa dalam air limbah *bakery* agar tidak terbawa ke dalam unit biofilter. Partikel diskrit yang terbawa dalam unit biofilter dapat menyebabkan *clogging* pada media filter. Berikut adalah perhitungan DED *septic tank*.

Diketahui

$$\text{BOD in} = 421 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD in} = 702,388 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS in} = 858,333 \text{ mg/L}$$

Direncanakan

$$Q \text{ ave} = 0,4023 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{HRT} = 2 \text{ jam (2-4 jam)}$$

$$\text{Waktu Pengurasan Lumpur} = 24 \text{ bulan}$$

$$\text{Rasio SS/COD} = 0,45$$

Perhitungan

$$V = Q \text{ ave} \times \text{HRT}$$

$$= 0,4023 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ jam}$$

$$= 0,8046 \text{ m}^3$$

$$h \text{ muka air} = 1,2 \text{ m}$$

$$A = \frac{V}{h}$$

$$= \frac{0,8046}{1,2}$$

$$= 0,6706 \text{ m}^2 \sim 0,68 \text{ m}^2$$

$$L = 0,4 \text{ m}$$

$$P \text{ total} = 1,7 \text{ m}$$

$$P \text{ kamar 1} = 1,2 \text{ m}$$

$$P \text{ kamar 2} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Cek td} = \frac{p \times l \times h}{Q \text{ ave}}$$

$$= \frac{1,7 \times 0,4 \times 1,2}{0,402}$$

$$= 2,02 \text{ jam (memenuhi)}$$

### Pipa Influen dan Efluen *Septic Tank*

Direncanakan:

Debit air masuk ( $Q_{in}$ ) = 0,402 m<sup>3</sup>/jam

Pada perencanaan ini, debit air limbah *bakery* yang masuk sama dengan debit yang keluar maka diameter pipa influen dan efluen juga memiliki ukuran yang sama. Dalam perencanaan ini, pipa yang digunakan adalah pipa AW dikarenakan memiliki diameter terkecil yang dijual di pasaran. Diameter pipa rencana *septic tank* sebesar 22 mm dengan menggunakan merk pipa wavin.

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,022^2 \\ &= 0,000379 \text{ m}^2 \\ v &= \frac{Q_{in}}{A} \\ &= \frac{0,402}{0,000379} \\ &= 0,3 \text{ m/s} \end{aligned}$$

### Penentuan Efisiensi Removal *Septic Tank*

*Septic tank* pada perencanaan ini memiliki fungsi utama sebagai bak pengendap awal atau *settler tank*. Secara praktis, *settler tank* dalam perencanaan ini menggunakan HRT yang lebih rendah daripada HRT *septic tank* pada umumnya yaitu 12-24 jam. Hal ini dikarenakan *settler tank* hanya mengendapkan partikel-partikel diskrit dari air limbah produksi *bakery* sehingga HRT yang digunakan adalah 2 jam. Untuk menentukan efisiensi removal dari *septic tank* perlu dilakukan penghitungan berdasarkan rasio SS/COD dan faktor COD removal.

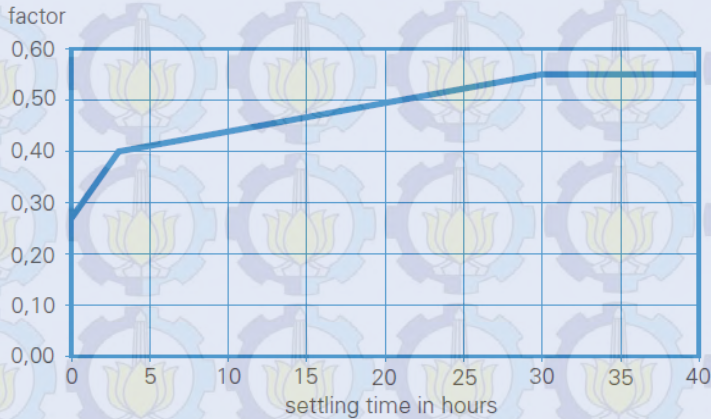
$$\text{Removal COD (\%)} = \left( \frac{\text{Rasio SS/COD}}{0,6} \times \text{Faktor COD removal} \right) \times 100\%$$

Dimana:

0,6 merupakan angka pengalaman perencanaan (Sasse, 2009)

Faktor COD Removal ditentukan atas grafik COD Removal.



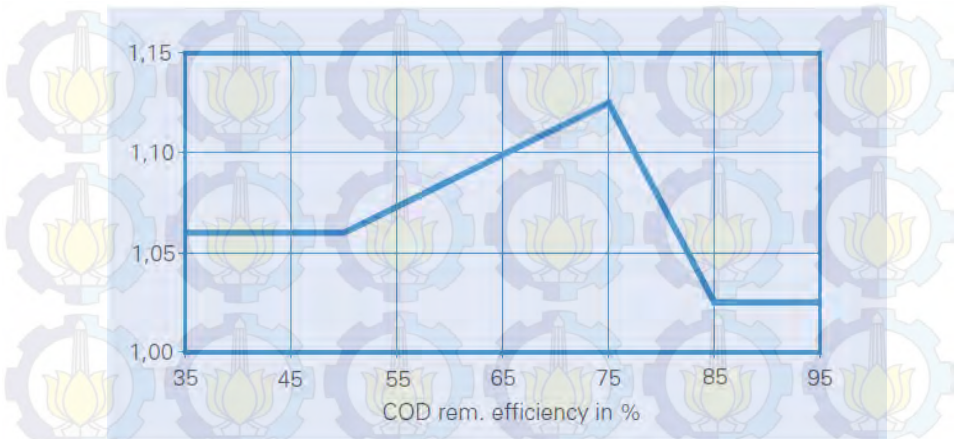


Gambar 4.2 Faktor COD Removal  
(sumber: Sasse, 2009)

Berdasarkan gambar 4.2, faktor COD removal dengan waktu pengendapan 2 jam adalah 0,35.

$$\begin{aligned} \text{Removal COD (\%)} &= \left( \frac{0,45}{0,6} \times 0,35 \right) \times 100\% \\ &= 26,25 \% \end{aligned}$$

Selain menentukan removal COD, dalam perencanaan ini juga ditentukan removal BOD. Removal BOD dapat ditentukan dengan terlebih dahulu menentukan BOD removal / COD removal. Rasio BOD removal / COD removal dapat ditentukan berdasarkan gambar 4.3.



Gambar 4.3 Rasio BOD removal / COD removal  
(sumber: Sasse, 2009)

Berdasarkan pada gambar 4.3, nilai efisiensi removal COD sebesar 26,25% tidak tertera dalam gambar sehingga perlu ditentukan sendiri rasionya berdasarkan nilai removal COD yang ada pada gambar. Pada gambar 4.3, diketahui bahwa untuk efisiensi removal COD 35%, 45%, dan 48% memiliki rasio BOD removal/COD removal yang sama yaitu 1,06. Kemudian untuk nilai removal lebih dari 48% mengalami peningkatan nilai rasio BOD removal/COD removal. Berdasarkan hal ini, dapat ditarik korelasi bahwa untuk removal COD dengan efisiensi kurang dari 35% maka memiliki rasio BOD removal/COD removal yang sama yaitu 1,06.

$$\begin{aligned}
 \text{Removal BOD (\%)} &= \text{Rasio BOD}_{\text{rem}}/\text{COD}_{\text{rem}} \times \text{COD}_{\text{rem}} \\
 &= 1,06 \times 26,25\% \\
 &= 27,83\%
 \end{aligned}$$

Penentuan efisiensi removal TSS juga perlu dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan *septic tank* mengurangi konsentrasi padatan terlarut dalam air limbah *bakery*. Menurut Sasse (2009), nilai efisiensi removal TSS merupakan 2 kali dari nilai efisiensi removal BOD.

$$\begin{aligned}
 \text{Removal TSS (\%)} &= 2 \times \text{BOD}_{\text{rem}} \\
 &= 2 \times 27,83\% \\
 &= 55,65\%
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.5 Efisiensi Removal di *Septic Tank***

<i>Septic Tank</i>	BOD	COD	TSS
Influen (mg/L)	421	702,388	858,333
Removal (%)	27,8	26,3	55,6
Effluen (mg/L)	304	518,011	380,671

Berdasarkan tabel 4.5, diketahui bahwa effluen air limbah *bakery* dari *septic tank* memiliki nilai BOD sebesar 304 mg/L, COD sebesar 518,011 mg/L, dan TSS sebesar 380,671 mg/L.

### Perhitungan Pompa

Pada perencanaan IPAL *portable* ini, dibutuhkan pompa yang berfungsi untuk mengalirkan air limbah *bakery* dari bak ekualisasi menuju IPAL *portable*. Perhitungan pompa didasarkan atas debit rata-rata air limbah *bakery* dan kecepatan aliran air limbah. Air limbah *bakery* yang dipompa dari bak ekualisasi aku masuk dalam unit *septic tank*, *anaerobic biofilter*, dan *aerobic biofilter*.

Pada perencanaan ini, debit air limbah *bakery* yang masuk sama dengan debit yang keluar maka diameter pipa influen dan effluen juga memiliki ukuran yang sama. Dalam perencanaan ini, pipa yang digunakan adalah pipa AW dikarenakan memiliki diameter terkecil yang dijual di pasaran. Diameter pipa rencana bak pemisah minyak dan lemak sebesar 22 mm dengan menggunakan merk pipa wavin.

$$\text{Debit air masuk (Q}_{\text{in}}) = 0,402 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,022^2 \\
 &= 0,000379 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$v = \frac{Q_{in}}{A} = \frac{0,402}{0,000379} = 0,3 \text{ m/s}$$

$$\text{Head Pompa} = H_{\text{statis}} + H_{\text{sistem}}$$

Direncanakan:

$$H_{\text{statis}} = 3,5 \text{ m}$$

$$H_{\text{sistem}} = \text{mayor losses} + \text{minor losses} + \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{Mayor losses} = H_{\text{suction}} + H_{\text{discharge}}$$

$$H_{\text{suction}} = \left( \frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L = \left( \frac{0,112}{0,00155 \times 120 \times 4,2^{2,63}} \right)^{1,85} \times 0,5 \text{ m} = 0,00018 \text{ m}$$

$$H_{\text{discharge}} = \left( \frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L = \left( \frac{0,112}{0,00155 \times 120 \times 4,2^{2,63}} \right)^{1,85} \times 1,5 \text{ m} = 0,00054 \text{ m}$$

$$\text{Mayor losses} = 0,00018 + 0,00054$$

$$= 0,00072 \text{ m}$$

$$\text{Minor Losses} = \text{Head}_{\text{belokan}} + \text{Head}_{\text{gate valve}}$$

$$\text{Head akibat 3 belokan} = 3 \times \frac{K \times v^2}{2g} = 3 \times \frac{0,5 \times 0,3^2}{2 \times 9,81} = 0,0069 \text{ m}$$

$$\text{Head 1 gate valve} = \frac{K \times v^2}{2g} = \frac{0,15 \times 0,3^2}{2 \times 9,81} = 0,0007 \text{ m}$$

$$\text{Minor Losses} = 0,0069 + 0,0007$$

$$= 0,0076 \text{ m}$$

$$H_{\text{sistem}} = 0,00072 + 0,0076 + \frac{0,3^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,00072 + 0,0076 + 0,0046$$

$$= 0,0129 \text{ m}$$

$$\text{Head Pompa} = 3,5 + 0,0129$$

$$= 3,5129 \text{ m}$$

Berdasarkan pada perhitungan head pompa, diketahui bahwa spesifikasi pompa yang digunakan adalah jenis pompa grundfos tipe SEV.80.100.11.4.50B. Spesifikasi pompa ini didasarkan pada penentuan jenis pompa pada instalasi webcaps grundfos.

#### 4.4.2 Anaerobic Biofilter

Dalam perencanaan IPAL *portable* ini, unit *anaerobic biofilter* merupakan unit pengolahan utama yang digunakan dalam mengurangi konsentrasi BOD, COD, dan TSS yang terkandung dalam air limbah *bakery*. *Anaerobic biofilter* dalam IPAL *portable* ini menggunakan prinsip aliran *up-flow* dalam operasional pengolahannya.

Diketahui:

BOD in = 304 mg/L

COD in = 518, 011 mg/L

TSS = 380, 67 mg/L

Direncanakan:

Q ave = 0,402 m<sup>3</sup>/jam = 6,035 m<sup>3</sup>/hari

HRT = 24 jam

Porositas media sarang tawon = 98%

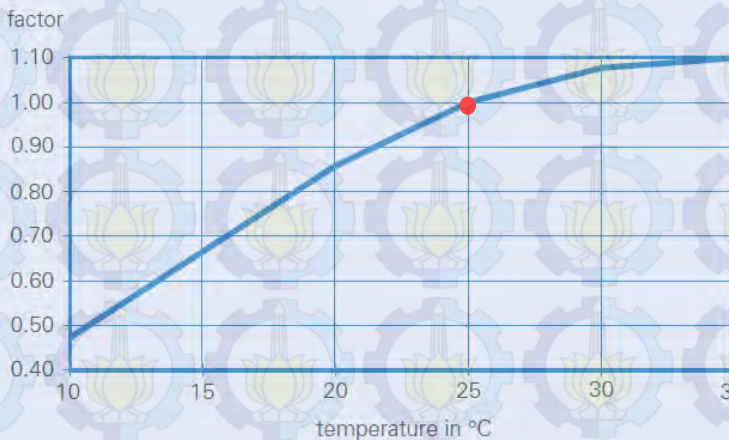
Spesifik permukaan media = 150 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>

#### Penentuan Efisiensi Removal Anaerobic Biofilter

Penentuan efisiensi removal *anaerobic biofilter* ditinjau dari beberapa faktor, antara lain faktor suhu, faktor *strength* (faktor kualitas air limbah), faktor HRT, dan faktor *surface* (luas permukaan media) (Sasse, 2009). Penentuan efisiensi removal di awal memiliki fungsi agar DED yang direncanakan dalam IPAL *portable* sesuai dengan kebutuhan dan mampu bekerja optimal dalam pengolahan air limbah *bakery*.

##### 1. Faktor Suhu

Faktor suhu dapat ditentukan dengan menarik garis hubung dari suhu dengan faktor pada gambar 4.5.

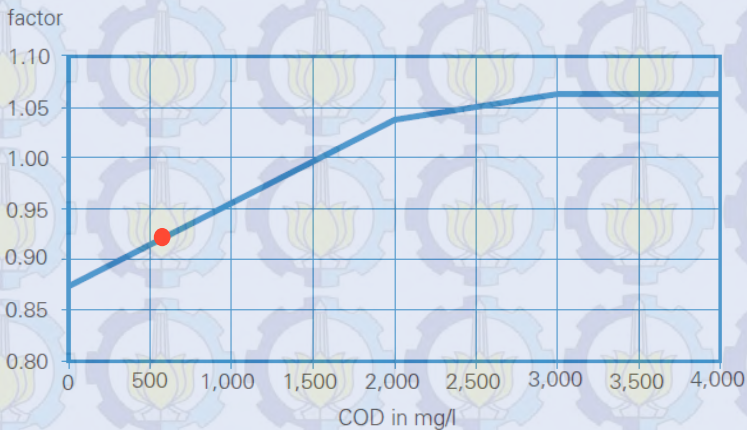


Gambar 4.5 Grafik Faktor Suhu *Anaerobic Biofilter*  
(sumber: Sasse, 2009)

Suhu yang direncanakan dalam perencanaan IPAL *portable* ini adalah 25 °C. Berdasarkan pada gambar 4.5, diketahui bahwa terdapat tiga titik kritis grafik yaitu pada suhu 20 °C, 25 °C, dan 30 °C. Pada suhu 25 °C, faktor suhu yang didapatkan adalah 1,00.

## 2. Faktor *Strength*

Faktor *strength wastewater* merupakan faktor kualitas air limbah yang masuk dalam *anaerobic biofilter*. Faktor ini ditentukan dengan menarik garis hubungan dari garis absis yang merupakan konsentrasi COD in dengan garis ordinat yang merupakan faktor *strength*. Penentuan faktor *strenght* dijelaskan dalam gambar 4.6.

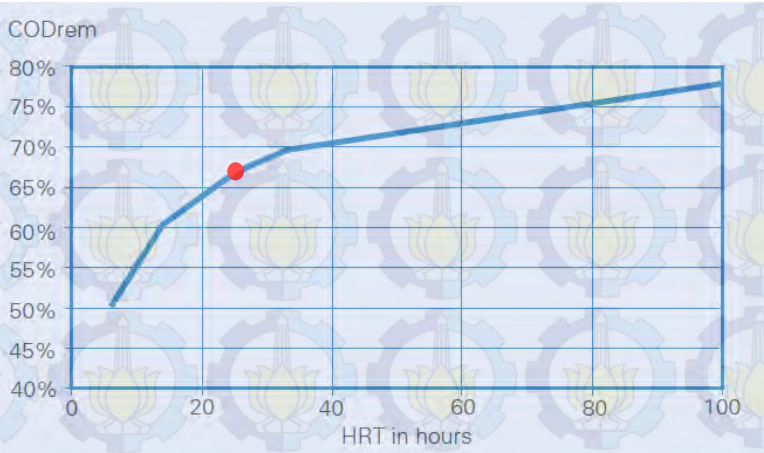


Gambar 4.6 Faktor *Strength Anaerobic Biofilter*  
(sumber: Sasse, 2009)

Pada perencanaan IPAL *portable* ini, konsentrasi COD in yang masuk ke dalam *anaerobic biofilter* adalah 518, 011 mg/L. Berdasarkan pada gambar 4.6, faktor *strength* yang didapatkan apabila konsentrasi COD in sebesar 518,011 mg/L adalah 0,914.

### 3. Faktor HRT

Faktor HRT dalam unit *anaerobic biofilter* ditentukan berdasarkan HRT yang direncanakan dalam unit ini yaitu sebesar 24 jam. HRT yang direncanakan tersebut berhubungan dengan prosentase optimal removal COD dalam unit *anaerobic biofilter*.

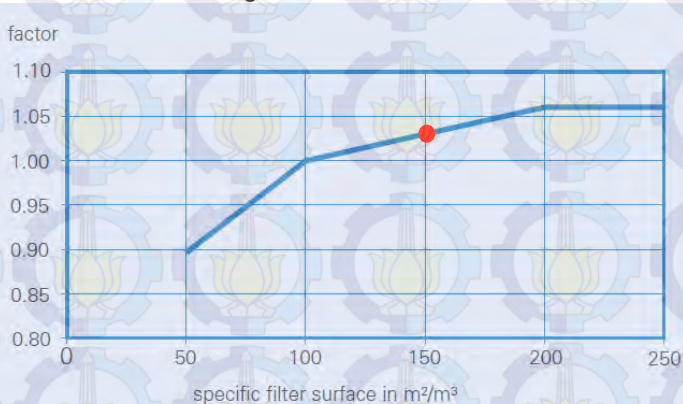


Gambar 4.7 Faktor HRT *Anaerobic Biofilter*  
(sumber: Sasse, 2009)

Pada gambar 4.7, terdapat 3 titik kritis yaitu pada HRT 18 jam, 24 jam, dan 33 jam. HRT yang direncanakan untuk *anaerobic biofilter* adalah 24 jam sehingga faktor HRT yang didapatkan adalah 0,67.

#### 4. Faktor Surface

Penentuan faktor *surface* (luas permukaan media) dapat ditentukan berdasarkan gambar 4.8.



Gambar 4.8 Faktor *Surface Anaerobic Biofilter*  
(sumber: Sasse, 2009)



Pada IPAL *portable* ini digunakan media filter sarang tawon dengan luas spesifik media sebesar  $150 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . Berdasarkan pada Gambar 4.8, diketahui bahwa titik pada garis ordinat yang bertemu pada garis gradien berdasarkan garis absis 150 adalah 1,03. Oleh karena itu, faktor *surface* dalam perencanaan ini sebesar 1,03.

Efisiensi removal COD dapat ditentukan berdasarkan faktor-faktor yang telah diketahui. Penentuan efisiensi removal COD menggunakan rumus prosentase efisiensi removal.

$$\text{Removal COD (\%)} = \text{faktor suhu} \times \text{faktor } \textit{strenght} \times \text{faktor } \textit{surface} \times \text{faktor HRT} \times (1 + (\sum \text{Kompartemen} \times 0,04))$$

Direncanakan jumlah kompartemen media biofilter berjumlah 12 buah. Jumlah kompartemen tersebut mampu meningkatkan efisiensi removal COD agar mendekati nilai optimal yaitu 98%.

$$\begin{aligned} \text{Removal COD (\%)} &= 1 \times 0,914 \times 1,03 \times 0,67 \times (1 + (12 \times 0,04)) \\ &= 0,9335 \\ &= 93,35 \text{ \%} \end{aligned}$$

Penentuan removal BOD memiliki hubungan dengan nilai removal COD yang telah ditentukan. Berdasarkan pada gambar 4.3, besar kecilnya nilai removal COD pada *anaerobic biofilter* menentukan faktor rasio BOD removal / COD removal.

$$\text{Removal BOD (\%)} = \text{Rasio } \text{BOD}_{\text{rem}}/\text{COD}_{\text{rem}} \times \text{Removal COD}$$

Berdasarkan pada gambar 4.3, rasio  $\text{BOD}_{\text{rem}}/\text{COD}_{\text{rem}}$  dengan removal COD 93,35% adalah 1,025.

$$\begin{aligned} \text{Removal BOD (\%)} &= 1,025 \times 93,35 \text{ \%} \\ &= 95,68 \text{ \%} \end{aligned}$$

Penentuan removal TSS menggunakan acuan penelitian terdahulu oleh Sasse (2009), dimana removal TSS pada unit *anaerobic biofilter* sebesar 97,1 %.

**Tabel 4.6 Efisiensi Removal Anaerobic Biofilter**

<i>Anaerobic Biofilter</i>	BOD	COD	TSS
Influen (mg/L)	304	518,011	380,671
Removal (%)	95,7	93,3	97,1
Effluen (mg/L)	13	34,425	11,039

Berdasarkan tabel 4.6, effluen air limbah *bakery* dari unit pengolahan *anaerobic biofilter* memiliki nilai BOD sebesar 13,115 mg/L, COD sebesar 34,425 mg/L, serta TSS sebesar 11,039 mg/L.

**Penentuan DED Anaerobic Biofilter**

Diketahui

Q ave = 0,4023 m<sup>3</sup>/jam = 6,035 m<sup>3</sup>/hari

Direncanakan

HRT = 24 jam

Σ Kompartemen = 12

Volume Media =  $\frac{td \times Q_{ave}}{24}$   
 $= \frac{24 \times 6,035}{24}$

= 6,035 m<sup>3</sup>

h muka air = 1,2 m

h media = H rencana – (h freeboard + tebal perforasi + h media-dasar bak)

= 1,2 – (0,3 + 0,01 + 0,2)

= 0,69 m (tinggi minimal media sarang tawon di pasaran adalah 0,6 m)

P kompartemen = 0,3 m (P masing-masing kompartemen)

L kompartemen =  $\frac{Q_{ave}}{\Sigma \text{Kompartemen}}$   
 $= \frac{((\frac{1}{4} \times H) + (P \times (H - (h \text{ media} \times (1 - \text{porositas}))))}{\frac{6,035}{12}}$

=  $\frac{((\frac{1}{4} \times 1,2) + (0,3 \times (1,2 - (0,69 \times (1 - 0,98))))}{12}$

= 0,7668 m ~ 0,8 m

OLR cek =  $\frac{COD \text{ in}}{Q \text{ ave}}$   
 $P \times L \times h \text{ media} \times \text{porositas} \times \Sigma \text{kompartemen}$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{518,011 \cdot 10^{-6}}{6,035 \cdot 10^{-3}} \\
 &= \frac{0,3 \times 0,8 \times 0,69 \times 0,98 \times 12}{1,605 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}} (< 4,5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari, memenuhi}) \\
 v \text{ up flow cek} &= \frac{Q_{ave}}{P \times L \times \text{porositas}} \\
 &= \frac{0,4023}{0,3 \times 0,8 \times 0,98} \\
 &= 1,71 \text{ m/jam} (< 2 \text{ m/jam, memenuhi})
 \end{aligned}$$

### Pipa Influen dan Efluen *Anaerobic Biofilter*

Direncanakan:

Debit air masuk ( $Q_{in}$ ) = 0,402 m<sup>3</sup>/jam

Pada perencanaan ini, debit air limbah *bakery* yang masuk sama dengan debit yang keluar maka diameter pipa influen dan efluen juga memiliki ukuran yang sama. Dalam perencanaan ini, pipa yang digunakan adalah pipa AW dikarenakan memiliki diameter terkecil yang dijual di pasaran. Diameter pipa rencana *anaerobic biofilter* sebesar 22 mm dengan menggunakan merk pipa wavin.

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,022^2 \\
 &= 0,000379 \text{ m}^2 \\
 v &= \frac{Q_{in}}{A} \\
 &= \frac{0,402}{0,000379} \\
 &= 0,3 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

#### 4.4.3 *Aerobic Biofilter*

Dalam perencanaan IPAL *portable* ini, unit *Aerobic biofilter* merupakan unit pengolahan utama yang digunakan dalam mengurangi konsentrasi BOD, COD, dan TSS yang terkandung dalam air limbah *bakery*. *Aerobic biofilter* dalam IPAL *portable* ini menggunakan prinsip aliran *up-flow* dalam operasional pengolahannya.

Diketahui:

BOD in = 304 mg/L  
 COD in = 518, 011 mg/L

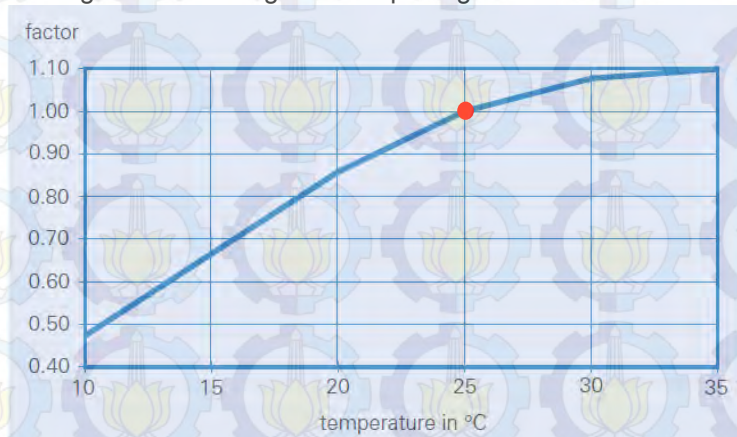
TSS = 380,67 mg/L  
 Direncanakan:  
 Q ave = 0,402 m<sup>3</sup>/jam = 6,035 m<sup>3</sup>/hari  
 HRT = 18 jam  
 Porositas media sarang tawon = 98%  
 Spesifik permukaan media = 150 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>

### Penentuan Efisiensi Removal *Aerobic Biofilter*

Penentuan efisiensi removal *anaerobic biofilter* ditinjau dari beberapa faktor, antara lain faktor suhu, faktor *strength* (faktor kualitas air limbah), faktor HRT, dan faktor *surface* (luas permukaan media) (Sasse, 2009). Penentuan efisiensi removal di awal memiliki fungsi agar DED yang direncanakan dalam IPAL *portable* sesuai dengan kebutuhan dan mampu bekerja optimal dalam pengolahan air limbah *bakery*.

#### 1. Faktor Suhu

Faktor suhu dapat ditentukan dengan menarik garis hubung dari suhu dengan faktor pada gambar 4.5.



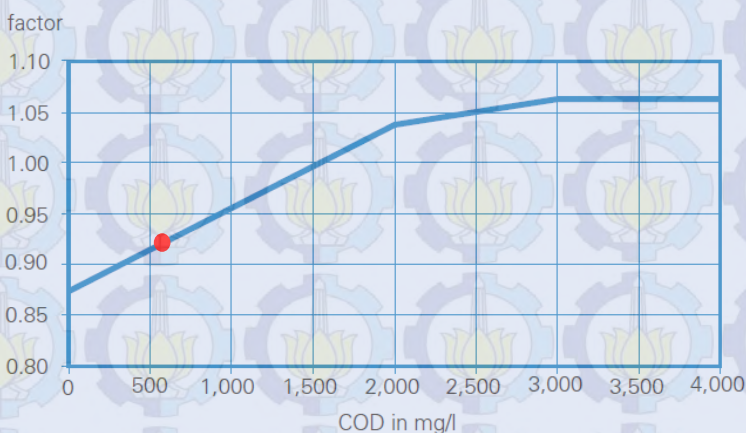
Gambar 4.9 Grafik Faktor Suhu *Aerobic Biofilter* (sumber: Sasse, 2009)

Suhu yang direncanakan dalam perencanaan IPAL *portable* ini adalah 25 °C. Berdasarkan pada gambar 4.5, diketahui bahwa

terdapat tiga titik kritis grafik yaitu pada suhu 20 °C, 25 °C, dan 30 °C. Pada suhu 25 °C, faktor suhu yang didapatkan adalah 1,00.

## 2. Faktor *Strength*

Faktor *strength wastewater* merupakan faktor kualitas air limbah yang masuk dalam *aerobic biofilter*. Faktor ini ditentukan dengan menarik garis hubungan dari garis absis yang merupakan konsentrasi COD in dengan garis ordinat yang merupakan faktor *strenght*. Penentuan faktor *strenght* dijelaskan dalam gambar 4.6.

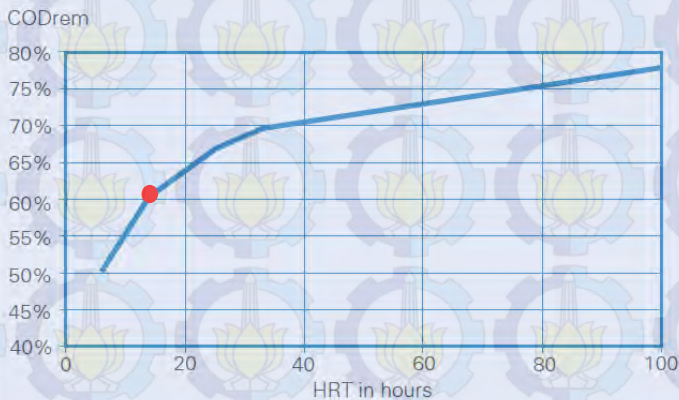


Gambar 4.10 Faktor *Strenght Aerobic Biofilter*  
(sumber: Sasse, 2009)

Pada perencanaan IPAL *portable* ini, konsentrasi COD in yang masuk ke dalam *aerobic biofilter* adalah 518, 011 mg/L. Berdasarkan pada gambar 4.6, faktor *strength* yang didapatkan apabila konsentrasi COD in sebesar 518,011 mg/L adalah 0,914.

## 3. Faktor HRT

Faktor HRT dalam unit *aerobic biofilter* ditentukan berdasarkan HRT yang direncanakan dalam unit ini yaitu sebesar 18 jam. HRT yang direncanakan tersebut berhubungan dengan prosentase optimal removal COD dalam unit *aerobic biofilter*.

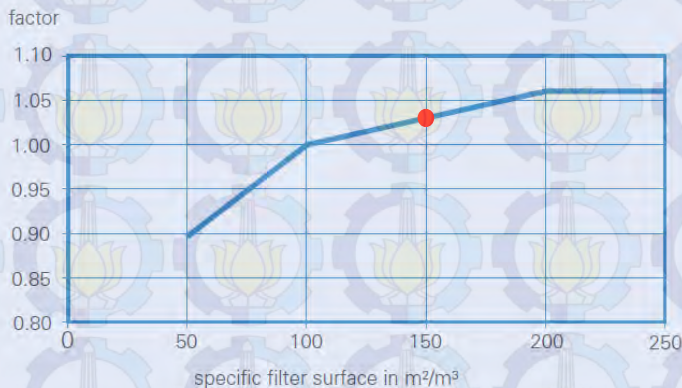


Gambar 4.11 Faktor HRT *Aerobic Biofilter*  
(sumber: Sassse, 2009)

Pada gambar 4.7, terdapat 3 titik kritis yaitu pada HRT 18 jam, 24 jam, dan 33 jam. HRT yang direncanakan untuk *aerobic biofilter* adalah 18 jam sehingga faktor HRT yang didapatkan adalah 0,635.

#### 4. Faktor *Surface*

Penentuan faktor *surface* (luas permukaan media) dapat ditentukan berdasarkan gambar 4.8.



Gambar 4.12 Faktor *Surface Aerobic Biofilter*  
(sumber: Sassse, 2009)

Pada IPAL *portable* ini digunakan media filter sarang tawon dengan luas spesifik media sebesar  $150 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . Berdasarkan pada gambar 4.8, diketahui bahwa titik pada garis ordinat yang bertemu pada garis gradien berdasarkan garis abis 150 adalah 1,03. Oleh karena itu, faktor *surface* dalam perencanaan ini sebesar 1,03.

Efisiensi removal COD dapat ditentukan berdasarkan faktor-faktor yang telah diketahui. Penentuan efisiensi removal COD menggunakan rumus prosentase efisiensi removal.

$$\text{Removal COD (\%)} = \text{faktor suhu} \times \text{faktor } \textit{strenght} \times \text{faktor } \textit{surface} \times \text{faktor HRT} \times (1 + (\Sigma \text{Kompartemen} \times 0,04))$$

Direncanakan jumlah kompartemen media biofilter berjumlah 12 buah. Jumlah kompartemen in untuk meningkatkan efisiensi removal COD agar mendekati nilai optimal yaitu 98%.

$$\begin{aligned} \text{Removal COD (\%)} &= 1 \times 0,914 \times 1,03 \times 0,635 \times (1+(14 \times 0,04)) \\ &= 0,9326 \\ &= 93,26 \text{ \%} \end{aligned}$$

Penentuan removal BOD memiliki hubungan dengan nilai removal COD yang telah ditentukan. Berdasarkan pada gambar 4.3, besar kecilnya nilai removal COD pada *aerobic biofilter* menentukan faktor rasio BOD removal / COD removal.

$$\text{Removal BOD (\%)} = \text{Rasio } \text{BOD}_{\text{rem}}/\text{COD}_{\text{rem}} \times \text{Removal COD}$$

Berdasarkan pada gambar 4.3, rasio  $\text{BOD}_{\text{rem}}/\text{COD}_{\text{rem}}$  dengan removal COD 83,69% adalah 1,025.

$$\begin{aligned} \text{Removal BOD (\%)} &= 1,025 \times 93,26 \text{ \%} \\ &= 95,59 \text{ \%} \end{aligned}$$

Penentuan removal TSS menggunakan acuan penelitian terdahulu oleh Sasse (2009), dimana removal TSS pada unit *aerobic biofilter* sebesar 97,1 %.

**Tabel 4.7 Efisiensi Removal *Aerobic Biofilter***

<i>Anaerobic Biofilter</i>	BOD	COD	TSS
Influen (mg/L)	304	518,011	380,671
Removal (%)	95,5	93,2	97,1
Effluen (mg/L)	13	34,913	11,039

Berdasarkan tabel 4.7, diketahui bahwa efisiensi removal *aerobic biofilter* telah memenuhi baku mutu limbah cair berdasarkan Peraturan Gubernur nomor 72 tahun 2013. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan kebutuhan udara pada unit *aerobic biofilter* dengan memperhatikan efisiensi removal BOD sebesar 95,59%. Effluen air limbah *bakery* dari unit pengolahan *aerobic biofilter* memiliki nilai BOD sebesar 13,408 mg/L, COD sebesar 34,913 mg/L, serta TSS sebesar 11,039 mg/L.

#### **Penentuan DED *Aerobic Biofilter***

Diketahui

$$Q_{ave} = 0,4023 \text{ m}^3/\text{jam} = 6,035 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Direncanakan

$$\text{HRT} = 18 \text{ jam}$$

$$\Sigma \text{Kompartemen} = 14$$

$$\text{Volume Media} = \frac{td \times Q_{ave}}{18 \times 6,035}$$

$$= \frac{24}{24} = 4,526 \text{ m}^3$$

$$h_{\text{muka air}} = 1,2 \text{ m}$$

$$h_{\text{media}} = H_{\text{rencana}} - (h_{\text{freeboard}} + \text{tebal perforasi} + h_{\text{media-dasar bak}})$$

$$= 1,2 - (0,3 + 0,01 + 0,2)$$

$$= 0,69 \text{ m (tinggi minimal media sarang tawon di pasaran adalah 0,6 m)}$$



P kompartemen = 0,3 m (P masing-masing kompartemen)

$$L \text{ kompartemen} = \frac{\frac{Q_{ave}}{\Sigma \text{Kompartemen}}}{\left(\left(\frac{1}{4} \times H\right) + \left(P \times \left(H - (h \text{ media} \times (1 - \text{porositas}))\right)\right)\right)}$$

$$= \frac{\frac{6,035}{14}}{\left(\left(\frac{1}{4} \times 1,2\right) + \left(0,3 \times \left(1,2 - (0,69 \times (1 - 0,98))\right)\right)\right)}$$

$$= 0,4929 \text{ m} \sim 0,5 \text{ m}$$

$$\text{OLR cek} = \frac{\frac{COD \text{ in}}{Q_{ave}}}{P \times L \times h \text{ media} \times \text{porositas} \times \Sigma \text{kompartemen}}$$

$$= \frac{\frac{518,011 \cdot 10^{-6}}{6,035 \cdot 10^{-3}}}{0,3 \times 0,5 \times 0,69 \times 0,98 \times 14}$$

$$= 2,233 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} (< 4,5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari, memenuhi})$$

$$v \text{ up flow cek} = \frac{Q_{ave}}{P \times L \times \text{porositas}}$$

$$= \frac{0,4023}{0,4 \times 0,5 \times 0,98}$$

$$= 2 \text{ m/jam}$$

### Pipa Influen dan Efluen *Aerobic Biofilter*

Direncanakan:

Debit air masuk ( $Q_{in}$ ) = 0,402 m<sup>3</sup>/jam

Pada perencanaan ini, debit air limbah *bakery* yang masuk sama dengan debit yang keluar maka diameter pipa influen dan efluen juga memiliki ukuran yang sama. Dalam perencanaan ini, pipa yang digunakan adalah pipa AW dikarenakan memiliki diameter terkecil yang dijual di pasaran. Diameter pipa rencana unit pengolahan *aerobic biofilter* sebesar 22 mm dengan menggunakan merk pipa wavin.

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,022^2$$

$$= 0,000379 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q_{in}}{A}$$

$$= \frac{0,402}{0,000379}$$

$$= 0,3 \text{ m/s}$$

### **Kebutuhan Udara *Aerobic Biofilter***

Efisiensi removal pada unit *aerobic biofilter* belum memenuhi baku mutu limbah cair yang diwajibkan. Menurut Said (2008) penentuan kebutuhan udara dalam IPAL *portable* ini direncanakan mampu mengurangi konsentrasi BOD, COD, dan TSS yang terkandung dalam air limbah *bakery*.

Diketahui

$$Q_{ave} = 0,402 \text{ m}^3/\text{jam} = 6035 \text{ L/hari}$$

$$\text{BOD in} = 304,1691 \text{ mg/L}$$

$$\text{Efisiensi Removal} = 95,59\% \text{ (removal maksimal 98\%)}$$

$$\text{BOD yang dihilangkan} = 95,59\% \times 304,1691$$

$$= 290,7605 \text{ mg/L}$$

$$\text{Beban BOD dihilangkan} = 290,7605 \times 6035$$

$$= 1754740 \text{ mg/hari} = 1,75474 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Kebutuhan teoritis} = \text{Beban BOD dihilangkan}$$

$$\text{Faktor keamanan} = 1,5 \text{ (1,5-2)}$$

$$\text{Kebutuhan udara teoritis} = 1,75474 \times 1,5$$

$$= 2,6321 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Berat jenis udara} = 1,1725 \text{ kg/m}^3 \text{ (suhu } 28 \text{ }^\circ\text{C)}$$

$$\% \text{ Oksigen dalam udara} = 21 \%$$

$$\text{Kebutuhan O}_2 \text{ teoritis} = \frac{2,6321}{1,1725 \times 0,232}$$
$$= 0,4454 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Efisiensi Suplai O}_2 = 5\%$$

Menurut Said (2008), efisiensi diffuser sebesar 5% didasarkan pada kemampuan diffuser dalam menyuplai oksigen dalam kompartemen. Dari 100% udara yang dikeluarkan oleh diffuser dalam kompartemen, hanya 5% oksigen yang mampu meremoval BOD dalam kompartemen.

$$\text{Kebutuhan udara aktual} = \frac{0,4032}{0,05}$$
$$= 213,7971 \text{ m}^3/\text{hari}$$
$$= 14,253 \text{ m}^3/\text{jam}$$
$$= 0,238 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$\text{Keb udara/kompartemen} = \frac{\text{Kebutuhan udara aktual}}{\Sigma \text{ kompartemen}}$$
$$= \frac{14,253}{14}$$
$$= 1,01 \text{ m}^3/\text{jam}$$
$$= 0,017 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan udara, diketahui bahwa kebutuhan udara per kompartemen adalah 0,017 m<sup>3</sup>/menit dan kebutuhan udara aktual adalah 0,238 m<sup>3</sup>/menit. Oleh karena itu, dibutuhkan blower dengan tipe GF-750 merk Resun Air Blower dengan kapasitas suplai udara sebesar 1,05 m<sup>3</sup>/menit. Blower jenis ini diharapkan mampu memenuhi kebutuhan udara untuk 14 kompartemen dalam unit *aerobic biofilter*.

#### 4.4.4 Bak Penampung

Bak penampung dalam perencanaan IPAL *portable* ini berfungsi sebagai wadah tampungan effluen air limbah *bakery* yang telah diolah dalam IPAL *portable*. Fungsi lain dari bak penampung adalah mempermudah proses operasi dan pemeliharaan khususnya saat proses pengambilan sampel effluen air limbah *bakery* untuk diuji konsentrasinya secara berkala. Secara praktis, dimensi bak penampung digunakan untuk effluen air limbah *bakery* yang berasal dari unit *anaerobic biofilter* atau *aerobic biofilter*. Dimensi bak penampung mengikuti ukuran atau luas lahan dari IPAL *portable* yang direncanakan.

Diketahui:

$$Q_{ave} = 0,402 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$T_d = 1 \text{ jam}$$

$$V = 0,402 \times 1 \\ = 0,402 \text{ m}^3$$

$$H_{rencana} = 1,2 \text{ m}$$

$$A = \frac{0,402}{1,2} \\ = 0,34 \text{ m}^2$$

$$P : L = 1 : 2$$

$$L = \sqrt{\frac{0,34}{2}} \\ = 0,4 \text{ m}$$

$$P = 0,8 \text{ m}$$

Panjang bak penampung yang digunakan dalam alternatif 1 maupun 2 mengikuti dari panjang lahan yang direncanakan dari IPAL *Portable* alternatif 1 maupun 2. Oleh karena itu, perlu dilakukan perhitungan Qcek dari unit bak penampung ini.

$$P_{alternatif 1} = 0,7 \text{ m}$$

$$Q_{cek 1} = \frac{v}{td}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,7 \times 0,4 \times 1,2}{1} \\
 &= 0,34 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{P alternatif 1} &= 0,9 \text{ m} \\
 \text{Q cek 1} &= \frac{V}{td} \\
 &= \frac{0,9 \times 0,4 \times 1,2}{1} \\
 &= 0,43 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

#### 4.4.5 Luas Lahan IPAL *Portable*

IPAL *portable* dalam tugas akhir ini berbentuk paket IPAL *compact*. Unit-unit pengolahan yang harus ada di dalamnya meliputi kombinasi *septic tank*, *anaerobic biofilter*, dan bak penampung (alternatif 1), serta *septic tank*, *aerobic biofilter*, dan bak penampung (alternatif 2). Unit-unit tambahan (*optional*), seperti bak pemisah minyak dan lemak dan nak ekualisasi, dapat ditambahkan apabila kondisi air limbah *bakery* membutuhkan pengolahan primer dilihat dari konsentrasi air limbahnya.

##### Alternatif 1

###### *Septic tank:*

Panjang bangunan	= 1,7 m
Lebar bangunan	= 0,4 m
Tinggi bangunan	= 1,5 m (termasuk freeboard)
Volume	= 0,805 m <sup>2</sup>

###### *Anaerobic biofilter:*

Panjang 1 kompartemen	= 0,3 m
Panjang ruang tampungan air	= 0,1 m
Panjang bak 1 kompartemen	= 0,4 m
Lebar bak 1 kompartemen	= 0,8 m
Tinggi bangunan	= 1,5 m (termasuk freeboard)
Σ Kompartemen	= 12
Volume	= 6,035 m <sup>3</sup>

###### Bak penampung:

Panjang bangunan	= 0,7 m
(panjang bangunan direncanakan sebesar 0,7 m, untuk memenuhi kebutuhan lahan tersisa dari paket <i>compact</i> IPAL <i>portable</i> )	
Lebar bangunan	= 0,4 m
Tinggi bangunan	= 1,5 m (termasuk freeboard)

$$\text{Volume} = 0,34 \text{ m}^3$$

Berdasarkan hasil perhitungan masing-masing unit untuk IPAL *portable* alternatif 1, direncanakan bahwa unit *anaerobic biofilter* disusun secara paralel dengan tujuan penghematan lahan. Arah aliran dalam *anaerobic biofilter* tetap menggunakan sistem seri dan *upflow* untuk menjaga efisiensi removal berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan.

Paket *anaerobic filter* (disusun paralel):

$$\text{Panjang bangunan} = P \text{ bak kompartemen} \times \frac{\Sigma \text{Kompartemen}}{2}$$

$$= 0,4 \times 6$$

$$= 2,4 \text{ m}$$

$$\text{Lebar bangunan} = L \text{ bak kompartemen} \times \frac{\Sigma \text{Kompartemen}}{6}$$

$$= 0,8 \times 2$$

$$= 1,6 \text{ m}$$

$$P_{\text{anaerobic filter}} = P_{\text{septic tank}} + P_{\text{bak penampung}}$$

$$= 1,7 + 0,7$$

$$= 2,4 \text{ m}$$

$$P \text{ total IPAL } \textit{portable} = P_{\text{anaerobic filter}}$$

$$= 2,4 \text{ m}$$

$$L_{\text{septic tank}} = L_{\text{bak penampung}}$$

$$L \text{ total IPAL } \textit{portable} = L_{\text{septic tank}} + L_{\text{anaerobic biofilter}}$$

$$= 0,4 + 1,6$$

$$= 2 \text{ m}$$

$$A \text{ IPAL } \textit{portable} = 2,4 \text{ m} \times 2 \text{ m}$$

$$= 4,8 \text{ m}^2$$

## Alternatif 2

*Septic tank:*

$$\text{Panjang bangunan} = 1,7 \text{ m}$$

$$\text{Lebar bangunan} = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bangunan} = 1,5 \text{ m (termasuk freeboard)}$$

$$\text{Volume} = 0,805 \text{ m}^3$$

*Anaerobic biofilter:*

$$\text{Panjang 1 kompartemen} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Panjang ruang tampungan air} = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bak 1 kompartemen} = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Lebar bak 1 kompartemen} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bangunan} = 1,5 \text{ m (termasuk freeboard)}$$

$$\begin{aligned} \Sigma \text{Kompartemen} &= 14 \\ \text{Volume} &= 6,035 \text{ m}^3 \\ \text{Bak penampung:} \\ \text{Panjang bangunan 1} &= 0,4 \text{ m} \\ \text{Panjang bangunan 2} &= 0,3 \end{aligned}$$

(bak penampung terbentuk atas 2 bangunan yang saling berhubungan dengan panjang bangunan direncanakan sebesar 0,4 m dan 0,3 m, untuk memenuhi kebutuhan lahan tersisa dari paket *compact IPAL portable*)

$$\begin{aligned} \text{Lebar bangunan 1} &= 0,5 \text{ m} \\ \text{Lebar bangunan 2} &= 0,4 \text{ m} \\ \text{Tinggi bangunan} &= 1,5 \text{ m (termasuk freeboard)} \\ \text{Volume} &= 0,32 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan masing-masing unit untuk IPAL *portable* alternatif 2, direncanakan bahwa unit *anaerobic biofilter* disusun secara paralel dengan tujuan penghematan lahan. Arah aliran dalam *anaerobic biofilter* tetap menggunakan sistem seri dan *upflow* untuk menjaga efisiensi removal berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan.

Paket *anaerobic filter* (disusun paralel):

$$\begin{aligned} \text{Panjang bangunan} &= P \text{ bak kompartemen} \times \frac{\Sigma \text{Kompartemen}}{3} \\ &= 0,4 \times 5 \\ &= 2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar bangunan} &= L \text{ bak kompartemen} \times \frac{\Sigma \text{Kompartemen}}{5} \\ &= 0,5 \times 3 \\ &= 1,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{anaerobic filter}} &= P_{\text{septic tank}} + P_{\text{bak penampung}} \\ &= 1,7 + 0,3 \\ &= 2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ total IPAL } \textit{portable} &= P_{\text{anaerobic filter}} \\ &= 2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L \text{ total IPAL } \textit{portable} &= L_{\text{septic tank}} + L_{\text{anaerobic biofilter}} \\ &= 0,4 + 1,5 \\ &= 1,9 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A \text{ IPAL } \textit{portable} &= 2 \text{ m} \times 1,9 \text{ m} \\ &= 3,8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

#### 4.5 Mass Balance IPAL Portable

Penentuan kesetimbangan massa diperlukan untuk menentukan arah massa dan besaran energi yang terbebaskan akibat proses pengolahan air limbah *bakery* dalam IPAL *portable*. Massa dan energi yang terbetuk dapat berupa gas dan padatan yang terbentuk selama proses pengolahan. Adanya kesetimbangan massa juga berfungsi untuk menentukan sistem operasi dan pemeliharaan IPAL *portable*.

##### **Mass Balance IPAL Portable Alternatif 1**

$$\begin{aligned} Q \text{ ave} &= 6,035 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 6035 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

*Septic Tank*

$$\begin{aligned} \text{BOD in} &= 421 \text{ mg/L} \\ \text{COD in} &= 702,388 \text{ mg/L} \\ \text{TSS in} &= 858,333 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MBOD} &= Q \times \text{BOD in} \\ &= 6035 \times 421 \\ &= 2,5433 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MCOD} &= Q \times \text{COD in} \\ &= 6035 \times 702,388 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 4,2389 \text{ kg/hari} \\ \text{MTSS} &= Q \times \text{TSS in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 6035 \times 858,333 \\ &= 5,18 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\text{BOD removal} = 0,27825$$

$$\text{COD removal} = 0,2625$$

$$\text{TSS removal} = 0,5565$$

$$\begin{aligned} \text{MBOD out} &= Q \times ((1-\text{BODrem}) \times \text{BOD in}) \\ &= 6035 \times ((1-0,27825) \times 421) \\ &= 1,8357 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MCOD out} &= Q \times ((1-\text{CODrem}) \times \text{COD in}) \\ &= 6035 \times ((1-0,2625) \times 702,388) \\ &= 3,1262 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MTSS out} &= Q \times ((1-\text{TSSrem}) \times \text{TSS in}) \\ &= 6035 \times ((1-0,5565) \times 858,333) \\ &= 2,2973 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

### Massa Pengendapan

$$\begin{aligned} \text{MpBOD} &= \text{MBOD} - \text{MBOD out} \\ &= 2,5433 - 1,8357 \\ &= 0,7077 \text{ kg/hari} \\ \text{MpCOD} &= \text{MCOD} - \text{MCOD out} \\ &= 4,2389 - 3,1262 \\ &= 1,1127 \text{ kg/hari} \\ \text{MpTSS} &= \text{MTSS} - \text{MTSS out} \\ &= 5,18 - 2,2973 \\ &= 2,8827 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

### Gas yang terbentuk pada *septic tank*

Menurut Sasse (2009), proses pembentukan biogas akan menghasilkan gas utama yaitu  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$ . Gas methana ( $\text{CH}_4$ ) memiliki volume 70% lebih besar daripada gas karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ). Sebanyak 50% dari volume gas methana yang terbentuk akan terlarut kembali dalam proses pengolahan. Gas methana yang terbentuk dari proses pengolahan akan menghasilkan 350 L setiap 1 kg COD teremoval.

Menurut Deublein dan Steinhauser (2008), kandungan TSS yang terolah dalam unit pengolahan akan terbagi menjadi 3 bagian. Bagian pertama adalah TSS yang akan mengendap dan mengalami fase lumpur sebanyak 40%. Bagian kedua adalah TSS yang keluar bersama effluen sebanyak 30%. Bagian ketiga adalah TSS yang terkonversi menjadi gas methana sebanyak 25%.

$$\begin{aligned} V_{\text{gas COD}} &= \text{COD}_{\text{removal}} \times Q \times \frac{350 \text{ L}}{1000000 \text{ mg}} \times \frac{1}{0,7 \times 0,5} \\ &= (702,388 \times 0,2625) \times 6035 \times \frac{350 \text{ L}}{1000000 \text{ mg}} \times \frac{1}{0,7 \times 0,5} \\ &= 1,1127 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{gas TSS}} &= \text{TSS}_{\text{removal}} \times Q \times \frac{250 \text{ L}}{1000000 \text{ mg}} \\ &= (858,333 \times 0,5565) \times 6035 \times \frac{250 \text{ L}}{1000000 \text{ mg}} \\ &= 0,721 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Total biogas} = 1,83 \text{ m}^3/\text{hari}$$

### Anaerobic Biofilter

$$\begin{aligned} \text{BOD in} &= 304 \text{ mg/L} \\ \text{COD in} &= 508,0112 \text{ mg/L} \end{aligned}$$



$$\text{TSS in} = 380,6707 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned}\text{MBOD} &= Q \times \text{BOD in} \\ &= 6035 \times 304 \\ &= 1,8357 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MCOD} &= Q \times \text{COD in} \\ &= 6035 \times 508,0112 \\ &= 3,1262 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MTSS} &= Q \times \text{TSS in} \\ &= 6035 \times 380,6707 \\ &= 2,2973 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{BOD removal} &= 0,9569 \\ \text{COD removal} &= 0,9335 \\ \text{TSS removal} &= 0,971\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MBOD out} &= Q \times ((1-\text{BODrem}) \times \text{BOD in}) \\ &= 6035 \times ((1-0,9569) \times 304) \\ &= 0,079 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MCOD out} &= Q \times ((1-\text{CODrem}) \times \text{COD in}) \\ &= 6035 \times ((1-0,9335) \times 518,0112) \\ &= 0,2078 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MTSS out} &= Q \times ((1-\text{TSSrem}) \times \text{TSS in}) \\ &= 6035 \times ((1-0,971) \times 380,6707) \\ &= 0,0666 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Massa Pengendapan

$$\begin{aligned}\text{MpBOD} &= \text{MBOD} - \text{MBOD out} \\ &= 1,8357 - 0,079 \\ &= 1,7565 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MpCOD} &= \text{MCOD} - \text{MCOD out} \\ &= 3,1262 - 0,2078 \\ &= 2,9184 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MpTSS} &= \text{MTSS} - \text{MTSS out} \\ &= 2,2973 - 0,0666 \\ &= 2,2307 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Gas yang terbentuk pada *anaerobic biofilter*

$$V_{\text{gas COD}} = \text{COD}_{\text{removal}} \times Q \times \frac{350 \text{ L}}{1000000 \text{ mg}} \times \frac{1}{0,7 \times 0,5}$$

$$\begin{aligned}
 &= (508,0112 \times 0,9335) \times 6035 \times \frac{350 \text{ L}}{1000000 \text{ mg}} \times \frac{1}{0,7 \times 0,5} \\
 &= 2,9184 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 V_{\text{gas TSS}} &= \text{TSS}_{\text{removal}} \times Q \times \frac{250 \text{ L}}{1000000 \text{ mg}} \\
 &= (380,6707 \times 0,971) \times 6035 \times \frac{250 \text{ L}}{1000000 \text{ mg}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,5577 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Total biogas} &= 3,48 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Debit Air Lumpur yang Mengendap di *Septic Tank*

Sludge Concentration = 5%

Berat jenis air = 1000 kg/m<sup>3</sup>

Sludge Con. = 50 kg/m<sup>3</sup>

MBOD = 1,8357 kg/hari

MCOD = 3,1262 kg/hari

MTSS = 2,2973 kg/hari

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{sludge BOD}} &= \frac{MBOD}{\text{Sludge Concentration}} \\
 &= \frac{1,8357}{50}
 \end{aligned}$$

$$= 0,0367 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{sludge COD}} &= \frac{MCOD}{\text{Sludge Concentration}} \\
 &= \frac{3,1262}{50}
 \end{aligned}$$

$$= 0,0625 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{sludge TSS}} &= \frac{MTSS}{\text{Sludge Concentration}} \\
 &= \frac{2,2973}{50}
 \end{aligned}$$

$$= 0,0459 \text{ m}^3/\text{hari}$$

**Penentuan Makanan yang Dikonversi di *Anaerobic Biofilter***

Y = 0,5 g/g (0,4-0,6 g biomass / g substrat)

Kd = 0,06 / hari

θc = 10 hari (3-15 hari)

VSS = 10000 g MLSS/m<sup>3</sup> (8000-12000 g MLSS/m<sup>3</sup>)

MLVSS = 80% dari MLSS

So (BOD<sub>in</sub>) = 304,1691 mg/L

Se (BOD<sub>eff</sub>) = 13,1151 mg/L

$$Q_{ave} = 6035 \text{ L/hari}$$

$$Y_{obs} = \frac{Y}{(1+(K_d \times \theta_c))}$$
$$= \frac{0,5}{(1+(0,06 \times 10))}$$
$$= 0,3125 \text{ g/g}$$

Massa Lumpur yang harus dibuang

$$P_x = Y_{obs} \times Q \times (S_o - S_e)$$
$$= 0,3125 \times 6035 \times (304,1691 - 13,1151)$$
$$= 548,9097 \text{ g MLVSS/hari}$$

$$P_x = \frac{100}{80} \times 548,9097$$
$$= 686,1372 \text{ g MLSS/hari}$$

Debit lumpur yang harus dibuang

$$Q_w = \frac{P_x}{\frac{V_{SS}}{10000}}$$
$$= \frac{686,1372}{10000}$$
$$= 0,0686 \text{ m}^3/\text{hari}$$
$$= 68,6 \text{ L/hari}$$

### **Mass Balance IPAL Portable Alternatif 2**

$$Q_{ave} = 6,035 \text{ m}^3/\text{hari}$$
$$= 6035 \text{ L/hari}$$

*Septic Tank*

$$\text{BOD in} = 421 \text{ mg/L}$$
$$\text{COD in} = 702,388 \text{ mg/L}$$
$$\text{TSS in} = 858,333 \text{ mg/L}$$

$$\text{MBOD} = Q \times \text{BOD in}$$
$$= 6035 \times 421$$
$$= 2,5433 \text{ kg/hari}$$

$$\text{MCOD} = Q \times \text{COD in}$$
$$= 6035 \times 702,388$$
$$= 4,2389 \text{ kg/hari}$$

$$\text{MTSS} = Q \times \text{TSS in}$$
$$= 6035 \times 858,333$$
$$= 5,18 \text{ kg/hari}$$

$$\text{BOD removal} = 0,27825$$

$$\text{COD removal} = 0,2625$$

$$\text{TSS removal} = 0,5565$$

$$\begin{aligned}\text{MBOD out} &= Q \times ((1-\text{BODrem}) \times \text{BOD in}) \\ &= 6035 \times ((1-0,27825) \times 421) \\ &= 1,8357 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MCOD out} &= Q \times ((1-\text{CODrem}) \times \text{COD in}) \\ &= 6035 \times ((1-0,2625) \times 702,388) \\ &= 3,1262 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MTSS out} &= Q \times ((1-\text{TSSrem}) \times \text{TSS in}) \\ &= 6035 \times ((1-0,5565) \times 858,333) \\ &= 2,2973 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Massa Pengendapan

$$\begin{aligned}\text{MpBOD} &= \text{MBOD} - \text{MBOD out} \\ &= 2,5433 - 1,8357 \\ &= 0,7077 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MpCOD} &= \text{MCOD} - \text{MCOD out} \\ &= 4,2389 - 3,1262 \\ &= 1,1127 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MpTSS} &= \text{MTSS} - \text{MTSS out} \\ &= 5,18 - 2,2973 \\ &= 2,8827 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Gas yang terbentuk pada *septic tank*

$$\begin{aligned}V_{\text{gas COD}} &= \text{COD}_{\text{removal}} \times Q \times \frac{350 \text{ L}}{1000000 \text{ mg}} \times \frac{1}{0,7 \times 0,5} \\ &= (702,388 \times 0,2625) \times 6035 \times \frac{350 \text{ L}}{1000000 \text{ mg}} \times \frac{1}{0,7 \times 0,5} \\ &= 1,1127 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{\text{gas TSS}} &= \text{TSS}_{\text{removal}} \times Q \times \frac{250 \text{ L}}{1000000 \text{ mg}} \\ &= (858,333 \times 0,5565) \times 6035 \times \frac{250 \text{ L}}{1000000 \text{ mg}} \\ &= 0,721 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

$$\text{Total biogas} = 1,83 \text{ m}^3/\text{hari}$$

*Aerobic Biofilter*

$$\text{BOD in} = 304 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD in} = 508,0112 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS in} = 380,6707 \text{ mg/L}$$

$$\text{MBOD} = Q \times \text{BOD in}$$

$$\begin{aligned} &= 6035 \times 304 \\ &= 1,8357 \text{ kg/hari} \\ \text{MCOD} &= Q \times \text{COD in} \\ &= 6035 \times 508,0112 \\ &= 3,1262 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MTSS} &= Q \times \text{TSS in} \\ &= 6035 \times 380,6707 \\ &= 2,2973 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\text{BOD removal} = 0,9559$$

$$\text{COD removal} = 0,9326$$

$$\text{TSS removal} = 0,971$$

$$\begin{aligned} \text{MBOD out} &= Q \times ((1-\text{BODrem}) \times \text{BOD in}) \\ &= 6035 \times ((1-0,9559) \times 304) \\ &= 0,0809 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MCOD out} &= Q \times ((1-\text{CODrem}) \times \text{COD in}) \\ &= 6035 \times ((1-0,9326) \times 518,0112) \\ &= 0,2107 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MTSS out} &= Q \times ((1-\text{TSSrem}) \times \text{TSS in}) \\ &= 6035 \times ((1-0,971) \times 380,6707) \\ &= 0,0666 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Massa Pengendapan

$$\begin{aligned} \text{MpBOD} &= \text{MBOD} - \text{MBOD out} \\ &= 1,8357 - 0,0809 \\ &= 1,7547 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MpCOD} &= \text{MCOD} - \text{MCOD out} \\ &= 3,1262 - 0,2101 \\ &= 2,9155 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MpTSS} &= \text{MTSS} - \text{MTSS out} \\ &= 2,2973 - 0,0666 \\ &= 2,2307 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Debit Air Lumpur yang Mengendap di *Septic Tank*

$$\text{Sludge Concentration} = 5\%$$

$$\text{Berat jenis air} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Sludge Con.} = 50 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{MBOD} = 1,8357 \text{ kg/hari}$$

$$\begin{aligned} \text{MCOB} &= 3,1262 \text{ kg/hari} \\ \text{MTSS} &= 2,2973 \text{ kg/hari} \\ Q_{\text{sludge BOD}} &= \frac{\text{MCOB}}{\text{Sludge Concentration}} \\ &= \frac{3,1262}{50} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 0,0367 \text{ m}^3/\text{hari} \\ Q_{\text{sludge COD}} &= \frac{\text{MCOB}}{\text{Sludge Concentration}} \\ &= \frac{3,1262}{50} \\ &= 0,0625 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{sludge TSS}} &= \frac{\text{MTSS}}{\text{Sludge Concentration}} \\ &= \frac{2,2973}{50} \\ &= 0,0459 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

### Penentuan Makanan yang Dikonversi di *Aerobic Biofilter*

$$\begin{aligned} Y &= 0,5 \text{ g/g (0,4-0,6 g biomass / g substrat)} \\ Kd &= 0,06 / \text{hari} \\ \theta c &= 5 \text{ hari (3-15 hari)} \\ \text{VSS} &= 10000 \text{ g MLSS/m}^3 \text{ (8000-12000 g MLSS/m}^3\text{)} \\ \text{MLVSS} &= 80\% \text{ dari MLSS} \\ \text{So (BODin)} &= 304,1691 \text{ mg/L} \\ \text{Se (BOD eff)} &= 13,4086 \text{ mg/L} \\ Q_{\text{ave}} &= 6035 \text{ L/hari} \\ Y_{\text{obs}} &= \frac{Y}{(1+(Kd \times \theta c))} \\ &= \frac{0,5}{(1+(0,06 \times 5))} \\ &= 0,3846 \text{ g/g} \end{aligned}$$

Massa Lumpur yang harus dibuang

$$\begin{aligned} P_x &= Y_{\text{obs}} \times Q \times (\text{So} - \text{Se}) \\ &= 0,3125 \times 6035 \times (304,1691 - 13,4086) \\ &= 674,8999 \text{ g MLVSS/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_x &= \frac{100}{80} \times 674,8999 \\ &= 843,6249 \text{ g MLSS/hari} \end{aligned}$$

Debit lumpur yang harus dibuang

$$Q_w = \frac{P_x}{\text{VSS}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{843,6249}{10000} \\
 &= 0,08436 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 84,36 \text{ L/hari}
 \end{aligned}$$

#### 4.6 Profil Hidrolis

Profil hidrolis adalah gambaran perbandingan level muka air dengan elevasi tanah. Profil hidrolis ditentukan berdasarkan besaran penurunan level muka air akibat beberapa hal. Hal-hal yang menyebabkan terjadinya penurunan level muka air antara lain jatuhan, belokan, kecepatan aliran air di bangunan, kecepatan aliran air ketika melewati perforated baffle, atau kecepatan aliran air ketika melewati media filter. Menurut Marsono (1995), dalam menentukan profil hidrolis perlu menggunakan persamaan *headloss* dalam bangunan dan media filter.

Menurut Subramanya (1984), *headloss* karena kecepatan aliran di unit IPAL *portable* ditentukan berdasarkan persamaan Darcy-Weisbach untuk bangunan *open channel*.

$$\begin{aligned}
 H_f &= f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g} \\
 f &= 1,5 \times \left( 0,01989 + \frac{0,0005078}{4R} \right) \\
 L &= \text{panjang bangunan (m)} \\
 R &= \text{jari-jari hidrolis (m)} \\
 v &= 0,3 \text{ m/s (kecepatan aliran)} \\
 g &= 9,81 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Menurut Marsono (1995), *headloss* dalam media filter ditentukan berdasarkan persamaan turunan dari Carman Kozeny.

*Headloss* di media filter

$$\begin{aligned}
 H_f &= 8,9 \cdot 10^{-5} \times V \times D^{-2} \\
 V &= \text{kecepatan aliran (m/s)} = 0,3 \text{ m/s} \\
 D &= \text{diameter/tebal media (cm)} = 0,05 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

*Headloss* jatuhan dan belokan didasarkan pada persamaan Manning. Aliran air yang masuk dalam pipa inlet memiliki *headloss* akibat adanya jatuhan dan belokan aliran air dalam bangunan.

$$\begin{aligned}
 H_f &= \left( \frac{v \cdot n}{1,49 R^{2/3}} \right)^2 \cdot L \\
 v &= 0,3 \text{ m/s (kecepatan aliran)} \\
 n &= 0,009 \text{ (kekasaran fiber)} \\
 R &= \text{jari-jari hidrolis (m)} \\
 L &= \text{panjang jatuhan atau belokan (m)}
 \end{aligned}$$

### **Septic Tank**

Bangunan 1

Headloss kecepatan 1

$$P (b) = 1,2 \text{ m}$$

$$L (y) = 0,4 \text{ m}$$

$$R = \frac{b \times y}{b+2y} \\ = \frac{1,2 \times 0,4}{1,2 + 2 \times 0,4} \\ = 0,24$$

$$f = 1,5 \times \left( 0,01989 + \frac{0,0005078}{4 \times 0,24} \right) \\ = 0,0306 \text{ m}$$

$$H_f = 0,0306 \times \frac{0,4}{4 \times 0,24} \times \frac{0,3^2}{2 \times 9,81} \\ = 0,000168 \text{ m}$$

Headloss jatuhan 1

$$L \text{ jatuhan} = 1,2 \text{ m}$$

$$L \text{ belokan} = 1,2 \text{ m}$$

$$H_f = \left( \frac{v \cdot n}{1,49 R^{2/3}} \right)^2 \cdot L$$

$$H_f = \left( \frac{0,3 \cdot 0,009}{1,0 \cdot 0,24^{2/3}} \right)^2 \cdot 1,2 \\ = 0,0000587 \text{ m}$$

Headloss belokan 1

$$H_f = \left( \frac{v \cdot n}{1,49 R^{2/3}} \right)^2 \cdot L$$

$$H_f = \left( \frac{0,3 \cdot 0,009}{1,0 \cdot 0,24^{2/3}} \right)^2 \cdot 1,2 \\ = 0,0000587 \text{ m}$$

Bangunan 2

Headloss kecepatan 2

$$P (b) = 0,5 \text{ m}$$

$$L (y) = 0,4 \text{ m}$$

$$R = \frac{b \times y}{b+2y} \\ = \frac{0,5 \times 0,4}{0,5 + 2 \times 0,4} \\ = 0,153 \text{ m}$$

$$f = 1,5 \times \left( 0,01989 + \frac{0,0005078}{4 \times 0,153} \right) \\ = 0,031 \text{ m}$$



$$H_f = 0,031 \times \frac{0,4}{4 \times 0,153} \times \frac{0,3^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,000111 \text{ m}$$

Headloss jatuhan 2

L jatuhan = 0,6 m

L belokan = 0,5 m

$$H_f = \left( \frac{v \cdot n}{1,49 R^{2/3}} \right)^2 \cdot L$$

$$H_f = \left( \frac{0,3 \cdot 0,009}{1,0153^{2/3}} \right)^2 \cdot 0,6$$

$$= 0,0000531 \text{ m}$$

Headloss belokan 2

$$H_f = \left( \frac{v \cdot n}{1,49 R^{2/3}} \right)^2 \cdot L$$

$$H_f = \left( \frac{0,3 \cdot 0,009}{1,0153^{2/3}} \right)^2 \cdot 0,5$$

$$= 0,0000442 \text{ m}$$

### **Anaerobic Biofilter dan Aerobic Biofilter**

Pada perencanaan IPAL *portable* ini, unit *anaerobic biofilter* dan *aerobic biofilter* memiliki headloss yang sama. Tinggi inlet saluran air dan panjang masing-masing bangunan kompartemen memiliki ukuran yang sama, sehingga dalam perhitungan headloss jatuhan, belokan, *perforated baffle*, dan media filter memiliki nilai headloss yang sama.

Headloss jatuhan dan belokan

L jatuhan = 1,2 m

L belokan = 0,4 m

$$H_f = \left( \frac{v \cdot n}{1,49 R^{2/3}} \right)^2 \cdot L$$

$$H_f = \left( \frac{0,3 \cdot 0,009}{1,0162^{2/3}} \right)^2 \cdot 1,2$$

$$= 0,0001 \text{ m}$$

$$H_f = \left( \frac{v \cdot n}{1,49 R^{2/3}} \right)^2 \cdot L$$

$$H_f = \left( \frac{0,3 \cdot 0,009}{1,0162^{2/3}} \right)^2 \cdot 0,4$$

$$= 0,0000336 \text{ m}$$

Headloss media filter

$$H_f = 8,9 \cdot 10^{-5} \times V \times D^{-2}$$

$$H_f = 8,9 \cdot 10^{-5} \times 0,3 \times 0,05^{-2}$$

$$= 0,01047 \text{ m}$$

## Bak Penampung

### Alternatif 1

Headloss kecepatan

$$P(b) = 0,4 \text{ m}$$

$$L(y) = 0,7 \text{ m}$$

$$R = \frac{b \times y}{b+2y} \\ = \frac{0,4 \times 0,7}{0,4 + 2 \times 0,7} \\ = 0,155 \text{ m}$$

$$f = 1,5 \times \left( 0,01989 + \frac{0,0005078}{4 \times 0,155} \right) \\ = 0,031 \text{ m}$$

$$H_f = 0,031 \times \frac{0,4}{4 \times 0,155} \times \frac{0,3^2}{2 \times 9,81} \\ = 0,0000881 \text{ m}$$

Headloss jatuhan

$$L \text{ jatuhan} = 1,2 \text{ m}$$

$$L \text{ belokan} = 0,7 \text{ m}$$

$$H_f = \left( \frac{v \cdot n}{1,49 R^{2/3}} \right)^2 \cdot L$$

$$H_f = \left( \frac{0,3 \cdot 0,009}{1,0 \cdot 1,155^{2/3}} \right)^2 \cdot 1,2 \\ = 0,000105 \text{ m}$$

Headloss belokan 2

$$H_f = \left( \frac{v \cdot n}{1,49 R^{2/3}} \right)^2 \cdot L$$

$$H_f = \left( \frac{0,3 \cdot 0,009}{1,0 \cdot 1,155^{2/3}} \right)^2 \cdot 0,7 \\ = 0,000061 \text{ m}$$

### Alternatif 2

Headloss kecepatan

$$P(b) = 0,4 \text{ m}$$

$$L(y) = 0,9 \text{ m}$$

$$R = \frac{b \times y}{b+2y} \\ = \frac{0,4 \times 0,9}{0,4 + 2 \times 0,9} \\ = 0,164 \text{ m}$$

$$f = 1,5 \times \left( 0,01989 + \frac{0,0005078}{4 \times 0,164} \right) \\ = 0,031 \text{ m}$$

$$H_f = 0,031 \times \frac{0,4}{4 \times 0,164} \times \frac{0,3^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,0000835 \text{ m}$$

Headloss jatuhan

L jatuhan = 1,2 m

L belokan = 0,9 m

$$H_f = \left( \frac{v \cdot n}{1,49 R^{2/3}} \right)^2 \cdot L$$

$$H_f = \left( \frac{0,3 \cdot 0,009}{1,0 \cdot 1,64^{2/3}} \right)^2 \cdot 1,2$$

$$= 0,000117 \text{ m}$$

Headloss belokan 2

$$H_f = \left( \frac{v \cdot n}{1,49 R^{2/3}} \right)^2 \cdot L$$

$$H_f = \left( \frac{0,3 \cdot 0,009}{1,0 \cdot 1,64^{2/3}} \right)^2 \cdot 0,9$$

$$= 0,000073 \text{ m}$$

### Perhitungan Headloss Alternatif 1

Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka Air (m)
Septic Tank			1,2000000
	Hf jatuhan 1	0,0000587	1,1999413
	Hf belokan 1	0,0000587	1,1998827
	Hf kecepatan 1	0,0001688	1,1997139
	Hf jatuhan 2	0,0000531	1,1996608
	Hf belokan 2	0,0000442	1,1996166
	Hf kecepatan 2	0,0001113	1,1995052
Anaerobic Biofilter (kompartemen)			1,1995052
1	Hf jatuhan	0,0001007	1,1994045
	Hf belokan	0,0000336	1,1993710
	Hf filter	0,0104735	1,1888974
2	Hf jatuhan	0,0001007	1,1887967
	Hf belokan	0,0000336	1,1887632
	Hf filter	0,0104735	1,1782896
3	Hf jatuhan	0,0001007	1,1781889

Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka Air (m)
	Hf belokan	0,0000336	1,1781554
	Hf filter	0,0104735	1,1676818
4	Hf jatuhan	0,0001007	1,1675811
	Hf belokan	0,0000336	1,1675475
	Hf filter	0,0104735	1,1570740
5	Hf jatuhan	0,0001007	1,1569733
	Hf belokan	0,0000336	1,1569397
	Hf filter	0,0104735	1,1464662
6	Hf jatuhan	0,0001007	1,1463655
	Hf belokan	0,0000336	1,1463319
	Hf filter	0,0104735	1,1358584
7	Hf jatuhan	0,0001007	1,1357577
	Hf belokan	0,0000336	1,1357241
	Hf filter	0,0104735	1,1252506
8	Hf jatuhan	0,0001007	1,1251499
	Hf belokan	0,0000336	1,1251163
	Hf filter	0,0104735	1,1146428
9	Hf jatuhan	0,0001007	1,1145421
	Hf belokan	0,0000336	1,1145085
	Hf filter	0,0104735	1,1040350
10	Hf jatuhan	0,0001007	1,1039343
	Hf belokan	0,0000336	1,1039007
	Hf filter	0,0104735	1,0934272
11	Hf jatuhan	0,0001007	1,0933265
	Hf belokan	0,0000336	1,0932929
	Hf filter	0,0104735	1,0828194
12	Hf jatuhan	0,0001007	1,0827187
	Hf belokan	0,0000336	1,0826851

Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka Air (m)
Bak Penampung	Hf filter	0,0104735	1,0722116
	Hf jatuhan	0,0001046	1,0721070
	Hf belokan	0,0000610	1,0720460
	Hf kecepatan	0,0000881	1,0719580
Effluen			1,0719580

Berdasarkan perhitungan headloss alternatif 1, diketahui bahwa penurunan level muka air pada effluen *septic tank* sebesar 0,05 cm. Penurunan level muka air pada unit *anaerobic biofilter* dengan 12 kompartemen adalah sebesar 12,8 cm. Penurunan level muka air pada unit bak penampung sebesar 0,02 cm.

#### Perhitungan Headloss Alternatif 2

Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka Air (m)
Septic Tank			1,2000000
Aerobic Biofilter (kompartemen)	Hf jatuhan 1	0,0000587	1,1999413
	Hf belokan 1	0,0000587	1,1998827
	Hf kecepatan 1	0,0001688	1,1997139
	Hf jatuhan 2	0,0000531	1,1996608
	Hf belokan 2	0,0000442	1,1996166
	Hf kecepatan 2	0,0001113	1,1995052
Aerobic Biofilter (kompartemen)	1 Hf jatuhan	0,0001171	1,1993881
	Hf belokan	0,0000390	1,1993491
	Hf filter	0,0104735	1,1888755
	2 Hf jatuhan	0,0001171	1,1887584
	Hf belokan	0,0000390	1,1887193

Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka Air (m)
3	Hf filter	0,0104735	1,1782458
	Hf jatuhan	0,0001171	1,1781287
	Hf belokan	0,0000390	1,1780896
4	Hf filter	0,0104735	1,1676161
	Hf jatuhan	0,0001171	1,1674990
	Hf belokan	0,0000390	1,1674599
5	Hf filter	0,0104735	1,1569864
	Hf jatuhan	0,0001171	1,1568693
	Hf belokan	0,0000390	1,1568302
6	Hf filter	0,0104735	1,1463567
	Hf jatuhan	0,0001171	1,1462396
	Hf belokan	0,0000390	1,1462005
7	Hf filter	0,0104735	1,1357270
	Hf jatuhan	0,0001171	1,1356099
	Hf belokan	0,0000390	1,1355708
8	Hf filter	0,0104735	1,1250973
	Hf jatuhan	0,0001171	1,1249802
	Hf belokan	0,0000390	1,1249411
9	Hf filter	0,0104735	1,1144676
	Hf jatuhan	0,0001171	1,1143504
	Hf belokan	0,0000390	1,1143114
10	Hf filter	0,0104735	1,1038379
	Hf jatuhan	0,0001171	1,1037207
	Hf belokan	0,0000390	1,1036817
11	Hf filter	0,0104735	1,0932082
	Hf jatuhan	0,0001171	1,0930910
	Hf belokan	0,0000390	1,0930520
	Hf filter	0,0104735	1,0825785

Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka Air (m)
12	Hf jatuhan	0,0001171	1,0824613
	Hf belokan	0,0000390	1,0824223
	Hf filter	0,0104735	1,0719488
13	Hf jatuhan	0,0001171	1,0718316
	Hf belokan	0,0000390	1,0717926
	Hf filter	0,0104735	1,0613190
14	Hf jatuhan	0,0001171	1,0612019
	Hf belokan	0,0000390	1,0611629
	Hf filter	0,0104735	1,0506893
Bak Penampung			1,0506893
	Hf jatuhan	0,0000977	1,0505916
	Hf belokan	0,0000733	1,0505183
	Hf kecepatan	0,0000835	1,0504348
Effluen			1,0504348

Berdasarkan perhitungan headloss alternatif 2, diketahui bahwa penurunan level muka air pada effluen *septic tank* sebesar 0,05 cm. Penurunan level muka air pada unit *aerobic biofilter* dengan 14 kompartemen adalah sebesar 15 cm. Penurunan level muka air pada unit bak penampung sebesar 0,2 cm.

#### 4.7 BOQ dan RAB IPAL *Portable*

##### 4.7.1 Harga Satuan Pokok Kegiatan

Tabel 4.8 HSPK IPAL *Portable*

No.	URAIAN			HARGA SATUAN (dalam Rp)	JUMLAH HARGA (dalam Rp)
1	1 m <sup>3</sup> - Pembuatan Rangka IPAL <i>Portable</i>				
	a. <u>Bahan</u>				
	1,00000	m	Besi L 70x70x60	67.500	67.500
	<b>Sub Jumlah</b>				<b>67.500</b>

No.	URAIAN			HARGA SATUAN (dalam Rp)	JUMLAH HARGA (dalam Rp)
	<u>b. Tenaga</u>				
	0,00050	oh	Pembantu Tukang	99.000	50
	0,00050	oh	Tukang	105.000	53
	0,00001	oh	Kepala tukang	110.000	1
	0,00005	oh	Mandor	120.000	6
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>109</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>67.609</b>
2	1 m'-Perakitan Rangka IPAL Portable				
	<u>a. Bahan</u>				
	0,01000	L	BBM Subsidi Diesel	7.500	75
	0,00100	L	Minyak Pelumas	28.300	28
	0,17000	m <sup>3</sup>	Sewa Alat Bantu 3 set	1.100	187
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>290</b>
	<u>b. Tenaga</u>				
	0,00600	oh	Pembantu Tukang	99.000	594
	0,00600	oh	Tukang	105.000	630
	0,00001	oh	Kepala tukang	110.000	1
	0,00005	oh	Mandor	120.000	6
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>1.231</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>1.521</b>
3	1 m'-Pengelasan Rangka IPAL Portable				
	<u>a. Bahan</u>				
	0,02000	kg	Electrode Las	38.000	760
	0,02000	L	BBM Subsidi Diesel	7.500	150
	0,00200	L	Minyak Pelumas	28.300	57
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>967</b>
	<u>b. Tenaga</u>				
	0,00100	oh	Pembantu Tukang	99.000	99



No.	URAIAN			HARGA SATUAN (dalam Rp)	JUMLAH HARGA (dalam Rp)
	0,00100	oh	Tukang	105.000	105
	0,00001	oh	Kepala tukang	110.000	1
	0,00005	oh	Mandor	120.000	6
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>211</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>1.178</b>
4	1 m'-Percetakan FRP				
	a. <u>Bahan</u>				
	2,00000	L	Minyak Resin	30.000	60.000
	0,10000	bo tol	Katalis	12.000	1.200
	2,00000	kg	Talk	5.000	10.000
	0,50000	m <sup>2</sup>	Mat	26.000	13.000
	0,50000	m <sup>2</sup>	Roving	18.000	9.000
	0,10000	m <sup>2</sup>	Teakwood	83.700	8.370
	0,40000	m <sup>2</sup>	Triplek	67.700	27.080
	0,50000	Gr	Cat Plincoat	30.000	15.000
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>143.650</b>
	b. <u>Tenaga</u>				
	0,30000	oh	Pembantu Tukang	99.000	29.700
	0,03000	oh	Kepala tukang	110.000	3.300
	0,00250	oh	Mandor	120.000	300
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>33.300</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>176.950</b>
5	1 m'-Pelubangan Perforated				
	a. <u>Tenaga</u>				
	0,00200	oh	Tukang	99.000	198
	0,00020	oh	Mandor	120.000	24
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>222</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>222</b>
6	1 m'-Pemasangan Aksesoris Pipa Tee 1 1/4"				

No.	URAIAN			HARGA SATUAN (dalam Rp)	JUMLAH HARGA (dalam Rp)
	a. Bahan				
	1,00000	bh	Pipa PVC D 1 1/4" Tee	2.335	2.335
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>2.335</b>
	b. <u>Tenaga</u>				
	0,00600	oh	Tukang	99.000	594
	0,00180	oh	Mandor	120.000	216
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>810</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>3.145</b>
7	1 m'-Pemasangan Aksesoris Pipa Perforated				
	a. Bahan				
	0,02000	bh	Pipa PVC D 1 1/4"	5.875	118
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>118</b>
	b. <u>Tenaga</u>				
	0,00600	oh	Tukang	99.000	594
	0,00180	oh	Mandor	120.000	216
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>810</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>928</b>
8	1 m'-Pemasangan Pipa Elbow 1 1/4"				
	a. Bahan				
	1,00000	bh	Pipa PVC D 1 1/4" Elbow	1.705	1.705
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>1.705</b>
	b. <u>Tenaga</u>				
	0,00600	oh	Tukang	99.000	594
	0,00180	oh	Mandor	120.000	216
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>810</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>2.515</b>
9	1 m'-Pemasangan Pipa D Wavin 1 1/4"				
	a. Bahan				
	1,00000	m	Pipa PVC D 1 1/4"	5.875	5.875

No.	URAIAN			HARGA SATUAN (dalam Rp)	JUMLAH HARGA (dalam Rp)
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>5.875</b>
	b. <u>Tenaga</u>				
	0,00600	Oh	Tukang	99.000	594
	0,00180	oh	Mandor	120.000	216
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>810</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>6.685</b>
10	1 m'-Pemasangan Pipa D Socket 1 1/4"				
	a. <u>Bahan</u>				
	1,00000	bh	Pipa Socket PVC D 1 1/4"	1.070	1.070
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>1.070</b>
	b. <u>Tenaga</u>				
	0,00600	oh	Tukang	99.000	594
	0,00180	oh	Mandor	120.000	216
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>810</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>1.880</b>
11	1 m <sup>2</sup> -Pembersihan Lapangan Ringan dan Perataan Tanah				
	a. <u>Tenaga</u>				
	0,05000	oh	Pembantu Tukang	99.000	4.950
	0,02500	oh	Mandor	120.000	3.000
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>7.950</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>7.950</b>
12	1 m3-Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi				
	a. <u>Tenaga</u>				
	0,75000	oh	Pembantu Tukang	99.000	74.250
	0,02500	oh	Mandor	120.000	3.000
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>77.250</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>77.250</b>
13	1 m'-Pemasangan FRP				

No.	URAIAN			HARGA SATUAN (dalam Rp)	JUMLAH HARGA (dalam Rp)
	<u>a. Tenaga</u>				
	0,25000	oh	Pembantu Tukang	99.000	24.750
	0,05000	oh	Kepala tukang	110.000	5.500
	0,00500	oh	Mandor	120.000	600
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>30.850</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>30.850</b>
14	1 buah-Pemasangan Blower				
	<u>a. Bahan</u>				
	1,00000	bh	Blower RB 200	1.530.000	1.530.000
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>1.530.000</b>
	<u>b. Tenaga</u>				
	0,50000	oh	Tukang	110.000	55.000
	0,00500	oh	Mandor	120.000	600
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>55.600</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>1.585.600</b>
15	1 buah-Pemasangan Pompa Sentrifugal				
	<u>a. Bahan</u>				
	1,00000	bh	Pompa SEV.80.100.11.4.50B	2.320.000	2.320.000
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>2.320.000</b>
	<u>b. Tenaga</u>				
	0,50000	oh	Tukang	110.000	55.000
	0,00500	oh	Mandor	120.000	600
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>55.600</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>2.375.600</b>
16	1 modul-Media Sarang Tawon				
	<u>a. Bahan</u>				
	1,00000	m dl	Media Sarang Tawon	65.000	65.000
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>65.000</b>

No.	URAIAN			HARGA SATUAN (dalam Rp)	JUMLAH HARGA (dalam Rp)
	b. <u>Tenaga</u>				
	0,01000	oh	Tukang	110.000	1.100
	0,00500	oh	Mandor	120.000	600
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>1.700</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>66.700</b>
17	1 paket-Pemasangan Rangka Roda				
	a. <u>Bahan</u>				
	4,00000	bh	Roda	275.000	1.100.000
	1,00000	pk	Rangka Roda	560.000	560.000
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>1.660.000</b>
	b. <u>Tenaga</u>				
	0,00400	oh	Pembantu Tukang	99.000	396
	0,00200	oh	Tukang	105.000	210
	0,00020	oh	Kepala tukang	110.000	22
	0,00020	oh	Mandor	120.000	24
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>652</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>1.660.652</b>

#### 4.7.2 Unit *Pre-Treatment*

Tabel 4.9 RAB Unit *Pre-Treatment*

NO.	URAIAN PEKERJAAN	SAT	VOL	HARGA SATUAN (dalam Rp)	HARGA (dalam Rp)
I	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>				
1	PEK. PENCETAKAN FRP	unit	15,80	176.950	2.795.810
2	PEK. PEMBERSIHAN LAPANGAN RINGAN DAN PERATAAN TANAH	m'	12,60	7.950	100.170
3	PEK. PENGGALIAN TANAH BIASA UNTUK KONSTRUKSI	m'	2,76	77.250	213.210
<b>SUB TOTAL I</b>					<b>3.109.190</b>

NO.	URAIAN PEKERJAAN	SAT	VOL	HARGA SATUAN (dalam Rp)	HARGA (dalam Rp)
<b>II</b>	<b>PEKERJAAN PIPA</b>				
1	PEK. PEMASANGAN PIPA SOCKET	buah	12,00	1.880	22.560
2	PEK. PEMASANGAN PIPA	m	5,50	6.685	36.768
3	PEK. PEMASANGAN PIPA ELBOW	buah	6,00	2.515	15.090
<b>SUB TOTAL II</b>					<b>74.418</b>
<b>III</b>	<b>FINISHING</b>				
1	PEK. PEMASANGAN FRP	unit	1,80	30.850	55.530
<b>SUB TOTAL IV</b>					<b>55.530</b>
<b>TOTAL</b>					<b>3.239.138</b>

Table 4.10 Rekapitulasi RAB

NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA (dalam Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	3.109.190
II	PEKERJAAN PIPA	74.418
III	FINISHING	55.530
<b>TOTAL A = I s/d III</b>		<b>3.239.138</b>
<b>DIBULATKAN</b>		<b>3.250.000</b>

Berdasarkan pada perhitungan rencana anggaran biaya, pembangunan unit *pre-treatment* membutuhkan biaya sebesar Rp. 3.250.000. Unit *pre-treatment* merupakan unit *optional* dalam IPAL *portable* ini. Apabila pada lokasi kegiatan usaha *bakery* sudah memiliki bak kontrol atau bak penampungan yang memiliki fungsi seperti bak ekualisasi, maka pembangunan bak ekualisasi dapat diabaikan dengan catatan volume minimal bak adalah sebesar 2,26 m<sup>3</sup>. Kondisi yang sama juga berlaku bagi bangunan

pemisah minyak dan lemak, apabila konsentrasi *oil and grease* dalam air limbah *bakery* sudah dibawah baku mutu limbah cair maka penggunaan bangunan pemisah minyak dan lemak dapat diabaikan seperti dalam perencanaan tugas akhir ini.

### 4.7.3 IPAL *Portable* Alternatif 1

Tabel 4.11 RAB Alternatif 1

NO.	URAIAN PEKERJAAN	SAT	VOL	HARGA SATUAN (dalam Rp)	HARGA (dalam Rp)
<b>I PEKERJAAN PERSIAPAN</b>					
1	PEK. PENCETAKAN FRP	unit	60,36	176.950	10.680.702
<b>SUB TOTAL I</b>					<b>10.680.702</b>
<b>II PEKERJAAN PIPA</b>					
1	PEK. PEMASANGAN PIPA SOCKET	buah	12,00	1.880	22.560
2	PEK. PEMASANGAN PIPA	m	0,10	6.685	669
4	PEK. PEMASANGAN PIPA TEE	buah	27,00	3.145	84.915
5	PEK. PEMASANGAN AKSESORI PIPA PERFORATED	buah	48,00	928	44.520
<b>SUB TOTAL II</b>					<b>152.664</b>
<b>III PEKERJAAN RANGKA IPAL</b>					
1	PEK. PEMBUATAN RANGKA IPAL	m'	30,60	67.609	2.068.838
2	PEK. PERAKITAN RANGKA IPAL	m'	30,60	1.521	46.555
3	PEK. PENGELASAN RANGKA IPAL	m'	30,60	1.178	36.038
4	PEK. PEMASANGAN RANGKA RODA	buah	1,00	1.660.652	1.660.652

NO.	URAIAN PEKERJAAN	SAT	VOL	HARGA SATUAN (dalam Rp)	HARGA (dalam Rp)
<b>SUB TOTAL III</b>					<b>3.812.083</b>
<b>IV</b>	<b>FINISHING</b>				
1	PEK. PEMASANGAN FRP	unit	4,80	30.850	148.080
2	PEK. PELUBANGAN PERFORATED	m'	0,60	222	134
4	PEK. PEMASANGAN POMPA	buah	2,00	2.375.600	4.751.200
5	PEK. PEMASANGAN MEDIA SARANG TAWON	modul	48,00	66.700	3.201.600
<b>SUB TOTAL IV</b>					<b>8.101.014</b>
<b>TOTAL</b>					<b>22.729.452</b>

Tabel 4.12 Rekapitulasi RAB Alternatif 1

NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA (dalam Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	10.680.702
II	PEKERJAAN PIPA	152.664
III	PEKERJAAN RANGKA IPAL	3.812.083
IV	FINISHING	8.101.014
<b>TOTAL A = I s/d IV</b>		<b>22.729.452</b>
<b>DIBULATKAN</b>		<b>22.800.000</b>

Berdasarkan perhitungan, anggaran biaya yang dibutuhkan untuk membangun IPAL *portable* alternatif 1 adalah Rp. 22.800.000.



#### 4.7.4 IPAL *Portable* Alternatif 2

Tabel 4.13 RAB Alternatif 2

NO.	URAIAN PEKERJAAN	SAT	VOL	HARGA SATUAN (dalam Rp)	HARGA (dalam Rp)
<b>I PEKERJAAN PERSIAPAN</b>					
1	PEK. PENCETAKAN FRP	unit	48,32	176.950	8.549.339
<b>SUB TOTAL I</b>					<b>8.549.339</b>
<b>II PEKERJAAN PIPA</b>					
1	PEK. PEMASANGAN PIPA SOCKET	buah	12,00	1.880	22.560
2	PEK. PEMASANGAN PIPA	m	27,22	6.685	181.966
4	PEK. PEMASANGAN PIPA TEE	buah	31,00	3.145	97.495
5	PEK. PEMASANGAN AKSESORI PIPA PERFORATED	buah	56,00	928	51.940
<b>SUB TOTAL II</b>					<b>353.961</b>
<b>III PEKERJAAN RANGKA IPAL</b>					
1	PEK. PEMBUATAN RANGKA IPAL	m'	27,60	67.609	1.866.011
2	PEK. PERAKITAN RANGKA IPAL	m'	27,60	1.521	41.991
3	PEK. PENGELASAN RANGKA IPAL	m'	27,60	1.178	32.505
4	PEK. PEMASANGAN RANGKA RODA	buah	1,00	1.660.652	1.660.652
<b>SUB TOTAL III</b>					<b>3.601.158</b>
<b>IV FINISHING</b>					
1	PEK. PEMASANGAN FRP	unit	3,80	30.850	117.350

NO.	URAIAN PEKERJAAN	SAT	VOL	HARGA SATUAN (dalam Rp)	HARGA (dalam Rp)
2	PEK. PELUBANGAN PERFORATED	m'	0,42	222	94
3	PEK. PEMASANGAN BLOWER	m <sup>1</sup>	1,00	2.915.600	5.831.200
4	PEK. PEMASANGAN POMPA	m <sup>1</sup>	2,00	2.375.600	4.751.200
5	PEK. PEMASANGAN MEDIA SARANG TAWON	m <sup>1</sup>	28,00	66.700	1.867.600
<b>SUB TOTAL IV</b>					<b>12.567.324</b>
<b>TOTAL</b>					<b>25.052.252</b>

Tabel 4.14 Rekapitulasi RAB Alternatif 2

NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA (dalam Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	8.549.339
II	PEKERJAAN PIPA	353.961
III	PEKERJAAN RANGKA IPAL	3.601.158
IV	FINISHING	12.567.324
<b>TOTAL A = I s/d IV</b>		<b>25.052.252</b>
<b>DIBULATKAN</b>		<b>25.100.000</b>

Berdasarkan perhitungan, anggaran biaya yang dibutuhkan untuk membangun IPAL *portable* alternatif 2 adalah Rp. 25.100.000.

#### 4.7 Perbandingan Alternatif Pengolahan

IPAL *portable* yang direncanakan dalam tugas akhir ini dibandingkan antara alternatif 1 dan 2 untuk mendapatkan IPAL *portable* yang paling efisien. IPAL *portable* juga dibandingkan

dengan IPAL sejenis yang dijual di pasaran. Proses perbandingan IPAL *portable* ini meliputi luas lahan yang digunakan, volume, efisiensi removal, dan biaya yang dibutuhkan.



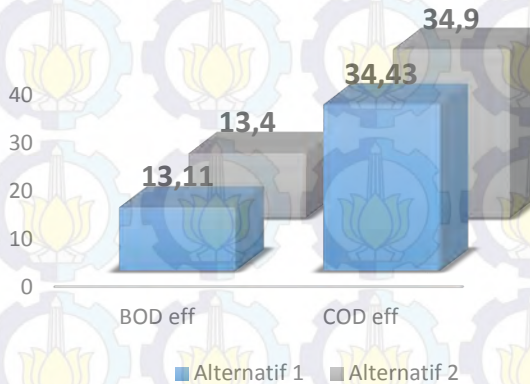
Gambar 4.13 Perbandingan Luas Lahan



Gambar 4.14 Perbandingan Volume

Apabila ditinjau dari segi luas lahan dan volume IPAL *portable*, alternatif 2 memiliki luas lahan dan volume lebih kecil daripada alternatif 1. Hal tersebut dikarenakan alternatif 2

menggunakan proses *aerobic* dalam mengolah air limbah *bakery*. Meskipun luas lahan dan volume yang dimiliki alternatif 1 lebih besar, namun produksi lumpur dari alternatif 1 lebih sedikit karena menggunakan proses *anaerobic*.



Gambar 4.15 Perbandingan Efisiensi Removal

Berdasarkan pada gambar 4.15, efisiensi removal yang dihasilkan dari alternatif 1 lebih baik daripada alternatif 2. Kondisi ini diakibatkan karena mikroorganisme dalam proses pengolahan *anaerobic* memiliki kemampuan mendegradasi konsentrasi air limbah *bakery* lebih tinggi daripada proses pengolahan *aerobic*. Kemampuan mikroorganisme dalam meremoval konsentrasi BOD dan COD dalam air limbah *bakery* juga berpengaruh pada produksi biogas yang terbentuk dalam IPAL. Tingginya efisiensi removal BOD dan COD pada alternatif 1 juga menyebabkan produksi biogas dalam IPAL *portable* lebih tinggi daripada alternatif 2.



Gambar 4.16 Perbandingan Biaya

Biaya pembangunan IPAL *portable* alternatif 1 lebih rendah daripada alternatif 2. Hal ini disebabkan karena alternatif 2 membutuhkan tenaga lebih berupa suplai oksigen dalam IPAL *portable*. Dalam proses pengolahan, IPAL *portable* alternatif 2 membutuhkan 1 blower untuk memenuhi kebutuhan oksigen dalam *aerobic biofilter* dan 1 blower cadangan apabila blower utama terdapat kerusakan. Berdasarkan pada gambar 4.16, diketahui bahwa biaya pembuatan IPAL *portable* lebih rendah daripada biaya pembelian biofilter dengan volume sejenis yang dijual di pasaran. Pembangunan IPAL *portable* memiliki keuntungan ditinjau dari jumlah unit pengolahan yang digunakan yaitu terdiri *septic tank*, *anaerobic/aerobic biofilter*, dan bak penampung. Sementara pada biofilter pasaran hanya menyediakan 1 unit pengolahan saja, sehingga pelaku kegiatan usaha *bakery* harus menyediakan unit pengolahan lain yang dibutuhkan sesuai dengan karakteristik limbah *bakery*. Biaya pembelian IPAL di pasaran sebesar Rp. 27.000.000, sementara biaya pembuatan IPAL *portable* alternatif 1 sebesar Rp. 22.800.000 dan alternatif 2 sebesar Rp. 25.100.000.

#### 4.8 Prosedur Pemeliharaan IPAL *Portable*

Pemeliharaan IPAL *portable* perlu dilakukan secara berkala untuk menjaga kemampuan pengolahan air limbah

*bakery* agar memenuhi baku mutu limbah cair yang ditentukan. Pemeliharaan tidak hanya dilakukan pada masing-masing unit pengolahan dalam IPAL *portable* tetapi juga dilakukan pada unit *pre-treatment*. Prosedur pemeliharaan IPAL *portable* meliputi pemeliharaan bak pemisah minyak dan lemak, *septic tank*, dan *anaerobic biofilter/aerobic biofilter*.

### **Pemeliharaan Bak Pemisah Minyak dan Lemak**

Pemeliharaan bak pemisah minyak dan lemak perlu dilakukan secara berkala. Langkah-langkah yang perlu diperhatikan dalam pembersihan bak pemisah minyak dan lemak adalah:

1. Mencatat dan mengukur banyaknya lemak yang tertampung dalam bak dengan cara memasukkan batang kayu yang telah dilapisi kain putih ke dalam bak. Minyak dan lemak dalam bak akan meninggalkan bekas noda di kain putih, sehingga dapat diukur ketebalan minyak dan lemak saat proses pembersihan.
2. Mengeluarkan minyak dan lemak dalam bak dengan cara dipompa dan disalurkan pada pihak ketiga.
3. Membuang padatan atau sampah yang ikut masuk dalam saringan bak pemisah minyak dan lemak.
4. Membersihkan dinding bak dari lemak dan minyak yang menempel.

### **Pemeliharaan *Septic Tank***

Menurut Mungkasa (2010), indikator yang digunakan untuk menilai *septic tank* sesuai standar atau tidak adalah ditinjau dari masa pengecekan dan pengurasan lumpur dalam *septic tank* secara rutin. Pengecekan lumpur pada *septic tank* hendaknya dilakukan setiap 6 bulan sekali. Sementara untuk pengurasan lumpur dapat dilakukan maksimal 2 tahun sekali. Beberapa hal yang perlu diperhatikan ketika melakukan pengecekan lumpur dalam *septic tank* antara lain:

1. Menggunakan tongkat dengan panjang yang sesuai dengan ketinggian *septic tank* dan dibalut dengan kain putih pada ujung tongkat.
2. Mengukur kedalaman lumpur dalam *septic tank*.
3. Apabila tinggi lumpur sudah setengah dari kedalaman

tangki (kurang lebih 75 cm) maka *septic tank* dapat dikuras dengan menggunakan jasa sedot tinja.

### **Pemeliharaan *Anaerobic Biofilter/Aerobic Biofilter***

Menurut Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah (2003), pengoperasian dan pemeliharaan tangki biofilter perlu dilakukan sesuai prosedur untuk menjaga kualitas effluen limbah cair agar sesuai dengan baku mutu limbah cair yang ditetapkan pemerintah. Pemeliharaan tangki biofilter dilakukan setiap 3-6 bulan sekali. Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam pemeliharaan tangki biofilter antara lain:

1. Melakukan pembersihan/pembuangan buih/*scum* setiap 3-6 bulan sekali, khususnya pada unit *anaerobic biofilter*.
2. Membersihkan media filter berupa sarang tawon dengan menggunakan air bertekanan. Pembersihan ini berfungsi untuk mengurangi kotoran yang melekat pada media filter yang dapat menyebabkan penyumbatan aliran air dalam IPAL *portable*. Pembersihan media filter dapat dilakukan setiap 6 bulan sekali.
3. Melakukan pengecekan blower dan *tube diffuser* setiap 3-6 bulan sekali. Apabila pada setengah dari luas permukaan *tube diffuser* sudah tertutup oleh kotoran atau lumpur maka *tube diffuser* dapat dibersihkan dengan air bertekanan.
4. Mengecek ketinggian lumpur dalam kompartemen dengan menggunakan tongkat yang telah dibalut kain putih. Pengecekan ketinggian lumpur dilakukan setiap 3-6 bulan sekali. Apabila ketinggian lumpur sudah mencapai 30-60 cm maka lumpur dalam kompartemen dapat dibuang dengan menggunakan jasa sedot tinja.

## BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

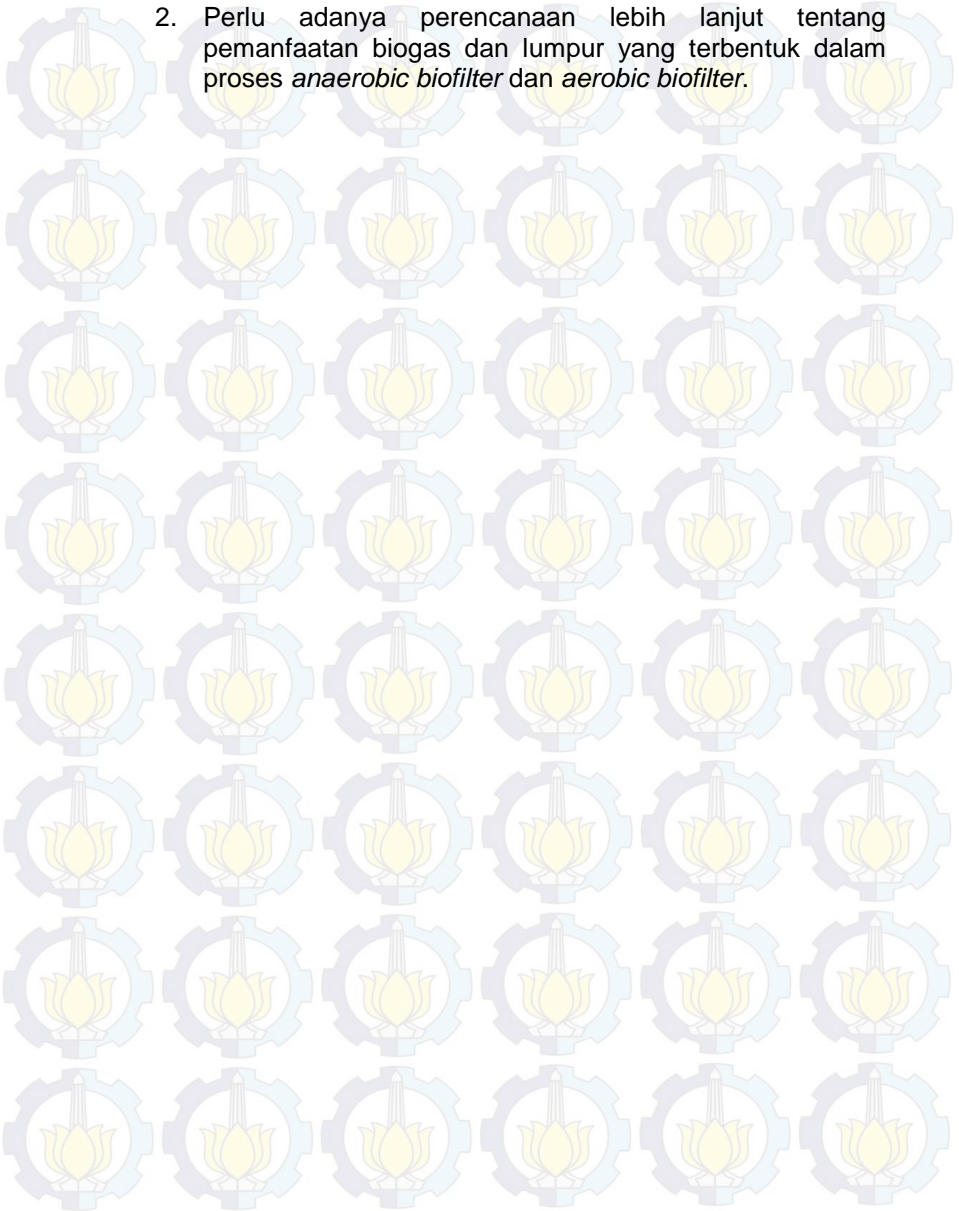
1. IPAL *portable* alternatif 1 dan 2 mampu mengolah limbah limbah cair *bakery* dengan nilai konsentrasi BOD sebesar 421 mg/L, COD sebesar 702,388 mg/L, serta debit rata-rata limbah cair yang dihasilkan 6 m<sup>3</sup>/hari.
2. DED IPAL *portable* alternatif I dengan unit *anaerobic biofilter* memiliki luas lahan sebesar 2 m x 2,4 m x 1,5 m dengan jumlah kompartemen sebanyak 12 buah. Kemampuan removal IPAL *portable* alternatif 1 mampu mereduksi konsentrasi BOD sebesar 13 mg/L, COD sebesar 34,43 mg/L, dan TSS sebesar 11, 03 mg/L.
3. DED IPAL *portable* alternatif II dengan unit *aerobic biofilter* memiliki luas lahan sebesar 1,9 m x 2 m x 1,5 m dengan jumlah kompartemen sebanyak 14 buah. Kemampuan removal IPAL *portable* alternatif 2 mampu mereduksi konsentrasi BOD sebesar 13 mg/L, COD sebesar 34,9 mg/L, dan TSS sebesar 11, 03 mg/L.
4. Anggaran biaya yang dibutuhkan untuk membangun IPAL *portable* alternatif I sebesar Rp. 22.800.000 dan IPAL *portable* alternatif II sebesar Rp. 25.100.000. Biaya pembuatan IPAL *portable* lebih murah daripada biaya pembelian IPAL dengan volume sejenis di pasaran.
5. DED unit pre-treatment dengan unit bak pemisah minyak dan lemak memiliki luas lahan 1 m x 0,6 m x 0,9 m dan bak ekualisasi memiliki luas lahan 1,5 m x 0,8 m x 2,3 m. Anggaran biaya yang dibutuhkan untuk membangun unit pre-treatment sebesar Rp. 3.250.000.

### 5.2 Saran

1. Perlu adanya perencanaan lebih lanjut mengenai DED IPAL *portable* untuk kegiatan usaha *bakery* dengan variasi debit berbeda sesuai dengan kelas kegiatan usaha *bakery*.



2. Perlu adanya perencanaan lebih lanjut tentang pemanfaatan biogas dan lumpur yang terbentuk dalam proses *anaerobic biofilter* dan *aerobic biofilter*.



## DAFTAR PUSTAKA

- AMPL. 2012. 99 *Persen Rumah Makan Buang Limbah Sembarangan*.  
[http://www.sanitasi.or.id/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1022:99-persen-rumah-makan-buang-limbah-sembarangan&catid=53:kliping&Itemid=124](http://www.sanitasi.or.id/index.php?option=com_content&view=article&id=1022:99-persen-rumah-makan-buang-limbah-sembarangan&catid=53:kliping&Itemid=124), diakses tanggal 5 November 2014 pukul 20.35 WIB.
- APHA. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st Edition.
- Ariani, N. M. 2011. *Otomatisasi Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) Sistem Mobile di Baristand Industri Surabaya*. **Jurnal Riset Industri**, Vol. 5, No. 2, pp. 183-194.
- Ayuningtyas, R.D. 2009. *Proses Pengolahan Limbah Cair di RSUD Dr. Moewardi Surakarta*. Laporan Khusus Program D-III Hiperkes dan Keselamatan Kerja Universitas Sebelas Maret Surakarta '09.
- Balitbang PU. 2005. *Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Tangki Biofilter Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga dengan Tangki Biofilter*. Diktat RSNI, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Bilal, A. R. H. 2014. *Perbandingan Desain IPAL Fix-Medium Sytems Anaerobic Filter dengan Moved-Medium Systems Aerobic Rotating Biological Contractor untuk Pusat Pertokoan di Surabaya*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- BLH. 2010. *Kualitas Air Surabaya Mengalami Penurunan*. <http://lh.surabaya.go.id/web/wh/?c=main&m=detail&id=35>, diakses tanggal 5 November 2014 pukul 20.28 WIB.
- Bodkhe, S. Y. 2008. *Development of an Improved Anaerobic Filter for Munciple Wastewater Treatment*. **Bioresource Technology**, 99, pp: 222-226.
- Bureau of Sewerage Tokyo Metropolitan Government. 2014. *Ariake Water Reclamation Center*. <http://www.gesui.metro.tokyo.jp/english/center/center06.htm>, diakses tanggal 18 Januari 2015 pukul 13.14 WIB.

- Casey, T.J. 2006. *Unit Treatment Processes in Water and Wastewater Engineering*. Blackrock: Aquavarra Research Limited.
- Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. 2003. *Pengoperasian dan Pemeliharaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga dengan Tangki Biofilter*.
- Dublein, D. Dan Steinhauser, A. 2008. *Biogas from Waste and Renewable Resource. An Introduction*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co.
- Eckenfelder, W.W., Patoczka, J.B., dan Pulliam, G.W. 1988. *Anaerobic Versus Aerobic Treatment In The USA*. New York: Pergamon Press.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fadly, N. A. 2008. *Daya Tampung dan Daya Dukung Sungai Ciliwung Serta Strategi Pengelolaannya*. Tesis Program Studi Teknik Sipil Program Pasca Sarjana, Universitas Indonesia '08.
- Fatmawati, R., Masrevaniah, A., dan Solichim, M. 2012. *Kajian Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Ngroowodengan Menggunakan Paket Program Qual2Kw*. **Jurnal Teknik Pengairan**, Vol. 3, No. 2, pp: 122-131.
- Glendoh, S. H., 2001. Pembinaan dan Pengembangan Usaha Kecil. **Jurnal Manajemen dan Kewirausahaan**, Vol 3. No. 1.
- Hamid, A. 2014. *Perbandingan Desain IPAL Proses Atached Growth Anaerobic Filter dengan Suspended Grwoth Anaerobic Baffled Reactor untuk Pusat Pertokoan di Kota Surabaya*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Herlambang, A. 2001. *Pengaruh Pemakaian Biofilter Struktur Sarang Tawon Pada Pengolah Limbah Organik Sistem Kombinasi Anaerob-Aerob (Studi Kasus: Limbah Tahu dan Tempe)*. **Jurnal Teknologi Lingkungan**, Vol. 2, No. 1, pp: 28-36.
- Indriyati. 2005. *Pengolahan Limbah Cair Organik Secara Biologi Menggunakan Reaktor Anaerobik Lekat Diam*. **JAI**, Vol. 1, No. 3, pp: 340-343.

- Kasam, Yulianto, A., Sukma, T. 2005. *Penurunan COD (Chemical Oxygen Demand) dalam Limbah Cair Laboratorium Menggunakan Filter Karbon Aktif Arang Tempurung Kelapa*. **Logika**, Vol. 2, No. 2, pp: 3-17.
- Laksono, S. 2012. *Pengolahan Biologis Limbah Batik dengan Media Biofilter*. Skripsi, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Maharani, R. M., dan Damayanti, A. 2013. *Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Membran Nanofiltrasi Silika Aliran Cross Flow untuk Menurunkan Fosfat dan Ammonium*. **Jurnal Teknik Pomits**, vol.2, pp: 92-97.
- Marsono, Bowo Djoko. 1995. *Hidrolika untuk Teknik Penyehatan*. Surabaya: Teknik Penyehatan ITS.
- Mashahiro, F. 2002. *Biological Treatment*. Kitakyushu: Hand out of JICA Training. JICA.
- Mungkasa, Oswar. 2010. *Menjaga Tangki Septik Berfungsi Baik*. Majalah Percik, November, 50.
- Notodarmodjo, S., Astuti, A., dan Juliah, A. 2004. *Kajian Unit Pengolahan Menggunakan Media Berbutir dengan Parameter Kekeruhan, TSS, Senyawa Organik dan pH*. **PROC. ITB Sains & Tek.**, Vol. 36 A, No. 2, pp: 97-115.
- Pagaya, M. D. 2013. *Pengelolaan dan Pengembangan Usaha Bakery pada UD Lima Roti di Ambon*. **AGORA**, Vol. 1, No.3.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya.
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Praditya, A. 2014. *Desain Alternatif Insatalasi Pengolahan Air Limbah Pusat Pertokoan dengan Proses Aerobik, Anaerobik, dan Kombinasi Anaerobik dan Aerobik di Kota Surabaya*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pratiwi, D. R. 2011. *Analisis Penetapan Kadar Minyak dan Lemak pada Limbah Sawit dengan Metode Gravimetri*. Tugas Akhir, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Rahmawati, A. A. dan Azizah, R. 2005. *Perbedaan Kadar BOD, COD, TSS, dan MPN Coliform pada Limbah, Sebelum dan*

- Sesudah Pengolahan di RSUD Nganjuk. Jurnal Kesehatan Lingkungan*, Vol. 2, No.1, pp: 97-110.
- Reynolds, Tom D., dan Richards, P.A. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*. 2nd ed. PWS Publishing Company, Boston.
- Rittmann, B.E. dan Mc Carty, P.L. 2001. *Environmental Biotechnology: Principles And Applications*. New York: McGraw-Hill.
- Roelan. 2014. 2015, Industri Roti Diperkirakan Meningkatkan 15 Persen. <http://batamtoday.com/berita49246-2015,-Industri-Roti-Diperkirakan-Meningkat-15-Persen.html>, diakses tanggal 5 November 2014 pukul 20.05 WIB.
- Said, N. I. 2008. *Pengolahan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta "Tinjauan Permasalahan, Strategi dan Teknologi Pengolahan"*. Jakarta: Pusat Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologi Pengembangan Sumberdaya Alam, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Said, N. I., dan Firly. 2005. *Uji Performance Biofilter Anaerobik Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Ayam. JAI*, Vol. 1, No. 3, pp: 289-303
- Salmin. 2005. *Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan. Oseana*, Vol. 15, No. 3, pp: 21-26.
- Santiyu. 2014. *Pengolahan Limbah Bakery*. <http://santiyu.wordpress.com/2014/09/16/pengolahan-limbah-bakery/>. Diakses tanggal 5 November 2014 pukul 13.07 WIB.
- Sasse, Ludwig. 2009. *Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. Bremen: Bremen Overseas Research and Development Association – BORDA.
- Soewondo, P., dan Yulianto, A. 2008. *The Effect of Aeration Mode on Submerged Aerobic Biofilter Reactor for Grey Water Treatment. Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation*, Vol. 3, No. 3, pp: 169-175.
- Subramanya, K. 1984. *Flow in Open Channels*. Delhi: Mc. Graw Hill.

- Tchobanoglous. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition*. New York: Mc. Graw Hill.
- Theresia, A. 2005. *Sanitasi dan Pengelolaan Limbah dari Produk Bakery dan Pastry di Hotel Ciputra Semarang*. Laporan Kerja Praktek, Jurusan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Soegijapranata Semarang.
- Thornton. 2001. *Pollutant in Urban Waste Water and Sewage Sludge*. Luxembourg: European Communities.
- Tilley, Elizabeth., Ulrich, Lukas., Lüthi, Christoph., Reymond, Philippe., dan Zurbrügg, Christian. 2014. *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*. Dübendorf: Sandec, the Department of Water and Sanitation in Developing Countries of Eawag, the Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology.
- Wakelin, N.G., Forster, C.F., 1998. *The Aerobic Treatment of Greasecontaining Fast Food Restaurant Wastewaters*. **Trans. I. Chem**, Vol. E. 76 (Part B), pp: 55–69.
- Wancik. 2009. *Kelebihan dan Kekurangan Material Bahan Bangunan*.  
<https://wancik.wordpress.com/2009/03/28/kelebihan-dan-kekurangan-material-bahan-bangunan/>, diakses tanggal 18 Januari 2015 pukul 13.10 WIB.
- Yang, B., Chen, G., dan Chen, G. 2012. *Submerged Membrane Bioreactor in Treatment of Simulated Resturant Wastewater*. **Separation and Purification Technology**, pp: 184-190.
- Zulaikha, S., Lau, W.J., Ismail, A.F., dan Jaafar, J. 2014. *Treatment of Restaurant Wastewater Using Ultrafiltration and Nanofiltration Membrans*. **Journal of Water Process Engineering**, Vol. 2, pp. 58-62.



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

BANGUNAN PEMISAH  
MINYAK & LEMAK

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

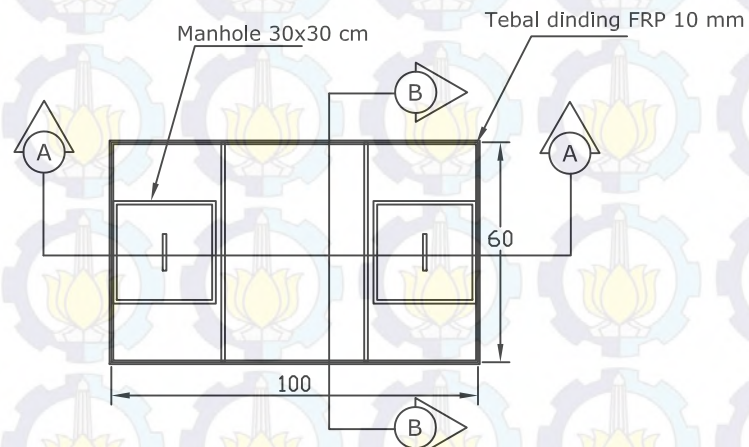
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

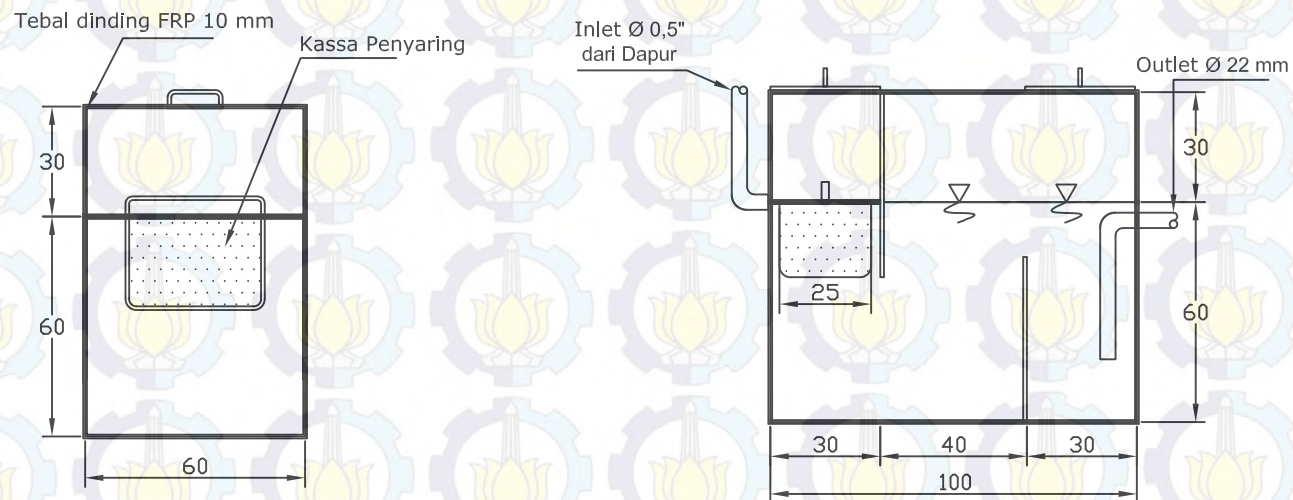
111

NO. GAMBAR

1



Denah Bangunan Pemisah Minyak & Lemak  
skala 1 : 500



Potongan B-B  
skala 1 : 500

Potongan A-A  
skala 1 : 500





## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

BAK EKUALISASI

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

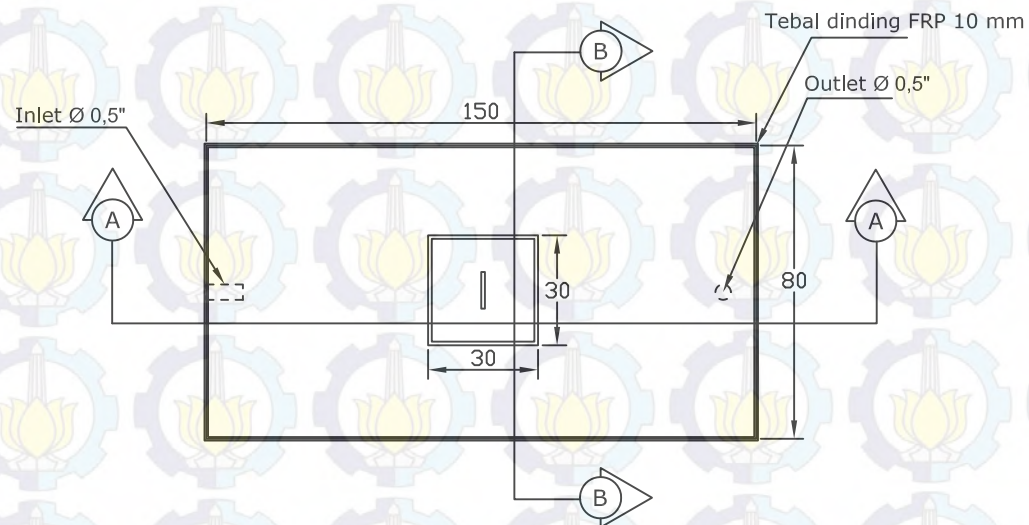
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

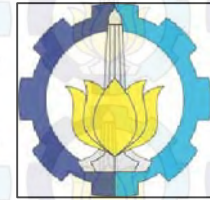
112

NO. GAMBAR

2



Denah Bak Ekualisasi  
skala 1 : 500



## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

BAK EKUALISASI

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

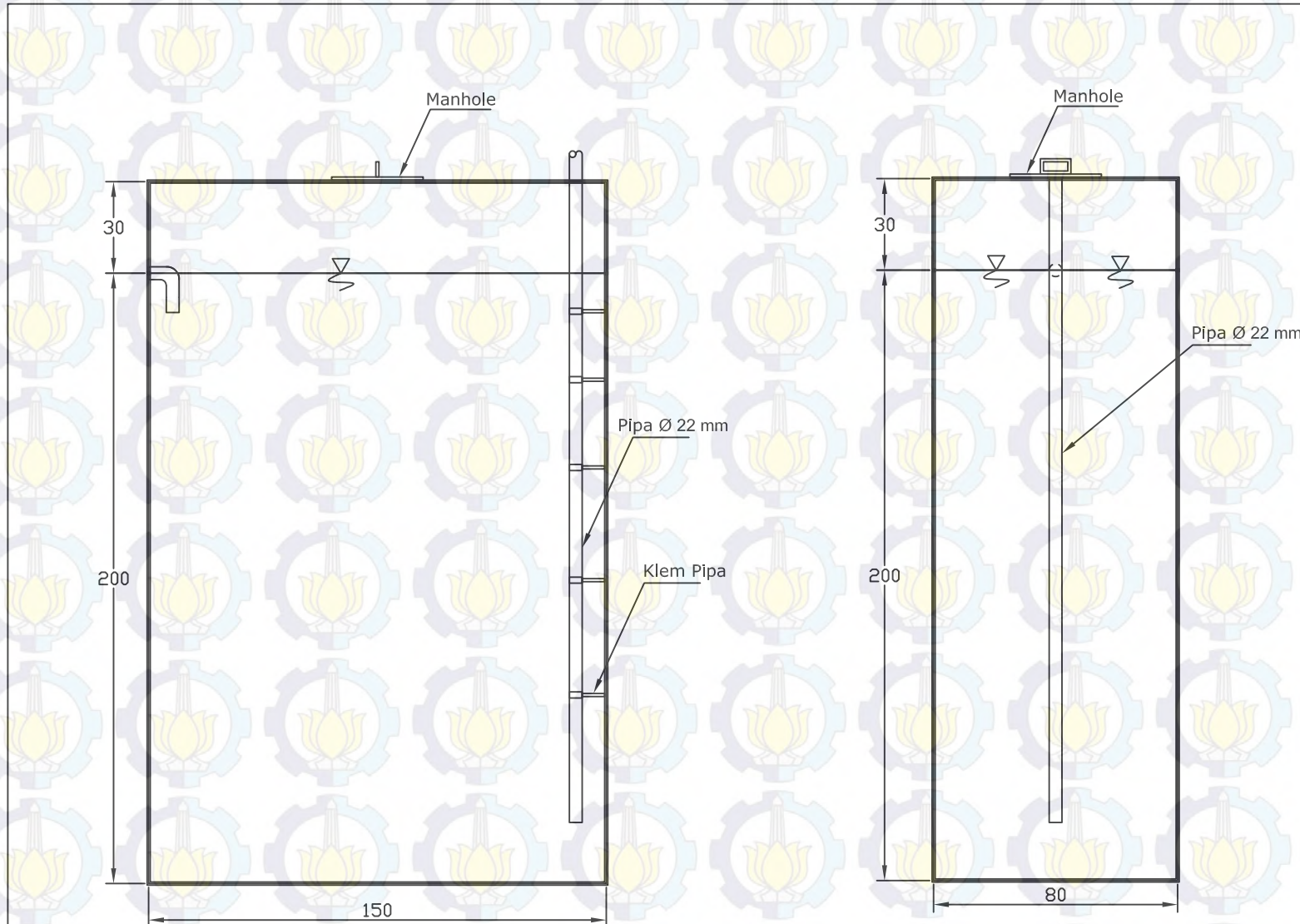
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

113

NO. GAMBAR

3



Potongan A-A  
skala 1 : 500

Potongan B-B  
skala 1 : 500



## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

LAYOUT IPAL *PORTABLE*  
ALTERNATIF 1

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

-  Media Sarang Tawon
-  Muka Tanah

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

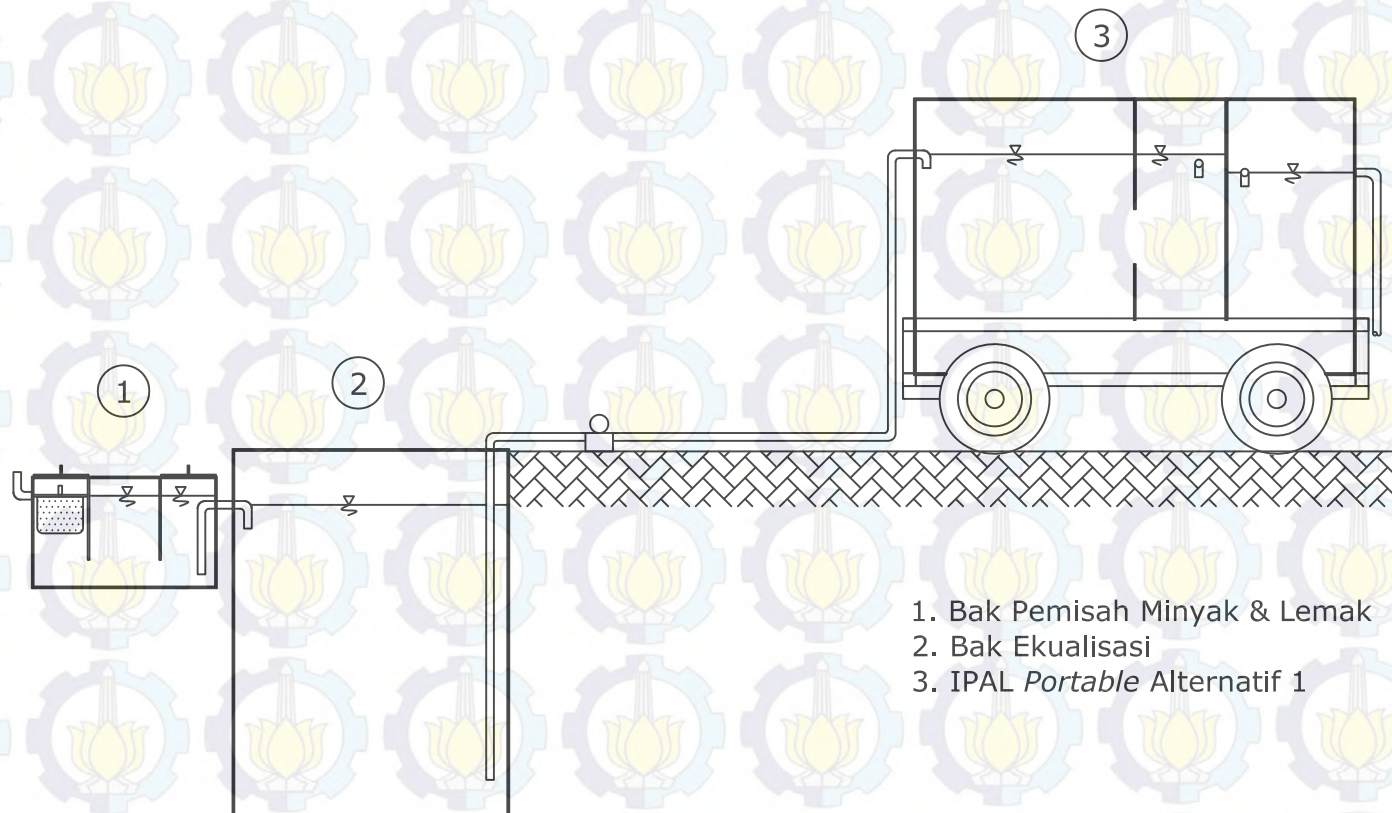
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

114

NO. GAMBAR

4



1. Bak Pemisah Minyak & Lemak
2. Bak Ekualisasi
3. IPAL *Portable* Alternatif 1

Layout Alternatif 1  
skala 1 : 1000



## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

DENAH IPAL *PORTABLE*  
ALTERNATIF 1

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

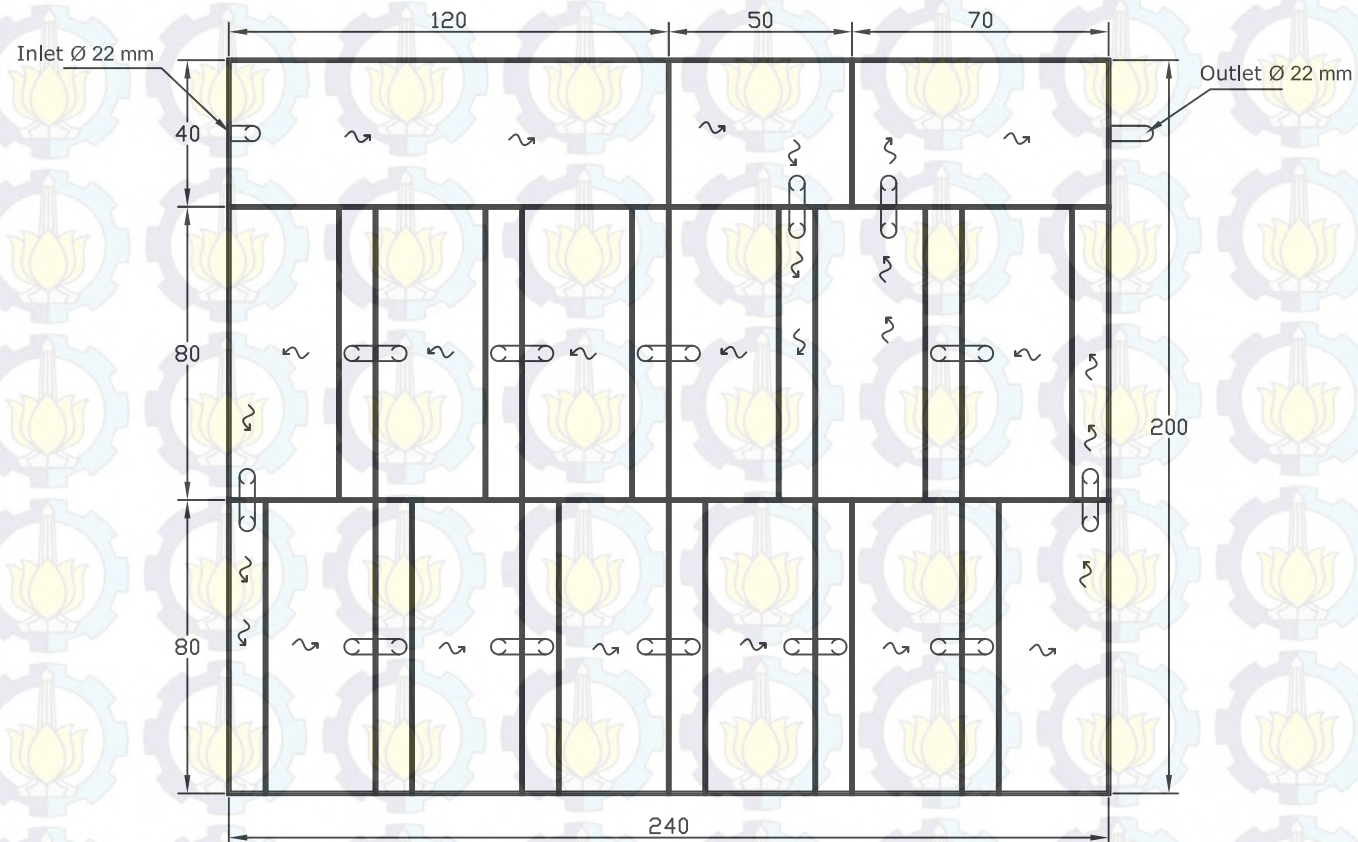
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

115

NO. GAMBAR

5



Denah Arah Aliran IPAL *Portable*  
skala 1 : 500



## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

DENAH IPAL *PORTABLE*  
ALTERNATIF 1

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

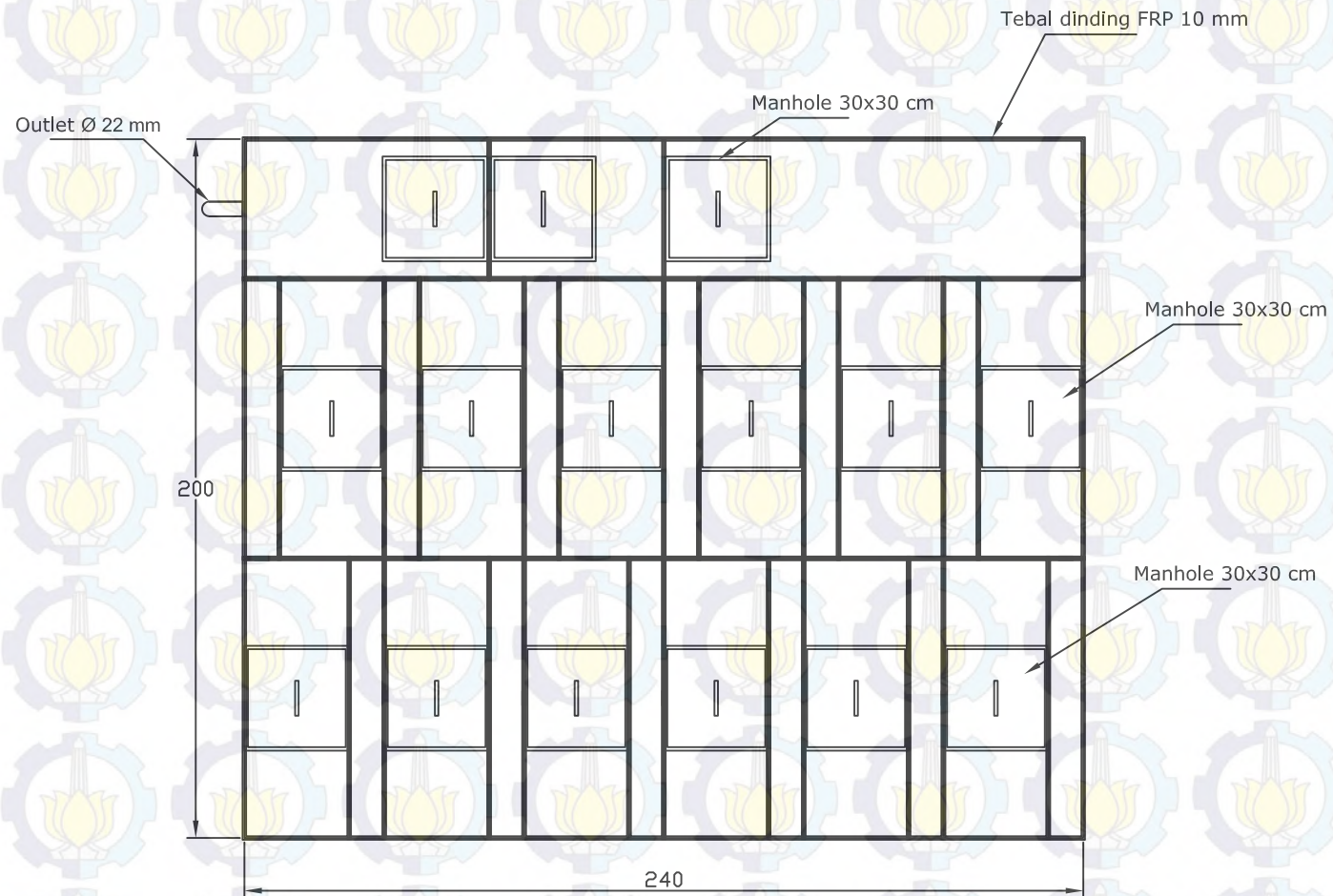
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

116

NO. GAMBAR

6



Denah IPAL *Portable*  
skala 1 : 500



## TUGAS AKHIR


### JUDUL GAMBAR

DENAH IPAL *PORTABLE*  
ALTERNATIF 1

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

 Media Sarang Tawon

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

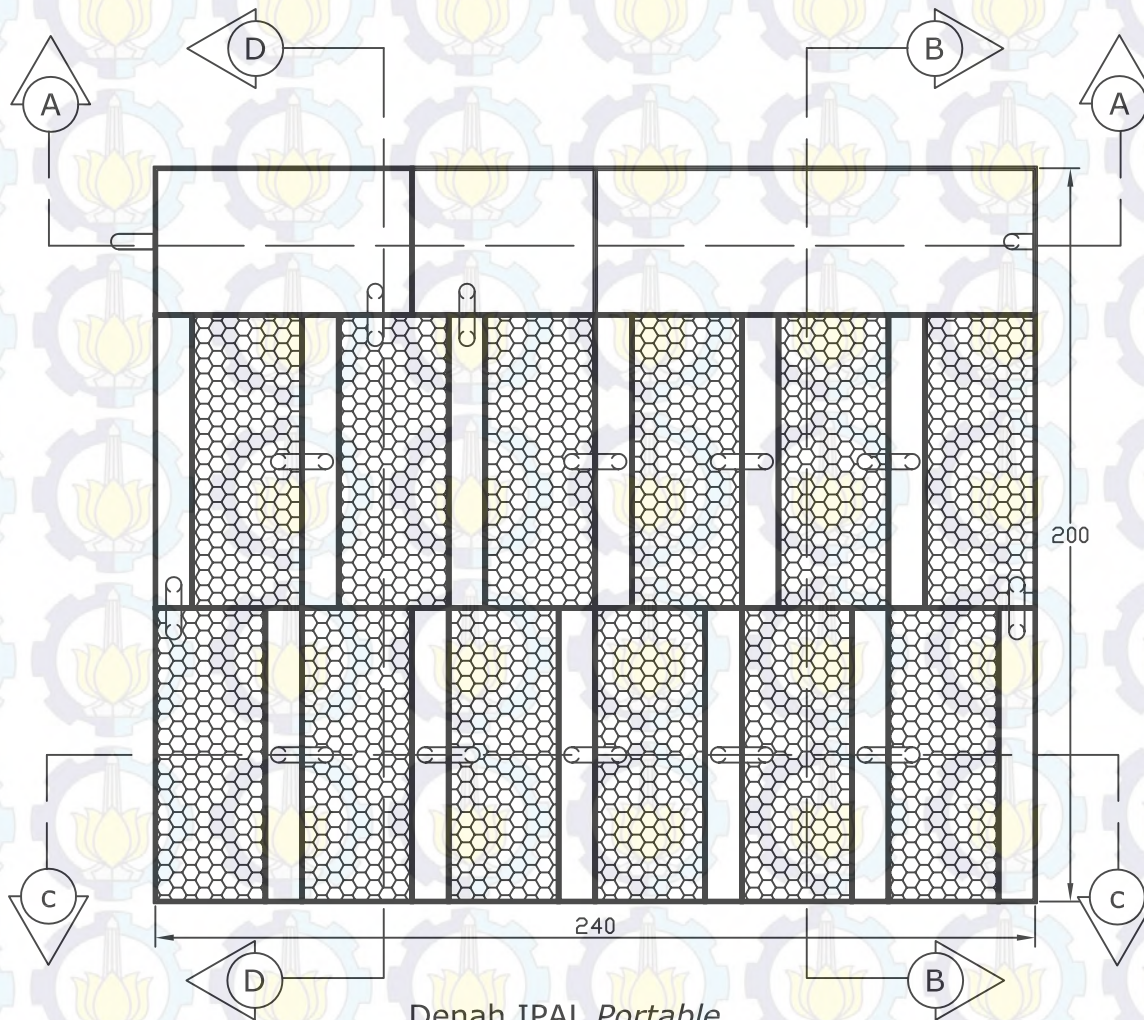
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

117

NO. GAMBAR

7



Denah IPAL *Portable*  
skala 1 : 500



## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

DENAH IPAL *PORTABLE*  
ALTERNATIF 1

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

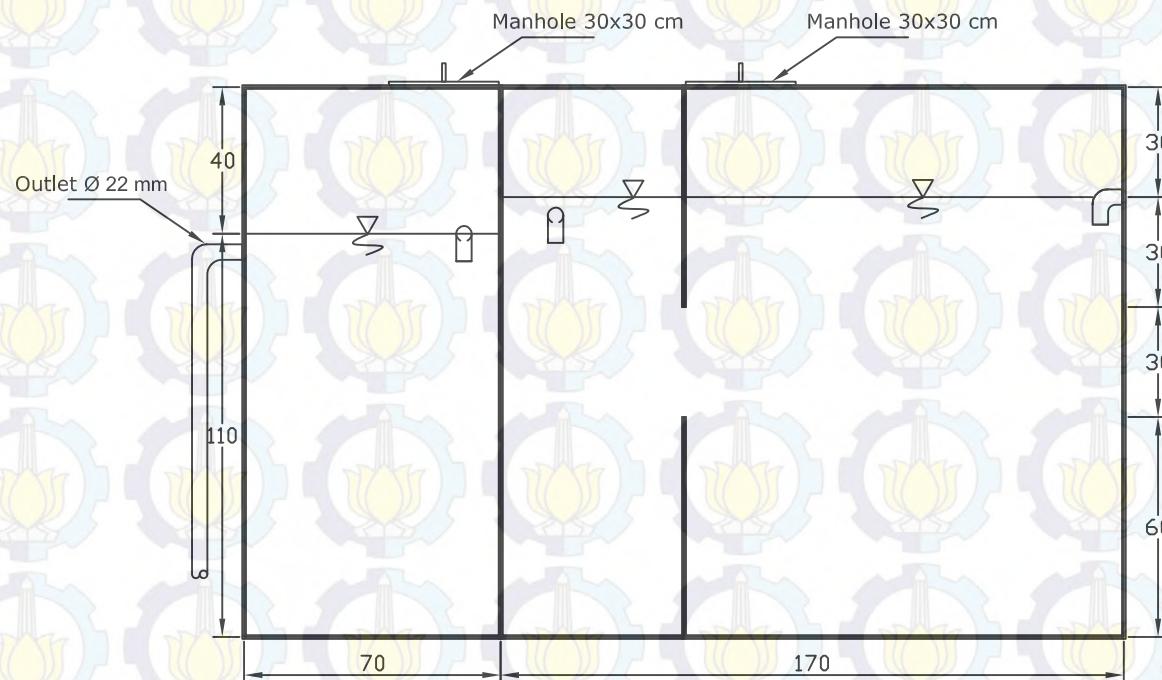
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

118

NO. GAMBAR

8



Potongan A-A IPAL *Portable*  
skala 1 : 500



## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

DENAH IPAL *PORTABLE*  
ALTERNATIF 1

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

 Media Sarang Tawon

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

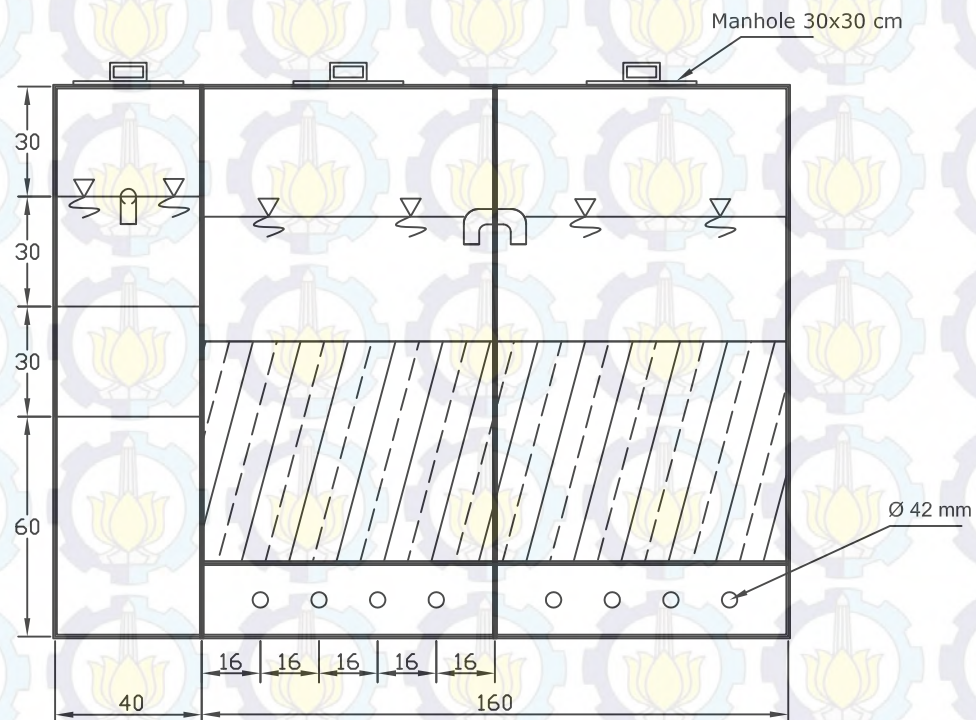
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

119

NO. GAMBAR

9



Potongan B-B IPAL *Portable*  
skala 1 : 500





## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

DENAH IPAL *PORTABLE*  
ALTERNATIF 1

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

 Media Sarang Tawon

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

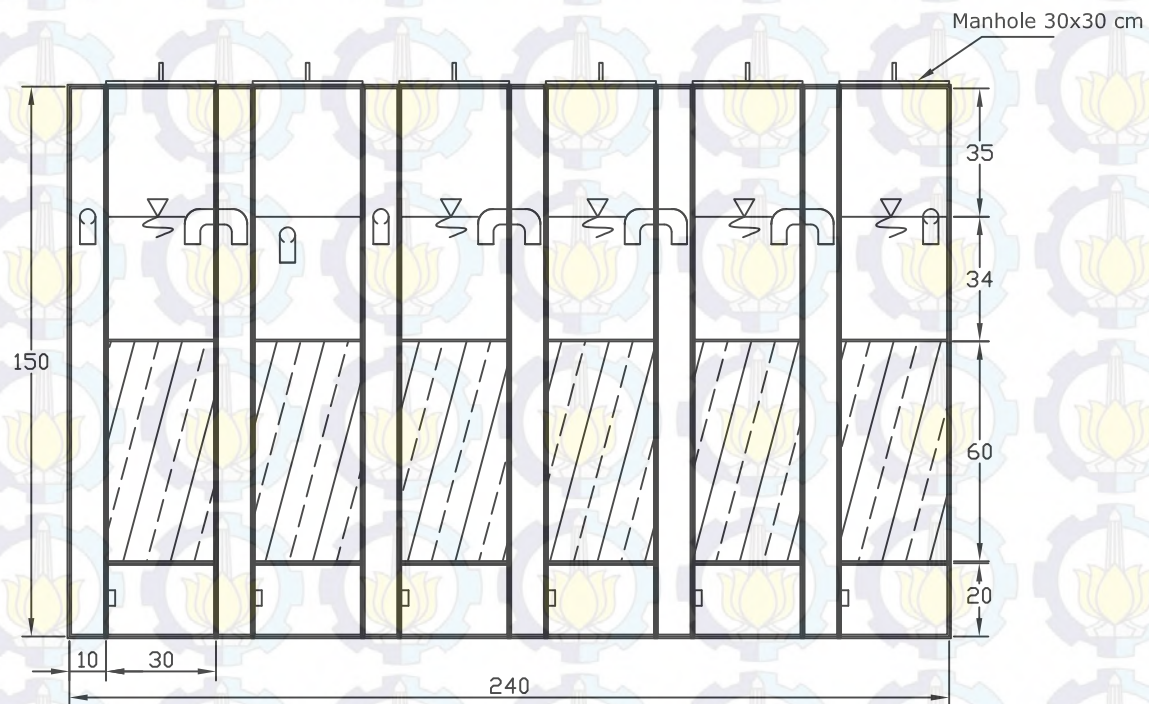
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

120

NO. GAMBAR

10



Potongan C-C IPAL *Portable*  
skala 1 : 500



## TUGAS AKHIR


### JUDUL GAMBAR

DENAH IPAL *PORTABLE*  
ALTERNATIF 1

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

 Media Sarang Tawon

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

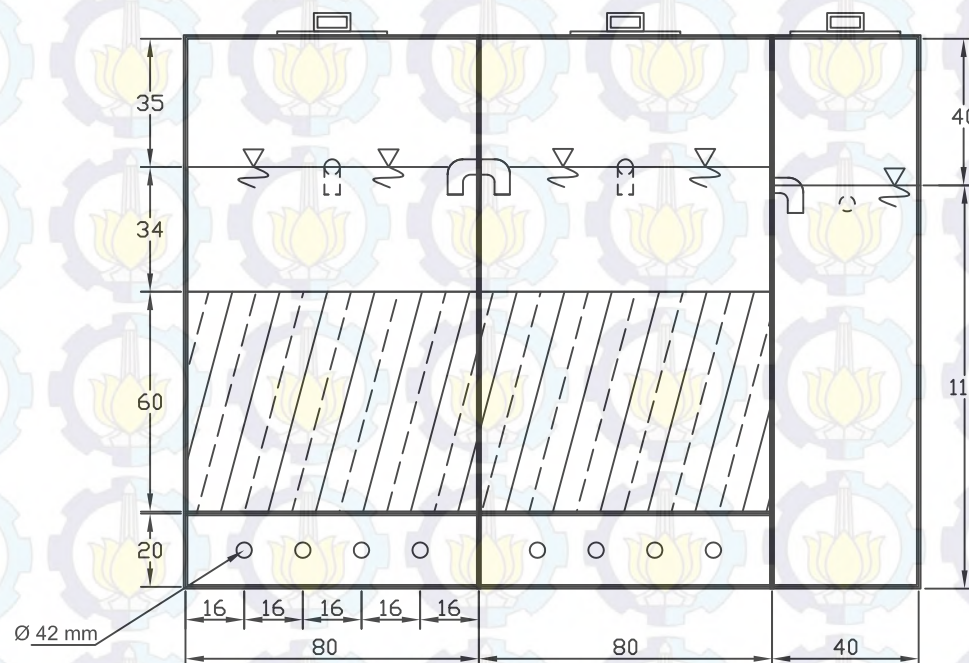
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

121

NO. GAMBAR

11



Potongan D-D IPAL *Portable*  
skala 1 : 500



## TUGAS AKHIR


### JUDUL GAMBAR

KOMPARTEMEN ANAEROBIC  
BIOFILTER

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

-  Media Sarang Tawon
-  Media Sarang Tawon

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

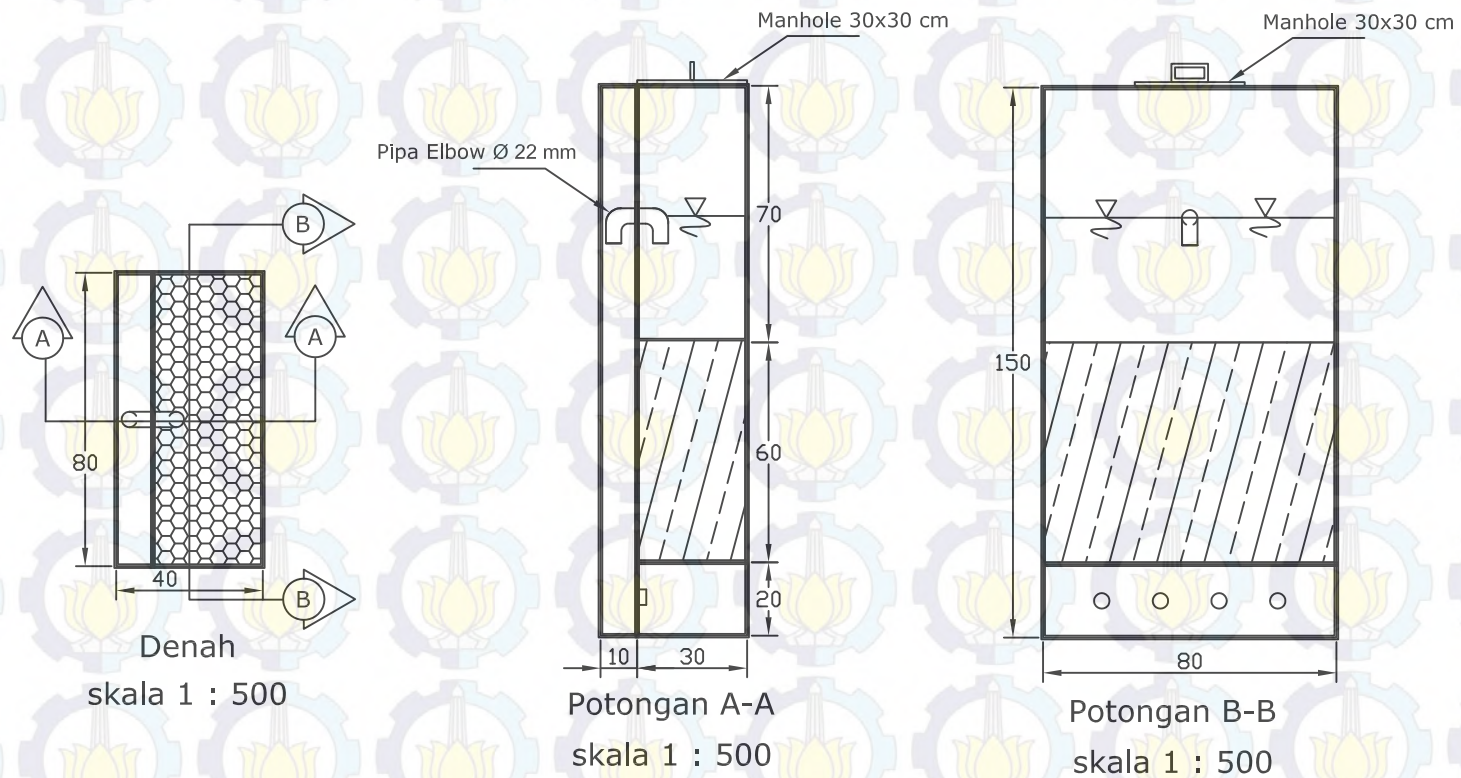
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

122

NO. GAMBAR

12





## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

SEPTIC TANK

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

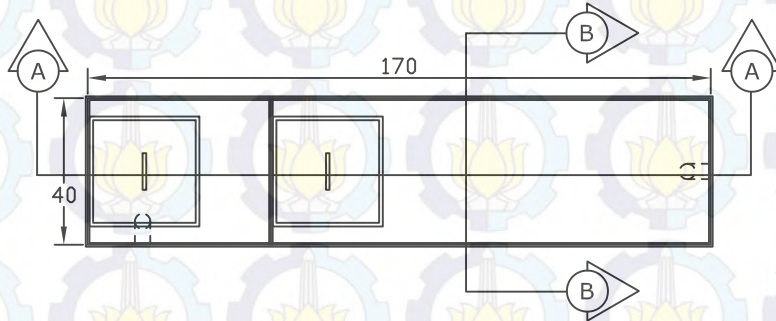
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

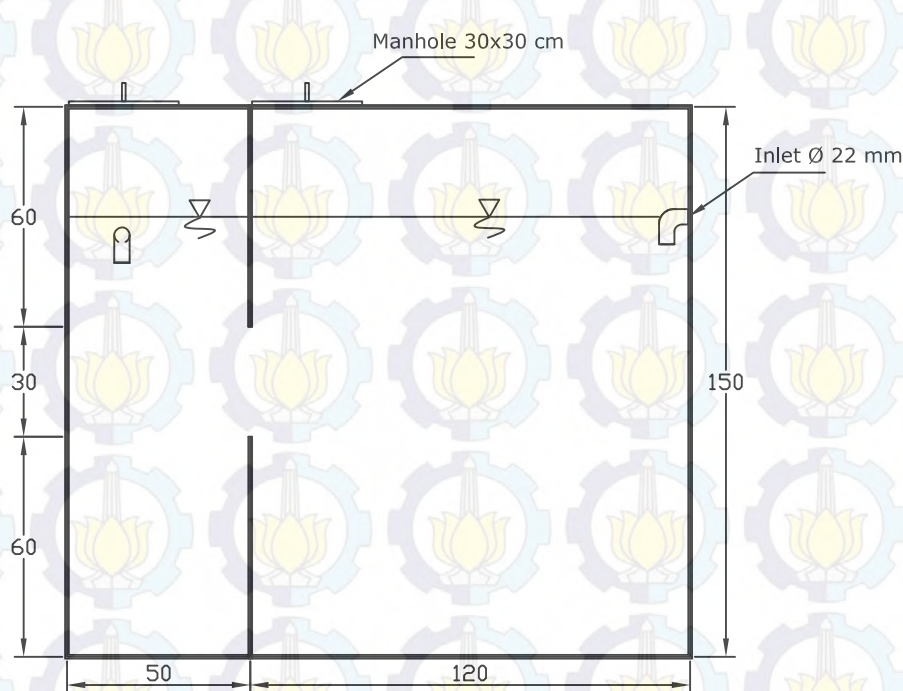
123

NO. GAMBAR

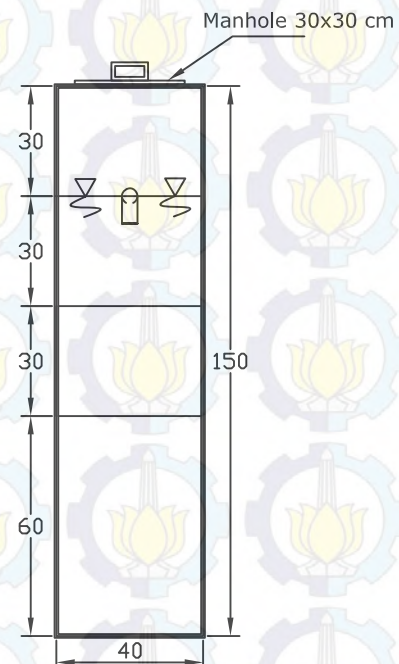
13



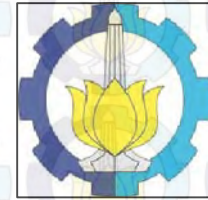
Denah  
skala 1 : 500



Potongan A-A  
skala 1 : 500



Potongan B-B  
skala 1 : 500



## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

BAK PENAMPUNG

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

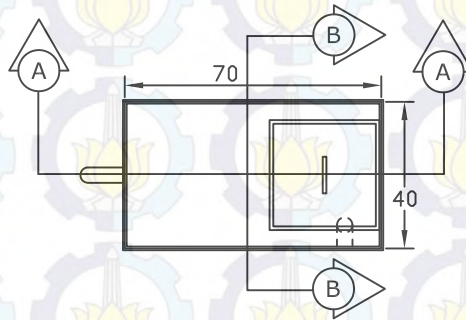
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

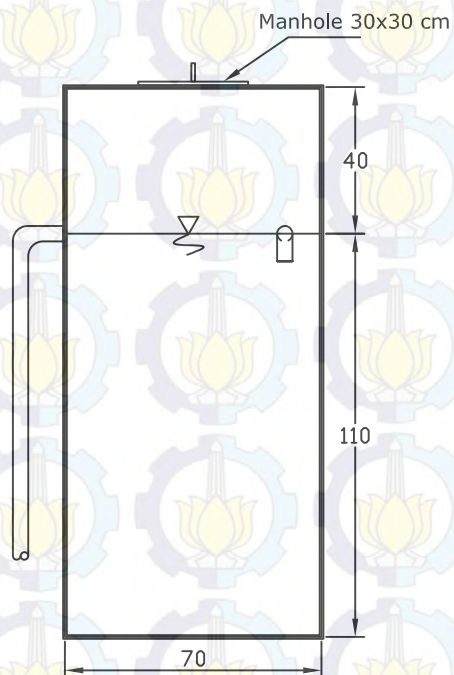
124

NO. GAMBAR

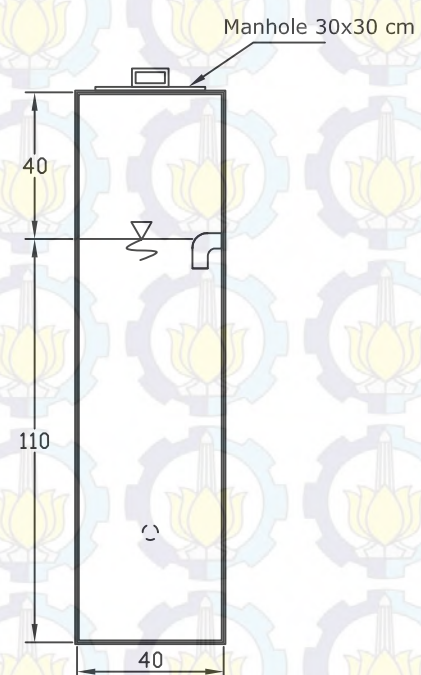
14



Denah  
skala 1 : 500



Potongan A-A  
skala 1 : 500



Potongan B-B  
skala 1 : 500



## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

PROFIL HIDROLIS

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

-  Media Sarang Tawon
-  Muka Tanah

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

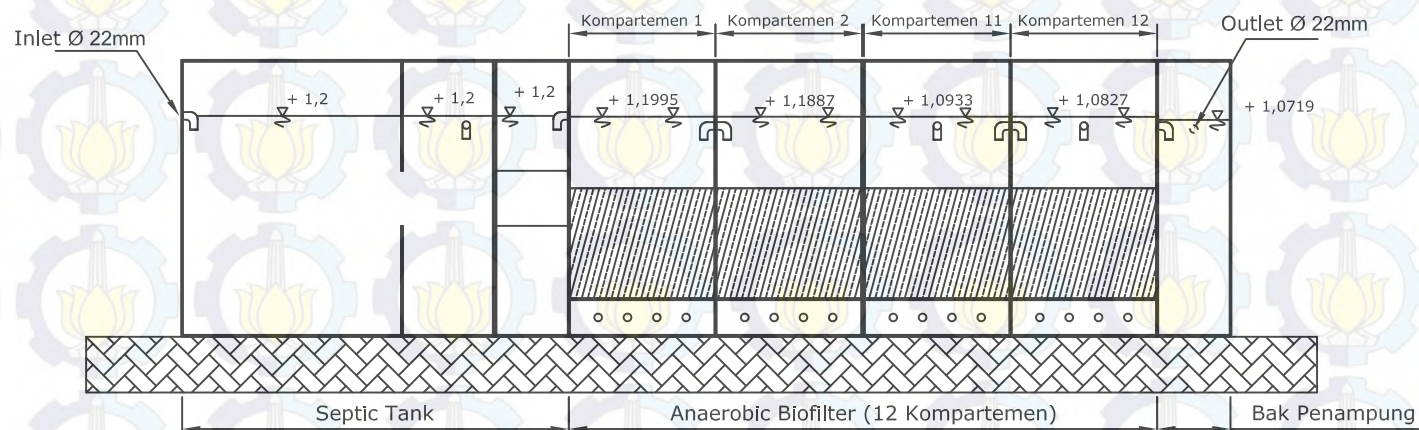
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

125

NO. GAMBAR

15



Profil Hidrolis



## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

LAYOUT IPAL *PORTABLE*  
ALTERNATIF 2

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

-  Media Sarang Tawon
-  Muka Tanah

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

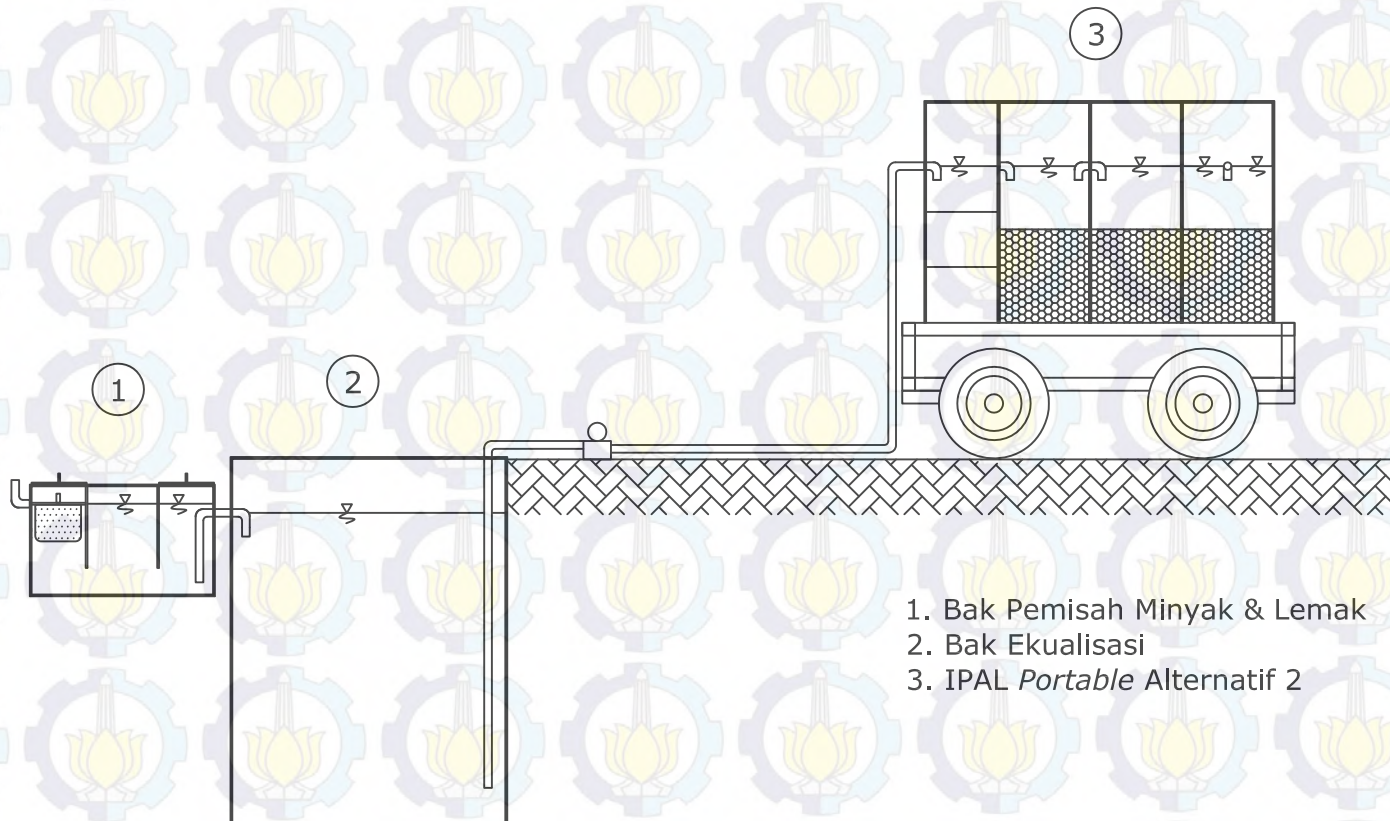
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

126

NO. GAMBAR

16



Layout Alternatif 2  
skala 1 : 1000



## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

DENAH IPAL *PORTABLE*  
ALTERNATIF 2

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

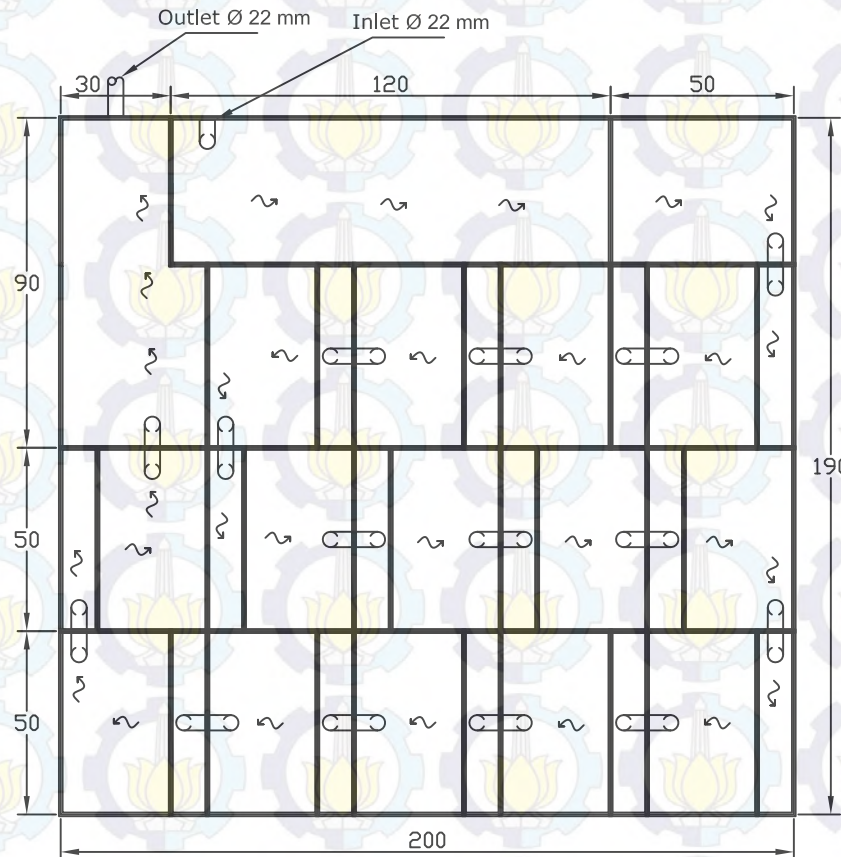
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

127

NO. GAMBAR

17



Denah Arah Aliran IPAL *Portable*  
skala 1 : 500





## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

DENAH IPAL *PORTABLE*  
ALTERNATIF 2

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

128

NO. GAMBAR

18

Tebal dinding FRP 10 mm

Outlet Ø 22 mm

Manhole 30x30 cm

190

Manhole 30x30 cm

Manhole 30x30 cm

200

Denah IPAL *Portable*  
skala 1 : 500



## TUGAS AKHIR


### JUDUL GAMBAR

DENAH IPAL *PORTABLE*  
ALTERNATIF 2

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

 Media Sarang Tawon

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

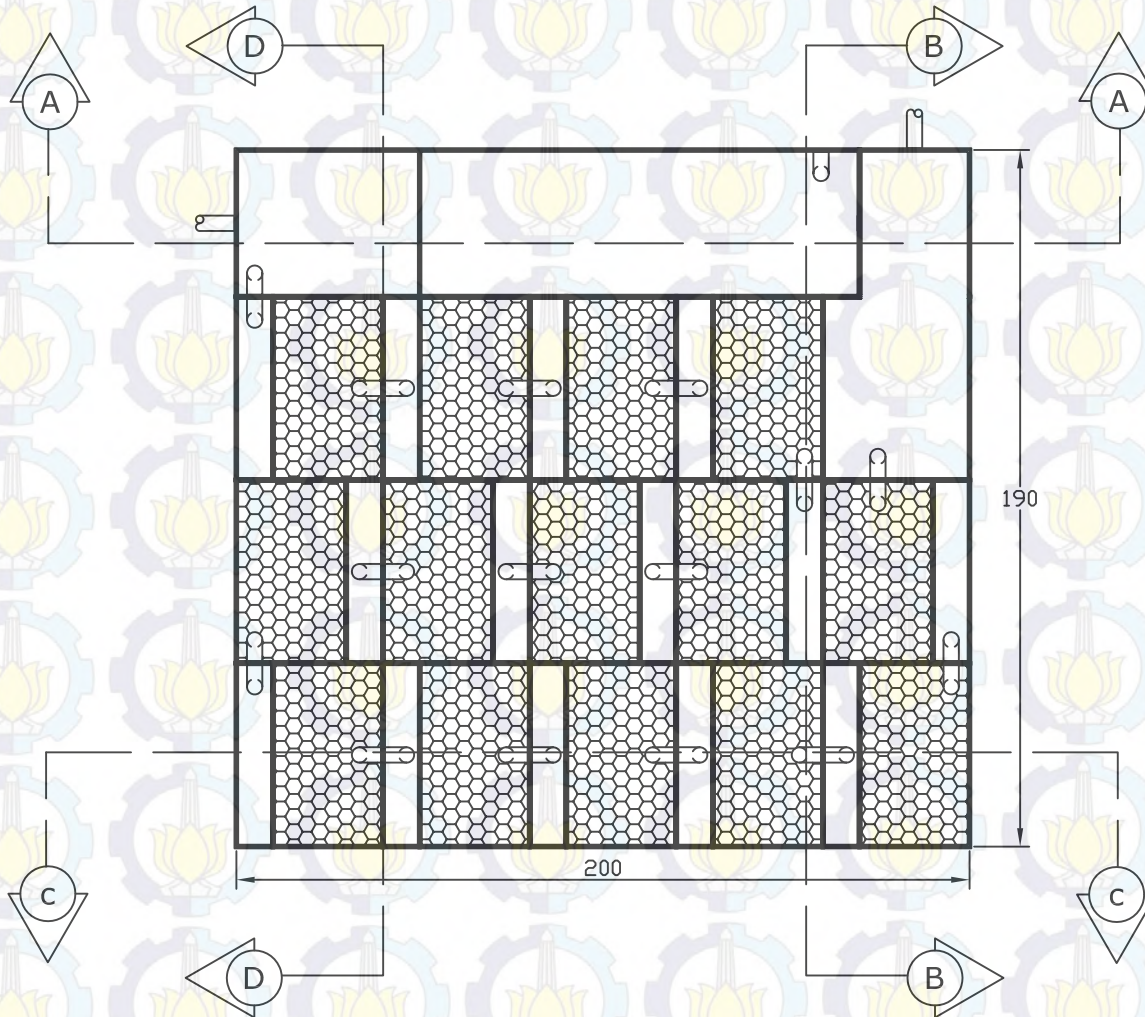
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

129

NO. GAMBAR

19



Denah IPAL *Portable*  
skala 1 : 500



## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

DENAH IPAL *PORTABLE*  
ALTERNATIF 2

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

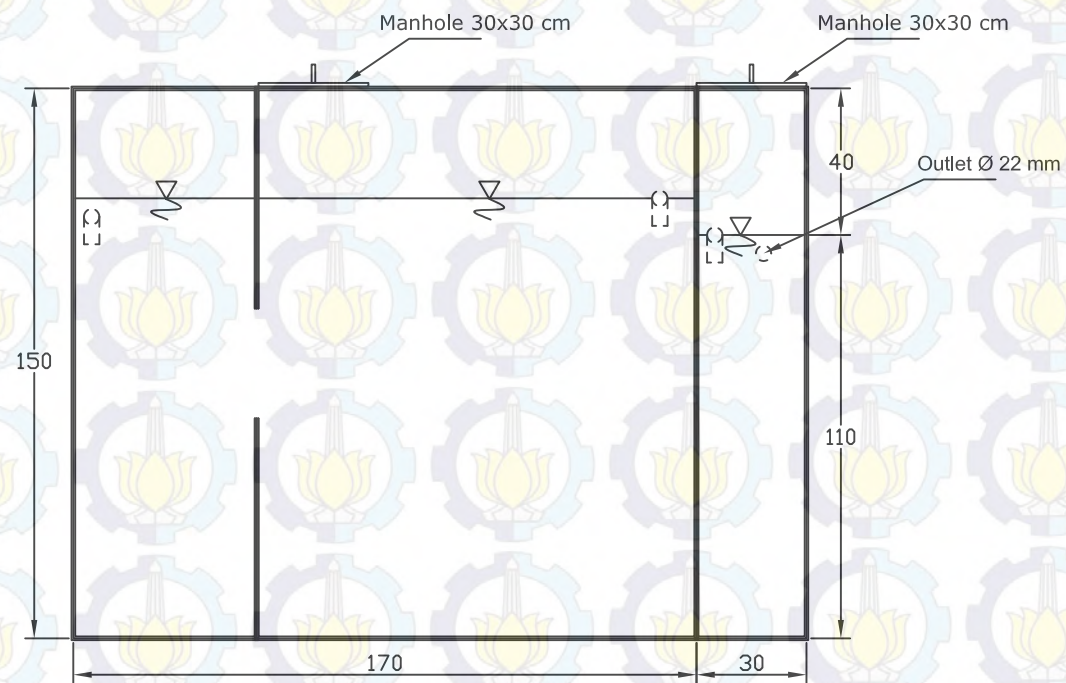
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

130

NO. GAMBAR

20



Potongan A-A IPAL *Portable*  
skala 1 : 500



## TUGAS AKHIR


### JUDUL GAMBAR

DENAH IPAL *PORTABLE*  
ALTERNATIF 2

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

 Media Sarang Tawon

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

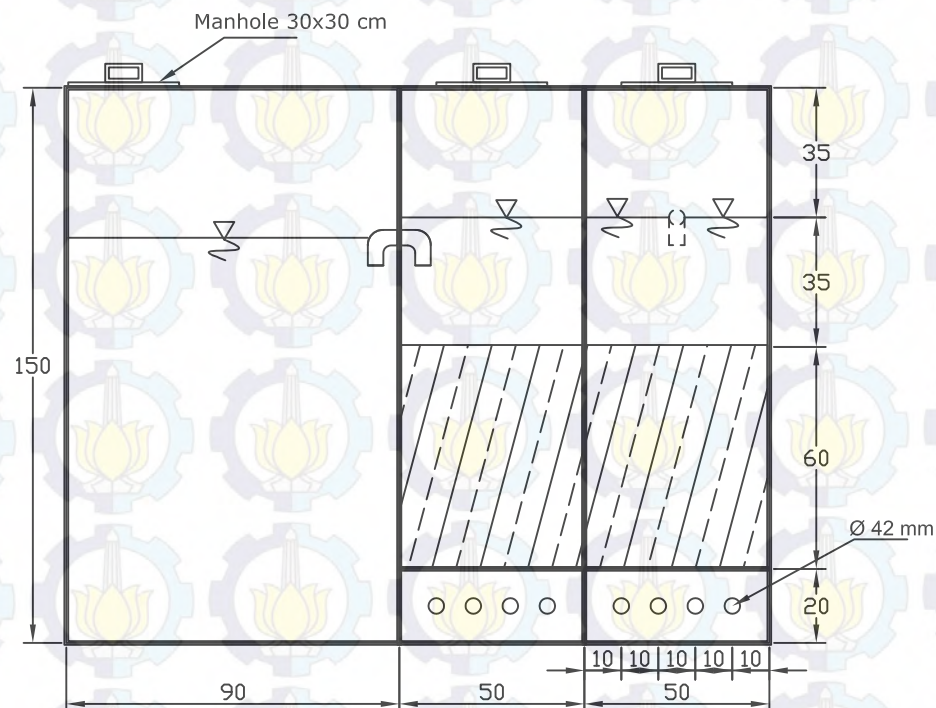
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

131

NO. GAMBAR

21



Potongan B-B IPAL *Portable*  
skala 1 : 500



## TUGAS AKHIR


### JUDUL GAMBAR

DENAH IPAL *PORTABLE*  
ALTERNATIF 2

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

 Media Sarang Tawon

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

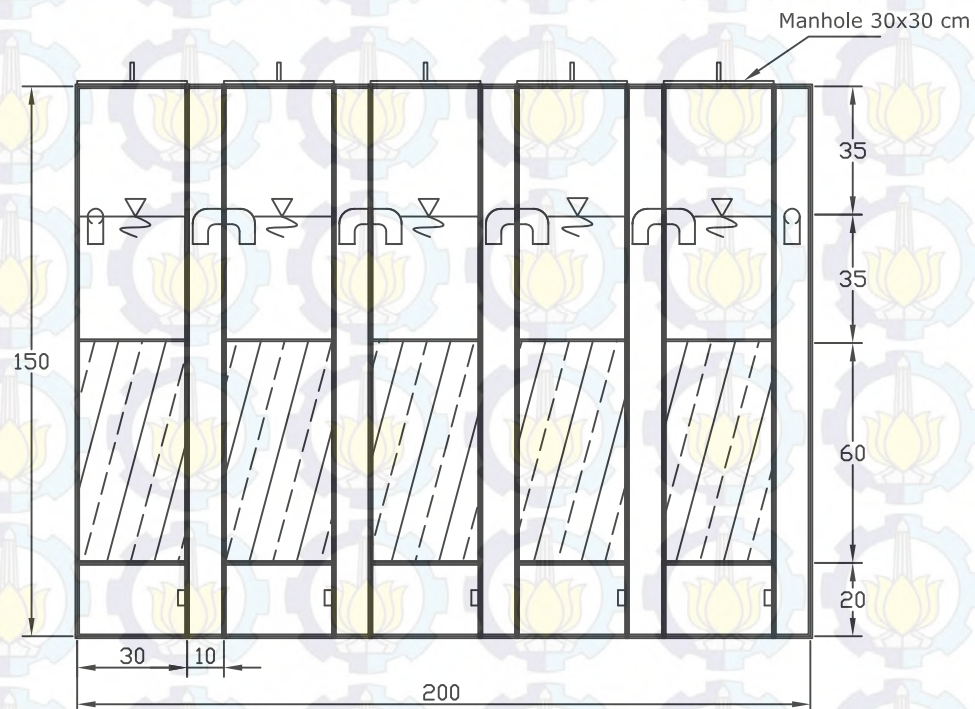
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

132

NO. GAMBAR

22



Potongan C-C IPAL *Portable*  
skala 1 : 500



## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

DENAH IPAL *PORTABLE*  
ALTERNATIF 2

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

 Media Sarang Tawon

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

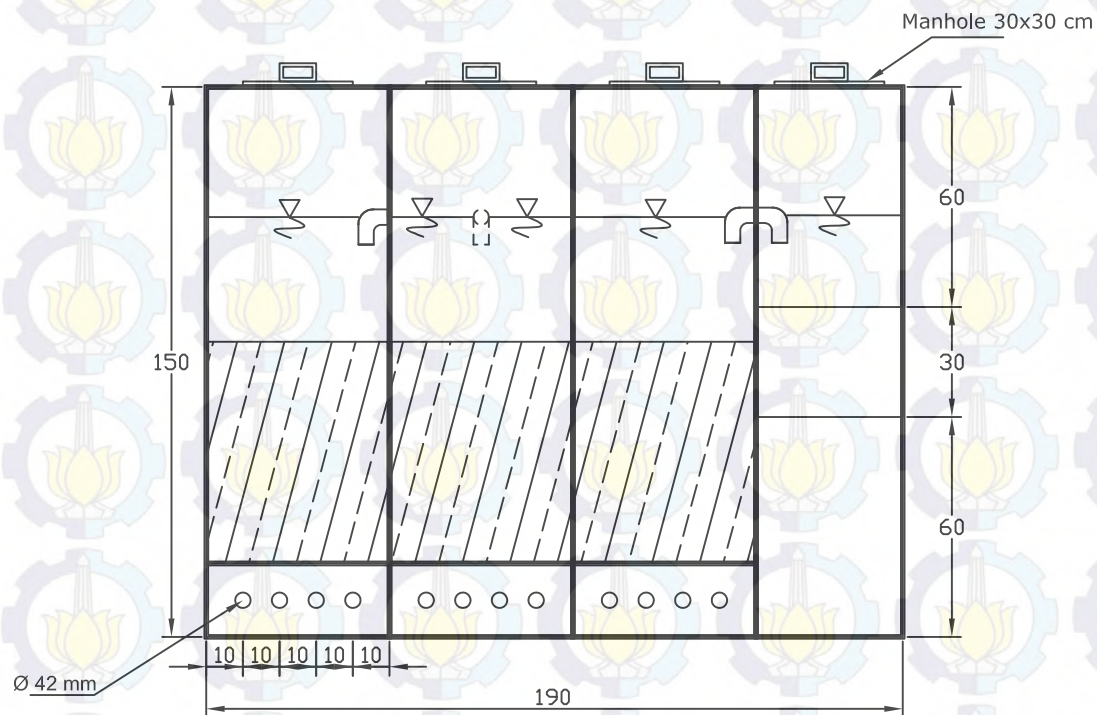
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

133

NO. GAMBAR

23



Potongan D-D IPAL *Portable*  
skala 1 : 500



## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

LAYOUT PIPA UDARA

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

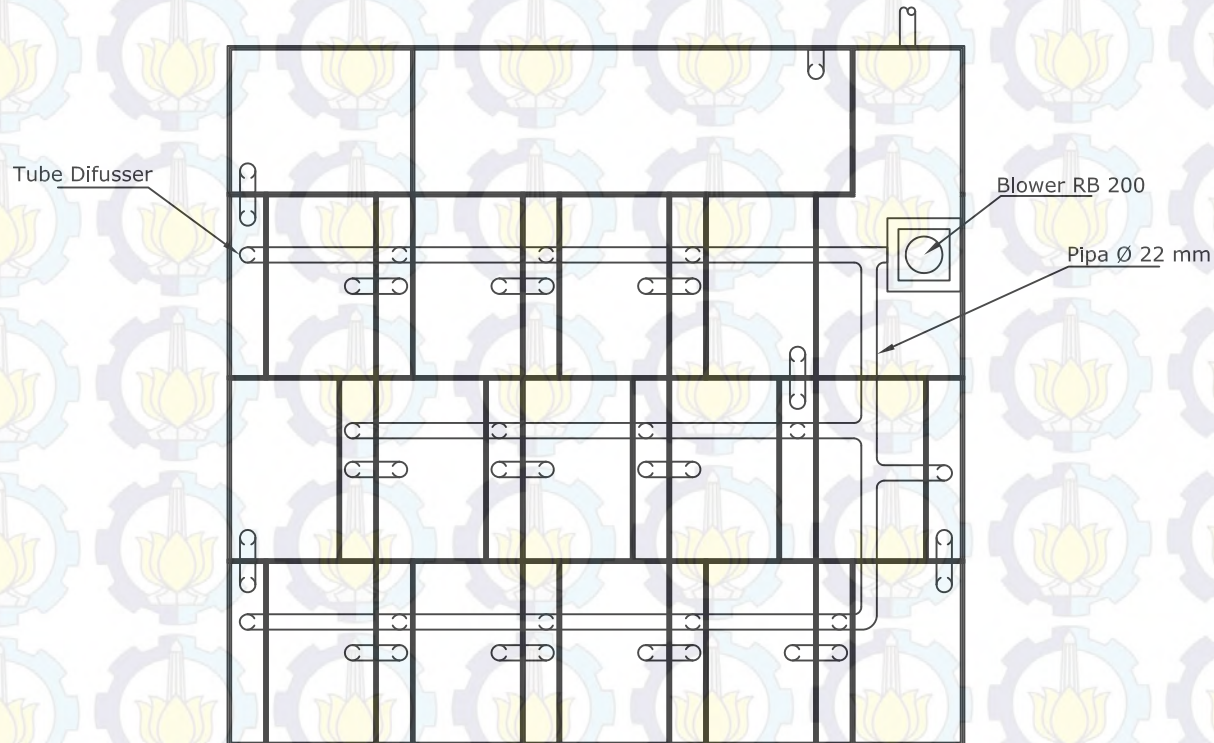
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

134

NO. GAMBAR

24



Layout Pipa Udara  
skala 1 : 500



## TUGAS AKHIR


### JUDUL GAMBAR

DENAH IPAL *PORTABLE*  
ALTERNATIF 2

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

 Media Sarang Tawon

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

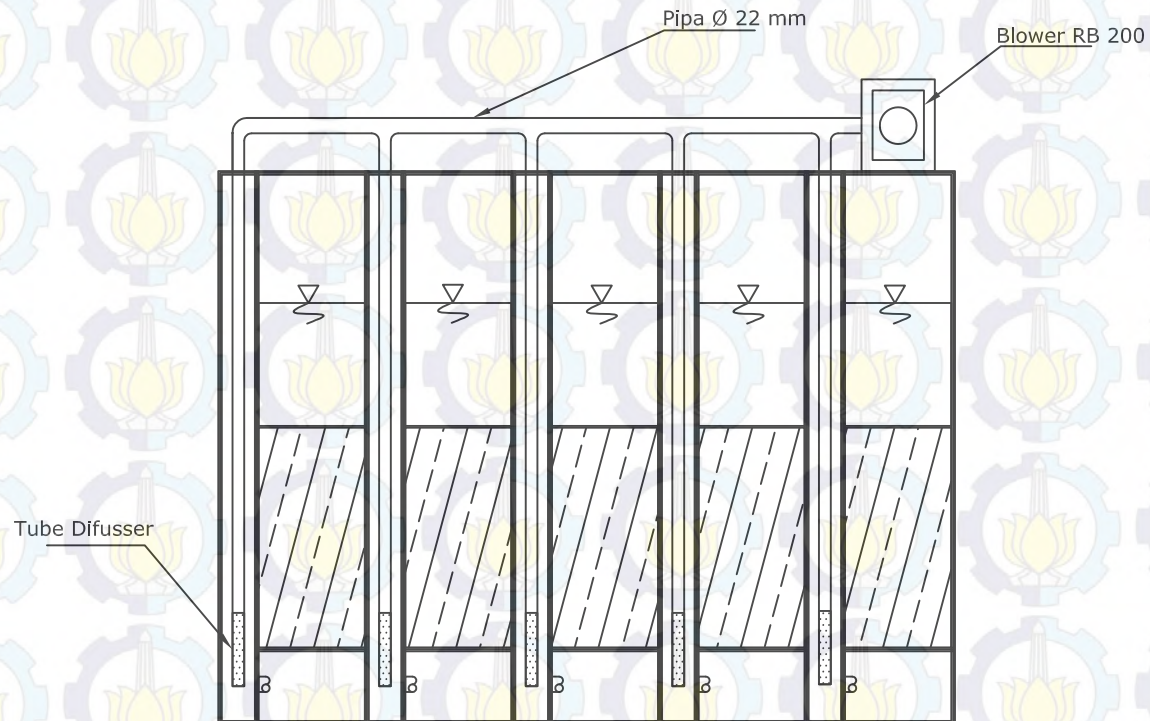
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

135

NO. GAMBAR

25



Penempatan Pipa Blower  
skala 1 : 500





## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

*AEROBIC BIOFILTER*

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

-  Media Sarang Tawon
-  Media Sarang Tawon

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

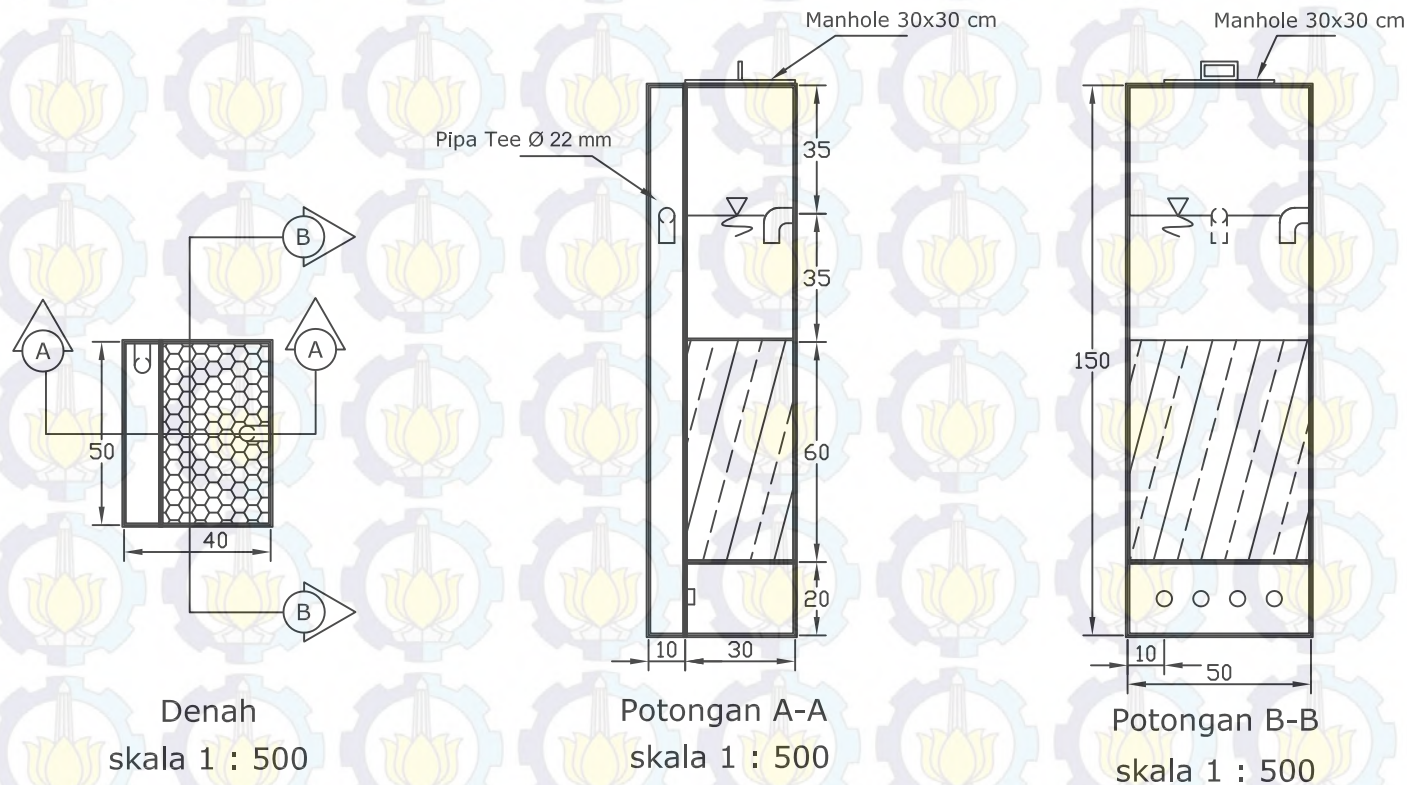
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

136

NO. GAMBAR

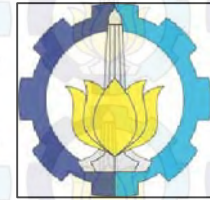
26



Denah  
skala 1 : 500

Potongan A-A  
skala 1 : 500

Potongan B-B  
skala 1 : 500



## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

SEPTIC TANK

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

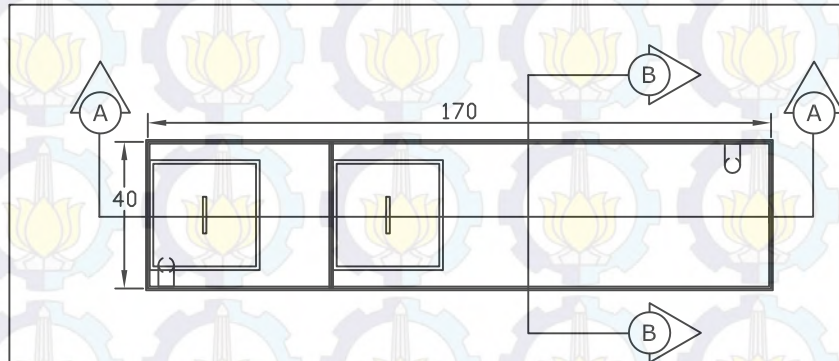
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

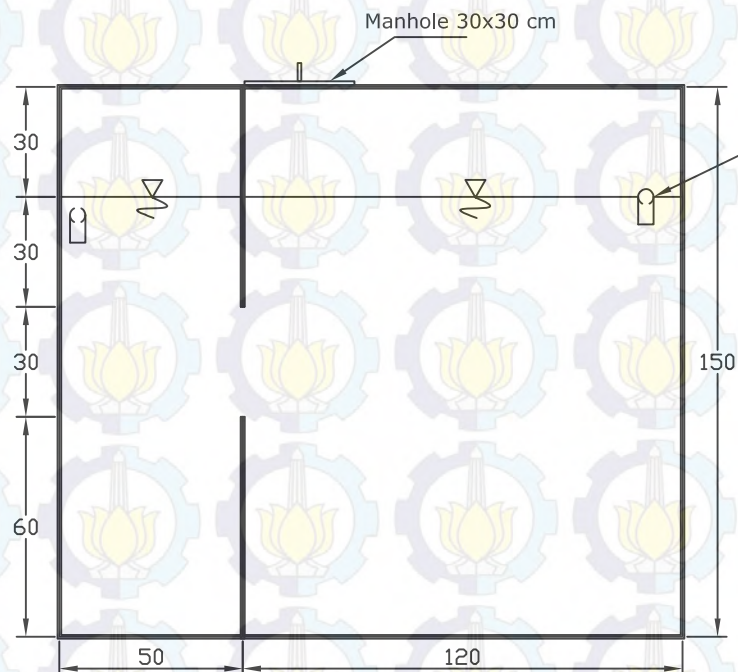
137

NO. GAMBAR

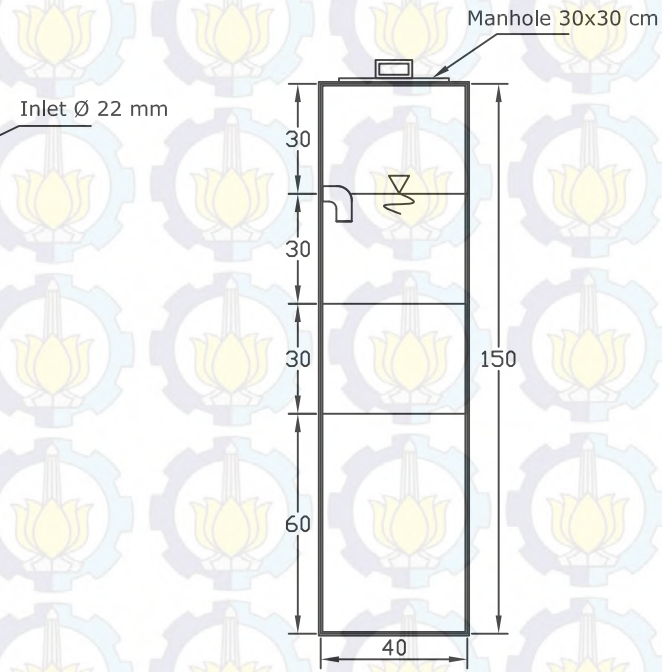
27



Denah  
skala 1 : 500



Potongan A-A  
skala 1 : 500



Potongan B-B  
skala 1 : 500



## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

BAK PENAMPUNG

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

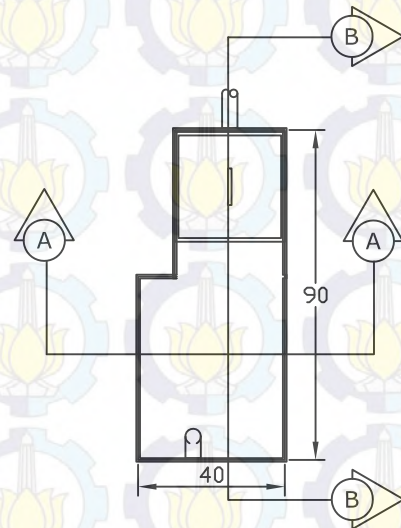
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

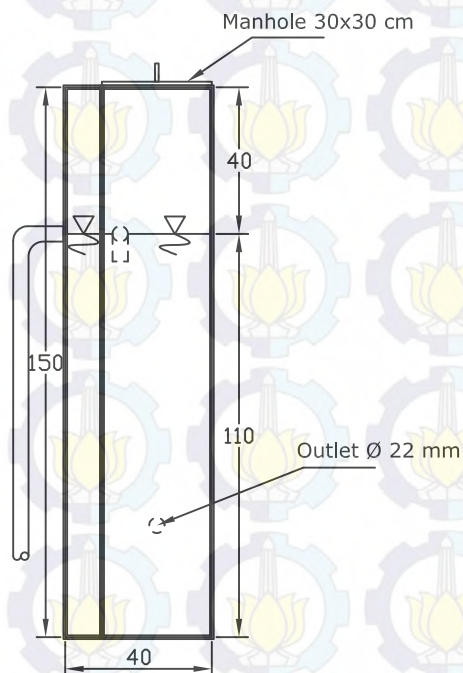
138

NO. GAMBAR

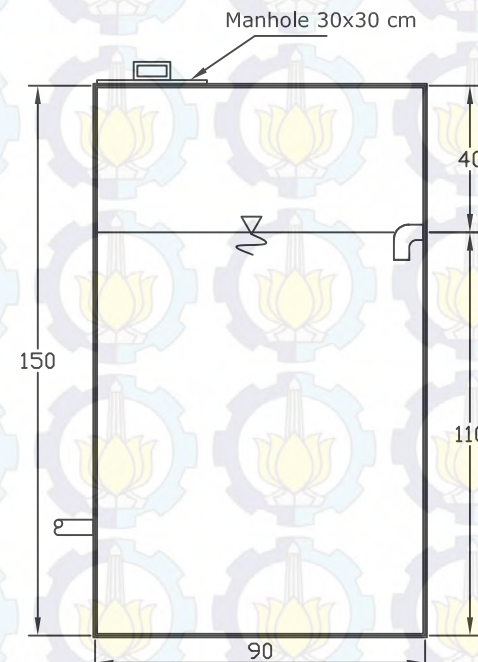
28



Denah  
skala 1 : 500



Potongan A-A  
skala 1 : 500



Potongan B-B  
skala 1 : 500



## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

PROFIL HIDROLIS

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

-  Media Sarang Tawon
-  Muka Tanah

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

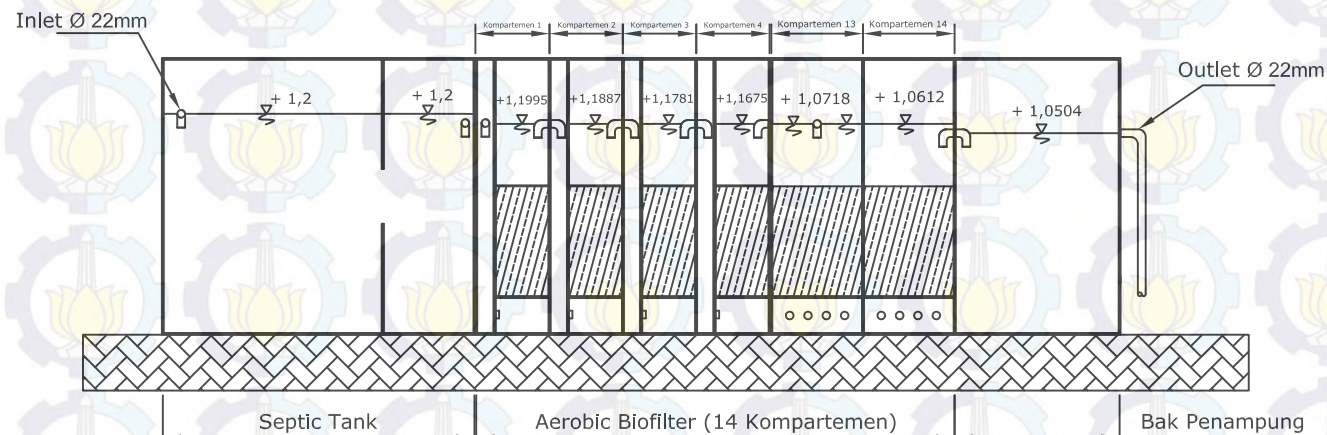
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

139

NO. GAMBAR

29



Profil Hidrolis



## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

DETAIL PENYANGGA  
MEDIA

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

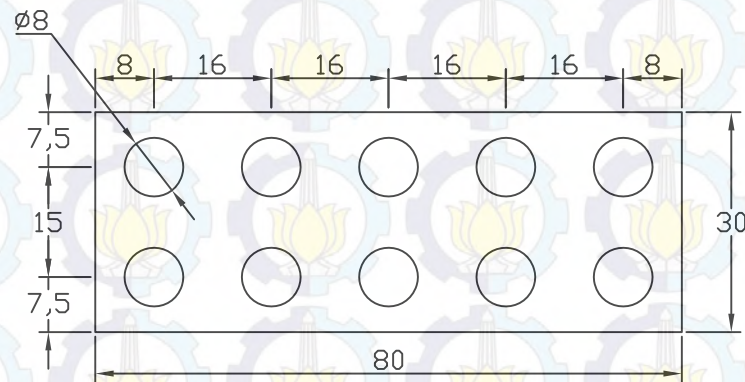
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

140

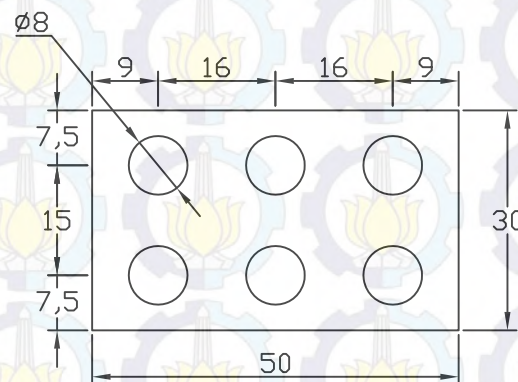
NO. GAMBAR

30



Penyangga Media Alternatif 1

skala 1 : 100



Penyangga Media Alternatif 2

skala 1 : 100



## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

LAYOUT ALTERNATIF 1

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

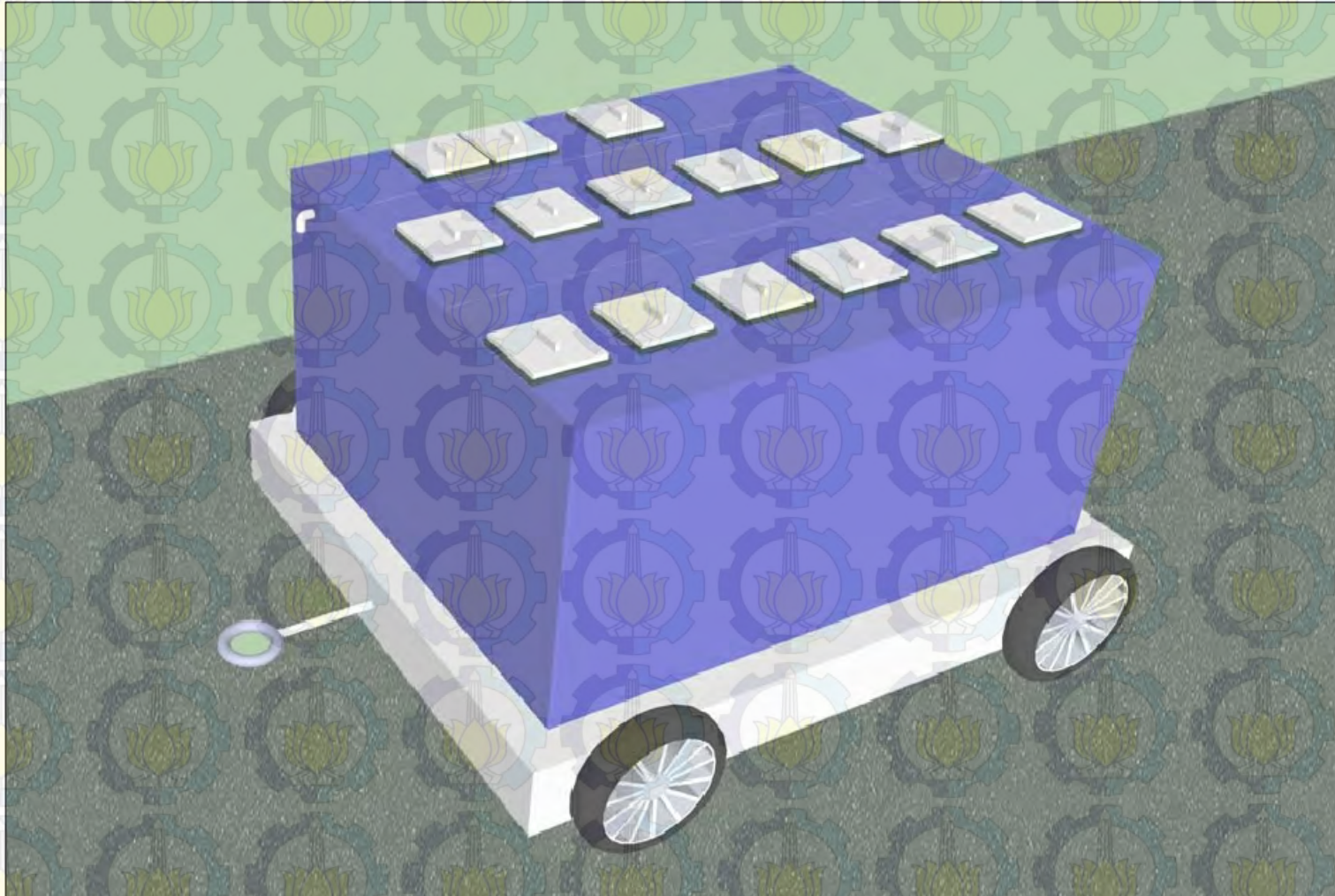
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

141

NO. GAMBAR

31





## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

LAYOUT ALTERNATIF 2

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

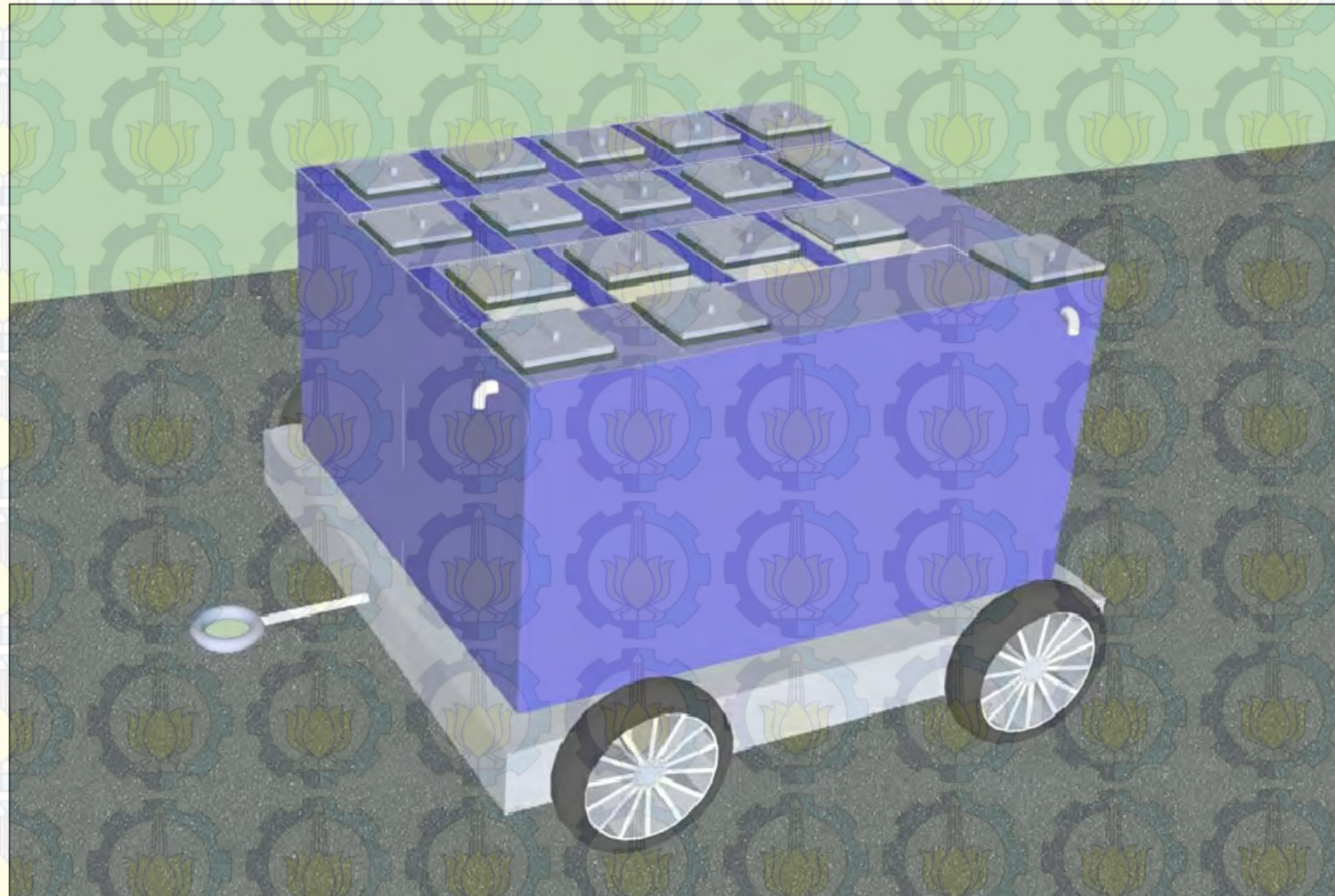
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

142

NO. GAMBAR

32





## TUGAS AKHIR

### JUDUL GAMBAR

POTONGAN IPAL PORTABLE

### NAMA MAHASISWA

BIMA KRIDA P  
3311100012

### LEGENDA

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### DOSEN CO-PEMBIMBING

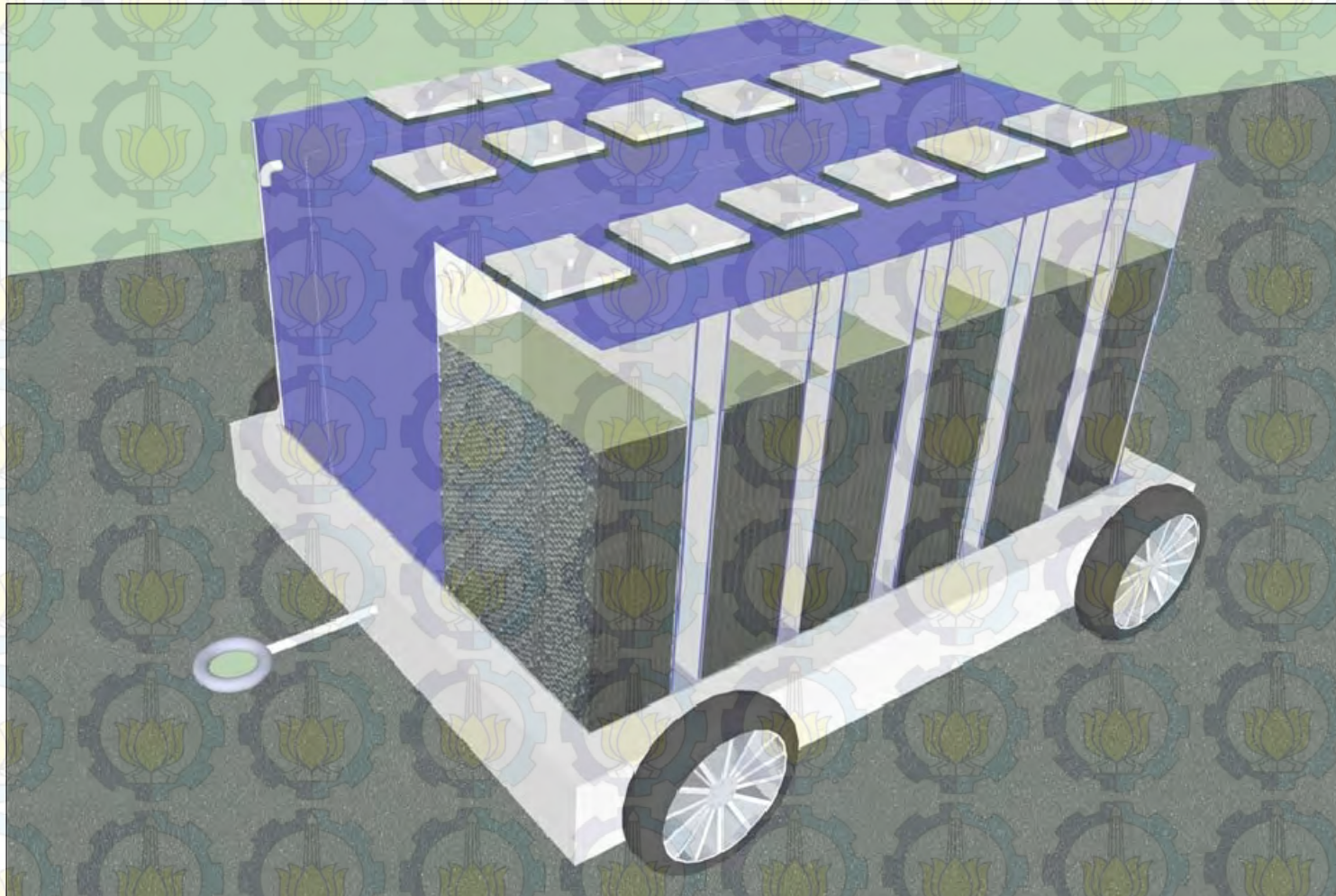
Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

143

NO. GAMBAR

33







## **TUGAS AKHIR**

### **JUDUL GAMBAR**

IPAL PORTABLE

### **NAMA MAHASISWA**

BIMA KRIDA P  
3311100012

### **LEGENDA**

### **DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Ir. Nieke  
Karnaningroem, MSc.

### **DOSEN CO-PEMBIMBING**

Ir. Didik Bambang S, MT.

HALAMAN

144

NO. GAMBAR

34



## BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Malang pada tanggal 11 November 1992. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis menempuh jenjang pendidikan di Malang dengan dimulai di SDN Purwantoro V Malang, SMP Negeri 5 Malang, dan SMA Negeri 1 Malang. Penulis kini melanjutkan pendidikan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan melalui jalur SNMPTN

Undangan dengan NRP 3311100012.

Selain mengikuti kegiatan akademik, penulis juga aktif mengembangkan *softskill* di pelatihan maupun organisasi. Penulis menjadi Wakil Ketua Eksternal Himpunan Teknik Lingkungan (HMTL) 2013-2014 dan Kepala Departemen Dalam Negeri Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan Indonesia (IMTLI) 2013-2014. Di kegiatan pelatihan, penulis telah menempuh jenjang Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa hingga Tingkat Menengah dan juga diamanahkan sebagai Tim Pemandu FTSP ITS. Penulis melakukan kerja praktik di JOB Pertamina-Petrochina East Java dengan mengambil topik pengelolaan limbah B3 pada tahun 2014. Prestasi yang pernah diraih antara lain Medali Emas PIMNAS 27 bidang PKM Pengabdian Masyarakat dan delegasi Indonesia pada Ecotourism Summit 2014. Pada tahun yang sama, penulis mendapat kesempatan untuk bergabung dalam Astra 1st Development Program dari PT Astra International Tbk selama 1 tahun. Penulis dapat dihubungi via email [bima.krida@gmail.com](mailto:bima.krida@gmail.com).