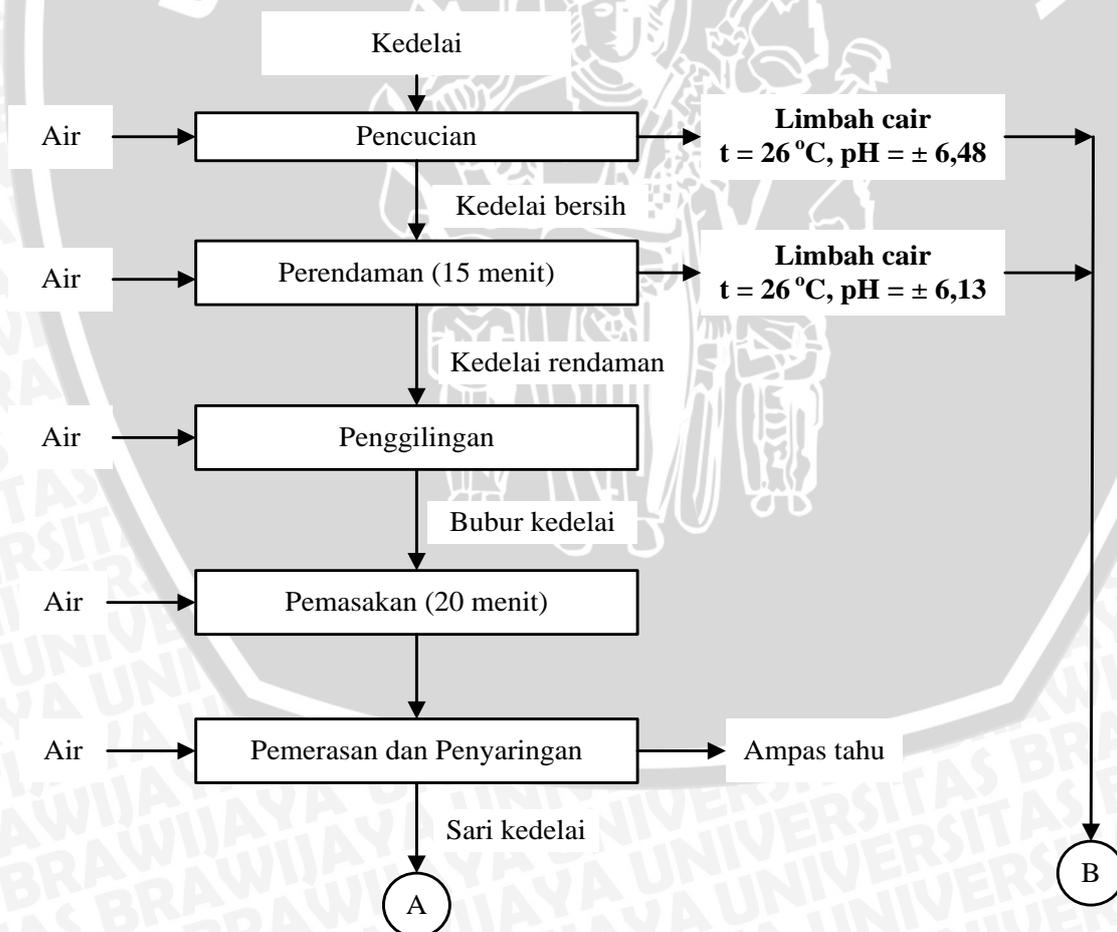


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

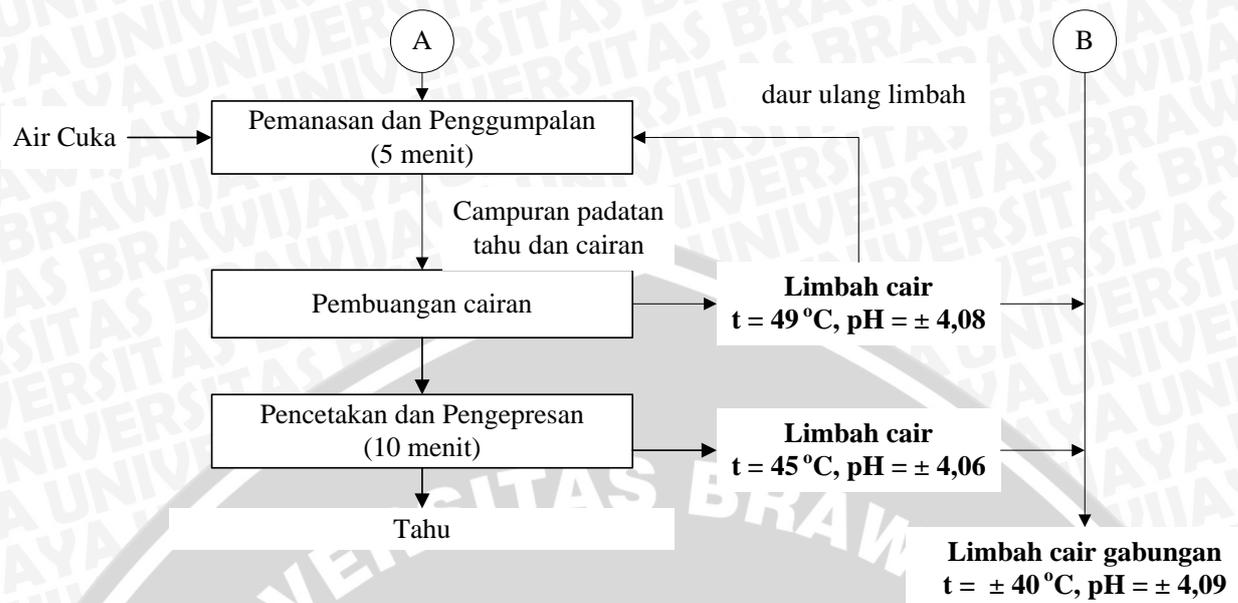
4.1. Pembuatan Tahu pada Pabrik Tahu DUTA Malang

4.1.1. Proses Produksi Tahu

Pabrik tahu DUTA Malang mempunyai kapasitas produksi sebanyak 900 kg kedelai dalam satu hari. Namun, untuk satu kali proses pemasakan dibutuhkan 9 kg kedelai. Proses produksi dilakukan menggunakan teknologi sederhana dan tenaga manusia. Pembuatan tahu dilakukan secara *continue* atau berkelanjutan dimana proses pencucian, perendaman dan penggilingan dilakukan oleh satu orang dalam satu unit kerja, sedangkan proses pemasakan hingga pengepresan dilakukan oleh unit lain yang terbagi menjadi lima unit kerja. Kelima unit kerja tersebut bertugas untuk melakukan proses pemasakan sampai pengepresan. Berikut ini merupakan bagan proses pembuatan tahu pada pabrik tersebut:

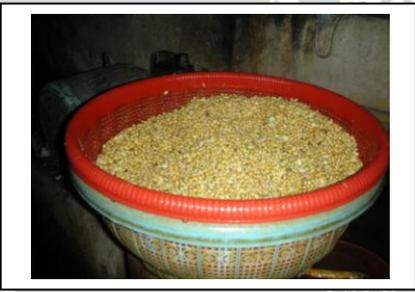


Gambar 4.1. Bagan proses pembuatan tahu pada Pabrik Tahu DUTA Malang



Lanjutan Gambar 4.1. Bagan proses pembuatan tahu pada Pabrik Tahu DUTA Malang

Tabel 4.1. Proses Pembuatan Tahu

No.	Foto	Keterangan
1.		Pencucian. Bahan baku berupa kedelai dengan berat 9 kg untuk satu kali proses pemasakan pertama-tama dicuci sampai bersih. Air cucian kedelai langsung mengalir menuju saluran pengumpul limbah cair.
2.		Perendaman. Setelah dicuci, kedelai direndam kedalam bak perendaman. Kedelai direndam selama 15 menit agar kedelai lunak ketika digiling. Air bekas perendaman dibuang langsung ke saluran pengumpul limbah cair.

Lanjutan Tabel 4.1. Proses Pembuatan Tahu

No.	Foto	Keterangan
3.		<p>Penggilingan. Proses selanjutnya adalah penggilingan. Kedelai dimasukkan kedalam mesin penggilingan yang terus dialiri air sehingga menghasilkan bubur kedelai.</p>
4.		<p>Pemasakan. Bubur kedelai selanjutnya dimasak dengan perebusan selama kurang lebih 20 menit sampai bubur kedelai tersebut mendidih.</p>
5.		<p>Penyaringan. Bubur kedelai yang telah mendidih selanjutnya disaring dengan ditambahkan air dan diperas sampai didapatkan sari dan ampas kedelai. Sari kedelai yang akan digumpalkan menjadi tahu, sedangkan ampasnya akan dimanfaatkan untuk dijual menjadi pakan ternak.</p>
6.		<p>Penggumpalan. Proses berikutnya adalah penggumpalan dengan menambahkan cairan cuka kedalam sari kedelai. Penggumpalan dilakukan selama 5 menit.</p>

Lanjutan Tabel 4.1. Proses Pembuatan Tahu

No.	Foto	Keterangan
7.		<p>Pembuangan cairan. Setelah sari kedelai menggumpal, maka dilakukan pembuangan cairan cuka. Sebagian cairan dari proses penggumpalan akan dibuang dan sebagian lainnya akan digunakan untuk proses penggumpalan pada pemasakan selanjutnya.</p>
8.		<p>Pencetakan. Proses selanjutnya adalah pencetakan. Sari kedelai yang telah menggumpal dicetak kedalam cetakan kayu yang telah dilapisi kain.</p>
9.		<p>Pengepresan. Sari kedelai yang telah dicetak selanjutnya dipres dengan diberi beban di atasnya. Dari proses pengepresan ini menghasilkan limbah cair yang keluar dari cetakan.</p>
10.		<p>Perendaman tahu. Dari proses pengepresan akan dihasilkan tahu. Tahu tersebut masih harus direndam air agar menjadi semakin padat. Proses perendaman ini menghasilkan limbah cair dari air yang terus mengalir</p>

Sumber: Hasil pengamatan di pabrik

4.1.2. Kondisi Eksisting Penanganan Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan dari proses pembuatan tahu mengalir ke saluran yang terdapat didalam pabrik. Terdapat dua jalur saluran, yaitu saluran yang membuang limbah cair dari proses perendaman akhir dan saluran yang membuang air dari proses pencucian, penggumpalan, dan pengepresan. Saluran yang membuang air hasil perendaman akhir langsung dialirkan ke badan sungai. Untuk saluran yang membuang limbah cair dari proses pencucian, penggumpalan dan pengepresan dialirkan kedalam kolam penampung terlebih dahulu.

Kolam penampung limbah cair pada pabrik tersebut ditempatkan dibawah tanah yang terdapat di belakang pabrik. Sistem pada kolam penampungan tersebut adalah sebagai berikut:

a. *Inlet*

Terdapat dua *inlet* pada kolam penampungan limbah cair tersebut, yaitu *inlet* limbah cair digunakan untuk saluran masuk limbah cair dari proses produksi dan *inlet* air sungai yang digunakan untuk menyadap air sungai agar masuk kedalam kolam penampungan.

b. *Outlet*

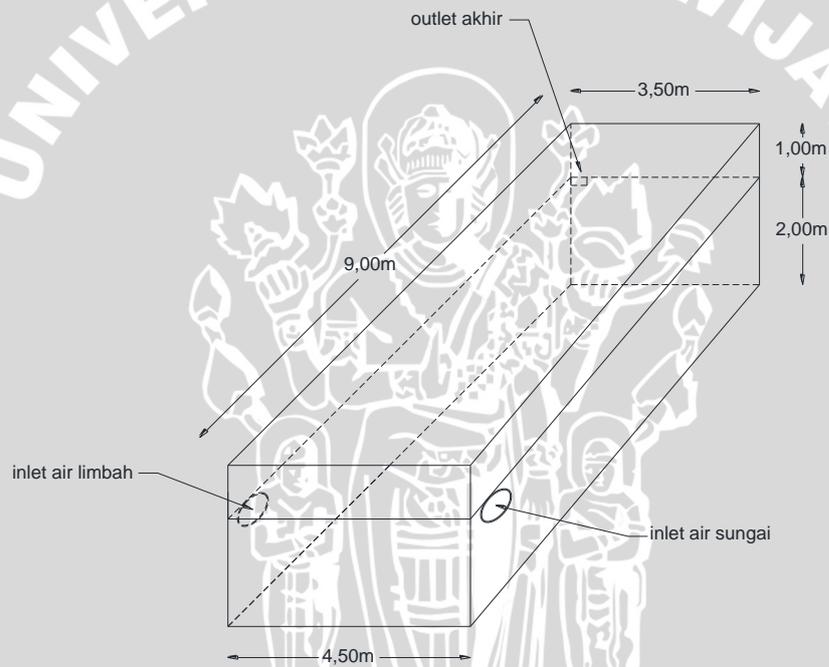
Outlet limbah cair digunakan untuk mengalirkan limbah cair dari kolam penampungan keluar menuju sungai Sumpil.



Gambar 4.2. *Outlet* limbah cair Pabrik Tahu DUTA

c. Sistem pengoperasian

Limbah cair dari proses produksi dialirkan melalui saluran pembuang kemudian masuk kedalam kolam penampung yang berkapasitas 72 m^3 . Air sungai disadap dari *inlet* yang berbentuk lingkaran dengan diameter 30 cm. Air sungai tersebut dialirkan terus menerus selama 24 jam untuk mengencerkan limbah cair yang masuk dalam kolam penampungan. Apabila limbah cair dalam kolam penampungan telah penuh, maka air buangan akan mengalir dengan sendirinya melalui *outlet* dan keluar menuju sungai. Material endapan yang terdapat didalam kolam penampungan akan dikuras apabila telah tercium bau busuk. Pengurasan kolam penampungan biasanya dilakukan sekitar 3 – 4 bulan sekali dengan menggunakan pompa penghisap.



Gambar 4.3. Sketsa kolam penampungan



Gambar 4.4. Kolam penampungan



Gambar 4.5. Instalasi pompa limbah cair dan generator listrik

4.2. Pengukuran Debit Limbah Cair Pabrik Tahu

Pengukuran debit limbah cair pabrik tahu dilakukan dengan cara menghitung volume air yang dibutuhkan dalam setiap proses pembuatan tahu pada Pabrik Tahu DUTA Malang. Air yang ditambahkan dalam setiap proses tersebut ditakar dengan menggunakan kaleng yang mempunyai volume 5,25 liter. Berikut ini merupakan tabel perkiraan kebutuhan air pada proses pemasakan kedelai hingga menjadi tahu pada pabrik tersebut:

Tabel 4.2. Perkiraan Kebutuhan Air untuk 9 Kg Kedelai

Proses	Kebutuhan air (liter)
Pencucian	21,00
Perendaman	33,60
Penggilingan	10,00
Pemasakan	63,00
Penyaringan	52,50
Pengepresan	5,25
Penggumpalan (cuka)	8,00
Perendaman	21,00
Lain-lain	10,00
Total	224,35

Sumber: Hasil perhitungan di Pabrik Tahu DUTA

Dari tabel diatas terdapat beberapa tahap dalam proses pembuatan tahu yang menghasilkan limbah cair. Air yang ditambahkan pada setiap proses tersebut tidak dibuang seratus persen karena air tersebut ada yang dipres menjadi tahu dan ada yang

dimanfaatkan kembali untuk proses pembuatan tahu selanjutnya seperti pada gambar 4.1 diatas. Berikut ini merupakan tabel perkiraan limbah cair yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu pada Pabrik Tahu DUTA Malang:

Tabel 4.3. Perkiraan Limbah Cair yang Dihasilkan dari Proses Pembuatan Tahu untuk 9 Kg Kedelai

Proses	Limbah cair (liter)
Pencucian	21,00
Perendaman kedelai	33,60
Sisa penggumpalan (bersifat asam)	70,13
Pengepresan	18,60
Perendaman tahu	24,80
Lain-lain	10,00
Total	177,45

Sumber: Hasil perhitungan di Pabrik Tahu DUTA

Perkiraan limbah cair yang dihasilkan dari proses pembuatan tahu untuk 9 kg kedelai didapatkan sebesar 177,45 liter, sehingga besar limbah cair yang dihasilkan pabrik tahu dalam satu hari yaitu:

Kapasitas produksi satu hari = 900 kg (100 kali pemasakan)

$$\begin{aligned} \text{Limbah cair} &= 177,45 \text{ liter} \times 100 \\ &= 17.745 \text{ liter/hari} = 17,745 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Pada setiap kali pemasakan 9 kg kedelai menghasilkan tahu sebanyak 36 bak/kotak yang memiliki berat 656 gr/bak, sedangkan ampas yang dihasilkan sebesar 10 kg. Air cuka yang ditambahkan pada proses penggumpalan dapat digunakan sebagian untuk proses penggumpalan pada pemasakan berikutnya.

Tabel 4.4. Neraca Keseimbangan Bahan untuk 9 Kg Kedelai

Air (L)	Kedelai (kg)	Tahu (kg)	Ampas (kg)	Air Cuka (L)	Limbah (L)
224,35	9	23,62	10,00	22,28	177,45
233,35		233,35			

Sumber: Hasil perhitungan di Pabrik Tahu DUTA

Untuk perkiraan debit yang digunakan dalam perencanaan dimensi instalasi pengolahan air limbah (IPAL) adalah perkiraan limbah cair yang dihasilkan dari proses

produksi dalam kurun waktu 10 tahun kedepan yakni tahun 2014 – 2024. Berdasarkan hasil wawancara dengan pemilik pabrik maka didapatkan informasi yaitu sebagai berikut:

- Kapasitas produksi tahu untuk 10 tahun kedepan diperkirakan tidak mengalami kenaikan.
- Produksi tahu dari tahun ke tahun diperkirakan akan menurun akibat ketatnya persaingan antar produsen tahu dan harga bahan baku yang semakin mahal.
- Kapasitas produksi tahu diusahakan stabil setiap tahun yaitu 900 kg.

Dari hasil wawancara tersebut, maka untuk menentukan debit limbah cair yang digunakan dalam perencanaan dimensi IPAL adalah produksi tahu yang berkapasitas pemasakan kedelai 900 kg/hari dengan debit limbah cair pabrik tahu yang dihasilkan 17,745 m³/hari.

4.3. *Sampling* dan Analisa Kualitas Limbah Cair Pabrik Tahu

4.3.1. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel limbah cair pabrik tahu dilakukan dengan metode *grab sampling*, yaitu mengambil limbah cair dalam waktu acak yang dihasilkan dari setiap tahap pembuatan tahu. Sampel yang diambil dari tiap tahap tersebut diukur menggunakan gelas takar sesuai dengan perbandingan volume yang didapatkan dari perkiraan limbah cair yang dihasilkan untuk 9 kg kedelai. Besarnya volume limbah cair yang digunakan untuk sampel yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.5. Volume Sampel Limbah Cair Pabrik Tahu

Proses	Limbah cair (liter)	Sampel (liter)
Pencucian	21,00	0,18
Perendaman	33,60	0,28
Sisa penggumpalan (bersifat asam)	70,13	0,59
Pengepresan	18,60	0,15
Perendaman tahu jadi	24,80	0,21
Lain-lain	10,00	0,08
Total	177,45	1,50

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.6. Sampel limbah cair pabrik tahu

4.3.2. Analisa Kualitas Limbah Cair Pabrik Tahu

Analisa kualitas limbah cair pabrik tahu dilakukan di Laboratorium Air Tanah Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya. Terdapat empat parameter yang dinilai yaitu pH, BOD₅, COD, dan TSS. Hasil analisa dari sampel limbah cair pada Pabrik Tahu DUTA Malang adalah sebagai berikut:

Tabel 4.6. Hasil Analisa Kualitas Limbah Cair Pabrik Tahu

Parameter	Kadar (mg/L)
pH	4,09
BOD ₅	1.340
COD	1.852
TSS	1.520

Sumber: Hasil analisa laboratorium

4.3.3. Perbandingan Kualitas Limbah Cair Pabrik Tahu dengan Baku Mutu Air Limbah

Kualitas limbah cair pada Pabrik Tahu DUTA Malang yang diketahui dari hasil analisa laboratorium dibandingkan dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. Perbandingan kualitas limbah cair pada Pabrik Tahu DUTA Malang yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.7. Perbandingan Kualitas Limbah Cair Pabrik Tahu dengan Baku Mutu Air Limbah

Parameter	Kadar	
	Baku mutu* (mg/L)	Limbah Cair Pabrik Tahu DUTA (mg/L)
pH	6,0 - 9,0	4,09
BOD ₅	150	1.340
COD	300	1.852
TSS	100	1.520
Volume air limbah maks (m ³ /ton kedelai)	20	19,72

*) Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013, Lamp. 1: 17

Berdasarkan tabel perbandingan diatas, maka dapat diketahui bahwa kualitas limbah cair yang dihasilkan oleh Pabrik Tahu DUTA Malang belum memenuhi baku mutu yang telah ditentukan dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013, sedangkan kuantitasnya sudah memenuhi persyaratan. Resiko yang dapat timbul dari hal tersebut adalah meningkatnya beban pencemaran yang ditanggung oleh badan air yakni sungai Sumpil. Oleh karena itu, diperlukan adanya usaha pengolahan limbah cair tersebut untuk menurunkan kadar parameter pencemar dengan cara merencanakan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang sesuai dengan kondisi pabrik tersebut.

4.4. Pengukuran Lahan Pabrik Tahu DUTA Malang

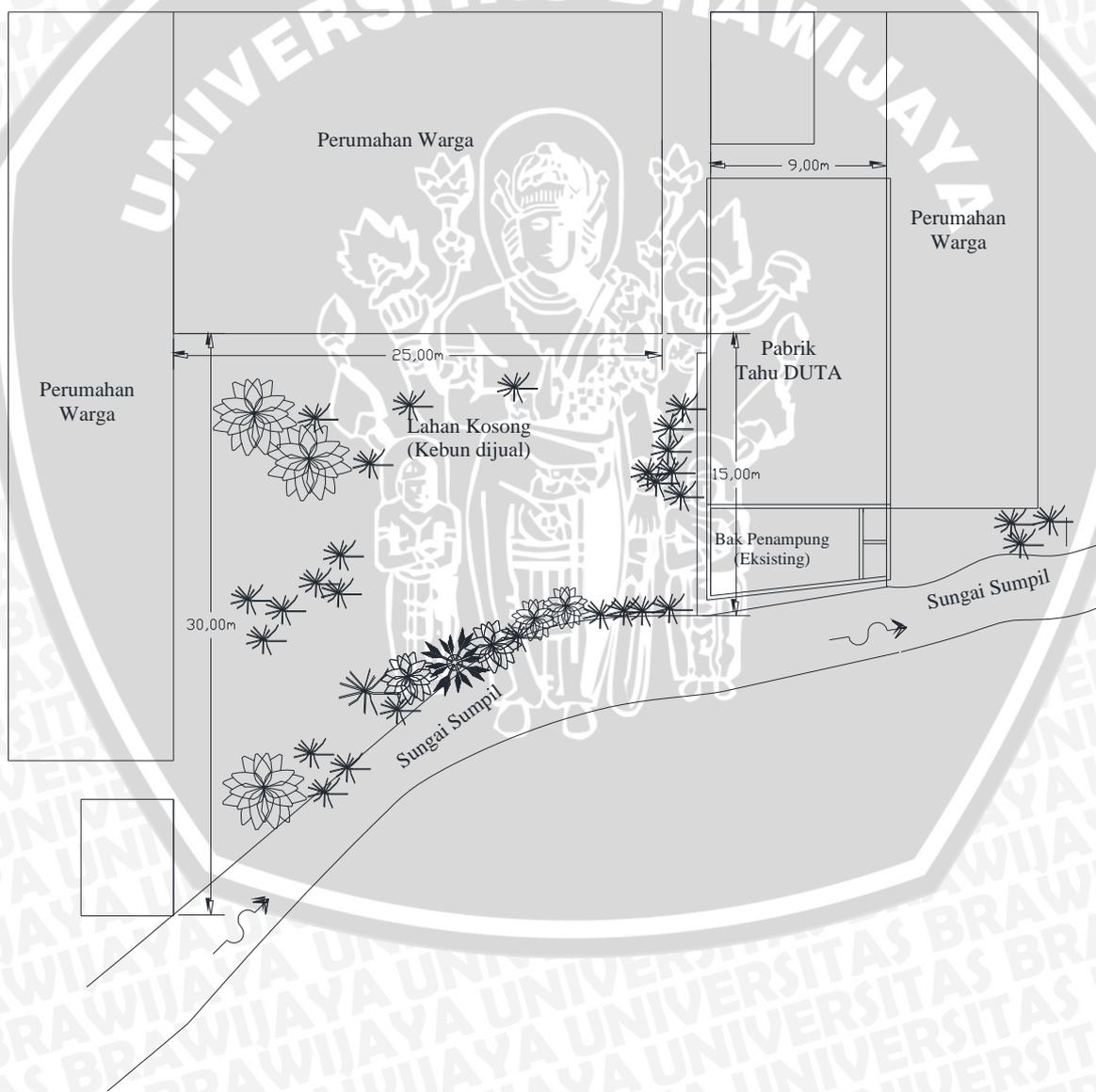
Pengukuran lahan Pabrik Tahu DUTA Malang bertujuan untuk mengetahui ketersediaan lahan untuk rencana penempatan lokasi IPAL. Alat yang digunakan dalam pengukuran adalah *roll meter*. Berikut ini merupakan hasil dari pengukuran lahan di sekitar pabrik serta denah ruangan di dalam pabrik.



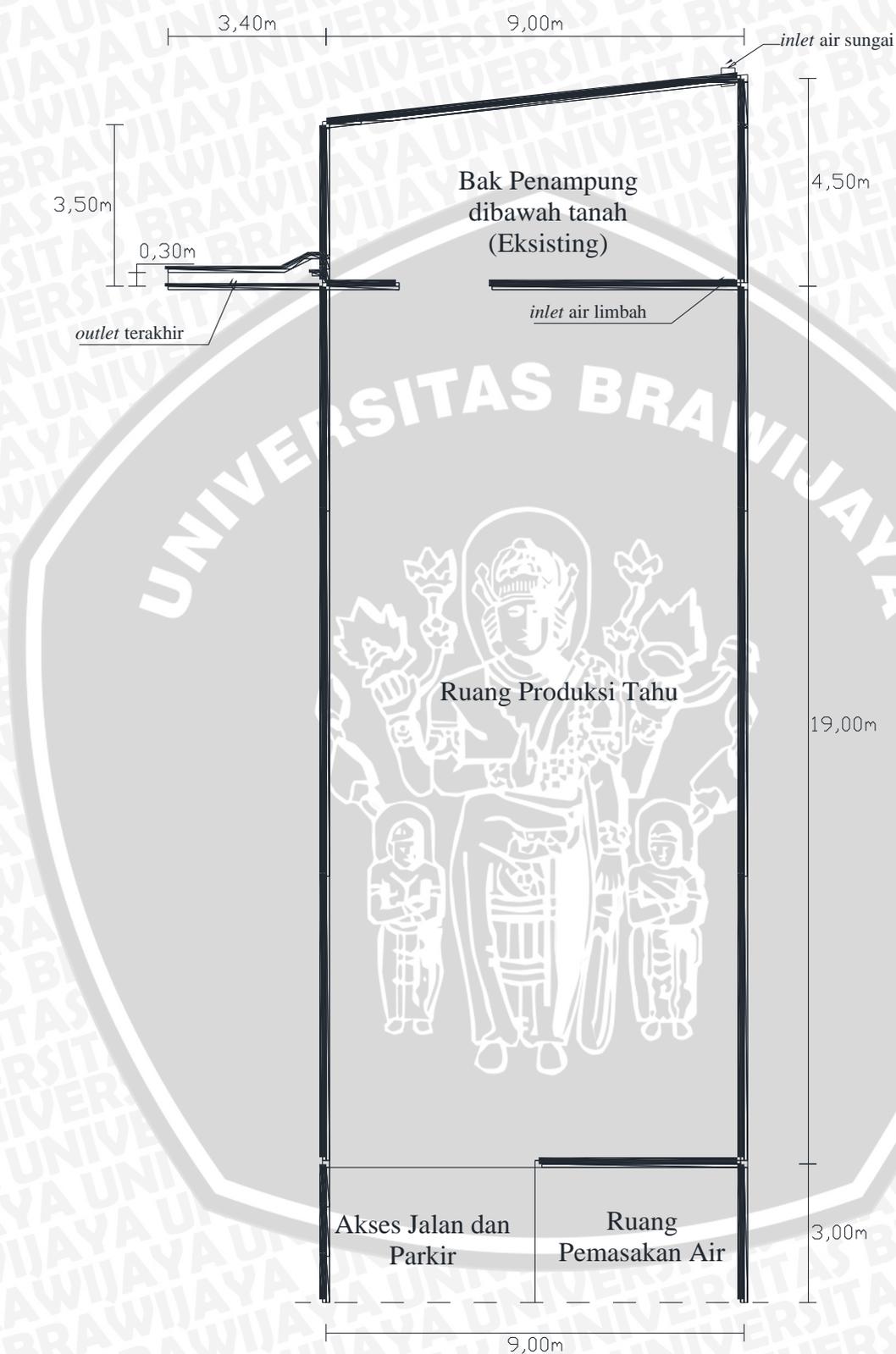
Gambar 4.7. Pabrik Tahu DUTA tampak depan



Gambar 4.8. Lahan kosong disamping pabrik



Gambar 4.9. Denah lokasi Pabrik Tahu DUTA Malang



Gambar 4.10. Denah ruangan Pabrik Tahu DUTA Malang

4.5. Penentuan Model IPAL

Untuk limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi tahu oleh Pabrik Tahu DUTA Malang diperlukan perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dengan beberapa kriteria yang telah disesuaikan dengan kebutuhan dari industri tersebut dan kebutuhan lingkungan. Berdasarkan kriteria yang telah disebutkan pada bab sebelumnya, maka untuk mengolah limbah cair pabrik tahu dapat digunakan model IPAL dengan teknologi kombinasi proses biologis anaerobik – aerobik menggunakan biofilter.

Sistem yang digunakan pada reaktor/kolam anaerobik adalah biakan melekat aliran turun (*downflow attached growth*) dan pada reaktor/kolam aerobik digunakan biakan melekat tercelup aliran turun (*downflow submerged attached growth processes*).

4.6. Perencanaan dan Perhitungan Desain IPAL

4.6.1. Desain Proses IPAL untuk Limbah Cair Pabrik Tahu

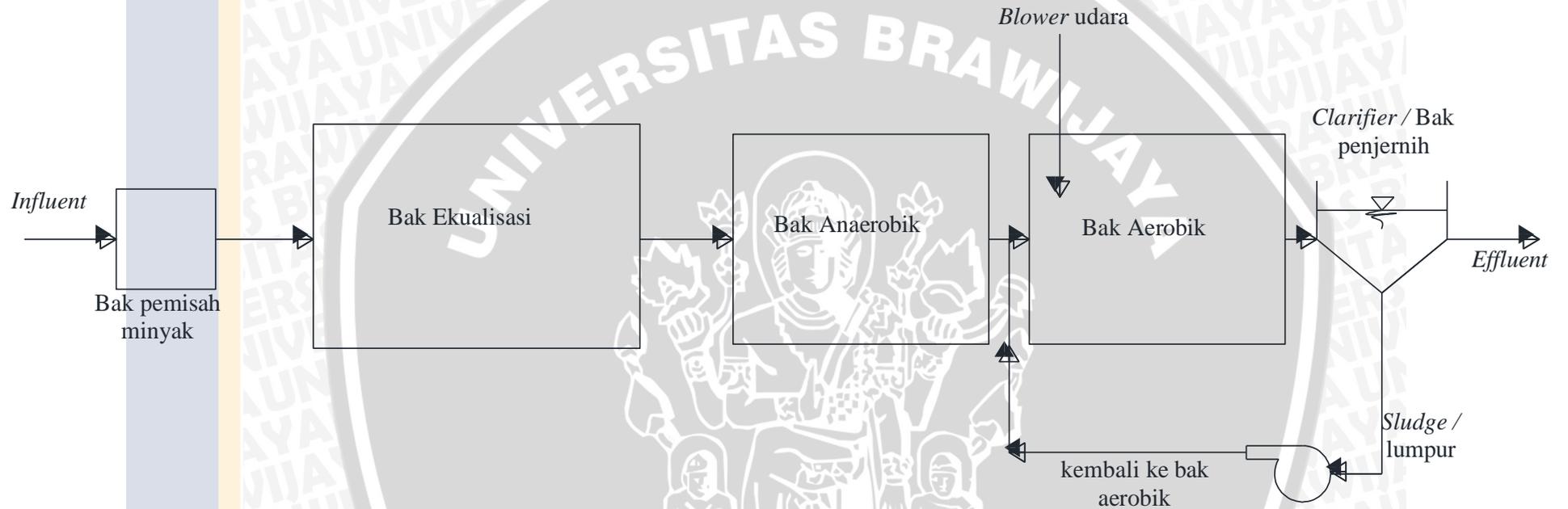
Desain proses IPAL untuk limbah cair pabrik tahu didasarkan pada kriteria kebutuhan pada lokasi studi. Menurut kajian teori pada bab sebelumnya dan beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh BPPT (Nusa Idaman, 1999; Ikbal, 2002; Arie Herlambang, 2002), penelitian oleh Biro Bina Kependudukan dan Lingkungan Hidup Jawa Timur (Hery Pudjo, 1993), tesis (Nurhamaswaty, 2008 dan Amir Husin, 2008), jurnal (Sriharti, 2004), literatur buku (MetCalf & Eddy, 2003) mengenai pengolahan limbah cair pabrik tahu dengan kombinasi sistem anaerobik - aerobik menggunakan biofilter, maka didapatkan desain proses sebagai berikut:

- a. Seluruh limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi tahu mulai dari pencucian, pemasakan, penyaringan, pengepresan, dan lain-lain akan dialirkan melalui saluran limbah menuju ke bak pemisah lemak atau minyak.
- b. Setelah dari bak pemisah minyak dialirkan menuju ke bak ekualisasi yang berfungsi sebagai penampung limbah dan kontrol aliran air limbah. Dalam bak ekualisasi tersebut juga berfungsi untuk mengendapkan lumpur, padatan organik tersuspensi dan pasir serta berfungsi sebagai pengurai bahan organik yang berbentuk padatan, pengurai lumpur dan penampung lumpur.
- c. Limpasan limbah cair dari bak ekualisasi atau penampung selanjutnya dialirkan ke bak anaerob dengan aliran dari atas kebawah dilengkapi biakan

melekat aliran turun (*downflow attached growth*). Bak anaerob yang dilengkapi biakan melekat tersebut dapat menggunakan media biofilter berupa susunan plastik yang dapat berbentuk silang (*crossflow*) maupun *tubular*. Jumlah dari bak anaerobik adalah dua ruangan berisi mikroorganisme yang mampu membentuk lapisan biofilm pada beberapa hari operasi. Lapisan biofilm tersebut akan berfungsi untuk menguraikan bahan organik yang belum larut pada bak pengendap awal.

- d. Setelah diolah didalam bak anaerobik, selanjutnya limbah cair dialirkan ke bak aerobik. Proses yang digunakan dalam bak aerobik adalah proses biakan melekat tercelup aliran turun (*downflow submerged attached growth processes*). Biofilter pada bak aerobik ini juga menggunakan media dari susunan plastik berbentuk silang (*crossflow*) maupun *tubular*.
- e. Pengolahan dilakukan dengan diaerasi menggunakan *blower* sehingga mikroorganisme akan menguraikan zat organik dan berkembangbiak menempel pada media biofilter. Oleh karena itu, pada proses penguraian secara aerobik ini limbah cair akan kontak dengan biakan mikroorganisme yang melekat pada media biofilter dan mikroorganisme yang tersuspensi
- f. Limbah cair yang telah diolah dalam bak kontak aerobik akan dialirkan menuju ke bak pengendap akhir atau bak penjernih yang ditanami ikan sebagai indikator biologi. Lumpur yang masih terdapat di bak penjernih akan disirkulasi dengan cara dipompa kembali menuju bak aerobik. Proses tersebut akan berlangsung terus menerus selama pengolahan.

Dengan kombinasi proses anaerobik – aerobik menggunakan biofilter dapat menurunkan kandungan bahan organik (BOD, COD, TSS) serta pH, sehingga hasil dari olahan limbah cair dapat dibuang ke sungai atau saluran umum lainnya.



Gambar 4.11. Desain pengolahan limbah cair pabrik tahu

4.6.2. Desain Teknis IPAL untuk Limbah Cair Pabrik Tahu

4.6.2.1. Kapasitas Rencana

Kapasitas rencana membutuhkan beberapa data, yaitu sebagai berikut:

a. Besarnya debit limbah cair (Q)	= 17,745	m ³ /hari
b. BOD rata-rata dalam limbah cair	= 1.340	mg/L
c. COD rata-rata dalam limbah cair	= 1.852	mg/L
d. Konsentrasi TSS	= 1.520	mg/L
e. pH limbah cair	= 4,09	
f. Baku mutu BOD ₅ maksimum	= 300	mg/L
g. Baku mutu COD maksimum	= 300	mg/L
h. Baku mutu TSS maksimum	= 100	mg/L
i. Baku mutu pH	= 6,0 – 9,0	

4.6.2.2. Perhitungan Desain

Desain IPAL yang direncanakan berupa desain baru dengan memanfaatkan kondisi eksisting yang terdapat di pabrik. Perencanaan yang dilakukan meliputi bak pemisah lemak/ minyak, bak ekualisasi, bak anaerobik, bak aerobik, dan bak penjernih / *clafier*.

4.6.2.2.1. Desain Bak Pemisah Lemak/Minyak

Desain bak pemisah minyak direncanakan dengan dua alternatif, yaitu:

a. Alternatif 1

- Bak pemisah minyak/*skimmer* direncanakan untuk mengurangi beban organik berupa lemak. Bak pemisah minyak didesain dengan inlet yang diletakkan didasar bak agar minyak mudah mengapung keatas dan menghindari turbelensi aliran terlalu besar.
- Minyak/lemak yang telah mengapung ke permukaan akan di-*scrap*/dikikis menggunakan *scraper* dengan jangka waktu 1 – 2 minggu sekali tergantung dari jumlah minyak/lemak yang dihasilkan. *Scraper* dapat menggunakan serok, *stainless* pipih panjang, kayu, maupun alat bantu lainnya.
- Pengoperasian *scraper* akan dilakukan secara manual mengingat lemak/minyak dari limbah cair pabrik tahu hanya berjumlah sedikit.

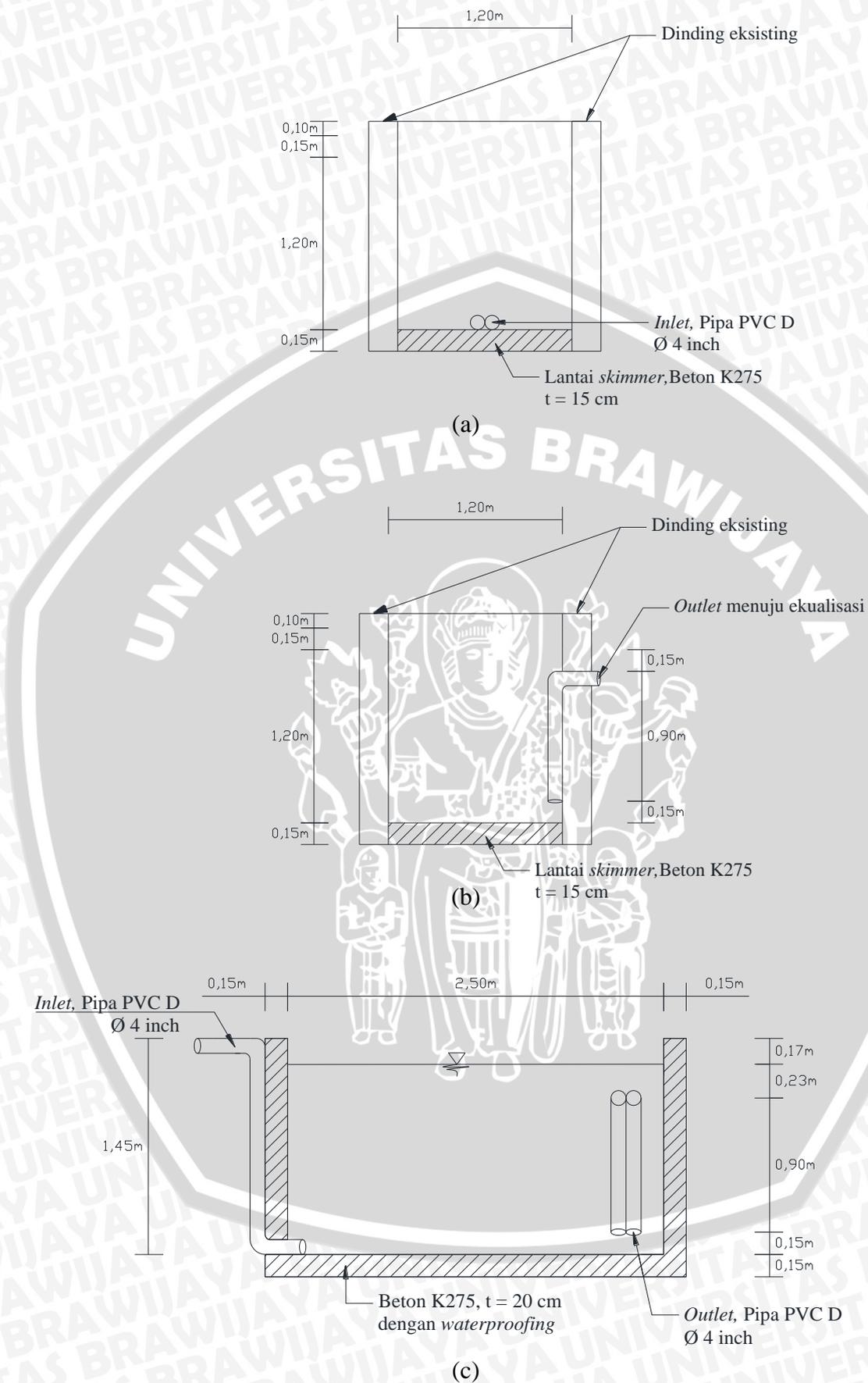
- Lemak/minyak yang telah dikikis oleh *scraper* akan dikumpulkan dan dibuang ke petugas kebersihan yang ada di kampung/ dinas kebersihan terkait.
- *Outlet* limbah cair selanjutnya akan dialirkan menuju bak ekualisasi melalui pipa.
- Pembangunan bak pemisah minyak/*skimmer* dilakukan dengan memodifikasi bak penampung yang telah ada.

b. Alternatif 2

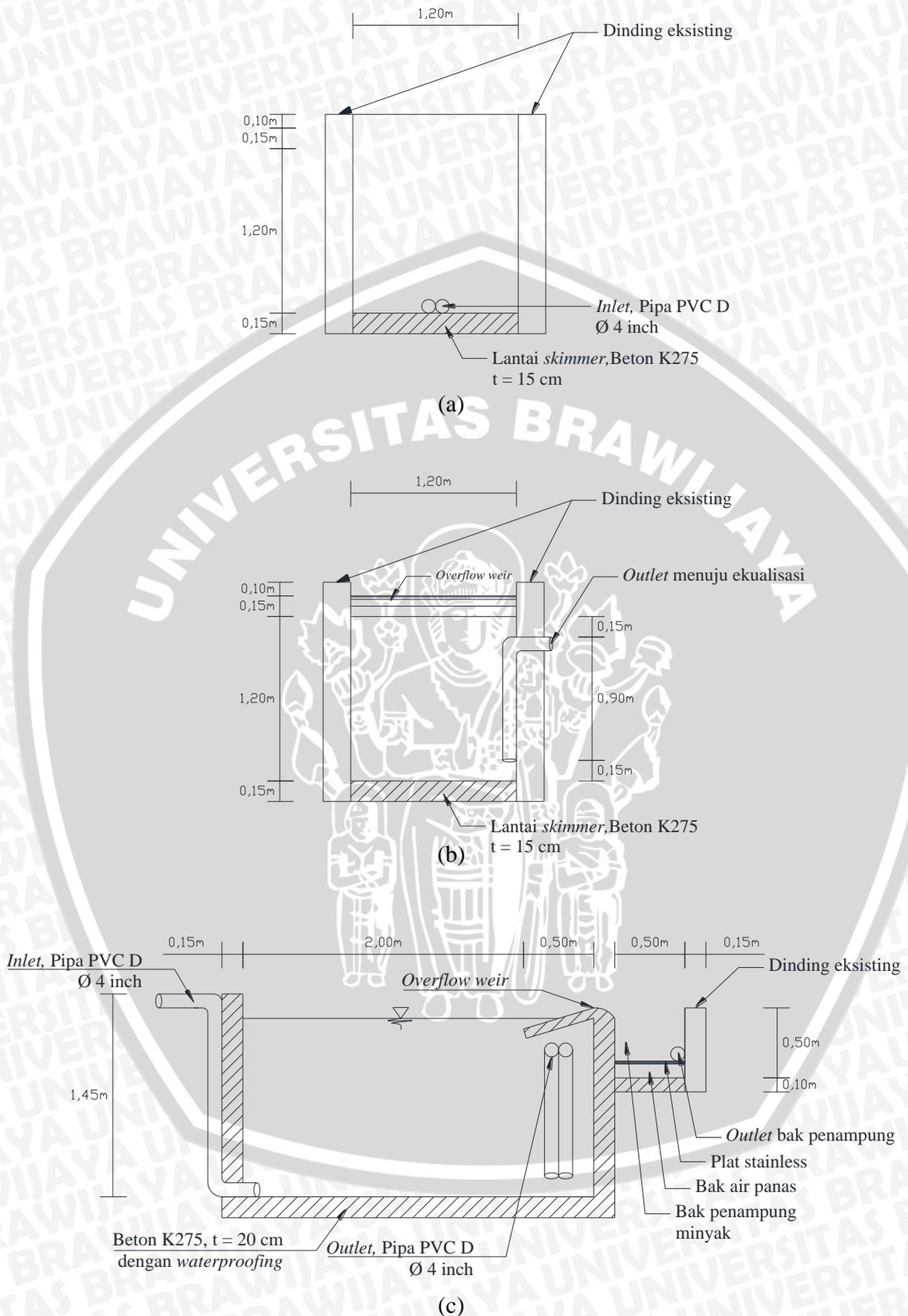
Pada dasarnya perencanaan alternatif 2 sama dengan alternatif 1, perbedaannya adalah sebagai berikut:

- Minyak/lemak yang telah mengapung dikikis dengan *scraper* dan didorong keluar dari *skimmer* menuju bak penampung minyak dengan melewati *overflow weir*.
- Pada bak penampung minyak akan dilakukan saponifikasi atau penyabunan terhadap minyak yang terkumpul.
- Saponifikasi dapat menggunakan basa kuat NaOH dan KOH. Untuk menghasilkan sabun yang keras dapat digunakan NaOH, dan untuk menghasilkan sabun yang lunak/ sabun cair digunakan KOH. Bahan pendukung untuk saponifikasi adalah lemak/minyak dan senyawa alkali (bersifat basa), umumnya yaitu NaCl, Na₂CO₃, NH₄OH dan ethanol.
- Produk dari saponifikasi dapat disertakan untuk diolah menuju bak ekualisasi. Sabun yang dihasilkan tersebut sangat mudah larut didalam air, dan mudah berbusa. Sifat basa dari produk sabun tersebut dapat membantu menaikkan pH limbah cair pabrik tahu.
- Untuk menghasilkan sabun yang cepat larut, maka digunakan KOH agar produk sabun berupa cairan. Namun, apabila menginginkan hasil berupa sabun padat dapat digunakan NaOH. Penggunaan basa kuat untuk saponifikasi sebanding dengan besarnya minyak/ lemak yang terkumpul di bak penampung.
- Langkah kerja untuk saponifikasi dapat dilihat pada Lampiran 3.

Dalam perencanaan ini, direkomendasikan untuk memilih alternatif 2 yang merupakan pengolahan secara total (*total recycle*) atau tidak menghasilkan sisa lumpur.



Gambar 4.12. Alternatif 1 (a) Desain inlet skimmer, (b) Desain outlet skimmer, (c) Desain Potongan memanjang skimmer



Gambar 4.13. Alternatif 2 (a) Desain inlet skimmer, (b) Desai outlet skimmer, (c) Desain Potongan memanjang skimmer dan bak penampung minyak.

c. Perhitungan dimensi

Data:

Debit limbah cair = 17,745 m³/hari

Waktu produksi limbah rata-rata = 10 jam

Perhitungan:

- *Flow rate* = Q (m³/hari) / waktu produksi limbah (jam)
= 17,745 / 10
= 1,775 m³/jam

- Volume bak yang diperlukan

Waktu tinggal direncanakan selama 2 jam

Volume bak = *Flow rate* x waktu tinggal

$$= 1,775 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ jam}$$

$$= 3,55 \text{ m}^3 \sim 3,60 \text{ m}^3$$

- Perencanaan dimensi bak

Lebar = 1,20 m

Panjang = 2,50 m

Tinggi = 1,20 m

Volume = 1,20 X 2,50 X 1,20 = 3,60 m³

Tinggi jagaan = 0,15 m

- Kadar minyak limbah cair adalah 26 mg/L (Bapeda Medan, 1993 dalam Nurhamaswaty, 2008:14)

Volume minyak = 17.745 L/hr x 26 mg/L

$$= 461.370 \text{ mg/hr}$$

$$= 0,461 \text{ L/hari}$$

Vol. minyak 2 minggu = 0,461 L/hari x 14 hari

$$= 6,454 \text{ L}$$

Tinggi lapisan minyak = 6,454. 10⁻³ m³ / (1,2 x 2,5m)

$$= 0,002 \text{ m} = 2 \text{ mm}$$

- Perencanaan *inlet* dan *outlet*

Inlet dan *outlet* direncanakan menggunakan 2 pipa PVC dengan diameter 4 inch.

- Perencanaan dimensi bak penampung minyak/lemak

Panjang dan lebar memanfaatkan sisa ruangan yang ada, yaitu didapatkan:

$$\text{Lebar a} = 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Lebar b} = 0,63 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 1,20 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = \frac{1}{2} \times (a+b) \times 1,20 \times 0,50 = 0,34 \text{ m}^3$$

- Perencanaan konstruksi

$$\text{Konstruksi} = \text{Beton K275}$$

$$\text{Tebal dinding} = 15 \text{ cm}$$

$$\text{Perlindungan} = \text{Water proofing}$$

4.6.2.2.2. Desain Bak Ekualisasi (Bak Penampung Limbah Cair)

Perencanaan bak ekualisasi dilakukan dengan memanfaatkan sisa ruangan dari kolam penampungan yang telah digunakan sebagian untuk bak pemisah lemak. Bak ekualisasi akan dilengkapi dengan pompa *submersible* yang akan memompa limbah cair dari bak ekualisasi menuju bak anaerobik. Desain bak ekualisasi/ bak penampung limbah cair adalah sebagai berikut:

- a. Perhitungan dimensi

Dari kolam penampungan yang telah tersedia, maka didapatkan dimensi bak ekualisasi yaitu:

$$\text{Panjang} = 9,00 \text{ m} - 1,20 \text{ m} - 0,15 \text{ m} = 7,65 \text{ m}$$

$$\text{Lebar a} = 3,65 \text{ m}$$

$$\text{Lebar b} = 4,50 \text{ m}$$

$$\text{Volume tampungan maksimum} = 0,5 \times (3,65 + 4,50) \times 7,65 \times 3$$

$$= 93,52 \text{ m}^3$$

Syarat:

Volume tampungan maksimum > debit limbah cair

$93,02 \text{ m}^3 > 17,745 \text{ m}^3$ memenuhi

b. Penentuan *inlet* dan *outlet*

Inlet bak ekualisasi direncanakan berdiameter 4 inch sesuai dengan *outlet* dari *skimmer* dan untuk *outlet*-nya direncanakan menggunakan pipa PVC dengan diameter yang disesuaikan dengan *outlet* dari pompa *submersible*.

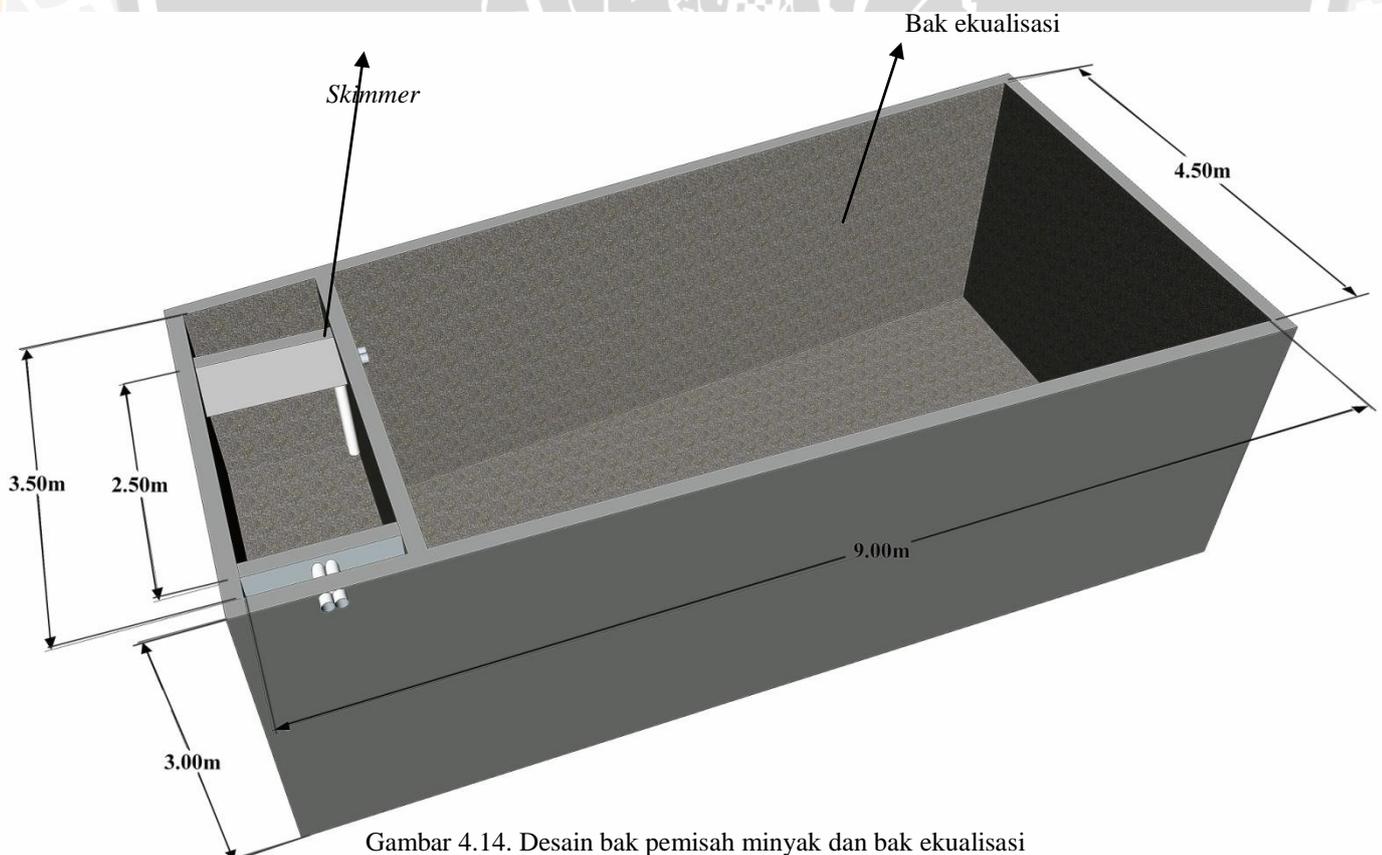
c. *Sludge removal*

Sludge removal direncanakan membuat saluran di dasar bak ekualisasi dengan slope 0,02. Lumpur atau padatan yang terdapat di bak ekualisasi akan mudah terkumpul ke saluran *sludge removal* dengan dasar mirig tersebut. Setelah terkumpul, lumpur akan ikut dipompa menuju bak anaerobik.

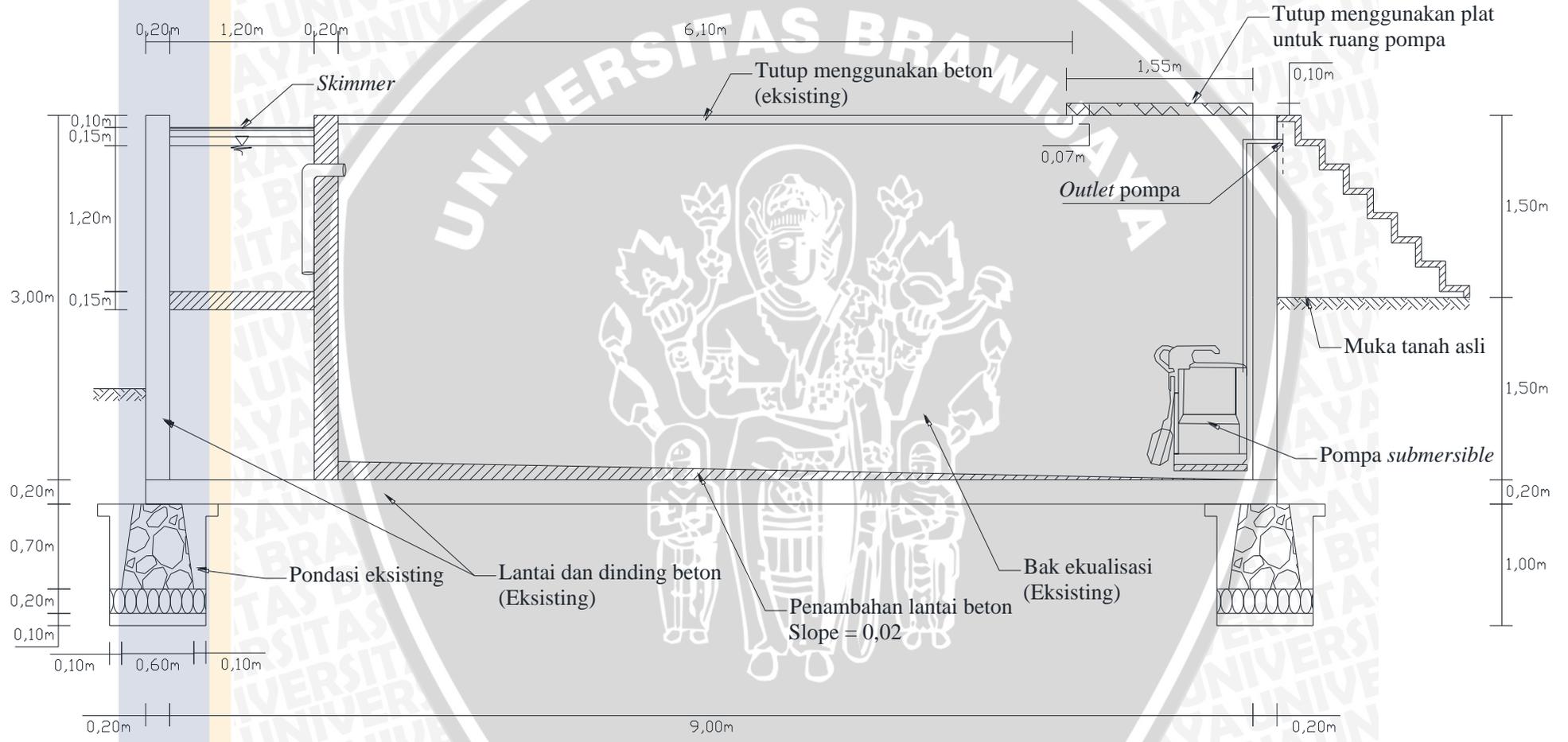
d. Perencanaan konstruksi

Konstruksi = Beton K275 (sudah ada)

Tebal dinding = 15 cm (sudah ada)



Gambar 4.14. Desain bak pemisah minyak dan bak ekualisasi



Gambar 4.15. Desain potongan bak pemisah minyak dan bak ekualisasi

4.6.2.2.3. Pompa Limbah Cair pada Bak Ekualisasi

Pompa limbah cair yang dibutuhkan harus disesuaikan dengan besarnya debit limbah cair yang dipompa tiap hari. Pompa digunakan untuk memompa limbah cair dari bak ekualisasi ke bak anaerobik. Perencanaan pompa pada bak ekualisasi yakni sebagai berikut:

a. Perhitungan *flow rate*

$$\text{Debit limbah cair} = 17,745 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Dengan 10 jam kerja, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Flow rate} &= 1,775 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 29,6 \text{ liter/menit} \end{aligned}$$

b. Penentuan pompa

Dengan debit limbah cair 29,6 liter/menit dibutuhkan spesifikasi pompa sebagai berikut:

Kapasitas : 20 - 140 liter/menit

Tipe : Pompa celup/ *submersible pump*

Total head : 1 – 6 m

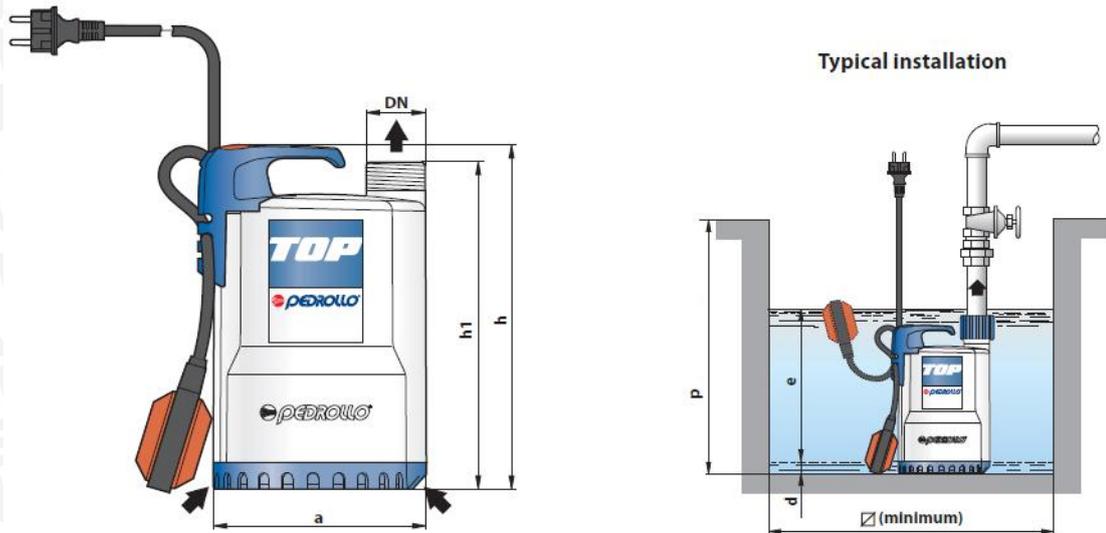
Daya listrik : 250 watt

Rekomendasi : Pompa Pedrollo TOP 1 (atau setara)

Harga : ± Rp 5.000.000,-

c. Spesifikasi pompa (Lampiran 4)

- Pompa Pedrollo TOP 1 digunakan untuk memompa air kotor, limbah cair, mengosongkan kolam dengan *suspended solids* berdiameter maksimum 20 mm.
- Dapat bekerja secara otomatis sesuai dengan level limbah cair di dalam kolam.
- Mudah digunakan dan anti karat dengan motor yang berbahan *stainless steel*.



Gambar 4.16. Pompa submersible

Tabel 4.8. Dimensi pompa

Model	Port DN	Dimensi (mm)						
		a	h	h1	d	e	p	∅
TOP 1	1 1/4"	152	257	237	14	Variabel	350	350

Sumber: Katalog Pedrollo

Dari spesifikasi pompa dan tabel dimensi pompa diatas, maka pompa Pedrollo TOP 1 dinilai sesuai dengan kebutuhan pabrik dan bak ekualisasi yang tersedia.

4.6.2.2.4. Bak anaerobik

Bak anaerobik direncanakan akan dibangun pada lahan kosong di samping pabrik. Bak anaerobik akan dilengkapi dengan media biofilter berupa media sarang tawon/ *honey comb* yang bertipe *crossflow*. Perencanaan bak anaerobik yaitu sebagai berikut:

a. Data perencanaan:

Debit limbah cair = 17,745 m³/hari

Perkiraan suhu_{masuk} = 35°C – 37°C

BOD_{masuk} = 1.340 mg/L

COD_{masuk} = 1.852 mg/L

Efisiensi = 60 % - 90 % (Metcalf & Eddy, 2003:893)

Diasumsikan efisiensi sebesar 75%, sehingga:

$$\text{BOD}_{\text{keluar}} = 25 \% \times \text{BOD}_{\text{masuk}} = 335 \text{ mg/l}$$

$$\text{COD}_{\text{keluar}} = 25 \% \times \text{COD}_{\text{masuk}} = 463 \text{ mg/l}$$

b. Beban BOD dan COD didalam limbah cair (kg/hari)

$$\text{BOD} = Q \text{ limbah cair (m}^3\text{/hari)} \times \text{kadar BOD (g/m}^3\text{)}$$

$$= 17,745 \text{ (m}^3\text{/hari)} \times 1.340 \text{ (g/m}^3\text{)}$$

$$= 23.778,3 \text{ g/hari} = 23,78 \text{ kg/hari}$$

$$\text{COD} = Q \text{ limbah cair (m}^3\text{/hari)} \times \text{kadar COD (g/m}^3\text{)}$$

$$= 17,745 \text{ (m}^3\text{/hari)} \times 1.852 \text{ (g/m}^3\text{)}$$

$$= 32.863,7 \text{ g/hari} = 32,86 \text{ kg/hari}$$

c. Besar BOD dan COD yang dihilangkan dalam bak anaerobik

$$\text{BOD} = \text{Efisiensi bak anaerobik} \times \text{Beban BOD (kg/hr)}$$

$$= 75\% \times 23,78$$

$$= 17,84 \text{ kg/hr}$$

$$\text{COD} = \text{Efisiensi bak anaerobik} \times \text{Beban COD (kg/hr)}$$

$$= 75\% \times 32,86$$

$$= 24,65 \text{ kg/hr}$$

d. Volume media biofilter yang diperlukan

Perhitungan didasarkan pada besar beban BOD yang harus dihilangkan.

Standar beban BOD untuk *high rate* dengan *packing* material berupa plastik adalah 0,6 – 3,2 kg BOD/m³.hari (Metcalf & Eddy, 2003:893).

Direncanakan standar beban BOD yang digunakan sebesar 2,5 kg BOD/m³.hari.

$$\text{Vol} = \text{Beban BOD (kg/hari)} / \text{Standar beban BOD (kg/m}^3\text{.hari)}$$

$$= 17,84 \text{ (kg/hari)} / 2,5 \text{ (kg/m}^3\text{.hari)}$$

$$= 7,13 \text{ m}^3$$

e. Volume bak anaerobik

Volume media biofilter adalah 60% dari jumlah volume efektif (Dept. PU,Pd-T-04-2005-C), sehingga volume bak yang diperlukan adalah:

$$\begin{aligned}\text{Vol. bak anaerobik} &= 100/60 \times \text{vol.media biofilter} \\ &= 100/60 \times 7,13 \text{ m}^3 \\ &= 11,89 \text{ m}^3 \sim 12,00 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Direncanakan kolam anaerobik dengan 2 ruang sehingga:

$$\text{Vol.reaktor anaerobik rerata} = 12,00 \text{ m}^3 : 2 = 6,00 \text{ m}^3$$

f. Waktu tinggal dalam reaktor atau bak anaerobik rata-rata

Untuk beban COD 12 – 30 kg/m³.hari dan suhu rata-rata 36°C, waktu tinggalnya adalah 3 – 8 jam (Metcalf & Eddy, 2003:1022).

$$\begin{aligned}\text{Waktu tinggal} &= \frac{\text{volume reaktor (m}^3\text{)}}{Q(\text{m}^3/\text{hari})} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= \frac{6,00 \text{ (m}^3\text{)}}{17,745 \text{ (m}^3/\text{hari})} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= 8,10 \text{ jam}\end{aligned}$$

g. Dimensi reaktor anaerobik

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

$$\text{Lebar} = 2,0 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman air} = 2,0 \text{ m}$$

$$\text{Ruang bebas} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Volume efektif total} = 3,0 \times 2,0 \times 2,0 = 12,0 \text{ m}^3$$

$$\text{Jumlah ruang} = 2 \text{ ruang}$$

$$\text{Tebal dinding} = 15 \text{ cm}$$

$$\text{Konstruksi} = \text{Beton K275}$$

$$\text{Perlindungan} = \text{Water proofing}$$

4.6.2.2.5. Media biofilter anaerobik

Volume media biofilter adalah 40% untuk bak pertama dan 60% untuk bak selanjutnya (Dept. Pekerjaan Umum, Pd-T-04-2005-C), sehingga volume media yang diperlukan adalah:

a. Ruang pertama

$$\begin{aligned}\text{Volume media} &= 40\% \times 7,13 \\ &= 2,85 \text{ m}^3\end{aligned}$$

1 media biofilter tipe *crossflow* volume $0,36 \text{ m}^3$ dengan standar ukuran per media yaitu $1,2 \times 0,5 \times 0,6 \text{ m}$, sehingga jumlah media yang diperlukan adalah:

$$\begin{aligned}n &= 2,85 : 0,36 \\ &= 7,90 \sim 8 \text{ buah media}\end{aligned}$$

b. Ruang kedua

$$\begin{aligned}\text{Volume media} &= 60\% \times 7,13 \\ &= 4,30 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n &= 4,3 : 0,36 \\ &= 11,8 \sim 12 \text{ buah media}\end{aligned}$$

c. Spesifikasi media biofilter



4.17. Media biofilter sarang tawon (*honey comb/ crossflow*)

Dimensi	= $120 \times 50 \times 60 \text{ cm}$
Volume	= $0,36 \text{ m}^3$
Tebal	= $0,2 \text{ mm} - 0,4 \text{ mm}$
Suhu operasi maksimum	= 55°C
<i>Tensile strength</i>	= $421,94 \text{ Kg/cm}$
<i>Flexural modulus</i>	= 29.887 Kg/cm

Flexural strength = 773,57 Kg/cm

Material = Rigid PCV

d. Dimensi ruang biofilter

Perbandingan volume = Ruang 1 : Ruang 2

= 40% : 60%

= 2 : 3

- Ruang 1

Panjang = $\frac{2}{5}$ x panjang bak anaerobik

= $\frac{2}{5}$ x 3,0 m

= 1,20 m

Lebar = 2,00 m

Tinggi air = 2,00 m

Tinggi jagaan = 0,50 m

- Ruang 2

Panjang = $\frac{3}{5}$ x panjang bak anaerobik

= $\frac{3}{5}$ x 3,0 m

= 1,8 m

Lebar = 2,00 m

Tinggi air = 2,00 m

Tinggi jagaan = 0,50 m

4.6.2.2.6. Bak aerobik

Bak aerobik direncanakan dibangun diatas lahan kosong di samping pabrik. Bak aerobik akan dilengkapi dengan media biofilter yang sama pada kolam anaerobik dan akan dilengkapi dengan *blower* udara yang berguna sebagai aerator. Perencanaan bak aerobik adalah sebagai berikut:

a. Data:

Debit limbah cair = 17,745 m³/hari

$$\begin{aligned} \text{BOD}_{\text{masuk}} &= 335 \text{ mg/L} \\ \text{COD}_{\text{masuk}} &= 463 \text{ mg/L} \\ \text{Efisiensi} &= 95 \% \\ \text{BOD}_{\text{keluar}} &= 5 \% \times \text{BOD}_{\text{masuk}} = 16,75 \text{ mg/l} \\ \text{COD}_{\text{keluar}} &= 5 \% \times \text{COD}_{\text{masuk}} = 23,15 \text{ mg/l} \\ \text{Perkiraan suhu}_{\text{masuk}} &= 28^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

b. Beban BOD dan COD didalam limbah cair (kg/hari)

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= Q \text{ (m}^3\text{/hari)} \times \text{BOD dari anaerobik (g/m}^3\text{)} \\ &= 17,745 \text{ (m}^3\text{/hari)} \times 335 \text{ (g/m}^3\text{)} \\ &= 5944,58 \text{ g/hari} \\ &= 5,94 \text{ kg/ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD} &= Q \text{ (m}^3\text{/hari)} \times \text{COD dari anaerobik (g/m}^3\text{)} \\ &= 17,745 \text{ (m}^3\text{/hari)} \times 463 \text{ (g/m}^3\text{)} \\ &= 8215,94 \text{ g/hari} \\ &= 8,22 \text{ kg/ hari} \end{aligned}$$

c. Jumlah BOD dan COD yang dihilangkan

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= 95\% \times \text{beban BOD didalam limbah cair (kg/hari)} \\ &= 95\% \times 5,94 \text{ kg/ hari} \\ &= 5,64 \text{ kg/ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD} &= 95\% \times \text{beban COD didalam limbah cair (kg/hari)} \\ &= 95\% \times 8,22 \text{ kg/ hari} \\ &= 7,81 \text{ kg/ hari} \end{aligned}$$

d. Volume media yang diperlukan

Standar beban BOD untuk *high rate* dengan *packing material* berupa plastik adalah $0,6 - 3,2 \text{ kg BOD/m}^3\text{.hari}$ (Metcalf & Eddy, 2003:893). Direncanakan beban BOD per volume media adalah $2,5 \text{ kg BOD/m}^3\text{.hari}$. Sehingga volume media yang diperlukan yaitu:

= beban BOD dalam limbah cair (kg/hari) / beban BOD per vol.media

$$= 5,64 / 2,5 = 2,26 \text{ m}^3$$

- e. Volume media 55 % dari volume efektif reaktor (Dept. Pekerjaan Umum, Pd-T-04-2005-C, 2005:6), sehingga:

$$\text{Volume reaktor} = 100/55 \times \text{volume media}$$

$$= 100/55 \times 2,26 \text{ m}^3$$

$$= 4,11 \text{ m}^3 \sim 5,00 \text{ m}^3$$

- f. Waktu tinggal dalam reaktor atau bak aerobik rata-rata

$$= \frac{\text{volume reaktor (m}^3\text{)}}{Q(\text{m}^3/\text{hari})} \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$= \frac{5,00 \text{ (m}^3\text{)}}{17,745 \text{ (m}^3/\text{hari})} \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$= 6,76 \text{ jam}$$

- g. Bak aerobik direncanakan memiliki dua ruangan, sehingga direncanakan dimensinya yaitu:

- Ruang media biofilter

$$\text{Panjang} = 1,80 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 1,50 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman air} = 1,20 \text{ m}$$

$$\text{Ruang bebas} = 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Volume efektif} = 1,80 \times 1,50 \times 1,20 = 3,24 \text{ m}^3$$

$$\text{Konstruksi} = \text{Beton K275}$$

- Ruang aerasi

$$\text{Panjang} = 0,80 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 1,50 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman air} = 2,00 \text{ m}$$

$$\text{Ruang bebas} = 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Volume efektif} = 0,80 \times 1,50 \times 2,00 = 2,40 \text{ m}^3$$

$$\text{Konstruksi} = \text{Beton K275}$$

- Total volume efektif bak aerobik

$$\begin{aligned} \text{Vol. total} &= \text{Vol. efektif media} + \text{Vol. efektif aerasi} \\ &= 3,24 + 2,40 \\ &= 5,64 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

h. Cek Beban BOD per volume media biofilter ($\text{kg/m}^3 \cdot \text{hari}$)

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{beban BOD pada limbah cair (kg/hari)}}{\text{Volume media}} \\ &= \frac{5,64 (\text{kg/hari})}{2,26 (\text{m}^3)} = 2,5 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{Hari} \end{aligned}$$

i. Cek waktu tinggal

$$\begin{aligned} &= \frac{5,64 (\text{m}^3)}{17,745 (\text{m}^3/\text{hari})} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= 7,62 \text{ jam} \end{aligned}$$

4.6.2.2.7. Media Biofilter Aerobik

Volume media biofilter adalah $2,26 \text{ m}^3$, sehingga media yang diperlukan adalah:

a. Jumlah media

$$\text{Volume media} = 2,26 \text{ m}^3$$

1 media biofilter tipe *crossflow* volume $0,36 \text{ m}^3$ dengan standar ukuran per media yaitu $1,2 \times 0,5 \times 0,6 \text{ m}$, sehingga jumlah media yang diperlukan adalah:

$$\begin{aligned} n &= 2,26 : 0,36 \\ &= 6,27 \sim 6,5 \text{ buah media} \end{aligned}$$

b. Spesifikasi media biofilter

Media = Biofilter sarang tawon (*honey comb*)

Dimensi = $120 \times 50 \times 60 \text{ cm}$

Volume = $0,36 \text{ m}^3$

Tebal = $0,2 \text{ mm} - 0,4 \text{ mm}$

Suhu operasi maksimum = 55°C

Tensile strength = $421,94 \text{ Kg/cm}$

<i>Flexural modulus</i>	= 29.887 Kg/cm
<i>Flexural strength</i>	= 773,57 Kg/cm
Material	= Rigid PCV

4.6.2.2.8. *Blower Udara*

Penentuan blower udara didasarkan dari kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk menghilangkan beban BOD. Kebutuhan oksigen dalam reaktor atau bak biofilter aerobik adalah sebanding dengan jumlah BOD yang dihilangkan, sehingga kebutuhan oksigen yaitu:

- Kebutuhan oksigen = Jumlah BOD yang dihilangkan (kg/hari)
= 5,64 kg/hari

- Untuk faktor keamanan (*FS*), maka digunakan:

$FS = 1,6$ untuk *packing* berupa plastik *cross flow*
(Metcalf & Eddy, 2003:905)

Sehingga, kebutuhan oksigen = $FS \times \text{beban BOD}$
= $1,6 \times 5,64 = 9,02$ kg/hari

- Kebutuhan udara teoritis untuk menentukan kapasitas *blower*:
(Appendix B, Metcalf & Eddy, 2003:1738)

Presentase oksigen dalam udara = 23,18 %

Suhu udara rerata dalam bak aerobik = 30°C

Massa jenis udara pada suhu 30°C, yaitu:

$$\rho_a = \frac{P.M}{R.T}$$

P = Tekanan atmosfer = $1,01325 \cdot 10^5$ N/m²

M = Mol udara = 28,97 kg/kg-mol

R = Konstanta gas universal = 8314 N.m/kg-mol.K

Sehingga,

$$\rho_a = \frac{(1,01325 \times 10^5 \text{ N/m}^2) \times (28,97 \text{ kg/kg-mol})}{(8314 \text{ N.m/kg-mol.K}) \times (273,15 + 30) \text{ K}}$$

$$= 1,165 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah kebutuhan udara} = \frac{9,02 \text{ kg/hari}}{1,165 \text{ kg/m}^3 \times 23,18 \%} = 33,40 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Kebutuhan udara aktual

Efisiensi *blower* udara = 9 -12 % tipe *rigid porous plastic tubes, single spiral roll* (Metcalf & Eddy, 2003: 437). Efisiensi *blower* yang dipakai adalah 10 %, sehingga:

$$\text{Kebutuhan udara aktual} = \text{Jml keb. udara teoritis} / \text{Ef. blower} (\%)$$

$$= 33,40 / 0,1$$

$$= 334 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,23 \text{ m}^3/\text{menit} = 230 \text{ ltr}/\text{menit}$$

Direncanakan *blower* udara yang diperlukan yaitu dengan spesifikasi:

Kapasitas = 200 – 250 ltr/menit

Head = 2 m

Jumlah = 2 unit (pemakaian secara bergantian)

Rekomendasi = Blower GF – 180

Output = 300 ltr/menit

Daya = 180 watt

Dimensi = 200 x 230 x 225 mm

Harga = ± Rp 1.050.000,-

4.6.2.2.9. Bak penjernih

Perencanaan bak penjernih/*clarifier* adalah sebagai berikut:

a. Data:

Debit limbah cair = 17,745 m³/hari

BOD_{masuk} = 16,75 mg/L

COD_{masuk} = 23,15 mg/l

Waktu tinggal = Bak penjernih memiliki standar waktu tinggal 2 – 4 jam (Nusa Idaman, 1999:249)

Standar perencanaan untuk *rectangular* dan *circular clarifiers* (Ronald L. Droste, 1997:323) adalah:

Kedalaman maks	= 4,90 m
Panjang maks	= 75,0 m
Diameter maks	= 38,0 m
<i>Average overflow rate</i>	= 16 – 29 m ³ /m ² .hr
<i>Peak overflow rate</i>	= 41 – 65 m ³ /m ² .hr
<i>Floor slope</i>	= mendekati datar/ 1:12

b. Volume bak yang diperlukan adalah:

Direncanakan waktu tinggal bak penjernih adalah 3,5 jam

$$= \frac{\text{waktu tinggal (jam)}}{24} \times Q \text{ (m}^3\text{/hari)}$$

$$= \frac{3,5}{24} \times 17,745 = 2,59 \text{ m}^3$$

c. Dimensi bak penjernih / *clarifier*

Bak penjernih direncanakan berbentuk silinder dengan dasar berbentuk kerucut/ runcing agar endapan mudah terkumpul dan dipompa kembali ke bak aerobik. Dimensi bak penjernih adalah sebagai berikut:

Diameter	= 1,50 m
Tinggi silinder	= 1,20 m
Tinggi kerucut	= 0,30 m
Tinggi jagaan	= 0,50 m
Volume silinder	= $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$ = $\frac{1}{4} \times \pi \times 1,50^2 \times 1,20$ = 2,12 m ³
Volume kerucut	= $\frac{1}{3} \times \pi \times 1,50^2 \times 0,30$ = 0,71 m ³
Volume total	= 2,12 m ³ + 0,71 m ³ = 2,83 m ³
Tebal dinding	= 15 cm
Konstruksi	= Beton K275
Perlindungan	= <i>Water proofing</i>

d. Cek waktu tinggal rata-rata

$$= \frac{\text{Volume efektif}}{Q \text{ limba } h} \times 24 \text{ jam}$$

$$= \frac{2,83}{17,745} \times 24 \text{ jam}$$

$$= 3,83 \text{ jam}$$

e. Beban permukaan (*surface loading*) rata-rata

$$= \frac{Q \text{ limba } h}{p \times l}$$

$$= \frac{17,745 \text{ m}^3/\text{hr}}{\left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2\right)}$$

$$= 10,05 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$$

f. Cek waktu tinggal pada saat beban puncak

Diasumsikan beban puncak adalah 2 x Q limbah, sehingga:

$$\text{Waktu tinggal} = 3,83 \text{ jam} / 2$$

$$= 1,91 \text{ jam}$$

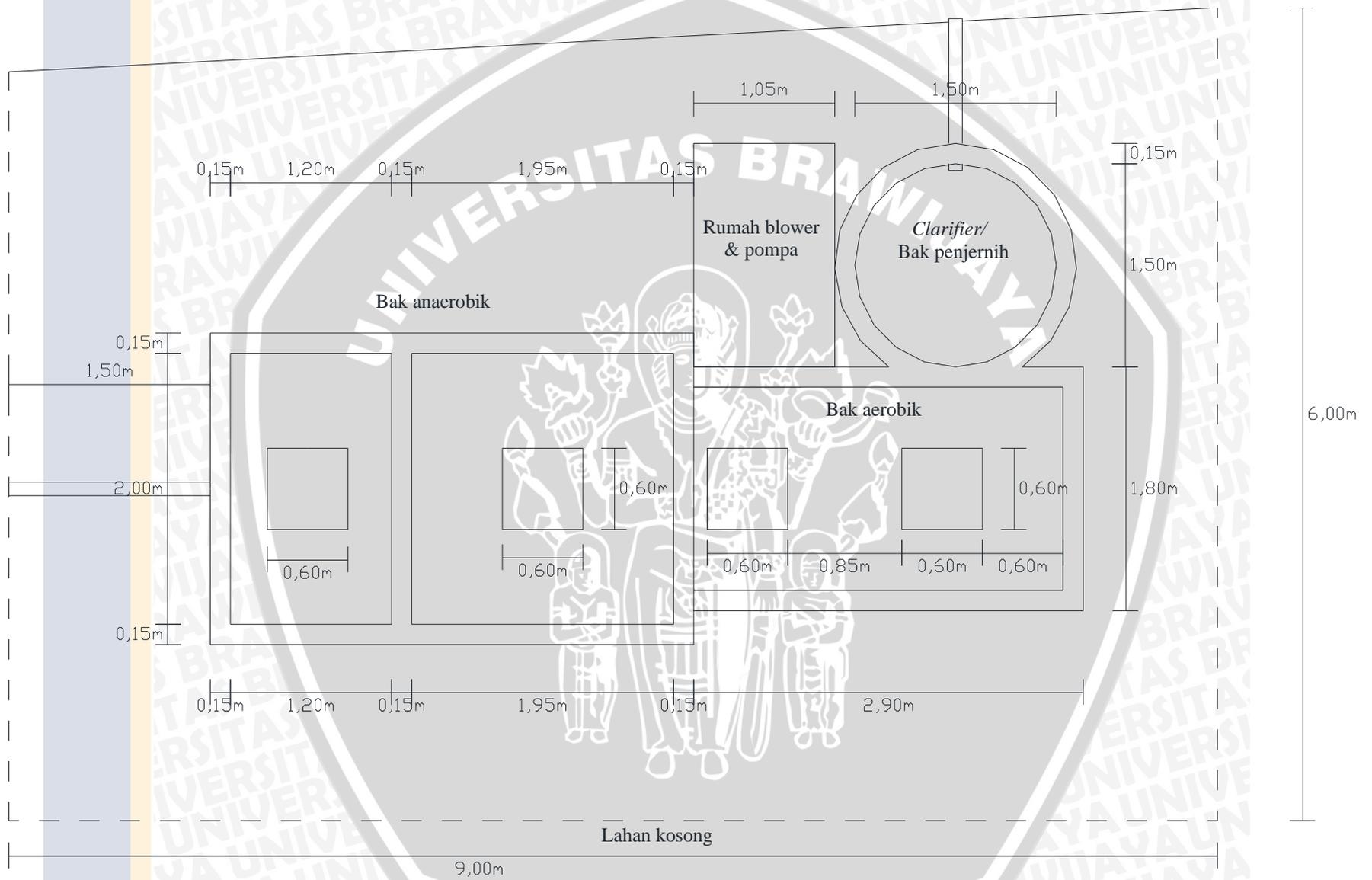
g. Beban permukaan (*surface loading*) pada saat beban puncak

$$\text{Beban permukaan puncak} = 10,05 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr} \times 2$$

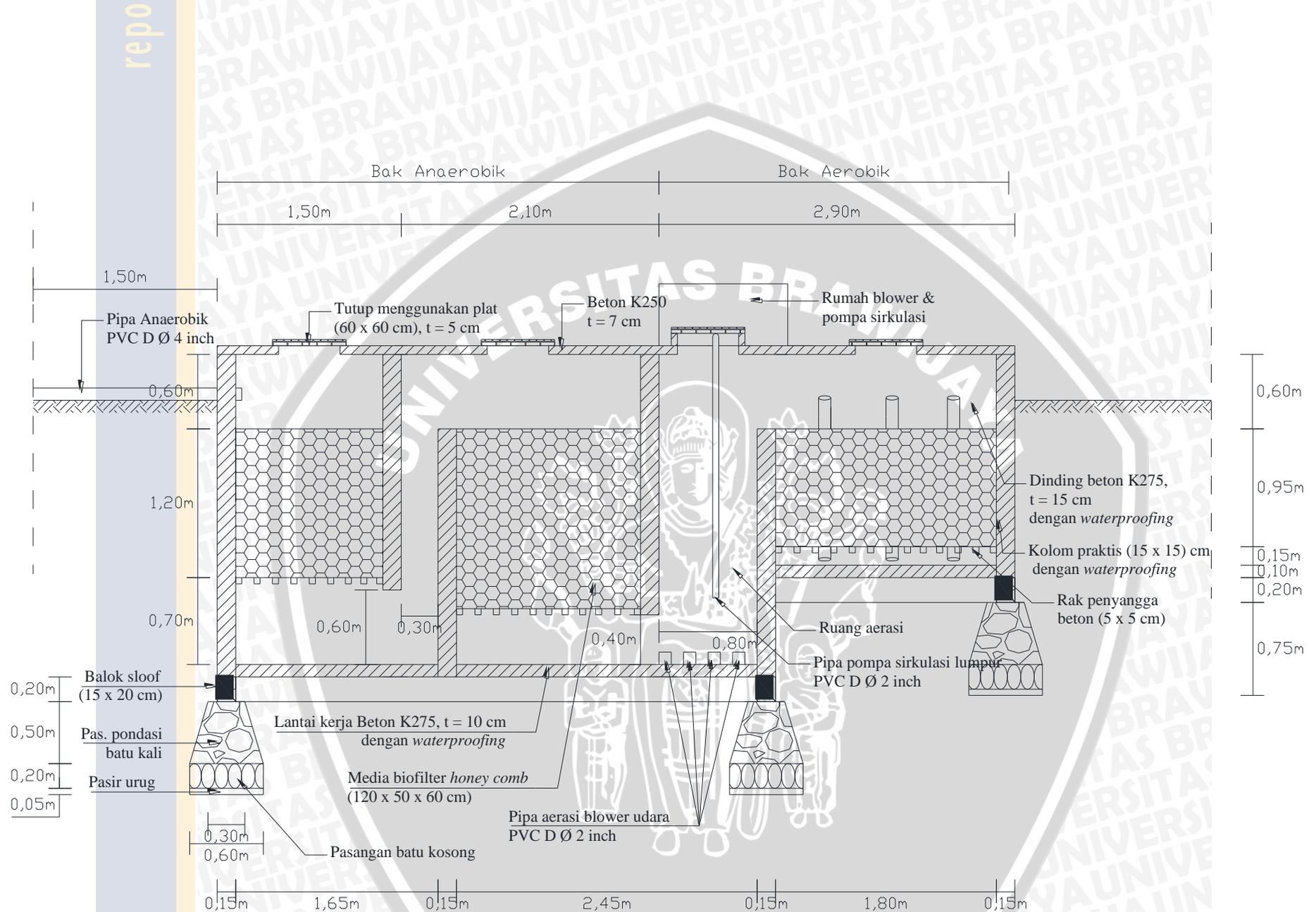
$$= 20,10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$$

4.6.2.2.10. Pompa Sirkulasi Lumpur

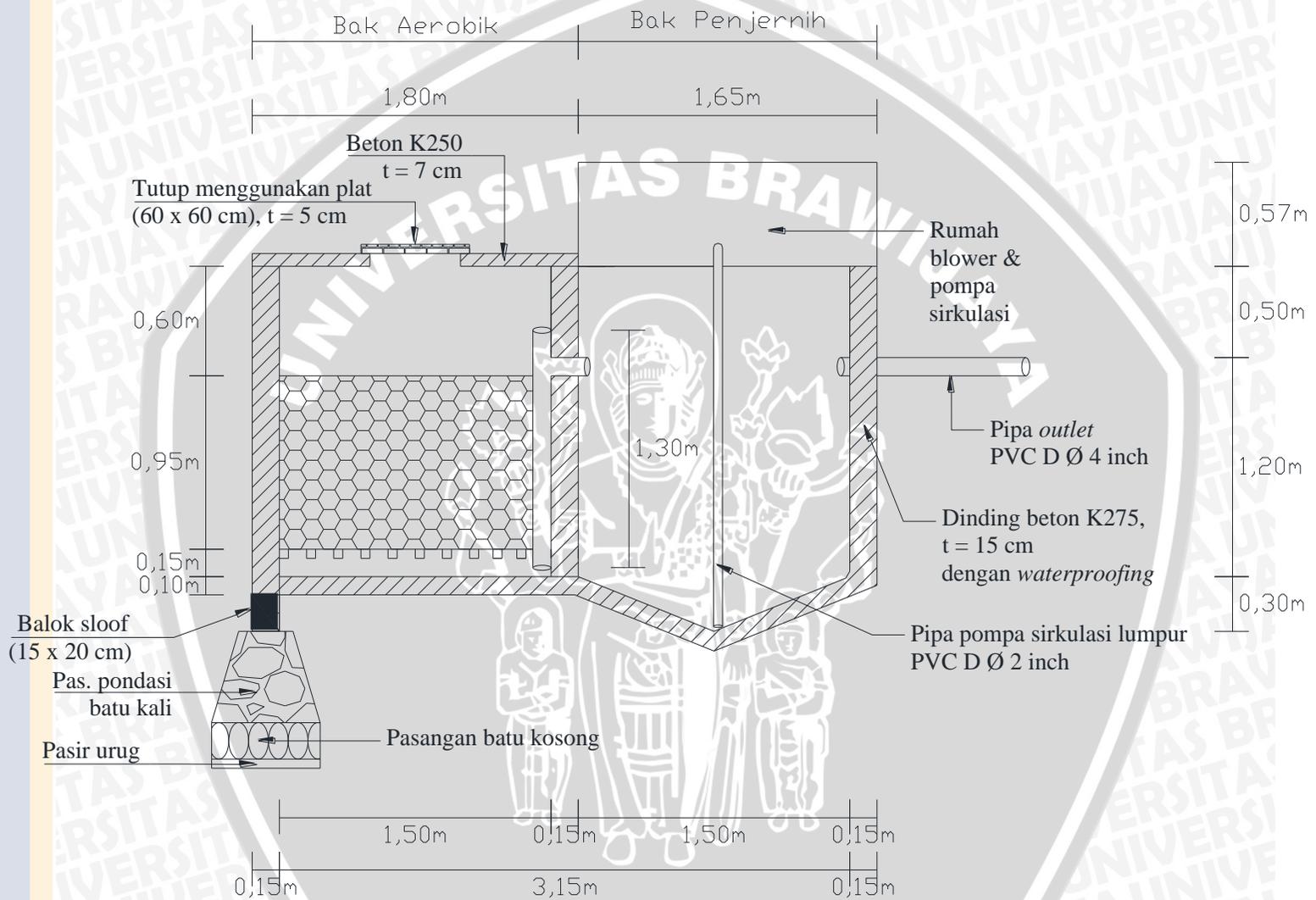
Pompa sirkulasi digunakan untuk mengembalikan seluruh lumpur yang masih terdapat di bak penjernihan kembali ke bak aerobik. Pompa sirkulasi menggunakan pompa penguras yang telah ada di pabrik. Pompa sirkulai lumpur akan bekerja secara terus menerus, sehingga *effluent* dari pengolahan tersebut tidak menghasilkan lumpur sama sekali.



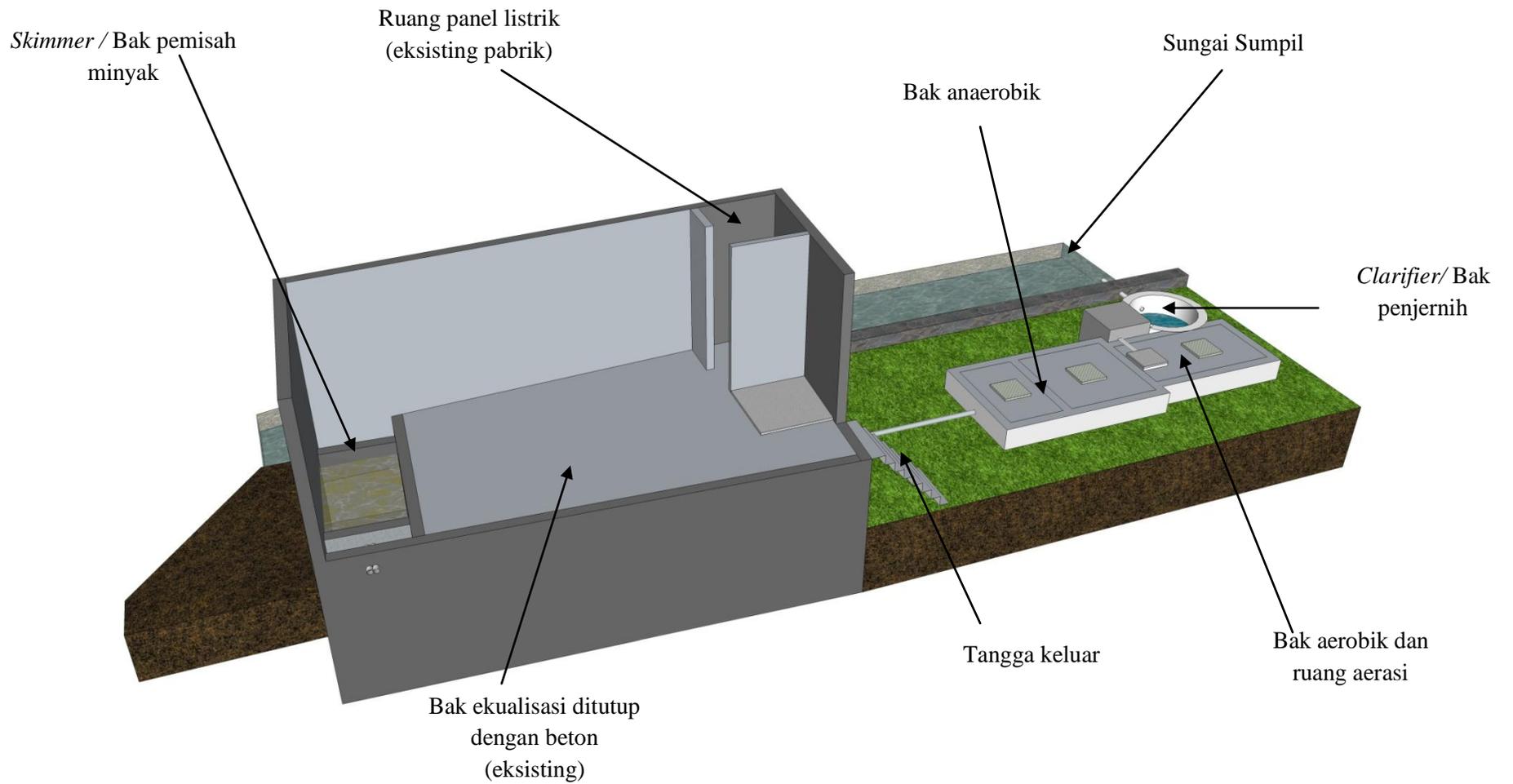
Gambar 4.18. Desain denah biofilter anaerobik, aerobik, dan bak penjernih



Gambar 419. Detail desain potongan biofilter anaerobik dan aerobik



Gambar 4.20. Detail desain potongan bak aerobik dan penjernih



Gambar 4.21. Desain pembangunan IPAL

4.6.3. Hasil Pengolahan (*Effluent*)

Effluent yang dihasilkan dari proses pengolahan limbah cair pabrik tahu tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 4.9. Perkiraan Kualitas *Effluent* dari Proses Pengolahan

Section	Parameter				
	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	pH	Suhu (°C)
<i>Influent</i>	1.340	1.852	1.520	4,09	40 – 45
<i>Skimmer</i>	0% 1.340,0	0% 1.852,0	5% 1.444,0	4,5	40 – 45
Bak Ekualisasi	0% 1.340,0	0% 1.852,0	15% 1.227,4	5,0	37 – 39
Bak Anaerobik	75% 335,0	75% 463,0	75% 306,9	5,5	35 – 37
Bak Aerobik	95% 16,8	95% 23,2	95% 15,3	6,0	28 – 30
Bak Penjernih	5% 15,9	5% 22,0	90% 1,5	6,5	27 – 28
<i>Effluent</i>	15,9	22,0	1,5	6,5	27 – 28

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.10. Perbandingan Kualitas *Effluent* dengan Baku Mutu Air Limbah

Parameter	Kadar	
	Baku mutu* (mg/L)	Limbah cair Pabrik Tahu DUTA (mg/L)
pH	6,0 - 9,0	6,50
BOD ₅	150	15,90
COD	300	21,99
TSS	100	18,05
Volume air limbah maks (m ³ /ton kedelai)	20	19,72

*) Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013, Lamp. 1: 17

Dari hasil perencanaan proses dan desain teknis IPAL mengenai efisiensi dan dimensi bak pengolahan dapat diperkirakan kualitas *effluent* yang dihasilkan. Berdasarkan hasil perbandingan kualitas *effluent* diatas, maka didapatkan bahawa *effluent* tersebut telah memenuhi baku mutu air limbah sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013.

4.6.4. Perencanaan Biaya Pembangunan IPAL

4.6.4.1. Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan didasarkan dari analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) dari Kementerian PU tahun anggaran 2014/2015 yang telah disesuaikan dengan SNI. Besarnya harga satuan pekerjaan untuk kegiatan pembangunan IPAL Pabrik Tahu DUTA Malang dapat dilihat pada Lampiran 6.

4.6.4.2. Back Up Perhitungan Pekerjaan

Back up perhitungan pekerjaan digunakan untuk mengetahui besarnya volume pekerjaan. Perhitungan dilakukan sesuai dengan gambar perencanaan pada Lampiran 5 Gambar Teknis. Perhitungan besarnya volume pekerjaan untuk kegiatan pembangunan IPAL Pabrik Tahu DUTA Malang dapat dilihat pada Lampiran 7.

4.6.4.3. Rencana Anggaran Biaya Pembangunan

Dari analisa harga satuan pekerjaan dan besarnya volume masing-masing pekerjaan, maka didapatkan rencana anggaran biaya (RAB) keseluruhan dari kegiatan pembangunan IPAL Pabrik Tahu DUTA Malang. Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) dapat dilihat pada Lampiran 8. Berikut ini adalah rekapitulasi perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) untuk kegiatan tersebut yaitu:

Tabel 4.11. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya (RAB)

NO	JENIS PEKERJAAN	JUMLAH HARGA
		(Rp.)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	2.361.920,01
II	PEKERJAAN TANAH	1.224.509,82
III	PEKERJAAN STRUKTUR	18.576.238,65
IV	PEKERJAAN DINDING	4.415.007,66
V	PEKERJAAN PERPIPAAN	702.310,50
VI	PEKERJAAN EEKTRIKAL	11.500.000,00
VII	PEKERJAAN LAIN-LAIN	2.500.000,00
	JUMLAH A Rp.	41.279.986,64
	PPN 10% Rp.	4.127.998,66
	JUMLAH TOTAL	45.407.985,30
	JUMLAH TOTAL DIBULATKAN	45.407.000,00
Terbilang:		
Empat Puluh Lima Juta Empat Ratus Tujuh Ribu Rupiah		

Sumber: Hasil perhitungan RAB, Lampiran 8

4.6.5. Operasional dan Perawatan IPAL

4.6.5.1. Operasional IPAL

Dalam melakukan pengoperasian IPAL perlu memperhatikan beberapa hal yaitu sebagai berikut:

- a. Dalam pengoperasian IPAL langkah pertama yang harus dilakukan adalah mempersiapkan seluruh peralatan mekanik dan elektrik agar berjalan dengan baik.
- b. Limbah cair dari kegiatan produksi tahu dialirkan ke satu saluran yang menuju *skimmer* dan akan mengalir ke bak ekualisasi yang telah dilengkapi pompa. Pompa pada bak ekualisasi tersebut berkerja secara otomatis, yaitu apabila limbah cair diatas permukaan minimum akan memompa limbah cair keluar menuju bak anaerobik dan apabila limbah cair dibawah permukaan minimum akan otomatis berhenti/mati.
- c. Debit pompa air diatur sesuai dengan kapasitas IPAL yakni 17,75 m³/hr dengan cara mengatur bukaan kran pada pompa.

- d. Pengoperasian IPAL pertama kali (*start up*) untuk media biofilter membutuhkan waktu 6 bulan atau lebih tergantung dari tinggi rendahnya suhu limbah cair (Ronald L. Droste, 1997:653). Hal tersebut bertujuan agar bakteri dapat tumbuh dan menempel pada media biofilter. Pertumbuhan bakteri akan ditandai dengan adanya lapisan *biofilm* atau selaput lendir pada permukaan media biofilter.
- e. Pada pengoperasian awal, seluruh bak didalam IPAL harus terisi limbah cair sepenuhnya.
- f. Setelah itu dilakukan aerasi menggunakan blower pada ruang aerasi dan proses sirkulasi lumpur/limbah cair yang terdapat di bak penjernih kembali menuju ruang aerasi.
- g. Dalam pengolahan limbah cair yang dilakukan tidak ada sisa lumpur.
- h. Pengoperasian *blower* dapat dilakukan dengan menggunakan pompa secara bergantian. Oleh karena itu *blower* direncanakan berjumlah dua buah.
- i. Setelah operasional berjalan selama 2 – 6 bulan perlu dilakukan pemeriksaan kualitas air. Dan untuk selanjutnya pemeriksaan secara berkala harus dilakukan minimal satu tahun sekali.

4.6.5.2. Perawatan IPAL

Perawatan IPAL untuk kombinasi sistem biofilter anaerobik – aerobik tidak memerlukan perawatan khusus, namun ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu:

- a. Sebisa mungkin tidak ada sampah padat yang masuk ke dalam sistem IPAL. Sampah padat yang masuk dalam sistem IPAL akan mengakibatkan terganggunya proses pengoperasian.
- b. Pembersihan minyak, kotoran, maupun endapan yang di *skimmer* minimal dilakukan dua minggu sekali atau sesuai dengan kebutuhan.
- c. Perawatan untuk pompa sirkulasi, *blower*, dan pompa sirkulasi dapat dilakukan 3 – 4 bulan sekali atau sesuai dengan buku panduan penggunaan pada produk pompa maupun blower tersebut.

4.6.5.3. Biaya Operasional IPAL

Biaya operasional IPAL dihitung dari besarnya pemakaian listrik untuk pompa pada bak ekualisasi, *blower*, dan pompa sirkulasi. Perkiraan biaya operasionalnya yaitu sebagai berikut:

a. Pompa yang beroperasi 10 jam/hr

$$\text{Pompa bak ekualisasi} = 1 \times 250 \text{ watt} = 250 \text{ watt}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kwh/hari} &= 250 \times 10 \text{ jam} = 2.500 \text{ wh} \\ &= 2,5 \text{ Kwh} \end{aligned}$$

b. Pompa yang beroperasi 24 jam/hr

$$\text{Pompa sirkulasi} = 1 \times 250 \text{ watt} = 250 \text{ watt}$$

$$\text{Blower} = 2 \times 180 \text{ watt} = 360 \text{ watt}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kwh/hari} &= (250+360) \times 24 = 14.640 \text{ wh} \\ &= 14,64 \text{ Kwh} \end{aligned}$$

c. Total biaya listrik

$$\text{Tarif dasar listrik Kota Malang, I-1/TR 2.200 VA} = \text{Rp } 790,-/\text{kWH}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= (2,5 \text{ Kwh} + 14,64 \text{ Kwh}) \times \text{Rp } 790,- \\ &= 17,14 \times \text{Rp } 790,- \\ &= \text{Rp } 13.540,60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya operasional untuk } 1 \text{ m}^3 \text{ limbah cair} &= \text{Rp } 13.540,60 / 17,75 \\ &= \text{Rp } 763,10 \end{aligned}$$

