



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERBANDINGAN DED IPAL *ATTACHED GROWTH ANAEROBIC* FILTER DENGAN
SUSPENDED GROWTH UPFLOW ANAEROBIC
SLUDGE BLANKET UNTUK PUSAT
PERBELANJAAN DI SURABAYA**

RIO BAGUS PERMADI
NRP 3311 100 086

Dosen Pembimbing
Ir. M. RAZIF, MM.

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



FINAL PROJECT - RE 141581

**COMPARISON OF WASTEWATER TREATMENT
PLANT DETAIL ENGINEERING DESIGN USING
ATTACHED GROWTH ANAEROBIC FILTER AND
USING SUSPENDED GROWTH UPFLOW
ANAEROBIC SLUDGE BLANKET FOR
SHOPPING CENTER IN SURABAYA**

RIO BAGUS PERMADI
NRP 3311 100 086

Supervisor
Ir. M. RAZIF, MM.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015

LEMBAR PENGESAHAN

**PERBANDINGAN DED IPAL ATTACHED GROWTH
ANAEROBIC FILTER DENGAN SUSPENDED
GROWTH UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET
UNTUK PUSAT PERBELANJAAN DI SURABAYA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana

Pada

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

Oleh:

**Rio Bagus Permadi
NRP 3311 100 086**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



**Ir. M. Razif, MM.
NIP. 19530502 198103 1 004**

SURABAYA, JULI 2015



**Perbandingan *DED IPAL Attached Growth Anaerobic Filter*
dengan *Suspended Growth Upflow Anaerobic Sludge
Blanket* untuk Pusat Perbelanjaan Di Surabaya**

Nama : Rio Bagus Permadi
NRP : 3311100086
Dosen Pembimbing : Ir. M. Razif, MM.

ABSTRAK

Pengoperasian pusat perbelanjaan di Surabaya memberikan dampak positif dan negatif. Salah satu dampak negatif yang ditimbulkan berupa meningkatnya limbah cair. Undang - Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menyatakan bahwa setiap kegiatan wajib mengolah limbah yang dihasilkan untuk menjaga kelestarian lingkungan. Oleh karena itu limbah yang akan dibuang harus memenuhi baku mutu, untuk Surabaya mengacu ke dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013.

Desain ini diawali dengan mengumpulkan data primer dan sekunder. Data primer berupa data pemakaian air bersih salah satu pusat perbelanjaan di Surabaya barat tiap bulan selama tahun 2014 serta data karakteristik air limbah meliputi konsentrasi BOD, COD, dan TSS. Data sekunder berupa HSPK kota Surabaya tahun 2015. Kemudian dilakukan pengolahan data dengan cara perhitungan dimensi unit *Anaerobic Filter* dan *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) yang mengacu pada kriteria desain tiap unit IPAL yang terdapat pada literatur serta membuat DED dan RAB tiap unit IPAL. Hasil perhitungan tiap unit IPAL akan dibandingkan dari segi efisiensi penyisihan, luas lahan yang dibutuhkan, dan RAB.

Berdasarkan hasil olahan data didapatkan bahwa desain IPAL yang menggunakan unit UASB lebih unggul dibandingkan dengan unit *anaerobic filter*. IPAL dengan unit UASB memiliki luas lahan, volume, serta Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang lebih kecil dibandingkan dengan unit *anaerobic filter*. Selain itu kualitas efluen dari unit UASB memiliki konsentrasi COD & BOD yang lebih kecil.

Kata Kunci: Air limbah pusat perbelanjaan, desain *Anaerobic filter*, desain UASB.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Comparison of Wastewater Treatment Plant Detail Engineering Design Using Attached Growth Anaerobic Filter and Using Suspended Growth Upflow Anaerobic Sludge Blanket for Shopping Center in Surabaya

Name : Rio Bagus Permadi
NRP : 3311100086
Supervisor : Ir. M. Razif, M.M

ABSTRACT

Operation of shopping centers in Surabaya provide positive and negative effects. One of the negative impacts is increased wastewater. Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 on the Protection and Management of the Environment states that any activity must treat disposed waste to preserve the environment. Therefore, the disposed waste must fulfill the quality standards, which refer to Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013.

The design begins by collecting primary and secondary data. The primary data are water consumption data from one of shopping center in west Surabaya in every month during 2014 and wastewater characteristics data include the concentration of BOD, COD and TSS. Secondary data is HSPK Surabaya in 2015. Then, the data processing is done by calculating the dimensions of Anaerobic Filter and Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Unit which refers to the design criteria of each WWTP unit in the literature, make the Detail Engineering Design and the Budget Plan of each WWTP unit. Calculation result of each WWTP unit will be compared in terms of removal efficiency, the land area required, and the budget plan.

Based on the results obtained by processing data, the WWTP design using UASB unit is more excellent than anaerobic filter unit. WWTP with UASB unit land area, volume, and budget plan is smaller than the anaerobic filter unit. Besides, the COD & BOD concentration in effluent from UASB unit is smaller than anaerobic filter.

Keywords: Wastewater shopping centers, anaerobic filter design, UASB design.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kami ucapkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan kuasanya Tugas Akhir berjudul **“Perbandingan *DED IPAL Attached Growth Anaerobic Filter* dengan *Suspended Growth Upflow Anaerobic Sludge Blanket* untuk Pusat Perbelanjaan Di Surabaya”** ini dapat terselesaikan.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada mama dan ayah yang selalu memberikan do'a dan dorongan untuk terselesaikannya Tugas Akhir ini. Tak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. M. Razif, MM. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak memberikan masukan dan bimbingan dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc. dan Ir. Mas Agus Mardyanto, ME., Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan bagi penulis.
3. M. Aqil Zulfikar M. selaku partner dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Silvana Herrari dan teman - teman 2011 lainnya yang berjuang bersama menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Afry Rakhmadany dan Edya Pitoyo yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Pihak - pihak lain yang telah ikut membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak terlepas dari kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran, pendapat, dan masukan yang membangun untuk penyempurnaan Tugas Akhir ini.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Perencanaan	3
1.5 Manfaat Perencanaan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gambaran Umum Pusat Perbelanjaan	5
2.2 Proses Pengolahan Limbah Cair secara Anaerobik	6
2.3 Limbah Cair Pusat Perbelanjaan	8
2.3.1 Kualitas dan Kuantitas Air Limbah	8
2.3.2 Karakteristik dan Baku Mutu Air Limbah	9
2.4 Unit Pengolahan Limbah yang akan Didesain	10
2.4.1 Bak ekualisasi	10
2.4.2 Anaerobic Filter	13
2.4.2.1 Bak Pengendap	13
2.4.2.2 Anaerobic Filter	14
2.4.3 Upflow Anaerobic Sludge Blanket	16
BAB 3 METODE PERENCANAAN	19
3.1 Umum	19
3.2 Tahapan Perencanaan	19
3.2.1 Judul Tugas Akhir	21
3.2.2 Tinjauan Pustaka	21
3.2.3 Pengumpulan Data Primer dan Sekunder	21
3.2.4 Pengolahan Data	21
3.2.5 Hasil dan Pembahasan	34
3.2.6 Kesimpulan dan Saran	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Gambaran Umum Perencanaan	35
4.2 Perhitungan Debit dan Kualitas Air Limbah	36
4.2.1 Perhitungan Debit Air Limbah	36

4.2.2 Kualitas dan Baku Mutu Air Limbah.....	37
4.3 Desain Unit IPAL	38
4.3.1 Bak Ekualisasi.....	40
4.3.2 Anaerobic Filter	49
4.3.3 Upflow Anaerobic Sludge Blanket.....	81
4.4 Perbandingan Kelebihan dan Kekuranagn Unit IPAL	110
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	119
5.1 Kesimpulan	119
5.2 Saran	119
DAFTAR PUSTAKA.....	121
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kualitas Air Limbah Pusat Pertokoan di Surabaya ...	8
Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah bagu Usaha dan/atau Kegiatan Domestik	10
Tabel 2.3 Perbandingan Karakteristik Media Biofilter	15
Tabel 3.1 Contoh Perhitungan BOD Mass Loading pada Bak ekualisasi.....	25
Tabel 4.1 Perhitungan Debit Air Limbah	37
Tabel 4.2 Data Rata-Rata Kualitas Air Limbah Pusat Perbelanjaan X	38
Tabel 4.3 Kebutuhan Efisiensi Penyisihan	39
Tabel 4.4 Debit Pemakaian Air Bersih tiap Jam.....	41
Tabel 4.5 Fluktuasi Debit Air Limbah tiap Jam.....	42
Tabel 4.6 Perhitungan Volume Bak Ekualisasi	44
Tabel 4.7 Perbandingan Kriteria desain dengan Perencanaan 2x Debit dan 1/2x Debit	59
Tabel 4.8 BOQ Unit IPAL Anaerobic Filter	75
Tabel 4.9 Rencana Anggaran Biaya Unit IPAL Anaerobic Filter.....	80
Tabel 4.10 BOQ Unit IPAL UASB	104
Tabel 4.11 Rencana Anggaran Biaya Unit IPAL UASB	109
Tabel 4.12 Perbandingan Luas Lahan	111
Tabel 4.13 Perbandingan Volume Bangunan	112
Tabel 4.14 Perbandingan Efisiensi Penyisihan	113
Tabel 4.15 Perbandingan Kualitas Efluen	114
Tabel 4.16 Perbandingan Rencana Anggaran Biaya.....	116
Tabel 4.17 Ringkasan Perbandingan IPAL Unit AF dan UASB	117



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

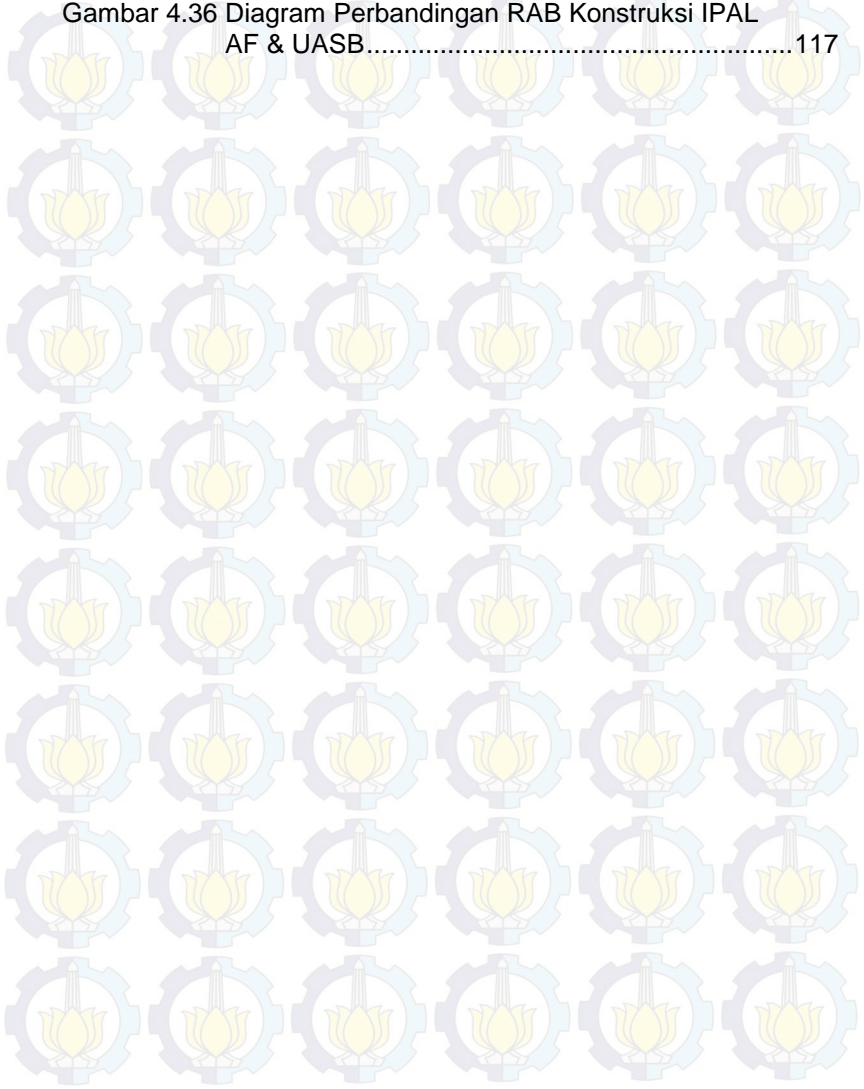
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ekualisasi Sistem In-Line	11
Gambar 2.2	Ekualisasi Sistem off-Line	11
Gambar 2.3	Contoh Bak ekualisasi	12
Gambar 2.4	Grafik Kualitas Air Limbah pada Bak Ekualisasi ...	13
Gambar 2.5	Anaerobic Filter yang Terintegrasi dengan Tangki Septik	16
Gambar 2.6	Reaktor UASB	18
Gambar 3.1	Tahapan Perencanaan	20
Gambar 3.2	Diagram Massa dan Debit untuk Menghitung Volume Bak Ekualisasi	23
Gambar 3.3	Grafik COD Removal pada Tangki Septik	26
Gambar 3.4	Grafik Hubungan Efisiensi Removal BOD dan COD	26
Gambar 3.5	Grafik Hubungan efisiensi Removal COD dengan Temperatur pada Anaerobic Filter	27
Gambar 3.6	Grafik Hubungan efisiensi Removal COD dengan Kualitas Air Limbah pada Anaerobic Filter	28
Gambar 3.7	Grafik Hubungan efisiensi Removal COD dengan Luas Permukaan pada Anaerobic Filter ...	28
Gambar 3.8	Grafik Hubungan efisiensi Removal COD dengan Nilai Hydraulic Retention Time pada Anaerobic Filter	29
Gambar 3.9	Garfik Reduksi Lumpur dengan Masa Simpan	30
Gambar 4.1	Foto Kondisi di Pusat Pertokoan X	35
Gambar 4.2	Grafik Penggunaan Air Bersih per Bulan Pusat Perbelanjaan X	36
Gambar 4.3	Fluktuasi Debit Air Bersih tiap Jam	42
Gambar 4.4	Fluktuasi Debit Air Limbah tiap Jam	44
Gambar 4.5	Grafik Penentuan Volume Bak ekualisasi	46
Gambar 4.6	Grafik COD Removal pada Tangki Septik	50
Gambar 4.7	Grafik Hubungan Efisiensi Removal BOD dan COD	51
Gambar 4.8	Grafik Hubungan efisiensi Removal COD dengan Temperatur pada Anaerobic Filter	52

Gambar 4.9	Grafik Hubungan efisiensi Removal COD dengan Kualitas Air Limbah pada Anaerobic Filter.....	52
Gambar 4.10	Grafik Hubungan efisiensi Removal COD dengan Luas Permukaan pada Anaerobic Filter.....	53
Gambar 4.11	Grafik Hubungan efisiensi Removal COD dengan Nilai Hydraulic Retention Time pada Anaerobic Filter	54
Gambar 4.12	Skema Mass Balance IPAL Anaerobic Filter.....	59
Gambar 4.13	Desain IPAL Anaerobic Filter	61
Gambar 4.14	Desain IPAL Anaerobic Filter	62
Gambar 4.15	Desain IPAL Anaerobic Filter	63
Gambar 4.16	Bak Ekualisasi	64
Gambar 4.17	Bak Ekualisasi	65
Gambar 4.18	Bak Pengendap	66
Gambar 4.19	Bak Pengendap	67
Gambar 4.20	Anaerobic Filter	68
Gambar 4.21	Anaerobic Filter	69
Gambar 4.22	Grafik COD Removal pada Tangki Septik.....	85
Gambar 4.23	Grafik Hubungan Efisiensi Removal BOD dan COD.....	85
Gambar 4.24	Skema Mass Balance IPAL UASB	94
Gambar 4.25	Desain IPAL UASB.....	95
Gambar 4.26	Desain IPAL UASB.....	96
Gambar 4.27	Desain IPAL UASB.....	97
Gambar 4.28	Desain IPAL UASB.....	98
Gambar 4.29	Desain IPAL UASB.....	99
Gambar 4.30	Diagram Perbandingan Luas Lahan IPAL AF & UASB.....	111
Gambar 4.31	Diagram Perbandingan Volume Bangunan IPAL AF & UASB	112
Gambar 4.32	Diagram Perbandingan Efisiensi Penyisihan COD IPAL AF & UASB	113
Gambar 4.33	Diagram Perbandingan Efisiensi Penyisihan BOD IPAL AF & UASB	114
Gambar 4.34	Diagram Perbandingan Efluen COD IPAL AF & UASB.....	115

Gambar 4.35 Diagram Perbandingan Efluen BOD IPAL AF & UASB116

Gambar 4.36 Diagram Perbandingan RAB Konstruksi IPAL AF & UASB.....117



“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pusat perbelanjaan atau biasa disebut mall, pada era modern ini semakin bertambah banyak, terutama di kota metropolitan. Dengan jumlah penduduk yang mencapai 3.400.454 jiwa (Surabaya Dalam Angka, 2014) mall merupakan pasar yang besar bagi masyarakat Surabaya. Seiring dengan pertumbuhan penduduk, diperkirakan jumlah mall akan terus meningkat. Berdasarkan data tahun 2012, terdapat 34 mall di Surabaya (Anonim, 2012). Menurut The (2013) rata-rata jumlah pengunjung mall di kota Surabaya antara 35.000 - 45.000 orang pada hari biasa dan 50.000 - 60.000 orang pada akhir pekan.

Pengoperasian mall tersebut memberikan dampak positif dan negatif. Salah satu dampak negatif yang ditimbulkan berupa meningkatnya limbah cair yang apabila tidak ditangani dengan tepat akan meningkatkan beban pencemaran lingkungan di sekitar mall. Undang - Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menyatakan bahwa setiap kegiatan wajib mengolah limbah yang dihasilkan untuk menjaga kelestarian lingkungan. Oleh karena itu limbah yang akan dibuang harus memenuhi baku mutu yang tercantum dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013 Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.

Limbah cair pusat perbelanjaan (mall) berasal dari toilet berupa *grey water* dan *black water*, serta dari kegiatan *food court* yang menghasilkan jenis limbah yang sama. Secara teoritis debit air limbah dapat dihitung dengan pendekatan 60 - 90% dari debit pemakaian air bersih (Tchobanoglous *et al.*, 2003).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Praditya (2013) tentang desain alternatif IPAL untuk pusat perbelanjaan menyebutkan bahwa pengolahan air limbah secara anaerobik lebih sesuai dibandingkan dengan pengolahan secara aerobik maupun kombinasi. Hal ini dikarenakan *efficiency removal* mencapai 96%, luas lahan yang dibutuhkan sempit, tidak banyak menghasilkan lumpur, dan biaya operasional lebih murah karena tidak menggunakan *blower*. Praditya (2013) juga menyebutkan bahwa untuk mengolah air limbah perbelanjaan

lebih sesuai menggunakan IPAL dengan proses *attached growth* daripada *suspended growth*. Pada perencanaan yang dilakukan oleh Hamid (2014) tentang perbandingan desain IPAL proses *attached growth anaerobic filter* dengan *suspended growth anaerobic baffled reactor* untuk pusat pertokoan di kota Surabaya menyebutkan bahwa proses *attached growth anaerobic filter* memiliki keunggulan dari segi kebutuhan luas lahan yang lebih sempit dan biaya operasional dan perbaikan yang lebih kecil.

Pada perencanaan kali ini akan dibandingkan pengolahan air limbah dengan proses *attached growth anaerobic filter* yang sama dan proses *suspended growth* dengan teknologi yang lain. Salah satu teknologi dari proses *suspended growth* yang akan dibahas lebih dalam adalah *upflow anaerobic sludge blanket*. Aspek yang akan dikaji pada perencanaan ini meliputi efisiensi penyisihan, luas lahan yang dibutuhkan, serta RAB masing-masing IPAL.

Perencanaan ini akan menggunakan salah satu pusat perbelanjaan di Surabaya barat sebagai lokasi studi kasus. Pusat perbelanjaan ini memiliki luas lantai total sebesar 81.291 m² (Razif dan Pitoyo, 2014). Berdasarkan luas lantai totalnya, pusat perbelanjaan ini tergolong pusat perbelanjaan regional (27.870 - 92.900 m²) dengan jangkauan pelayanan diatas 150.000 jiwa penduduk (ULI, 1977).

Berdasarkan hasil survey lapangan, kondisi eksisting pusat perbelanjaan ini telah memiliki unit IPAL berupa 2 buah unit *Rotating Biological Contactor* (RBC) dengan dimensi 4m x 3m x 1,5m tiap unitnya. Unit IPAL berlokasi di basement paling dasar di area pusat perbelanjaan tersebut, dengan kondisi terbuka dan berbau sangat tidak sedap. Unit IPAL tersebut menggunakan energi listrik yang besar untuk mengoperasikan RBC. Masing-masing unit RBC membutuhkan daya listrik sebesar ±3500 watt.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari perencanaan ini adalah:

1. Bagaimana mendesain Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan *Anaerobic Filter* untuk pusat perbelanjaan?
2. Bagaimana mendesain Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* untuk pusat perbelanjaan?

3. Berapa Rencana Anggaran Biaya yang dibutuhkan untuk masing-masing IPAL?
4. Bagaimana perbandingan kelebihan dan kekurangan dari masing-masing IPAL?

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pembahasan dari perencanaan ini adalah:

1. Debit air limbah didapatkan dengan asumsi 70% debit pemakaian air bersih.
2. Karakteristik air limbah (BOD, COD, TSS) didapatkan dari pusat perbelanjaan X di Surabaya melalui data sekunder.
3. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) disesuaikan dengan SNI-DT-2007 series dan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya 2014.
4. Baku mutu *effluent* mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013 Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.

1.4 Tujuan Perencanaan

Tujuan dari perencanaan ini adalah:

1. Memperoleh desain rinci IPAL dengan proses *Attached Growth Anaerobic Filter* untuk pusat perbelanjaan.
2. Memperoleh desain rinci IPAL dengan proses *Suspended Growth Upflow Anaerobic Sludge Blanket* untuk pusat perbelanjaan.
3. Memperoleh Rencana Anggaran Biaya (RAB) pembangunan untuk masing-masing IPAL.
4. Membandingkan kelebihan dan kekurangan dari kedua IPAL tersebut berdasarkan parameter yang dibandingkan meliputi efisiensi penyisihan, luas lahan, volume, dan RAB.

1.5 Manfaat Perencanaan

Adapun manfaat dari perencanaan ini adalah:

1. Memberikan alternatif desain IPAL bagi pengelola pusat perbelanjaan.

2. Mengurangi beban pencemaran pada badan air penerima di sekitar pusat perbelanjaan ini yang berasal dari aktifitas pusat perbelanjaan.
3. Sebagai alternatif referensi oleh Instansi atau Badan Lingkungan Hidup terkait kegiatan sosialisasi tentang pentingnya membangun IPAL serta memberikan gambaran alternatif desain IPAL untuk mengolah air limbah pusat perbelanjaan.
4. Memberikan alternatif desain IPAL yang dapat dijadikan pertimbangan bagi konsultan dan perancang IPAL dalam merencanakan IPAL untuk pusat perbelanjaan yang baru.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Pusat Perbelanjaan

Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 112 Tahun 2007 tentang Penataan dan Pembinaan Pasar Tradisional, Pusat Perbelanjaan dan Toko Modern, toko adalah bangunan gedung dengan fungsi usaha yang digunakan untuk menjual barang dan terdiri dari hanya satu penjual. Sedangkan pusat perbelanjaan (*mall*) adalah suatu area tertentu yang terdiri dari satu atau beberapa bangunan yang didirikan secara vertikal maupun horizontal, yang dijual atau disewakan kepada pelaku usaha atau dikelola sendiri untuk melakukan kegiatan perdagangan barang.

Pada tahun 2012, terdapat 34 pusat perbelanjaan di Surabaya yang aktif beroperasi. Berikut daftar pusat perbelanjaan di Surabaya (Anonim, 2012):

1. BG Junction
2. City of Tomorrow (CITO)
3. Darmo Trade Centre (DTC)
4. Central Point Mall
5. Empire Palace, mall dan pusat perhisan terbesar di Surabaya
6. Galaxy Mall, pusat perbelanjaan terbesar di Surabaya Timur.
7. Golden City Mall
8. Hi-Tech Mall
9. ITC Mega Grosir
10. Jembatan Merah Plaza
11. Maspion Square
12. Pakuwon Indah Supermall (SPI)
13. Pakuwon Trade Centre(PTC)
14. Pasar Atum
15. Pasar Atum Mall
16. Pasar Turi
17. Plaza Marina
18. Plaza Surabaya (Delta Plaza)
19. Pusat Grosir Surabaya (PGS)
20. Royal Plaza

21. Surabaya Town Square (SUTOS)
22. Tunjungan Plaza (TP)
23. World Trade Center Surabaya (WTC Surabaya)
24. JS Plaza
25. Dupak Grosir
26. Grand City Surabaya
27. Ciputra World Surabaya
28. Kapas Krampung Plaza (KAZA)
29. Lenmarc
30. East Coast Center
31. Tunjungan Electronic Center
32. Mangga Dua Center
33. Tunjungan City
34. ICBC Center

Salah satu dari 34 pusat perbelanjaan tersebut akan dipilih sebagai obyek perencanaan IPAL

Fasilitas yang disediakan oleh pengelola dari masing - masing pusat perbelanjaan sangat beragam. Namun pada umumnya fasilitas yang tersedia pada pusat perbelanjaan yaitu stand penjualan, *food court*, tempat ibadah, dan toilet. Setiap fasilitas tersebut pasti menghasilkan limbah, baik limbah padat maupun cair, dengan kuantitas dan kualitas yang beragam. Jumlah dan jenis fasilitas yang berbeda pada setiap pusat perbelanjaan akan berpengaruh pada jumlah pemakaian air bersih dan limbah cair yang dihasilkan, baik secara kuantitas maupun kualitas.

2.2 Proses Pengolahan Limbah Cair secara Anaerobik

Proses pengolahan anaerobik adalah proses pengolahan senyawa – senyawa organik yang terkandung dalam limbah menjadi gas metana dan karbon dioksida tanpa memerlukan oksigen.

Penguraian senyawa organik seperti karbohidrat, lemak dan protein yang terdapat dalam limbah cair dengan proses anaerobik akan menghasilkan biogas yang mengandung metana (50-70%), CO₂ (25-45%) dan sejumlah kecil nitrogen, hidrogen dan hidrogen sulfida (Manurung, 2004).

Menurut Toerien dan Hattingh (1969), membagi proses biokimia anaerobik menjadi empat fase yang terdiri dari hidrolisa, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis.

a.) Hidrolisa

Merupakan tahapan pemutusan rantai atau pemecahan molekul bahan organik kompleks yang panjang menjadi lebih pendek sehingga terbentuk bahan organik yang lebih sederhana. Bahan organik sebagai sumber nutrisi diserap dari substrata atau dalam hal ini adalah limbah cair. Pemutusan rantai bertujuan agar bahan organik tersebut lebih mudah diserap dan dicerna oleh bakteri dalam metabolismenya. Proses ini didukung oleh enzim-enzim ekstraseluler yang dihasilkan mikroorganisme sebagai katalisator. Contohnya adalah pemecahan karbohidrat, lemak, dan protein menjadi molekul-molekul gula, peptida dan asam amino.

b.) Asidogenesis

Pada tahapan ini terjadi penguraian lebih lanjut dari sebagian materi-materi organik hasil proses hidrolisa menjadi senyawa-senyawa alkohol dan asam-asam volatil seperti metanol, etanol, asam butirat, format, propionat, dan lain sebagainya. Proses ini dilakukan oleh bakteri-bakteri pembentuk asam yang bersifat fakultatif. Asam-asam yang terbentuk akan menurunkan pH sehingga diperlukan kontrol pH agar tidak menghambat pertumbuhan bakteri pembentuk metana yang membutuhkan pH optimal 6,5-8.

c.) Asetogenesis

Asam-asam volatil, alkohol dan sebagian materi-materi organik hasil proses hidrolisa diubah menjadi asam asetat, asam format, H_2 , dan CO_2 . Tahapan ini penting untuk menghindari akumulasi asam lemak volatil yang menghambat terjadinya tahapan metanogenesis. Gas H_2 dihasilkan oleh bakteri penghasil hidrogen melalui proses hidrogenesis. Bakteri jenis ini dapat menghasilkan asam tetapi tidak semua bakteri penghasil asam dapat menghasilkan gas

H₂. Oleh karena itu bakteri jenis ini dimasukkan kedalam jenis bakteri penghasil asam. Bila gas H₂ tidak terbentuk maka fase nonmetanogen menghasilkan sedikit penurunan COD karena tidak semua electron yang lepas dalam oksidasi senyawa organik diterima akseptor organik dalam media. Sedangkan bila gas H₂ terbentuk penurunan COD akan lebih signifikan.

d.) **Metanogenesis**

Merupakan tahap terakhir proses anaerob dimana terbentuk metan (CH₄) dan CO₂ sebagai produk akhir. Asam asetat diubah menjadi CH₄ dan CO₂ dan kemudian CO₂ direduksi menjadi CH₄. Keberadaan asam asetat merupakan precursor dari terbentuknya gas metan di dalam reaktor.

2.3 Limbah Cair Pusat Perbelanjaan

2.3.1 Kualitas dan Kuantitas Air Limbah

Pada penelitian yang di lakukan oleh Rachmasari (2006) dengan judul “Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah Pusat Grosir Wonokromo Surabaya” mengambil sampel air limbah yang berasal dari toilet dan food court dari 3 pusat perbelanjaan di Surabaya. Berikut data kualitas air limbah dari 3 pusat perbelanjaan di Surabaya.

Tabel 2.1 Kualitas Air Limbah Pusat Pertokan di Surabaya

No.	Nama Pusat Perbelanjaan	BOD (mg/l)
1.	Jembatan Merah Plaza	236
2.	Pakuon Trade Center	230
3.	Tunjungn Plaza 3	326
Rata - Rata		264

(Sumber : Rachmasari, 2006)

Kualitas air limbah akan mempengaruhi teknologi pengolahan air limbah yang akan digunakan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Praditya (2013) menyebutkan bahwa teknologi yang sesuai untuk mengolah air limbah pusat perbelanjaan adalah dengan proses anaerobik.

Menurut Yazid dkk., (2014) parameter yang paling dominan pada air limbah domestik yaitu BOD, COD, TSS dan

nitrat. Nilai BOD dan COD yang terkandung dalam air limbah domestik merupakan parameter yang penting untuk proses denitrifikasi yang diperlukan sebagai donor elektron untuk $\text{NO}_3\text{-N}$. Hal ini dapat disimpulkan bahwa dalam penyisihan BOD, COD, dan, $\text{NO}_3\text{-N}$ pada pengolahan limbah cair memiliki hubungan yang berbanding lurus (Salmah, 2004), sedangkan TSS yang merupakan partikel tersuspensi pada air limbah mengandung hampir 70% dari total COD (Aiyuk *et al.*, 2010). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hamid (2014), kandungan parameter N serta minyak dan lemak pada air limbah domestik dari salah satu pusat perbelanjaan di Surabaya yang memiliki karakteristik hampir sama dengan pusat perbelanjaan yang akan dijadikan studi kasus pada perencanaan ini memiliki nilai yang tidak terlalu besar sehingga tidak dijadikan parameter untuk perencanaan ini.

Kuantitas air limbah sangat berpengaruh pada desain IPAL yang akan dibuat, terutama dalam hal volume unit IPAL yang erat kaitannya dengan luas lahan yang dibutuhkan (Hamid 2014). Kualitas dan kuantitas air limbah dipengaruhi oleh jumlah dan jenis fasilitas yang ada di pusat perbelanjaan, mulai dari toilet, food court, dan lain sebagainya. Dari jumlah dan jenis fasilitas yang beroperasi tersebut dapat dihitung kuantitas dan kualitas air limbah yang akan dihasilkan.

2.3.2 Karakteristik dan Baku Mutu Air Limbah

Karakteristik air limbah pusat perbelanjaan yang dihasilkan tergantung pada kegiatan pemakaian air sehari-hari, misalnya limbah yang berasal dari toilet dan food court. Maka dari itu limbah pusat perbelanjaan memiliki karakteristik yang mirip dengan limbah cair domestik (Hamid, 2014).

Sebelum membuang limbah cair ke badan air, maka pengelola pusat perbelanjaan harus mengolah limbahnya terlebih dahulu agar tidak menimbulkan pencemaran. Hasil olahan air limbah tersebut harus memenuhi baku mutu yang tercantum pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013 Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.

Parameter - parameter yang perlu diperhatikan dalam mengolah limbah cair domestik yaitu BOD, COD, TSS, pH, lemak dan minyak, serta temperatur (Hamid, 2014). Baku mutu yang

digunakan berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013 Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. Baku mutu limbah cair perbelanjaan tergolong dalam usaha dan/atau kegiatan domestik yang meliputi pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama. Berikut adalah baku mutu untuk masing - masing parameter.

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

No	Baku Mutu Air Limbah Domestik	
	Volume limbah cair maksimum 120 L/orang.hari	
	Parameter	Kadar Maksimum
1	BOD ₅	30
2	COD	50
3	TSS	50
4	Minyak dan Lemak	10
5	pH	6-9

(Sumber : Pergub Jatim No 72 Tahun 2013)

2.4 Unit Pengolahan Limbah yang akan Didesain

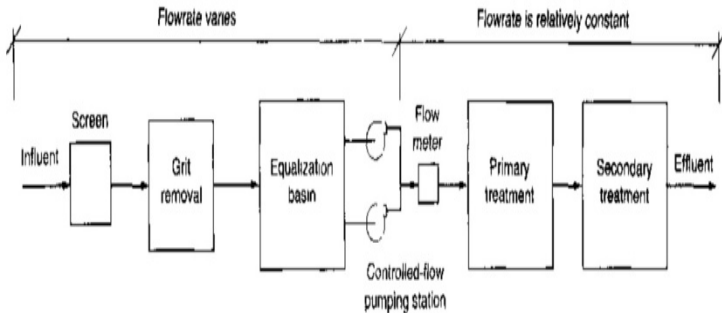
2.4.1 Bak Ekualisasi

Menurut Tchobanoglous (2003) Bak ekualisasi merupakan suatu bak penampung air limbah agar debit air limbah yang akan diolah menjadi konstan. Hamid (2014) menyebutkan fungsi dari bak ekualisasi ini adalah:

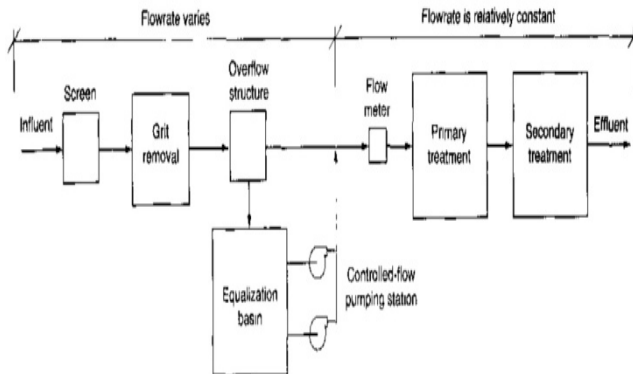
1. Sebagai bak penampung air limbah dari berbagai sumber agar limbah tersebut dapat tercampur dan mendapatkan karakteristik air limbah yang homogen.
2. Mendapatkan debit air limbah yang konstan sebelum diolah pada unit selanjutnya. Karena IPAL beroperasi secara kontinyu selama 24 jam dalam sehari, sedangkan pusat perbelanjaan X hanya beroperasi selama 12 jam.
3. Menstabilkan konsentrasi air limbah sebelum masuk ke unit pengolahan sebelumnya.

Terdapat dua tipe pemasangan bak ekualisasi, yaitu dengan sistem in-line dan off-line. Untuk sistem in-line, semua aliran melewati bak ekualisasi. Tipe pemasangan ini dapat digunakan untuk menstabilkan konsentrasi dan debit air limbah.

Sedangkan untuk sistem off-line, hanya aliran dari *overflow* yang masuk ke dalam bak ekualisasi. Jika kebutuhan pemompaan pada sistem ini diminimalisasi, jumlah redaman terhadap konsentrasi konstituen menjadi jauh berkurang. Sistem off-line pada bak ekualisasi terkadang digunakan untuk menerima "*first-flush*" dari sistem pengumpul gabungan.

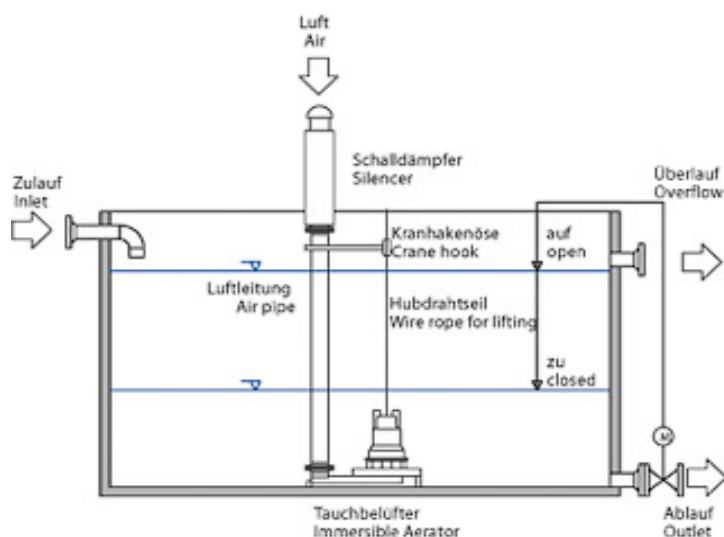


Gambar 2.1 Ekualisasi Sistem In-Line
(Sumber: Tchobanoglous *et al.*, 2003)



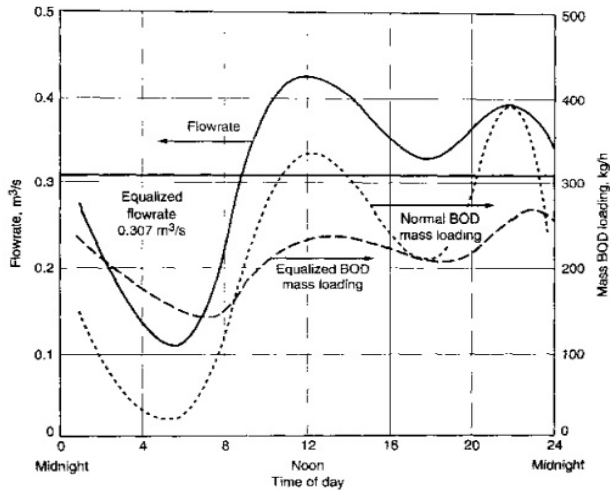
Gambar 2.2 Ekualisasi Sistem Off-Line
(Sumber: Tchobanoglous *et al.*, 2003)

Peletakan posisi terbaik bak ekualisasi disesuaikan dengan sistem IPAL. Peletakan bak ekualisasi setelah pengolahan fisik sebelum pengolahan biologis dapat mengurangi padatan tersuspensi. Sedangkan peletakan bak ekualisasi sebelum pengolahan fisik harus dapat menstabilkan padatan tersuspensi dan konsentrasi air limbah dengan cara memberikan proses pengadukan di dalam bak ekualisasi. Proses pengadukan bisa dilakukan dengan berbagai cara, misalnya dengan menggunakan aerator atau *paddle mixer* (Tchobanoglous *et al*, 2003).



Gambar 2.3 Contoh Bak Ekualisasi
(Sumber: Anonim, 2015)

Gambar 2.4 menunjukkan bahwa dengan adanya bak ekualisasi dapat meredam *organic shock loading* yang terjadi ketika debit air limbah minimum atau maksimum.



Gambar 2.4 Garfik Kualitas Air Limbah pada Bak Ekualisasi
(Sumber: Tchobanoglous *et al.*, 2003)

2.4.2 Anaerobic Filter

2.4.2.1 Bak Pengendap

Tujuan utama dari pengolahan pada bak pengendap adalah untuk menghilangkan padatan yang mudah mengendap dan material yang mengambang serta mengurangi padatan tersuspensi. Bak pengendap digunakan sebagai langkah awal dalam mengolah air limbah. Desain dan operasi yang efisien pada bak pengendap dapat menghilangkan 50-70% padatan tersuspensi dan 25-40% BOD (Tchobanoglous *et al.*, 2003). Banyak faktor yang mempengaruhi kapasitas dan kemampuan dari bak pengendap, antara lain *surface and solids loading rates*, tipe bak, mekanisme penghilangan padatan, desain inlet, penempatan pelimpah, dan *loading rate*.

Di dalam bak pengendap ini kotoran padat (*suspended organic*) akan terurai secara anaerobic menjadi bentuk yang larut dalam air dan yang tak terurai akan menjadi lumpur yang akan mengendap di dasar bak pengendap. Air limpasan dari bak pengendap akan dialirkan ke unit *anaerobic filter*

2.4.2.2 Anaerobic Filter

Anaerobic Filter (AF) atau yang sering disebut *fixed bed* atau *fixed film reactor*, mengolah padatan yang tidak dapat diendapkan dan padatan terlarut dengan cara mengontakkannya pada bakteri. Bakteri yang “lapar” akan mencerna bahan organik terlarut dalam waktu yang singkat. Kebanyakan bakteri tidak dapat bergerak. Mereka cenderung melekatkan diri pada media padat, misalnya dinding reactor (Sasse, 1998)

Menurut Morel dan Diener (2006) Anaerobic filter adalah pengolahan air limbah terlekat menggunakan biofilm yang bertujuan untuk menyisahkan padatan yang tidak dapat mengendap dan padatan terlarut. Anaerobic filter menggunakan tangki yang memiliki beberapa lapisan media yang terendam yang memiliki luas permukaan untuk melekatkan bakteri. Ketika air limbah mengalir melewati filter-biasanya dari bawah ke atas (up-flow) - air limbah akan kontak dengan biomasa pada filter dan mengalami degradasi anaerobik.

Media filter seperti kerikil, batu, atau plastik memiliki luas permukaan tambahan untuk melekatkan bakteri. Semakin besar luas permukaan media untuk pertumbuhan bakteri semakin cepat proses penguraiannya. Sebuah media filter yang baik memiliki 90-300 m² luas permukaan setiap m³ volume reactor. Permukaan yang kasar memiliki luas area yang lebih besar, paling tidak pada fase awal. Lama-kelamaan bakteri yang tumbuh akan semakin banyak sehingga luas permukaan pada media filter akan semakin berkurang. Luas permukaan pada media filter tidak lebih penting dibandingkan dengan kemampuannya dalam menahan partikel padat (Sasse, 1998).

Berdasarkan Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan yang dikeluarkan oleh Kementerian Kesehatan RI, media yang paling efektif untuk unit anaerobic filter adalah media sarang tawon. Hal ini dapat dilihat dari nilai pembobotan beberapa parameter yang dibandingkan dengan media lainnya. Nilai pembobotan dari beberapa parameter media untuk anaerobic filter terdapat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Perbandingan Karakteristik Media Biofilter

Tipe Media	A	B	C	D	E	F	G
Luas Permukaan Spesifik	5	1	5	5	5	5	5
Volume Rongga	1	1	1	1	4	5	5
Diameter Celah Bebas	1	3	1	1	2	2	5
Ketahanan Terhadap Penyumbatan	1	3	1	1	3	3	5
Materila	5	5	5	5	5	5	5
Harga Per Satuan Luas	5	3	3	5	4	1	4
Kekuatan Mekanik	5	5	1	1	2	2	5
Berta Media	1	1	5	5	4	5	5
Fleksibilitas	2	2	1	3	3	4	4
Perawatan	1	1	1	1	3	3	5
Konsumsi Energi	2	2	1	5	4	5	5
Sifat Dapat Basah	5	5	3	3	3	1	3
Total Bobot	34	32	28	36	42	41	56

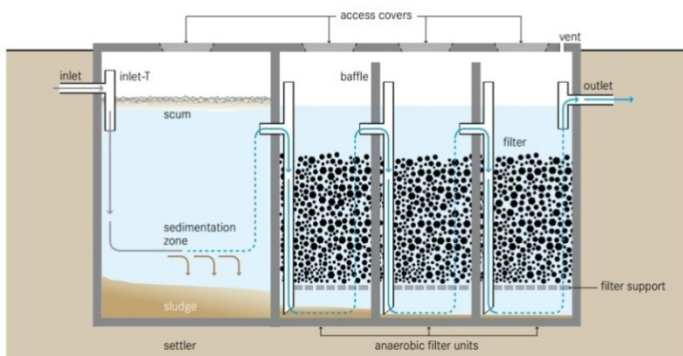
(Sumber: Kemenkes RI)

Keterangan:

Bobot : 1 = Terburuk 5 = Terbaik
A: Kerikil kecil
B: Kerikil besar
C: Mash pad
D: Brillo pad
E: Bio Ball
F: Random damped
G: Media terstruktur (sarang tawon)

Kualitas pengolahan jika anaerobik filter berjalan dengan baik adalah berkisar antara 70-90% untuk penyisihan BOD. Anaerobik filter sangat cocok untuk air limbah domestik dan semua industri yang memiliki beban TSS yang rendah. Anaerobik filter bisa dioperasikan secara Up-flow maupun down-flow. Sistem up-flow lebih dianjurkan karena resiko terbuangnya bakteri yang aktif lebih rendah dibandingkan dengan sistem down-flow. Namun kombinasi sistem up-flow dan down-flow juga dapat diaplikasikan. Kriteria desain yang penting adalah distribusi aliran yang stabil

ketika melalui area filter. Ruang kosong sebelum dan sesudah area filter sangat berpengaruh pada aliran yang stabil. Panjang filter tidak boleh melebihi kedalaman air. Batasan beban organik berkisar antara 4 - 5 kg COD/m³.hari. Waktu tinggal hidraulik dibandingkan dengan volume tangki harus berada antara 1,5 - 2 hari (Sasse, 1998)



Gambar 2.5 Anaerobik filter yang Terintegrasi dengan Tangki Septik
(Sumber: Tilley *et al.*, 2014)

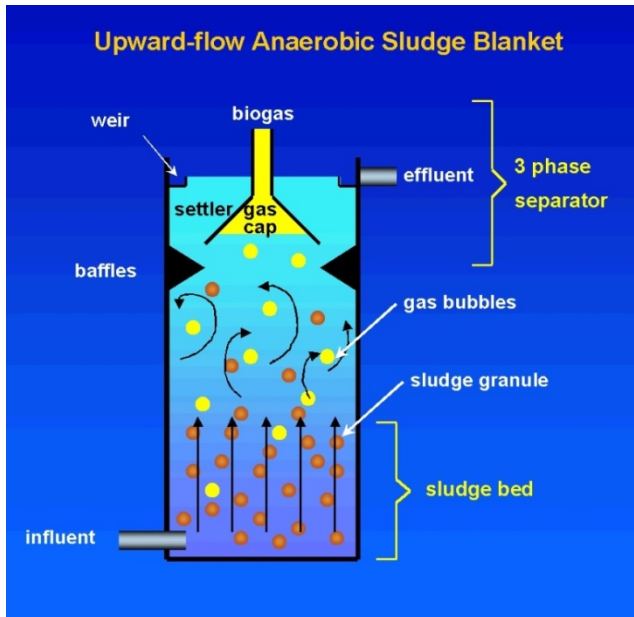
2.4.3 **Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)**

Air limbah didistribusikan melalui dasar reaktor UASB dan mengalir ke arah atas melewati lapisan lumpur. bagian terpenting dari desain reaktor UASB adalah sistem distribusi influen, pemisah antara gas dan padatan, dan desain outlet. Ciri kunci dari proses UASB adalah diperbolehkannya penggunaan beban COD yang tinggi dibandingkan dengan proses anaerobik yang lain dan adanya pembentukan butiran lumpur (*sludge blanket*). Dikarenakan pembentukan butiran lumpur, konsentrasi padatan berkisar antara 50 - 100 g/L pada dasar reaktor dan 5 - 40 g/L pada bagian atas reaktor. Butiran lumpur memiliki diameter antara 1 - 3 mm dan menghasilkan lumpur yang terpadatkan sempurna dengan kandungan SVI kurang dari 20 mL/g. Diperlukan waktu beberapa bulan untuk menghasilkan butiran lumpur dan bibit mikroba yang seringkali disuplai dari IPAL lain untuk mempercepat masa inisiasi.

Air limbah yang mengandung bahan yang bersifat negatif terhadap pembentukan butiran lumpur harus diperhatikan, karena dapat menyebabkan timbulnya busa, atau menyebabkan terbentuknya *scum*. Air limbah yang mengandung kandungan protein dan/atau lemak yang tinggi seringkali menyebabkan masalah tersebut. Sebagian partikulat yang berukuran kecil dibandingkan dengan COD terlarut penting untuk menentukan desain beban pada reaktor UASB dan juga untuk menentukan kesesuaian aplikasi dari proses UASB. Apabila padatan pada air limbah meningkat, maka kemampuan untuk membentuk butiran lumpur padatan akan berkurang.

Pemisah gas dan padatan didesain untuk mengumpulkan biogas yang terbentuk, mengeluarkan padatan, membuat pemisah antara gas dan padatan, membuat padatan kembali ke zona lapisan lumpur, dan membantu meningkatkan penyisihan padatan. Seri baffle yang berbentuk "V" terbalik digunakan sebagai weir pada effluen tersebut. Kriteria desain dari pemisah gas dan padatan pada reaktor UASB adalah sebagai berikut:

1. Kemiringan dinding penangkap gas antara 45° - 60°
2. Luas permukaan pada celah antara penangkap gas tidak boleh lebih kecil dari 15 - 20% dari total luas permukaan reaktor
3. Tinggi dari penangkap gas harus berkisar antara 1,5 - 2 m pada reaktor yang memiliki ketinggian 5 - 7 m.
4. Batas antara gas dan air harus diperhatikan pada penangkap gas untuk memfasilitasi pelepasan dan penangkapan gelembung gas dan untuk mengontrol pembentukan lapisan berbusa.
5. Panjang baffle yang berada dibawah celah harus diantara 100 - 200 mm untuk menghindari masuknya gelembung gas pada kompartemen pengendap.
6. Umumnya baffle lapisan berbusa harus dipasang di depan weir effluen.
7. Diameter pipa pembuang gas harus cukup untuk menjamin penyisihan biogas dari penutup penangkap gas.
8. Pada bagian atas penutup gas, penyemprot anti busa harus dibuat untuk menjaga jika pengolahan menghasilkan busa yang banyak.



Gambar 2.6 Reaktor UASB

(Sumber: Anonim, 2011a)

Kelebihan dari proses UASB adalah mampu mengolah beban yang tinggi dan memiliki waktu tinggal yang singkat yang memungkinkan untuk proses anaerobik dan meminimalkan biaya. Kelemahan dari proses UASB adalah kurang mampu mengolah beban padatan yang tinggi (Tchobanoglous *et al.*, 2003).

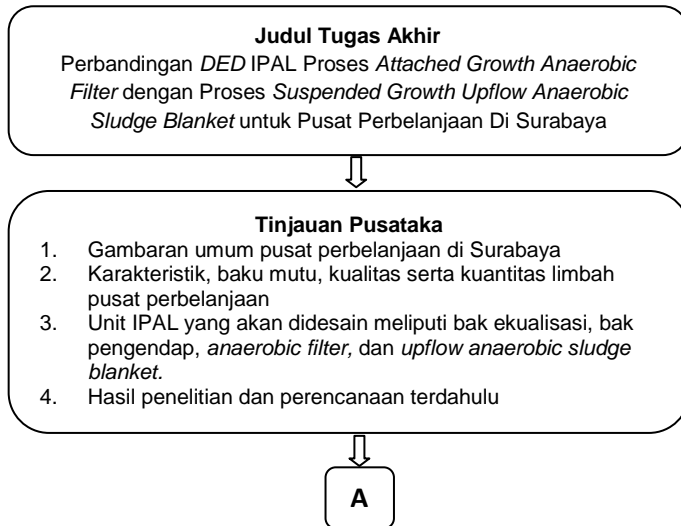
BAB 3 METODE PERENCANAAN

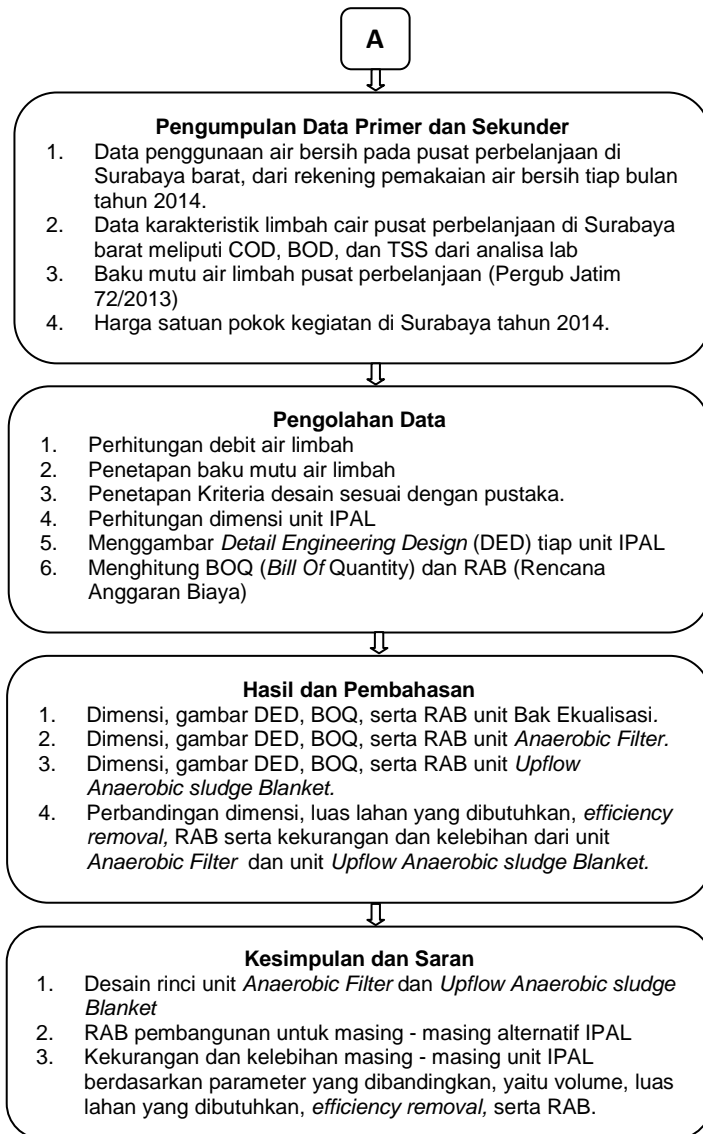
3.1 Umum

Pada tugas akhir kali ini akan didesain Instalasi Pengolahan Air Limbah untuk pusat perbelanjaan X di Surabaya dengan proses *attached growth* menggunakan teknologi *anaerobic filter* dan proses *suspended growth* dengan teknologi *upflow anaerobic sludge blanket*. Secara umum perencanaan awal terdiri dari 2 tahap, yaitu tahap pengambilan data yang dibutuhkan dalam perencanaan dan tahap perencanaan desain IPAL. Dengan adanya metode perencanaan ini, diharapkan dapat memfokuskan tujuan perencanaan serta dapat diketahui segala sesuatu yang dibutuhkan selama proses desain.

3.2 Tahapan Perencanaan

Penyusunan tahapan perencanaan dilakukan untuk mengetahui tahapan-tahapan pada saat melakukan perencanaan dan sebagai pedoman dalam melakukan perencanaan sehingga diharapkan akan mempermudah dalam proses perencanaan. Tahapan perencanaan dapat dilihat pada Gambar 3.1





Gambar 3.1 Tahapan Perencanaan

3.2.1 Judul Tugas Akhir

Judul tugas akhir ini adalah “Perbandingan *DED* IPAL Proses *Attached Growth Anaerobic Filter* dengan Proses *Suspended Growth Upflow Anaerobic Sludge Blanket* untuk Pusat Perbelanjaan Di Surabaya”.

3.2.2 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka dilakukan untuk mendapatkan teori - teori yang akan mendukung dalam penyusunan tugas akhir ini. Tinjauan pustaka dilakukan dengan cara mengumpulkan informasi pustaka dari berbagai sumber seperti jurnal, thesis, tugas akhir, *text book*, internet, dan lain sebagainya. Adapun data pendukung yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Gambaran umum pusat perbelanjaan di Surabaya
2. Karakteristik, baku mutu, kualitas serta kuantitas limbah pusat perbelanjaan
3. Unit IPAL yang akan didesain meliputi bak ekualisasi, bak pengendap, *anaerobic filter*, dan *upflow anaerobic sludge blanket*.
4. Hasil penelitian dan perencanaan terdahulu

3.2.3 Pengumpulan Data Primer dan Sekunder

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data - data yang akan diperlukan dalam perencanaan ini. Data yang dikumpulkan meliputi:

1. Data penggunaan air bersih pada pusat perbelanjaan di Surabaya barat, dari rekening pemakaian air bersih tiap bulannya tahun 2014.
2. Data karakteristik limbah cair pusat perbelanjaan di Surabaya barat meliputi COD, BOD, dan TSS dari analisa lab
3. Baku mutu air limbah pusat perbelanjaan (Pergub Jatim 72/2013)
4. Harga satuan pokok kegiatan di Surabaya tahun 2014.

3.2.4 Pengolahan Data

Data yang telah dikumpulkan akan diolah yang nantinya akan dibahas dalam tugas akhir ini. Adapun pengolahan data yang dilakukan meliputi:

1. Perhitungan debit air limbah yang dihasilkan dengan mengasumsikan sebesar 70% dari penggunaan air bersih.
2. Penetapan baku mutu air limbah berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013 Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.
3. Penetapan kriteria desain sesuai dengan pustaka.

a. *Anaerobic Filter*

Kriteria desain untuk *anaerobic filter* meliputi:

- Organik loading : <4,5 Kg COD/m³.hari
- HRT di tangki septik : 2 jam
- HRT di *anaerobic filter* : 24 - 48 jam
- BOD removal : 70 - 90%
- Rasio SS/COD : 0,35 - 0,45
- Luas spesifik media : 80 - 200 m²/m³
- Massa kosong filter : 30 - 45%
- *Velocity upflow* : < 2 m/jam

(Sumber: Sasse, 1998)

b. *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*

Kriteria desain untuk *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* meliputi:

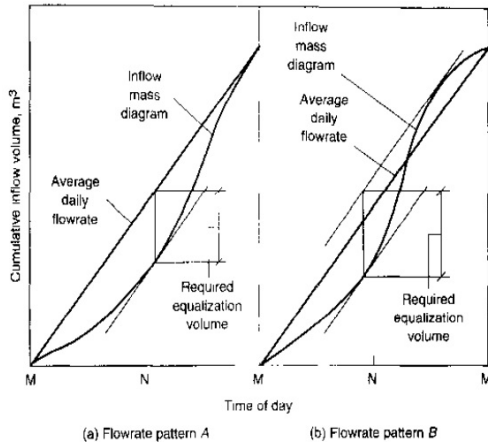
- td : >6 jam (untuk suhu pengolahan >26 °C)
- OLR : 2,5 - 3,5 kgCOD/m³.hari
- Influen area : 0,5 - 1 m²/pipa distributor
- Y : 1020 - 1040 kg/m³
- *Upflow velocity* : 0,5 - 1,1 m/jam
- Tinggi reaktor : 3 - 5 m

(Sumber: Chernicharo, 2007)

4. Perhitungan dimensi unit bak ekualisasi, bak pengendap, *anaerobic filter*, dan *upflow anaerobic sludge blanket* menggunakan program *Microsoft Excel*.

a) Cara menghitung dimensi bak ekualisasi

Untuk menentukan volume bak ekualisasi dapat menggunakan gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Massa dan Debit untuk Menghitung Volume Bak Ekualisasi

(Sumber: Tchobanoglous, 2003)

Langkah perhitungan yang dilakukan adalah:

1. Menghitung volume kumulatif dari masing-masing debit per periode dimulai dari periode paling awal hingga paling akhir.
2. Grafik kumulatif diplot pada diagram massa dan debit untuk memperoleh volume bak yang dibutuhkan.
3. Membuat garis parallel yang menghubungkan antara tangen debit rata - rata dengan titik terbawah diagram massa. volume bak direpresentasikan oleh garis vertical tersebut.

Untuk menentukan efek bak ekualisasi terhadap BOD *mass loading* dapat mengikuti langkah - langkah sebagai berikut:

1. Hitunglah volume air limbah pada bak ekualisasi pada tiap - tiap akhir waktu. Perhitungan volume menggunakan persamaan berikut:

$$V_{SC} = V_{SP} + V_{IC} + V_{OC}$$

Dimana: V_{SC} = volume bak ekualisasi pada periode sekarang

V_{SP} = volume bak ekualisasi pada periode sebelumnya

V_{IC} = volume inflow selama waktu sekarang

V_{OC} = volume outflow selama waktu sekarang

2. Hitunglah konsentrasi rata - rata yang keluar dari bak. Diasumsikan limbah tercampur secara merata, maka dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$X_{OC} = \frac{(V_{IC})(X_{IC}) + (V_{SP})(X_{SP})}{V_{IC} + V_{SP}}$$

Dimana: X_{OC} = konsentrasi rata - rata BOD efluen pada periode sekarang, mg/l

V_{IC} = volume influen periode sekarang, m³

X_{IC} = konsentrasi BOD influen rata - rata, mg/l

V_{SP} = volume air limbah pada saat akhir periode sebelumnya, m³

X_{SP} = konsentrasi BOD air limbah pada saat akhir periode sebelumnya, mg/l

3. Hitunglah *mass loading rate* per jam dengan persamaan berikut:

$$MLR = \frac{(X_{OC})(q_i)(3600 \text{ s/h})}{10^3 \text{ g/kg}}$$

Dimana: MLR = *mass loading rate*, Kg/jam

X_{OC} = konsentrasi rata - rata BOD efluen pada periode sekarang, mg/l

q_i = debit aliran pada waktu sekarang, m³/s

4. Masukkan data pada tabel seperti berikut

Tabel 3.1 Contoh Perhitungan BOD Mass Loading pada Bak ekualisasi

Ratio	BOD mass loading	
	Unequalized	Equalized
$\frac{\textit{peak}}{\textit{average}}$	$\frac{439}{213} = 2,06$	$\frac{271}{213} = 1,27$
$\frac{\textit{minimum}}{\textit{average}}$	$\frac{17}{213} = 0,08$	$\frac{132}{213} = 0,62$
$\frac{\textit{peak}}{\textit{minimum}}$	$\frac{439}{17} = 25,82$	$\frac{271}{132} = 2,05$

(Sumber: Tchobanoglous *et al.*, 2003)

Data yang telah didapat dari perhitungan kemudian diplot pada grafik perbandingan mass BOD loading dengan debit pada waktu tertentu seperti pada Gambar 2.4.

b) Cara menghitung dimensi unit *anaerobic filter* yang terintegrasi dengan tangki septik

Untuk menghitung dimensi unit *anaerobic filter* + tangki septik terdapat langkah - langkah sebagai berikut:

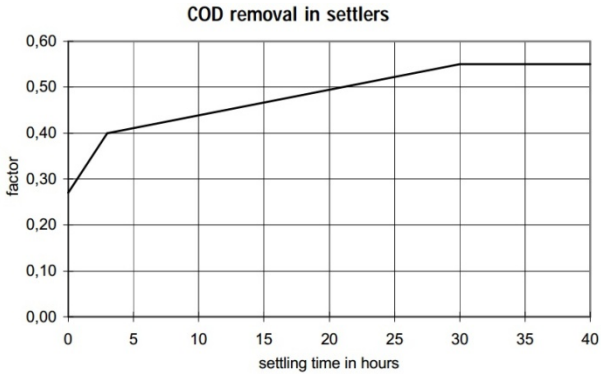
1.) Menghitung data umum diantaranya:

Untuk menentukan Q_{peak} dan presentase penyisihan COD pada tangki septik yaitu dengan menggunakan persamaan berikut

$$Q_{\text{peak}} = Q_{\text{ave}}/\text{Flowrate}$$

$$\text{COD}_{\text{rem}} = ((\text{SS}/\text{COD})/0,6 \times (\text{HRT}-1)) \times ((0,1/2) + 0,3)$$

Persamaan di atas terkait dengan Gambar 3.3, sedangkan nilai 0,6 didapat dari pengalaman (Sasse, 1998).

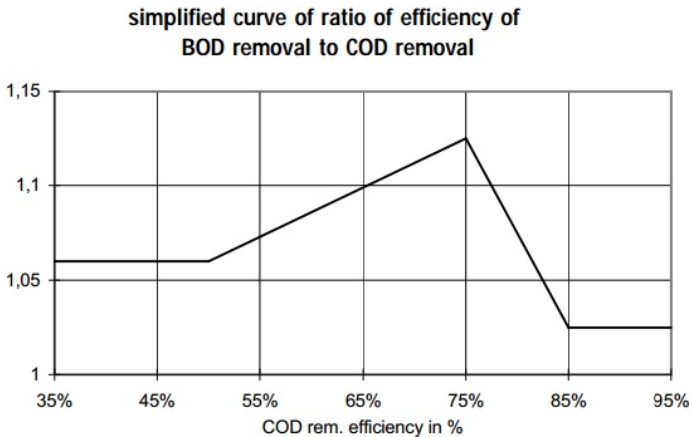


Gambar 3.3 Grafik COD Removal pada Tangki Septik
(Sumber: Sasse, 1998)

$$BOD_{rem\ S.T} = (BOD/COD\ rasio) \times COD_{rem\ S.T}$$

BOD/COD rasio = Jika presentase removal < 50% = rasio 1,06

Persamaan tersebut berkaitan dengan Gambar 3.4.



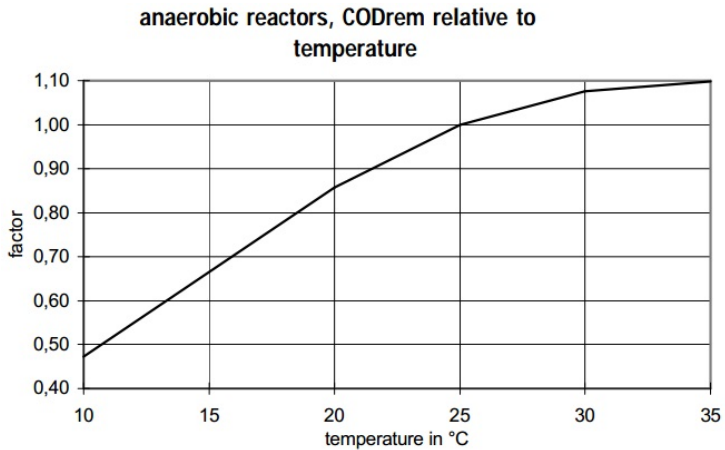
Gambar 3.4 Grafik Hubungan Efisiensi Removal BOD dan COD
(Sumber: Sasse, 1998)

2.) Menghitung data pengolahan diantaranya:

$$\text{COD}_{\text{in AF}} = \text{COD}_{\text{in}} \times (1 - \text{penyisihan COD bak pengendap})$$

$$\text{BOD}_{\text{in AF}} = \text{BOD}_{\text{in}} \times (1 - \text{penyisihan BOD bak pengendap})$$

Persamaan tersebut berkaitan dengan Gambar 3.5.

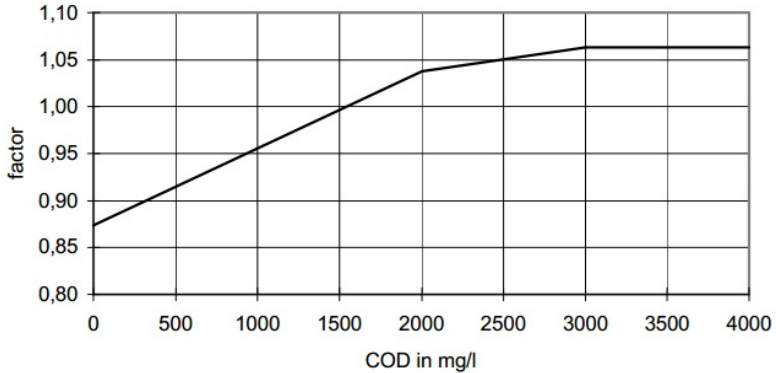


Gambar 3.5 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Temperatur pada *Anaerobic Filter*
(Sumber: Sasse, 1998)

$$F\text{-konsentrasi} = \text{COD}_{\text{in AF}} \times (0,17/2000) + 0,87$$

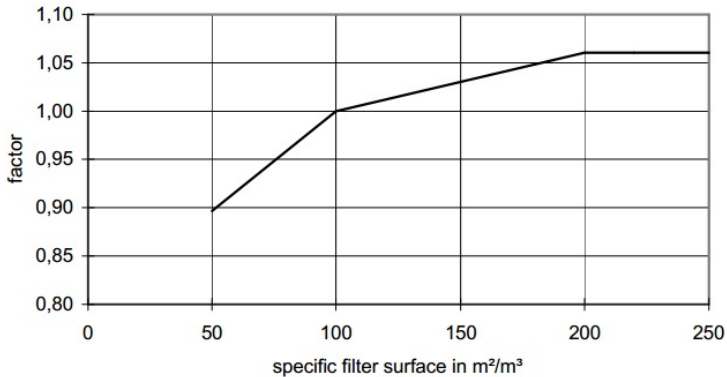
Persamaan tersebut berkaitan dengan Gambar 3.6

anaerobic filter, CODrem in relation to wastewater strength



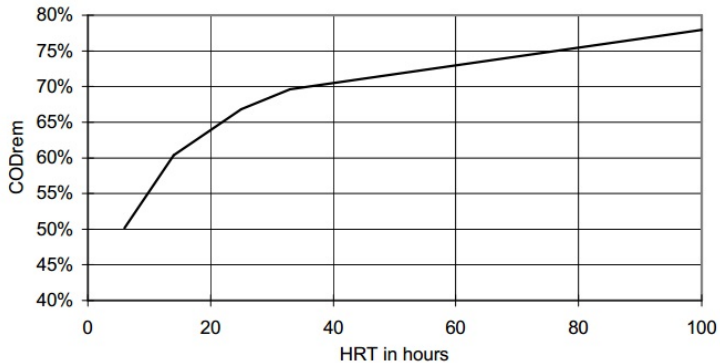
Gambar 3.6 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Kualitas Air Limbah pada *Anaerobic Filter* (Sumber: Sasse, 1998)

anaerobic filter, CODrem in relation to specific filter surface



Gambar 3.7 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Luas Permukaan pada *Anaerobic Filter* (Sumber: Sasse, 1998)

anaerobic filter, CODrem in relation to HRT,
CODin 1500 mg/l; 25°C



Gambar 3.8 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Nilai Hydraulic Retention Time pada Anaerobic Filter
(Sumber: Sasse, 1998)

$$\text{COD}_{\text{rem AF}} = F\text{-temp} \times F\text{-strength} \times F\text{-surface} \times F\text{-HRT} \times (1 + (\text{jumlah kompartemen} \times 0,04))$$

Persamaan tersebut bergantung pada kemampuan peningkatan efisiensi removal dengan cara penambahan kamar atau kompartemen dengan membatasi nilai efisiensi removal sampai dengan 98%.

$$\text{COD}_{\text{eff AF}} = \text{COD}_{\text{in AF}} \times (1 - \text{penyisihan COD}_{\text{rem AF}})$$

$$\% \text{COD}_{\text{rem total}} = (1 - \text{COD}_{\text{eff AF}}) / \text{COD}_{\text{in}}$$

3.) Menghitung dimensi tangki septik diantaranya:

$$\text{BOD}_{\text{rem total}} = (\% \text{rem COD ST+AF} \times (\text{faktor rem BOD/COD}))$$

$$\text{BOD}_{\text{rem AF}} = ((1 - \text{BOD}_{\text{rem total}}) \times \text{BOD}_{\text{in}})$$

Untuk menentukan dimensi tangki septik dengan menggunakan persamaan berikut

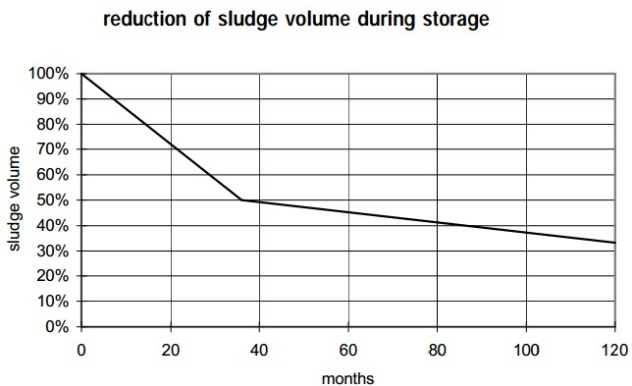
Panjang bak pertama = $\frac{2}{3}$ x volume bak pengendap/lebar dalam/ketinggian minimum air pada inlet

Panjang bak kedua = panjang bak pertama/2

Menghitung akumulasi jumlah lumpur yang dihasilkan pada bak pengendap menggunakan persamaan berikut

Akumulasi lumpur = $0,005 \times (1 - (\text{interval pengurasan} \times 0,014))$

Persamaan tersebut berkaitan dengan Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Grafik Reduksi Lumpur dengan Masa Simpan
(Sumber: Sasse, 1998)

Menghitung volume total bak pengendap menggunakan persamaan berikut

$V_{\text{tangki septic}} = (\text{panjang bak pertama} + \text{panjang bak kedua}) \times \text{lebar dalam} \times \text{ketinggian air minimum pada inlet}$

4.) Menghitung dimensi *anaerobic filter* diantaranya:

Menentukan dimensi *anaerobic filter* menggunakan persamaan berikut

$$V_{AF} = \text{HRT} \times Q_{ave}$$

Panjang kompartemen AF = Kedalaman AF

Lebar kompartemen = $V_{AF} / \text{jumlah kompartemen} / (\text{kedalaman} \times 0,25) + (\text{panjang kompartemen} - \text{ketinggian media filter} \times (1 - \% \text{porositas media}))$

Ketinggian media filter = Kedalaman AF - jarak media filter dengan dasar bak - 0,4 - 0,05

$Q_{\text{gas ST}} = (\text{COD}_{in} - \text{COD}_{in AF}) \times Q_{ave} \times 0,35 / 1000 / 0,7 \times 0,5$
Metana diproduksi dari setiap kilogram COD yang diremoval.

$Q_{\text{gas AF}} = (\text{COD}_{in AF} - \text{COD}_{eff AF}) \times Q_{ave} \times 0,35 / 1000 / 0,7 \times 0,5$
Metana diproduksi dari setiap kilogram COD yang diremoval.

Total gas yang dihasilkan = $Q_{\text{gas ST}} + Q_{\text{gas AF}}$

Beban organik = $\text{COD}_{in af} \times Q_{ave} / 1000 / (\text{ketinggian media filter} \times \text{lebar kompartemen} \times \text{panjang tiap kompartemen} \times \% \text{porositas media} \times \text{jumlah kompartemen})$

$V_{up} = Q_{ave} \text{ per jam} / (\text{lebar kompartemen} \times \text{panjang tiap kompartemen} \times \% \text{porositas media})$

c) Cara menghitung dimensi unit *upflow anaerobic sludge blanket*

Rumus - rumus yang digunakan untuk mendesain unit *upflow anaerobic sludge blanket* meliputi:

a.) Beban hidraulik

$$VHL = \frac{Q}{V}$$

Dimana: VHL = beban hidraulik, $m^3/m^3 \cdot \text{hari}$
 Q = debit influen, m^3/jam
 V = total volume reaktor, m^3

b.) Beban organik

$$L_V = \frac{QxS_o}{V}$$

Dimana: L_V = beban organik, $\text{kgCOD}/m^3 \cdot \text{hari}$
 Q = debit influen, m^3/jam
 S_o = influen COD, kgCOD/m^3
 V = total volume reaktor, m^3

c.) Kecepatan aliran ke atas

$$v = \frac{Q}{A}$$

Dimana: v = kecepatan aliran ke atas, m/jam
 Q = debit influen, m^3
 A = luas penampang, m^2

d.) Efisiensi penyisihan COD & BOD

$$E_{\text{COD}} = 100 \times (1 - 0.68 \times t^{-0.35})$$

$$E_{\text{BOD}} = 100 \times (1 - 0.70 \times t^{-0.50})$$

Dimana: E_{COD} = efisiensi penyisihan COD, %
 E_{BOD} = efisiensi penyisihan BOD, %
 t = waktu tinggal

e.) Konsentrasi COD & BOD pada effluen

$$C_{\text{eff}} = S_o - \frac{ExS_o}{100}$$

Dimana: C_{eff} = konsentrasi COD atau BOD, mg/l
 S_o = influen COD atau BOD, mg/l
 E = efisiensi penyisihan COD atau BOD

f.) Jumlah pipa distribusi

$$N_d = \frac{A}{A_d}$$

Dimana: N_d = jumlah pipa distribusi
 A = luas penampang, m^2
 A_d = area influen tiap pipa distributor, m^2

g.) Produksi biogas

$$\text{COD}_{\text{CH}_4} = Q \times (S_0 - S) - Y_{\text{obs}} \times Q \times S_0$$

Dimana: COD_{CH_4} = beban COD yang dikonversi menjadi gas metan, $\text{kgCOD}_{\text{CH}_4}/\text{hari}$

Q = debit influen, m^3/hari

S_0 = konsentrasi influen COD, mg/l

S = konsentrasi efluen COD, mg/l

Y_{obs} = koefisien produksi padatan, $\text{kgCOD}_{\text{sludge}}/\text{kgCOD}_{\text{appl}}$

$$Q_{\text{CH}_4} = \frac{\text{COD}_{\text{CH}_4}}{K(t)}$$

Dimana: Q_{CH_4} = produksi gas metan, m^3/hari

$K(t)$ = faktor koreksi suhu operasional reaktor, kgCOD/m^3

$$K(t) = \frac{P \times K_{\text{COD}}}{R \times (273 + T)}$$

Dimana: P = tekanan atmosfer, 1 atm

K_{COD} =

R = konstanta gas, $0.082 \text{ atm.L}/\text{mole.K}$

T = suhu operasi reaktor, $^{\circ}\text{C}$

h.) Produksi lumpur

$$P_s = Y \times \text{COD}_{\text{app}}$$

Dimana: P_s = produksi lumpur, kgTSS/hari

Y = koefisien produksi lumpur (0.1 - 0.2 $\text{kgTSS}/\text{kgCOD}_{\text{app}}$)

COD_{app} = beban COD, kgCOD/hari

$$V_s = P_s / Y \times (C_s/100)$$

Dimana: V_s = volume lumpur, m^3/hari

C_s = konsentrasi padatan pada lumpur (%)

Y = densitas lumpur ($1020 - 1040 \text{ kg}/\text{m}^3$)

(Sumber: Chernicharo, 2007)

5. Menggambar *Detail Engineering Design* (DED) masing - masing unit IPAL berdasarkan data hasil perhitungan dengan menggunakan program *AutoCAD 2007*.

6. Menghitung BOQ (*Bill Of Quantity*) dan RAB (Rencana Anggaran Biaya) berdasarkan gambar DED yang telah dibuat, SNI DT - 91 Series tentang pekerjaan bangunan gedung serta HSPK kota Surabaya 2014 menggunakan program *Microsoft Excel*.

3.2.5 Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan merupakan ulasan dari data yang telah diolah sebelumnya. Hasil dan pembahasan dalam tugas akhir ini meliputi:

1. Dimensi, gambar DED, BOQ, serta RAB unit Bak Ekualisasi
2. Dimensi, gambar DED, BOQ, serta RAB unit *Anaerobic Filter*.
3. Dimensi, gambar DED, BOQ, serta RAB unit *Upflow Anaerobic sludge Blanket*.
4. Perbandingan dimensi, luas lahan yang dibutuhkan, *efficiency removal*, RAB serta kekurangan dan kelebihan dari unit *Anaerobic Filter* dan unit *Upflow Anaerobic sludge Blanket*

3.2.6 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan tugas akhir ini. Tugas akhir ini juga mamaparkan saran mengenai kesalahan dan kendala yang dihadapi agar menjadi masukan untuk perencanaan berikutnya. Kesimpulan dari tugas akhir ini meliputi:

1. Desain rinci unit *Anaerobic Filter* dan *Upflow Anaerobic sludge Blanket*
2. RAB pembangunan untuk masing - masing alternatif IPAL
3. Kekurangan dan kelebihan masing - masing unit IPAL berdasarkan parameter yang dibandingkan, yaitu volume, luas lahan yang dibutuhkan, *efficiency removal*, serta RAB.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Perencanaan

Perencanaan ini menggunakan salah satu pusat perbelanjaan di Surabaya barat sebagai lokasi studi kasus. Pusat perbelanjaan ini memiliki luas lantai total sebesar 81.291 m² (Razif dan Pitoyo, 2014). Berdasarkan luas lantai totalnya, pusat perbelanjaan ini tergolong pusat perbelanjaan regional (27.870 - 92.900 m²) dengan jangkauan pelayanan diatas 150.000 jiwa penduduk (ULI, 1977). Pusat perbelanjaan ini dirancang sebagai *family mall* yang berkonsep untuk menyediakan seluruh kebutuhan keluarga dalam satu atap. Kondisi pusat perbelanjaan X dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Foto Kondisi di Pusat Pertokoan X

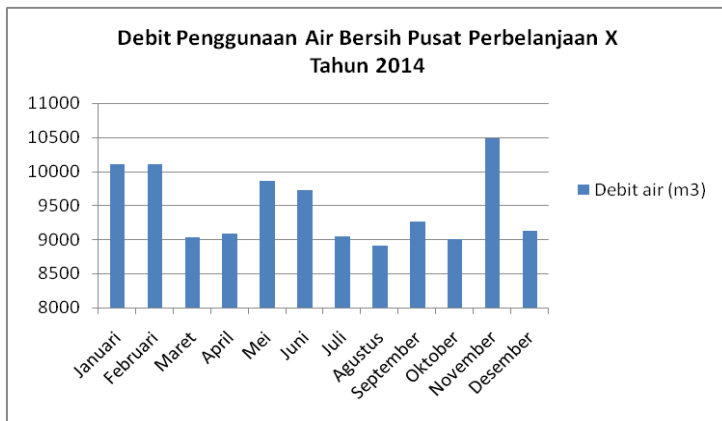
Pusat perbelanjaan X termasuk memiliki pengunjung yang sangat banyak. Setiap aktifitas manusia yang dilakukan di pusat perbelanjaan tersebut tentu menghasilkan limbah. Di pusat perbelanjaan X ini, sumber air limbah berasal dari fasilitas - fasilitas yang tersedia, meliputi *foodcourt*, bioskop, supermarket, tempat bermain, salon, maupun *tenant tenant* komersial lainnya. Selain itu, sumber air limbah tentu juga berasal dari toilet yang tersedia di setiap lantai.

Pusat perbelanjaan ini telah memiliki unit IPAL berupa 2 buah unit *Rotating Biological Contactor* (RBC) dengan dimensi 4m x 3m x 1,5m tiap unitnya. Unit IPAL berlokasi di basement paling dasar di area pusat perbelanjaan tersebut, dengan kondisi terbuka dan berbau sangat tidak sedap. Unit IPAL tersebut menggunakan energi listrik yang besar untuk mengoperasikan RBC.

4.2 Perhitungan Debit dan Kualitas Air Limbah

4.2.1 Perhitungan Debit Air Limbah

Perhitungan debit air limbah didasarkan pada debit pemakaian air bersih tiap bulan selama satu tahun pada pusat perbelanjaan X. Data debit pemakaian air bersih pusat perbelanjaan X disajikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Penggunaan Air Bersih per Bulan Pusat Perbelanjaan X

Berdasarkan data debit pemakaian air bersih tersebut, dicari rata - rata debit pemakaian air per bulannya. Debit air limbah dihitung dengan asumsi 70% debit air bersih menjadi air limbah. Sehingga dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah pemakaian air bersih dalam satu tahun} &= 113.720 \text{ m}^3 \\ \text{Debit rata - rata air bersih tper bulan} &= 113.720 \text{ m}^3 / 12 \\ &= 9.476,67 \text{ m}^3 / \text{bulan} \end{aligned}$$

Debit rata - rata air bersih per hari = 315,89 m³/hari
 Debit rata - rata air limbah per hari = 70% x 315,89 m³/hari
 = 221,12 m³/hari
 Debit rata - rata air limbah per jam = 9,21 m³/jam
 Perhitungan debit air limbah disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perhitungan Debit Air Limbah

Bulan	Debit air	Satuan
Januari	10.100	m ³
Februari	10.100	m ³
Maret	9.026	m ³
April	9.083	m ³
Mei	9.856	m ³
Juni	9.718	m ³
Juli	9.048	m ³
Agustus	8.909	m ³
September	9.265	m ³
Oktober	9.001	m ³
November	10.490	m ³
Desember	9.124	m ³
Debit rata-rata air bersih	9.476,67	m ³ /bulan
Debit rata-rata air bersih	315,89	m ³ /hari
Debit rata-rata air limbah	221,12	m ³ /hari
Debit rata-rata air limbah	9,21	m ³ /jam

Pada perencanaan ini digunakan debit air limbah rata-rata. Hal ini diambil karena perhitungan debit air limbah berdasarkan data debit pemakaian air bersih tiap bulan dalam satu tahun. Data debit pemakaian air bersih tersebut didapatkan dari rekening air pusat perbelanjaan yang merupakan debit rata-rata, sehingga dalam perhitungan debit air limbah juga menggunakan debit rata-rata. Selain itu, pada perencanaan ini juga akan didesain unit bak ekualisasi yang bertujuan menstabilkan debit air limbah yang masuk ke unit selanjutnya, yaitu sebesar debit rata-rata.

4.2.2 Kualitas dan Baku Mutu Air Limbah

Data kualitas air limbah merupakan data primer dari proses sampling air limbah pusat perbelanjaan X dan hasil analisa laboratorium. Dari hasil analisa laboratorium didapatkan

data kualitas air limbah dari pusat perbelanjaan X. Karakteristik air limbah pusat perbelanjaan X diasumsikan sama dengan karakteristik limbah domestik karena berasal dari kegiatan yang sama. Oleh karena itu pada perencanaan ini digunakan baku mutu air limbah berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri dan Usaha Lainnya. Kualitas air limbah pusat perbelanjaan X dan baku mutu air limbah disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Rata-Rata Kualitas Air Limbah Pusat Perbelanjaan X

Parameter	Konsentrasi rata-rata (mg/l)	Baku mutu (mg/l)
BOD	160	30
COD	253	50
TSS	416	50

Konsentrasi parameter pencemar air limbah yang digunakan pada perencanaan ini merupakan konsentrasi rata-rata. Hal ini dikarenakan konsentrasi parameter pencemar air limbah berfluktuasi tiap jam nya. Selain itu pada perencanaan ini akan didesain bak ekualisasi yang berfungsi untuk menstabilkan konsentrasi parameter pencemar yang akan diolah pada unit selanjutnya.

4.3 Desain Unit IPAL

Perencanaan unit IPAL harus berdasarkan pada tujuan akhir yakni menjaga kualitas effluen agar tetap dibawah baku mutu yang berlaku sehingga tidak mencemari lingkungan disekitarnya. Dalam hal ini batasan konsentrasi effluen telah ditetapkan oleh peraturan perundangan dalam bentuk baku mutu. Oleh karena itu setiap perencanaan IPAL harus berdasarkan pada baku mutu yang berlaku.

Pada perencanaan unit IPAL ini, parameter yang digunakan sebagai dasar perencanaan adalah COD dan BOD. Hal ini dikarenakan dua parameter ini adalah parameter yang paling *reliable* dan paling merepresentasikan kandungan organik dalam air limbah sehingga paling sering digunakan sebagai dasar perencanaan IPAL secara umum. Sedangkan parameter TSS tidak dipakai sebagai dasar pada perencanaan ini dikarenakan

TSS mencakup seluruh partikel tersuspensi itu sendiri, termasuk BOD dan COD. Artinya kalau BOD dan COD telah tersisihkan maka secara otomatis nilai TSS juga pasti turun. Selain itu, pada perencanaan sebelumnya yang dilakukan oleh Hamid (2014) parameter minyak dan lemak tidak dijadikan sebagai dasar perencanaan karena nilainya yang tidak terlalu besar. Hal ini juga akan diterapkan pada perencanaan ini karena karakteristik air limbah pusat perbelanjaan X mirip dengan karakteristik air limbah pusat perbelanjaan yang digunakan sebagai dasar perencanaan yang dilakukan oleh Hamid (2014).

Konsentrasi tiap parameter effluen yang keluar dari IPAL harus memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Oleh sebab itu perlu dihitung nilai efisiensi penyisihan yang dibutuhkan sehingga dapat ditetapkan alternatif unit IPAL yang akan direncanakan.

Tabel 4.3 Kebutuhan Efisiensi Penyisihan

Parameter	Konsentrasi rata-rata (mg/l)	Baku mutu (mg/l)	Efisiensi penyisihan (%)
BOD	160	30	81,25
COD	253	50	80,24

Dari Tabel 4.3 dapat diketahui unit IPAL yang direncanakan harus memiliki kemampuan dalam menyisihkan BOD sebesar 81,25% dan COD sebesar 80,24% agar effluen IPAL memenuhi baku mutu.

Pada perencanaan kali ini, unit IPAL yang didesain terdiri atas dua unit yaitu *anaerobic filter (attached growth)* dan *upflow anaerobic sludge blanket (suspended growth)*. Tujuan merencanakan dua unit IPAL dengan sistem yang berbeda ini adalah untuk membandingkan tingkat efektifitas dan efisiensi antara media terlekat (*attached growth*) dan media tersuspensi (*suspended growth*). Selain itu debit limbah yang direncanakan juga divariasikan menjadi 1/2 kali debit dan 2 kali debit rata - rata. Hal ini sebagai referensi tambahan bagi pemilik pusat perbelanjaan tentang perbandingan kedua unit IPAL meliputi luas lahan, volume bangunan, serta rencana anggaran biaya.

Desain 1 IPAL pada perencanaan ini menggunakan unit bak ekualisasi dan bak pengendap yang terintegrasi dengan unit *anaerobic filter*. Bak ekualisasi berfungsi sebagai peredam *shock*

loading sekaligus menyeragamkan fluktuasi debit air limbah dari alat - alat plumbing yang akan masuk ke unit IPAL. Bak pengendap berfungsi sebagai pengendap awal yang akan mengendapkan padatan tersuspensi serta mengurangi kandungan BOD dan COD. *Anaerobic filter* didesain menggunakan sistem up-flow dengan menggunakan media terlekat (sarang tawon).

Desain 2 IPAL menggunakan unit bak ekualisasi, bak pengendap, dan *up-flow anaerobic sludge blanket*. Bak ekualisasi pada desain ini memiliki fungsi yang sama dengan bak ekualisasi pada desain 1, yaitu untuk meredam *shock loading* serta menyeragamkan kualitas air limbah yang masuk ke unit IPAL. Bak pengendap berfungsi sebagai bak pengendap awal yang akan mengendapkan padatan tersuspensi serta mengurangi kandungan BOD dan COD.

4.3.1 Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi merupakan unit *pre-treatment* yang berfungsi untuk menstabilkan debit dan kualitas air limbah sebelum memasuki unit pengolahan biologis. Tujuannya adalah untuk mencegah *shock loading* yang dapat mengurangi tingkat efisiensi penyisihan air limbah.

A. Perhitungan dimensi

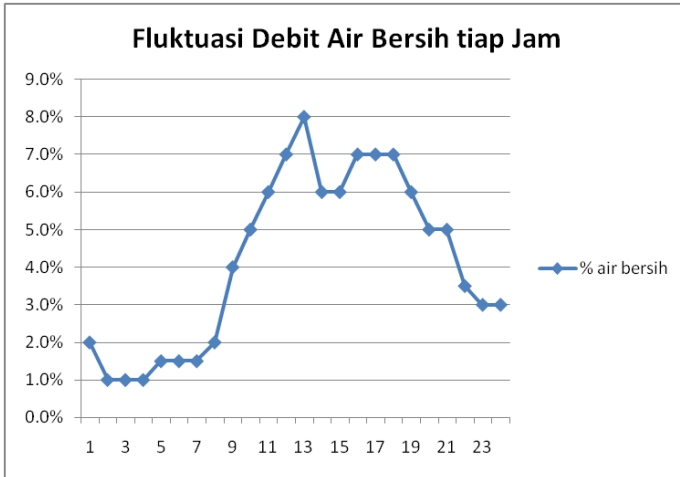
Perhitungan dimensi bak ekualisasi dilakukan sesuai dengan langkah-langkah berikut:

1. Menentukan debit pemakaian air bersih pusat perbelanjaan X. Pada perencanaan ini akan mengasumsikan presentase debit pemakaian air bersih tiap jam nya dengan melakukan pendekatan jumlah pengunjung pusat perbelanjaan dalam satu hari untuk mendapatkan fluktuasi debit pemakaian air bersih. Hal ini dikarenakan debit air limbah yang didapat didasarkan pada fluktuasi debit air bersih tiap jam nya. Kemudian presentase debit pemakaian air bersih yang telah diasumsikan tiap jam nya dikalikan dengan debit air bersih per hari sehingga akan didapatkan debit pemakaian air bersih tiap jam nya. Data debit pemakaian air bersih pusat perbelanjaan X disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Debit Pemakaian Air Bersih tiap Jam

Debit rata-rata air bersih (m ³ /hari)	Jam	% air bersih	Debit air bersih (m ³ /jam)
315.89	1	2	6,32
	2	1	3,16
	3	1	3,16
	4	1	3,16
	5	1,5	4,74
	6	1,5	4,74
	7	1,5	4,74
	8	2	6,32
	9	4	12,64
	10	5	15,79
	11	6	18,95
	12	7	22,11
	13	8	25,27
	14	6	18,95
	15	6	18,95
	16	7	22,11
	17	7	22,11
	18	7	22,11
	19	6	18,95
	20	5	15,79
	21	5	15,79
	22	3,5	11,06
	23	3	9,48
	24	3	9,48

Setelah mengasumsikan presentase debit pemakaian air bersih tiap jam nya, maka dibuat grafik untuk melihat apakah asumsi tersebut mirip/sesuai dengan grafik fluktuasi air limbah menurut Tchobanoglous (2003). Grafik fluktuasi debit air bersih tipa jam disajikan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Fluktuasi Debit Air Bersih tiap Jam

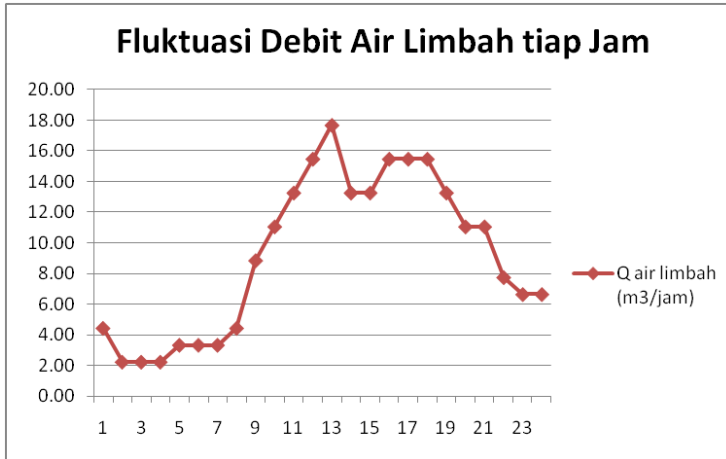
2. Fluktuasi debit air limbah didapat dengan cara mengalikan debit pemakaian air bersih tiap jam dengan 70%, karena dalam perencanaan ini debit air limbah diasumsikan sebesar 70% dari debit pemakaian air bersih. Asumsi ini diambil karena pengukuran debit air limbah tidak dapat dilakukan. Hal ini diakibatkan keterbatasan izin dari pihak pengelola. Menurut Tchobanoglous, *et al.*, (2003) secara teoritis debit air limbah dapat dihitung dengan pendekatan 60 - 90% dari debit pemakaian air bersih. Pada perencanaan sebelumnya yang dilakukan oleh Hamid (2014) dan Bilal (2014), asumsi debit air limbah yang dihasilkan pusat perbelanjaan sebesar 70% dari debit pemakaian air bersih.
3. Data fluktuasi debit air limbah tiap jam nya disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Fluktuasi Debit Air Limbah tiap Jam

Jam	% Air bersih	Q air bersih (m3/jam)	Q air limbah (m3/jam)
1	2	6.32	4.42
2	1	3.16	2.21
3	1	3.16	2.21

Jam	% Air bersih	Q air bersih (m ³ /jam)	Q air limbah (m ³ /jam)
4	1	3.16	2.21
5	1,5	4.74	3.32
6	1,5	4.74	3.32
7	1,5	4.74	3.32
8	2	6.32	4.42
9	4	12.64	8.84
10	5	15.79	11.06
11	6	18.95	13.27
12	7	22.11	15.48
13	8	25.27	17.69
14	6	18.95	13.27
15	6	18.95	13.27
16	7	22.11	15.48
17	7	22.11	15.48
18	7	22.11	15.48
19	6	18.95	13.27
20	5	15.79	11.06
21	5	15.79	11.06
22	3,5	11.06	7.74
23	3	9.48	6.63
24	3	9.48	6.63

Dari data tabel diatas dapat disajikan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Fluktuasi Debit Air Limbah tiap Jam

4. Penentuan volume dilakukan dengan membuat grafik dengan menggunakan data debit kumulatif air limbah tiap jam nya dan debit kumulatif rata-rata air limbah. Debit air limbah tiap jam yang digunakan pada perhitungan dimensi bak ekualisasi harus dijumlahkan dengan debit resirkulasi, karena pada perencanaan ini bak ekualisasi memiliki sistem resirkulasi air limbah sebagai sarana pengadukan agar kualitas air limbah dapat tercampur dengan baik. Sehingga:

$$Q_{cum} \text{ (m}_3\text{/jam)} = [Q \text{ (m}_3\text{/jam) jam 1} + Q_{res} \text{ (m}_3\text{/jam)}] + [Q \text{ (m}_3\text{/jam) jam 2} + Q_{res} \text{ (m}_3\text{/jam)}] + \dots + [Q \text{ (m}_3\text{/jam) jam 24} + Q_{res} \text{ (m}_3\text{/jam)}]$$

$$Q_{ave-cum} \text{ (m}_3\text{/jam)} = Q_{ave} \text{ (m}_3\text{/jam)} + Q_{ave} \text{ (m}_3\text{/jam)} + \dots + Q_{ave} \text{ (m}_3\text{/jam)}$$

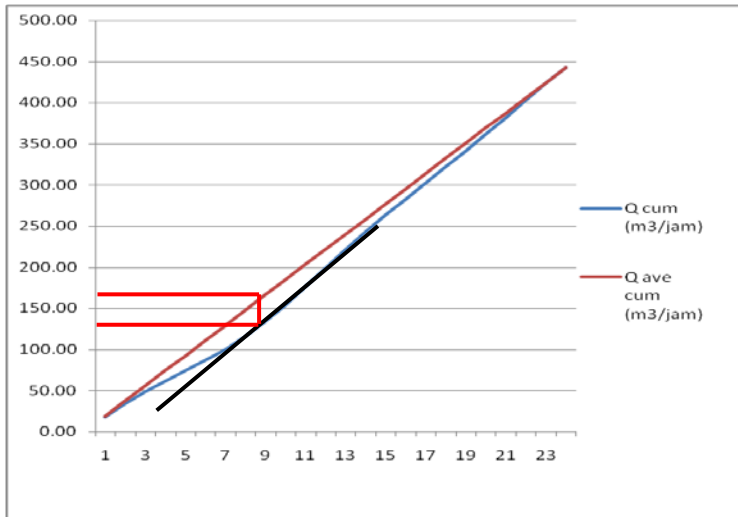
Hasil perhitungan debit kumulatif air limbah tiap jam dan debit kumulatif rata-rata air limbah disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perhitungan Volume Bak Ekualisasi

Q air limbah + Q resirkulasi (m ³ /jam)	Q cum (m ³ /jam)	Q ave cum (m ³ /jam)
18,06	18,06	18,43
16,07	34,13	36,85
14,52	48,65	55,28

Q air limbah + Q resirkulasi (m ³ /jam)	Q cum (m ³ /jam)	Q ave cum (m ³ /jam)
12,97	61,62	73,71
12,53	74,15	92,13
12,42	86,57	110,56
13,53	100,09	128,99
15,63	115,72	147,41
17,62	133,34	165,84
20,05	153,39	184,27
22,26	175,64	202,70
22,92	198,57	221,12
22,48	221,05	239,55
21,60	242,64	257,98
20,49	263,14	276,40
19,83	282,96	294,83
19,16	302,13	313,26
18,94	321,07	331,68
19,61	340,68	350,11
20,27	360,95	368,54
20,71	381,66	386,96
21,15	402,81	405,39
20,49	423,30	423,82
18,94	442,24	442,24

Setelah didapatkan debit kumulatif air limbah tiap jam dan debit kumulatif rata-rata air limbah, kemudian data tersebut diplot pada sebuah grafik sehingga didapatkan grafik seperti Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Penentuan Volume Bak Ekualisasi

Dari Gambar 4.5 diatas maka diperoleh volume bak ekualisasi yang direpresentasikan oleh garis tegak pada grafik tersebut dengan nilai sebesar: $165 - 127 = 38 \text{ m}^3$

Kedalaman bak ditentukan sebesar (h) = 2 m

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan (A)} &= V/h \\ &= 38 \text{ m}^3 / 2 \text{ m} \\ &= 19 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Ditentukan besar p : l = 2 : 1

$$A = p \times l$$

$$19 = 2l \times l$$

$$19 = 2l^2$$

$$l^2 = 9.5 \text{ m}$$

$$l = 3,08 \text{ m} \approx 3,1 \text{ m}$$

$$p = 2 \times l$$

$$= 6,2 \text{ m}$$

Jadi luas lahan yang dibutuhkan untuk bak ekualisasi adalah sebesar 19 m^2 .

B. Pompa

Perhitungan pompa diperlukan untuk mengetahui karakteristik pompa dan aksesoris yang dibutuhkan. Pompa disini berfungsi untuk mengalirkan air secara konstan dari bak ekualisasi ke unit IPAL selanjutnya. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan pompa adalah sebagai berikut:

1. Debit yang digunakan dalam perhitungan adalah 2 kali dari debit rata-rata. Hal ini dikarenakan setengah dari debit pompa akan disirkulasi ke bak ekualisasi sebagai proses *mixing* agar pemerataan kualitas air limbah semakin optimal.
2. Kecepatan aliran dalam pipa harus < 2 m/detik untuk mencegah tergerusnya pipa oleh aliran air.
3. Pompa yang digunakan adalah jenis pompa *submersible* untuk air limbah.

Perhitungan pompa secara rinci adalah sebagai berikut:

Diketahui

$$Q = 0,00512 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v.\text{asumsi} = 2 \text{ m/s}$$

Dihitung

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang pipa (A)} &= Q/v \\ &= 0,00512 \text{ m}^3/\text{s} / 2 \text{ m/s} \\ &= 0,002559 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$A = 1/4 \pi d^2$$

$$d = (A / (1/4 \pi))^{0.5}$$

$$d = (0,002559 \text{ m}^2 / (0,25 \times 3,14))^{0.5}$$

$$d = 0,0571 \text{ m}$$

$$= 57,1 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

$$A \text{ cek} = 1/4 \pi (0,1)^2$$

$$= 0,00785 \text{ m}^2$$

$$v \text{ cek} = Q / A$$

$$= 0,00512 \text{ m}^3/\text{s} / 0,00785 \text{ m}^2$$

$$= 0,65 \text{ m/s}$$

$$\text{Head pompa} = H_f \text{ statis} + H_f \text{ sistem}$$

$$H_f \text{ statis} = 2,71 \text{ m}$$

$$H_f \text{ sistem} = \text{mayor losses} + \text{minor losses}$$

Mayor losses

$$L \text{ suction} = 0$$

$$H_f = 0$$

$$L \text{ discharge} = 3,52 \text{ m}$$

$$H_f \text{ discharge} = \left[\frac{Q}{(0,00155 \times c \times d^{2,63})} \right]^{1,85} \times L$$

$$= \left[\frac{5,12}{(0,00155 \times 120 \times 10^{2,63})} \right]^{1,85} \times 3,52$$
$$= 0,022 \text{ m}$$

Minor losses

- Tee untuk pembagi debit ($K = 0,9$)

$$H_f = \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right]$$
$$= \left[\frac{0,9 \times 0,65^2}{2(9,8)} \right]$$
$$= 0,02 \text{ m}$$

- Belokan 90° ($K = 0,5$)

$$H_f = \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right]$$
$$= \left[\frac{0,5 \times 0,65^2}{2(9,8)} \right]$$
$$= 0,01 \text{ m}$$

- Hf kecepatan

$$H_f = \left[\frac{v^2}{2g} \right]$$
$$= 0,02 \text{ m}$$

$$\text{- Minor losses total} = 0,02 \text{ m} + 0,01 \text{ m} + 0,02 \text{ m}$$
$$= 0,05 \text{ m}$$

$$H_f \text{ sistem} = 0,022 \text{ m} + 0,05 \text{ m}$$
$$= 0,072 \text{ m}$$

$$H_f \text{ total} = H_f \text{ statis} + H_f \text{ sistem}$$
$$= 2,71 \text{ m} + 0,072 \text{ m}$$
$$= 2,782 \text{ m}$$

Penentuan jenis pompa yang akan digunakan dalam perencanaan ini menggunakan software Webcaps dari peodusen

pompa Grundfos. Pompa yang digunakan adalah tipe S1.30.A40.134.4.50H.C.200.Q.EX.D dengan nomor produk 97663610.

4.3.2 *Anaerobic Filter*

A. Perhitungan dimensi

Perhitungan dimensi didasarkan pada kriteria desain unit IPAL menurut Sasse (2009), yaitu diantaranya:

Kriteria desain untuk *anaerobic filter* meliputi:

- Organik loading : 4 - 5 Kg COD/m³.hari
- HRT di tangki septik : 2 jam
- HRT di *anaerobic filter* : 24 - 48 jam
- BOD removal : 70 - 90%
- Rasio SS/COD : 0,35 - 0,45
- Luas spesifik media : 80 - 180 m²/m³
- Massa kosong filter : 30 - 45%
- *Velocity upflow* : < 2 m/jam

Diketahui:

$$Q_{ave} = 221,12 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$COD_{inf} = 253 \text{ mg/l}$$

$$BOD_{inf} = 160 \text{ mg/l}$$

Direncanakan:

$$\text{Suhu pengolahan} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Waktu pengaliran} = 24 \text{ jam}$$

$$\text{Pengurasan lumpur} = 36 \text{ bulan}$$

$$\text{Td Bak pengendap} = 2 \text{ jam}$$

$$\text{Luas permukaan filter} = 200 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

$$\text{Td Anaerobic filter} = 24 \text{ jam}$$

$$\text{Rasio SS/COD} = 0,40 \text{ ---} \rightarrow 0,35 - 0,45 \text{ untuk limbah domestik}$$

$$\text{Porositas media} = 98\% \text{ (dari spesifikasi media di pasaran)}$$

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

Dihitung:

$$Q \text{ per jam} = Q_{ave} / \text{waktu pengaliran}$$

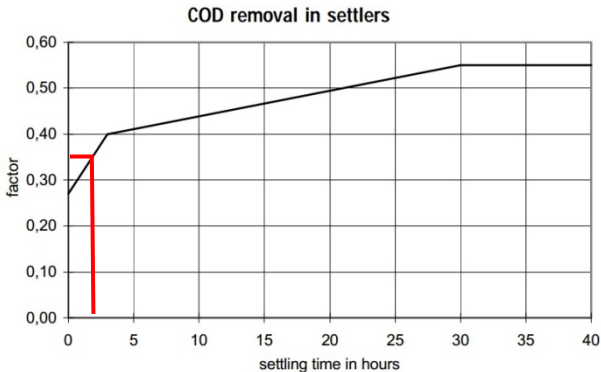
$$= 221,12 \text{ m}^3/\text{hari} / 24 \text{ jam}$$

$$= 9,21 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Rasio COD/BOD} &= \text{COD}_{\text{inf}} / \text{BOD}_{\text{inf}} \\ &= 253 \text{ mg/l} / 160 \text{ mg/l} \\ &= 1,58 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD}_{\text{rem}} \text{ bak pengendap} &= \text{rasio SS/COD} / 0,6 \times (\text{HRT}-1) \times 0,1 / \\ &\quad 2 + 0,3 \\ &= 0,4 / 0,6 \times (2-1) \times (0,1 / 2 + 0,3) \\ &= 23,33 \% \end{aligned}$$

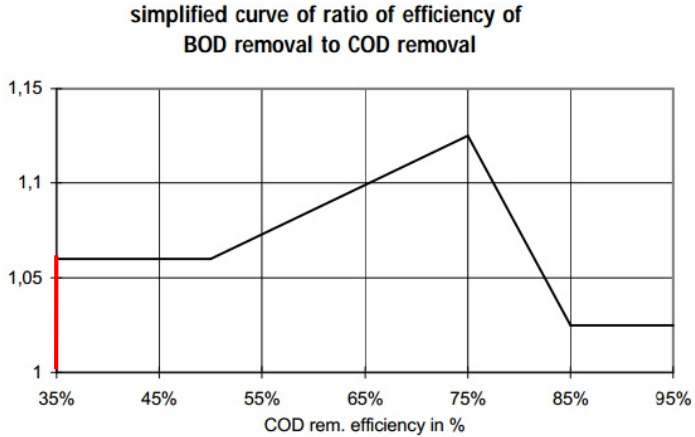
Perhitungan diatas berkaitan dengan Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik COD Removal pada Tangki Septik

$$\text{Rasio BOD}_{\text{rem}}/\text{COD}_{\text{rem}} = 1,06$$

Rasio $\text{BOD}_{\text{rem}}/\text{COD}_{\text{rem}}$ ditentukan berdasarkan grafik pada Gambar 4.7. Dengan nilai COD_{rem} sebesar 23% maka didapatkan nilai rasio $\text{BOD}_{\text{rem}}/\text{COD}_{\text{rem}}$ sebesar 1,06.



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Efisiensi Removal BOD dan COD

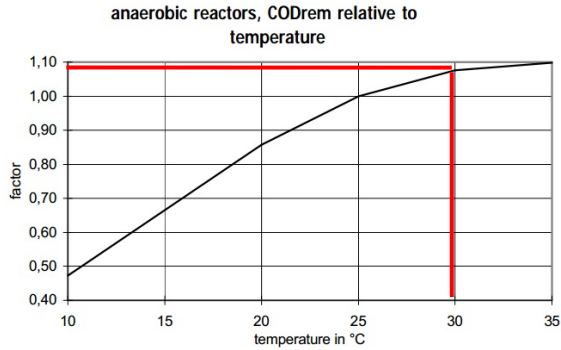
$$\begin{aligned} \text{BOD}_{\text{rem}} \text{ bak pengendap} &= \text{rasio } \text{BOD}_{\text{rem}}/\text{COD}_{\text{rem}} \times \text{COD}_{\text{rem}} \text{ bak} \\ &\quad \text{pengendap} \\ &= 1,06 \times 23,33\% \\ &= 24,73\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD}_{\text{inf}} \text{ di AF} &= \text{COD}_{\text{inf}} \times (1 - \text{COD}_{\text{rem}} \text{ bak pengendap}) \\ &= 253 \text{ mg/l} \times (1 - 23,33\%) \\ &= 193,97 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD}_{\text{inf}} \text{ di AF} &= \text{BOD}_{\text{inf}} \times (1 - \text{BOD}_{\text{rem}} \text{ bak pengendap}) \\ &= 160 \text{ mg/l} \times (1 - 24,73\%) \\ &= 120,43 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

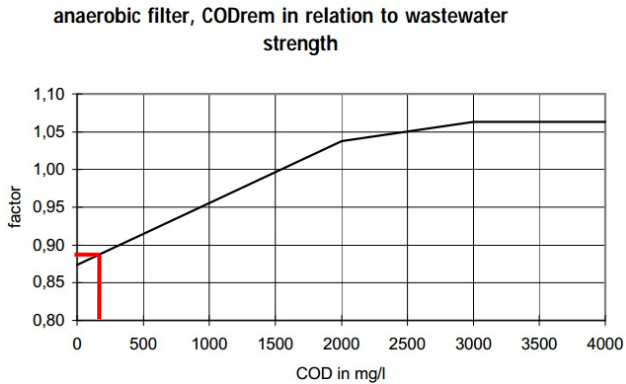
Efisiensi penyisihan di Anaerobic filter dihitung dengan menggunakan empat factor, yaitu:

- a. F- temp (factor-temperatur), yakni faktor yang menunjukkan hubungan antara COD_{rem} di *anaerobic filter* dengan suhu pengolahan. Penentuan nilai f-temp berdasarkan pada grafik f-temp seperti tertera pada Gambar 4.8. Dari grafik tersebut, dengan suhu pengolahan di unit IPAL *anaerobic filter* adalah 30°C , maka nilai f-temp adalah **1,1**.



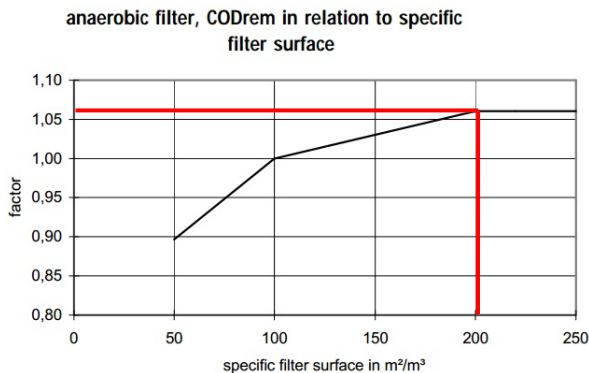
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Temperatur pada *Anaerobic Filter*

- b. F-strength adalah nilai faktor yang menunjukkan hubungan antara COD_{rem} di *anaerobic filter* dengan kekuatan atau konsentrasi COD pada air limbah. Penentuan nilai f-strength berdasarkan pada grafik f-strength pada Gambar 4.9. Dari grafik f-strength tersebut memasukkan nilai COD_{inf} adalah sebesar 193,37 mg/L maka dapat diketahui nilai f-strength adalah sebesar **0,89**.



Gambar 4.9 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Kualitas Air Limbah pada *Anaerobic Filter*

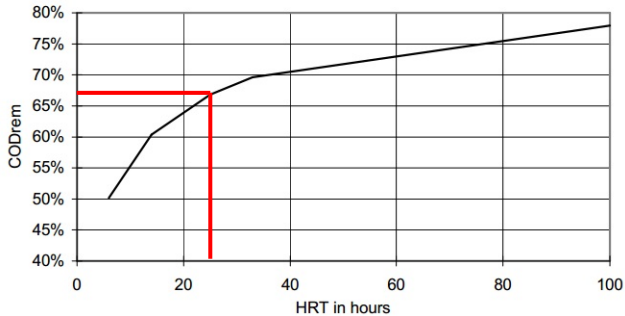
- c. F-surface adalah nilai faktor yang menunjukkan hubungan antara COD_{rem} di *anaerobic filter* dengan luas permukaan media filter. Penentuan nilai f-surface berdasarkan pada grafik f-surface pada Gambar 4.10. Dari grafik f-surface tersebut, dengan memasukkan nilai luas spesifik media filter adalah sebesar $200 \text{ m}^2/\text{m}^3$, maka dapat diketahui nilai f-surface adalah sebesar **1,06**.



Gambar 4.10 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Luas Permukaan pada *Anaerobic Filter*

- d. F-HRT adalah nilai faktor yang menunjukkan hubungan antara COD_{rem} di *anaerobic filter* dengan lamanya waktu tinggal (*Hydraulic Retention Time*). Penentuan nilai f-HRT ditentukan berdasarkan grafik pada Gambar 4.11. Dari grafik tersebut dengan memasukkan nilai HRT pada *anaerobik filter* selama 24 jam maka didapatkan nilai f-HRT sebesar **0,67**.

anaerobic filter, COD_{rem} in relation to HRT,
COD_{in} 1500 mg/l; 25°C



Gambar 4.11 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Nilai Hydraulic Retention Time pada Anaerobic Filter

$$\begin{aligned} \text{COD}_{\text{rem anaerobik filter}} &= f\text{-tempt} \times f\text{-strenght} \times f\text{-surface} \times f\text{-HRT} \\ &\quad \times (1 + (\text{jumlah kompartemen} \times 0,04)) \\ &= 1,1 \times 0,89 \times 1,06 \times 0,67 \times (1 + (5 \times 0,04)) \\ &= 83,1\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD}_{\text{eff anaerobik filter}} &= \text{COD}_{\text{inf di AF}} \times (1 - \text{COD}_{\text{rem AF}}) \\ &= 193,37 \text{ mg/l} \times (1 - 83,1\%) \\ &= 32,77 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD}_{\text{rem Total}} &= 1 - (\text{COD}_{\text{eff AF}} / \text{COD}_{\text{inf}}) \\ &= 1 - (32,77 \text{ mg/l} / 253 \text{ mg/l}) \\ &= 87,05\% \end{aligned}$$

Rasio penyisihan BOD/COD = berdasarkan grafik rasio penyisihan BOD dan COD, dengan nilai penyisihan COD sebesar 83,1% maka didapatkan nilai faktor penyisihan BOD sebesar **1,025**

$$\begin{aligned} \text{BOD}_{\text{rem Total}} &= \text{COD}_{\text{rem Total}} \times \text{faktor penyisihan BOD} \\ &= 87,05\% \times 1,025 \\ &= 89,22\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD}_{\text{eff anaerobik filter}} &= \text{BOD}_{\text{inf}} \times (1 - \text{BOD}_{\text{rem Total}}) \\ &= 160 \text{ mg/l} \times (1 - 89,22\%) \\ &= 17,24 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Perhitungan Dimensi Bak Pengendap

Direncanakan:

Lebar dalam = 3 m

H_{air} pada inlet = 3 m

Dihitung:

Lumpur akumulasi = $0,005 \times (0,5 - (\text{interval pengurasan} - 36)) \times 0,002$
= $0,005 \times (0,5 - (36 - 36)) \times 0,002$
= $0,0025 \text{ L/Kg.BOD}$

Volume bak pengendap = $42,05 \text{ m}^3$

Panjang bak pertama = $\frac{2}{3} \times \text{vol bak pengendap} / \text{lebar dalam} / H_{\text{air pada inlet}}$
= $\frac{2}{3} \times 42,05 / 3 / 3$
= $3,12 \approx 3,2 \text{ m}$

Panjang bak kedua = $\text{panjang bak pertama} / 2$
= $3,2 / 2$
= $1,6 \text{ m}$

Volume aktual BP = $(\text{panjang bak pertama} + \text{panjang bak kedua}) \times \text{lebar dalam} \times H_{\text{air pada inlet}}$
= $(3,2 + 1,6) \times 3 \times 3$
= $43,2 \text{ m}^3$

Perhitungan Dimensi Anaerobic Filter

Direncanakan:

Kedalaman = 3 m

Panjang tiap kompartemen = 3 m

Jumlah kompartemen = 5 buah

Ruang di bawah media = 0,5 m

Ketinggian media filter = 2,05 m (40 cm di bawah muka air)

Dihitung:

Volume tangki = $\text{HRT} \times Q_{\text{ave}} / 24$
= $24 \text{ jam} \times 221,12 \text{ m}^3/\text{jam} / 24$
= $221,12 \text{ m}^3$

Lebar kompartemen = $\text{volume tangki} / \text{jumlah kompartemen} / ((\frac{1}{4} \times \text{kedalaman}) + (\text{panjang tiap kompartemen} \times (\text{kedalaman} - \text{ketinggian media} \times (1 - \text{porositas media}))))$

$$\begin{aligned}
&= 221,12 / 5 / ((0,25 \times 3) + (3 \times (3 - 2,05 \times \\
&\quad (1 - 0,98)))) \\
&= 4,59 \text{ m}
\end{aligned}$$

Produksi Biogas

Diasumsikan 70% CH₄ dan 50% larut

$$\begin{aligned}
\text{Effluen bak pengendap} &= (\text{COD}_{\text{inf}} - \text{COD}_{\text{inf}} \text{ di AF}) \times Q_{\text{ave}} \times 0,35 / \\
&\quad 1000 / 0,7 \times 0,5 \\
&= (253 \text{ mg/l} - 193,97 \text{ mg/l}) \times 221,12 \\
&\quad \text{m}^3/\text{hari} / 0,35 / 1000 / 0,7 \times 0,5 \\
&= 3,26 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Effluen AF} &= (\text{COD}_{\text{inf}} \text{ AF} - \text{COD}_{\text{eff}} \text{ di AF}) \times Q_{\text{ave}} \times \\
&\quad 0,35 / 1000 / 0,7 \times 0,5 \\
&= (193,97 \text{ mg/l} - 32,77 \text{ mg/l}) \times 221,12 \\
&\quad \text{m}^3/\text{hari} / 0,35 / 1000 / 0,7 \times 0,5 \\
&= 8,91 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Produksi biogas total} &= \text{effluen bak pengendap} + \text{effluen AF} \\
&= 3,26 \text{ m}^3/\text{hari} + 8,91 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 12,17 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

Cek

$$\begin{aligned}
\text{OLR} &= \text{COD}_{\text{inf}} \text{ AF} \times Q_{\text{ave}} / 1000 / (\text{ketinggian media} \times \text{lebar} \\
&\quad \text{kompertemen} \times \text{panjang tiap kompartemen} \times \text{porositas} \\
&\quad \text{media} \times \text{jumlah kompartemen}) \\
&= 193,97 \text{ mg/l} \times 221,12 \text{ m}^3/\text{hari} / 1000 / (2,05 \text{ m} \times 4,59 \text{ m} \\
&\quad \times 3 \text{ m} \times 0,98 \times 5)
\end{aligned}$$

$$= 0,31 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} (< 4,5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari})$$

$$\begin{aligned}
V_{\text{up}} &= Q_{\text{ave}} \text{ per jam} / (\text{lebar kompartemen} \times \text{panjang} \\
&\quad \text{kompertemen} \times \text{porositas media}) \\
&= 9,21 \text{ m}^3/\text{jam} / (4,59 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 0,98) \\
&= 0,68 \text{ m/jam} (< 2 \text{ m/jam})
\end{aligned}$$

B. Mass balance

Perhitungan kesetimbangan massa diperlukan untuk mengetahui proses yang terjadi pada setiap unit. Perhitungan *mass balance* untuk unit anaerobic filter ini sebagai berikut:

Influen

Masuk ke unit Bak pengendap

$$Q = 221,12 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{MCOD} &= Q \times \text{COD} \\ &= 221,12 \text{ m}^3/\text{hari} \times (253 \text{ mg/l} / 1000) \\ &= 55,94 \text{ kg COD/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MBOD} &= Q \times \text{BOD} \\ &= 221,12 \text{ m}^3/\text{hari} \times (160 \text{ mg/l} / 1000) \\ &= 35,38 \text{ kg BOD/hari} \end{aligned}$$

Bak pengendap

Efisiensi penyisihan COD = 23,33%

Efisiensi penyisihan BOD = 24,73%

Masuk ke unit *Anaerobic Filter*

$$Q = 221,12 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{MCOD}_{\text{eff}} &= Q \times \text{COD} \\ &= 221,12 \text{ m}^3/\text{hari} \times (193,97 \text{ mg/l} / 1000) \\ &= 42,89 \text{ kg COD/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MBOD}_{\text{eff}} &= Q \times \text{BOD} \\ &= 221,12 \text{ m}^3/\text{hari} \times (120,43 \text{ mg/l} / 1000) \\ &= 26,63 \text{ kg BOD/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MCOD}_{\text{rem}} &= \text{MCOD}_{\text{inf}} - \text{MCOD}_{\text{eff}} \\ &= 55,94 \text{ kg COD/hari} - 42,89 \text{ kg COD/hari} \\ &= 13,05 \text{ kg COD/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MBOD}_{\text{rem}} &= \text{MBOD}_{\text{inf}} - \text{MBOD}_{\text{eff}} \\ &= 35,38 \text{ kg BOD/hari} - 26,63 \text{ kg BOD/hari} \\ &= 8,75 \text{ kg BOD/hari} \end{aligned}$$

Produksi Biogas di Bak Pengendap

Dengan asumsi perhitungan sebesar 70% dari COD yang tersisihkan menjadi gas CH₄ (*methane*), setiap kg COD yang tersisihkan menghasilkan 350 Liter gas methane dan sebesar 50% dari gas metana tersebut larut (Sasse, 2009) maka produksi biogas dari bak pengendap dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{COD tersisihkan} = 13,05 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Produksi gas methane} = 4,56 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{hari}$$

$$\text{Biogas ditangkap} = 3,26 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{hari}$$

Anaerobic Filter

Efisiensi penyisihan COD = 83,1%

Efisiensi penyisihan BOD = 89,22%

Effluen dari *Anaerobic Filter*

$$Q = 221,12 \text{ m}_3/\text{hari}$$

$$MCOD_{\text{eff}} = Q \times \text{COD}$$

$$= 221,12 \text{ m}_3/\text{hari} \times (32,77 \text{ mg/l} / 1000)$$

$$= 7,24 \text{ kg COD/hari}$$

$$MBOD_{\text{eff}} = Q \times \text{BOD}$$

$$= 221,12 \text{ m}_3/\text{hari} \times (17,24 \text{ mg/l} / 1000)$$

$$= 3,81 \text{ kg BOD/hari}$$

$$MCOD_{\text{rem}} = MCO_{\text{Dinf}} - MCO_{\text{Deff}}$$

$$= 42,89 \text{ kg COD/hari} - 7,24 \text{ kg COD/hari}$$

$$= 35,65 \text{ kg COD/hari}$$

$$MBOD_{\text{rem}} = MBOD_{\text{inf}} - MBOD_{\text{eff}}$$

$$= 26,63 \text{ kg BOD/hari} - 3,81 \text{ kg BOD/hari}$$

$$= 22,82 \text{ kg BOD/hari}$$

Produksi Biogas di Anaerobic Filter

Dengan asumsi perhitungan sebesar 70% dari COD yang tersisihkan menjadi gas CH₄ (*methane*), setiap kg COD yang tersisihkan menghasilkan 350 Liter gas methane dan sebesar 50% dari gas metana tersebut larut (Sasse, 2009) maka produksi biogas dari bak pengendap dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{COD tersisihkan} = 35,65 \text{ kg/hari}$$

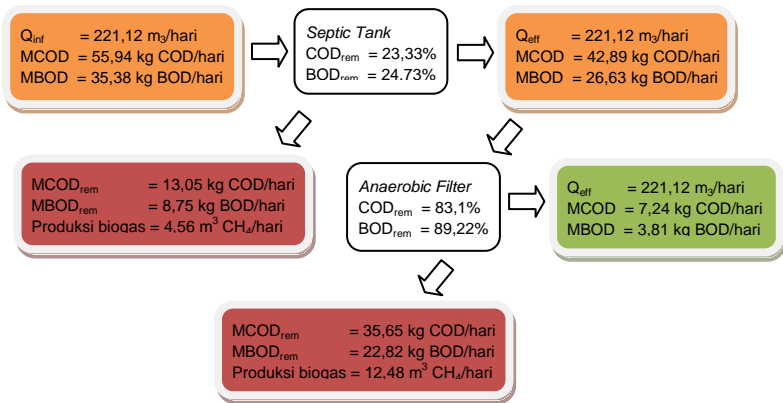
$$\text{Produksi gas methane} = 12,48 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{hari}$$

$$\text{Biogas ditangkap} = 8,91 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{hari}$$

$$\text{Produksi biogas total} = 3,26 \text{ m}^3/\text{hari} + 8,91 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 12,17 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Skema *mass balance* pada IPAL unit *Anaerobic Filter* disajikan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Skema Mass Balance IPAL Anaerobic Filter

Cek Desain Menggunakan 2x Debit dan 1/2x Debit

Pada perencanaan ini dilakukan pengecekan pada desain IPAL yang telah direncanakan menggunakan 2x debit (Q_{max}) dan 1/2x debit (Q_{min}). Tujuan dari pengecekan ini adalah untuk mengetahui apakah hasil desain yang menggunakan debit rata-rata mampu untuk mengolah air limbah ketika terjadi debit maksimum dan minimum. Setelah dilakukan perhitungan desain dengan 2x debit (Q_{max}) dan 1/2x debit (Q_{min}) maka perbandingan hasil perhitungan dengan kriteria desain dapat dilihat pada Tabel 4.7

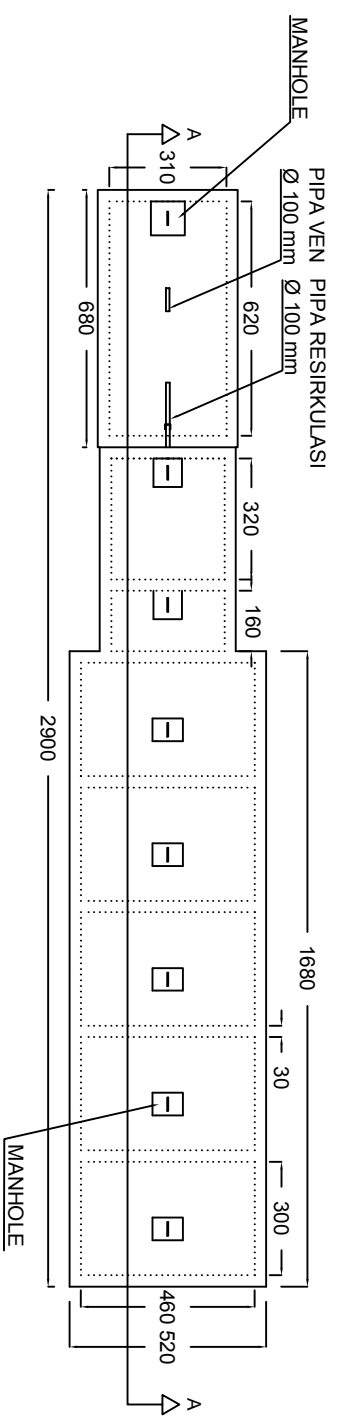
Tabel 4.7 Perbandingan Kriteria Desain dengan Perencanaan 2x Debit dan 1/2x Debit

Parameter	Kriteria Desain	Perencanaan 2x Debit	Perencanaan 1/2x Debit
Beban Organik	<4,5 Kg COD/m ³ .hari	0,62 kg/m ³ .hari	0,15 kg/m ³ .hari
HRT Tangki Septik	2 jam	2 jam	2 jam
HRT AF	24 - 48 jam	24 jam	24 jam

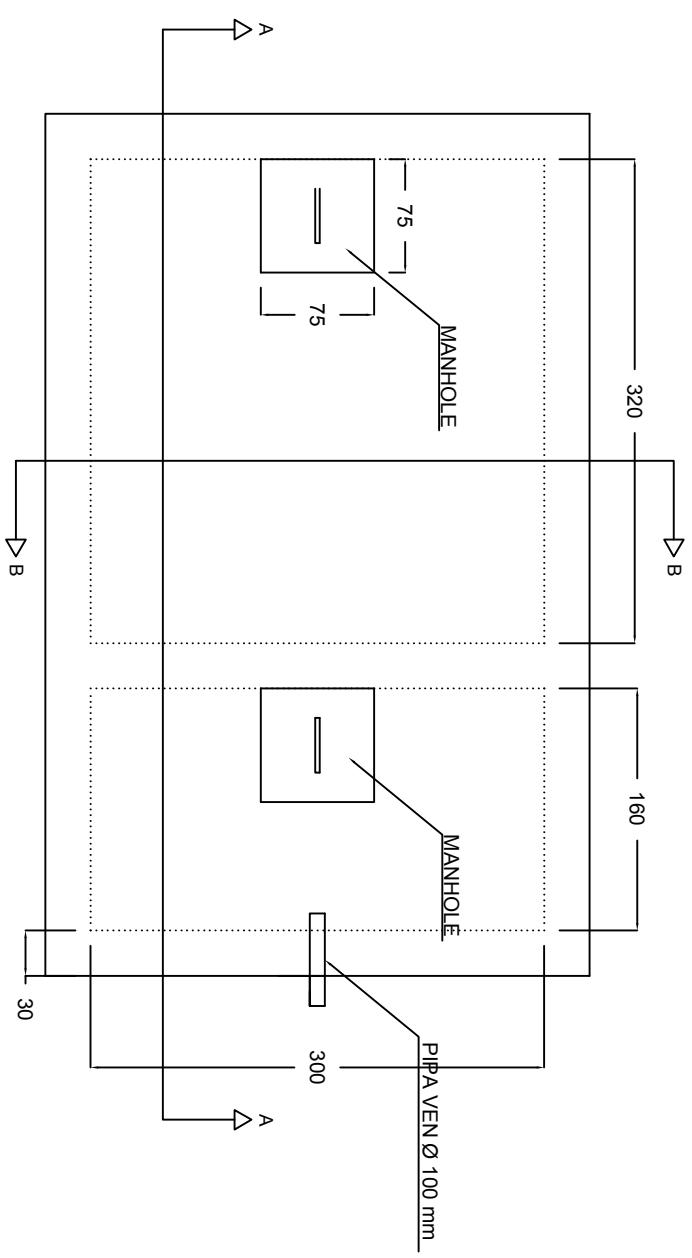
Parameter	Kriteria Desain	Perencanaan 2x Debit	Perencanaan 1/2x Debit
BOD Removal	70% - 90%	89,22%	89,22%
Rasio SS/COD	0,35 - 0,45	0,40 mg/l / mg/l	0,40 mg/l / mg/l
Luas Spesifik Media	80 - 200 m ² /m ³	200 m ² /m ³	200 m ² /m ³
V up	<2 m/jam	1,36 m/jam	0,34 m/jam

C. Gambar Detail

Setelah dimensi unit IPAL didapatkan, proses desain dilanjutkan dengan menggambar sesuai hasil perhitungan dimensi menggunakan program *AutoCAD 2007*. Gambar desain dapat dilihat pada Gambar 4.13 - Gambar 4.21.



DENAH DESAIN IPAL ANAEROBIC FILTER
SKALA 1:200



DENAH BAK PENGENDAP
SKALA 1:50



JURUSAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN DED IPAL
PROSES ATTACHED GROWTH
ANAEROBIC FILTER DENGAN
PROSES SUSPENDED GROWTH
UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
BLANKET UNTUK PUSAT
PERBELANJAAN DI SURABAYA

LEGENDA

NAMA MAHASISWA

RIO BAGUS PERMADI
3311100086

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. RAZIF, MM,
19530502 198103 1 004

JUDUL GAMBAR

DESAIN IPAL
ANAEROBIC FILTER

SKALA NO GAMBAR

4.13



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN DED IPAL
 PROSES ATTACHED GROWTH
 ANAEROBIC FILTER DENGAN
 PROSES SUSPENDED GROWTH
 UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
 BLANKET UNTUK PUSAT
 PERBELANJAAN DI SURABAYA

LEGENDA

NAMA MAHASISWA

RIO BAGUS PERMADI
 3311100086

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. RAZIF, MM,
 19530502 198103 1 004

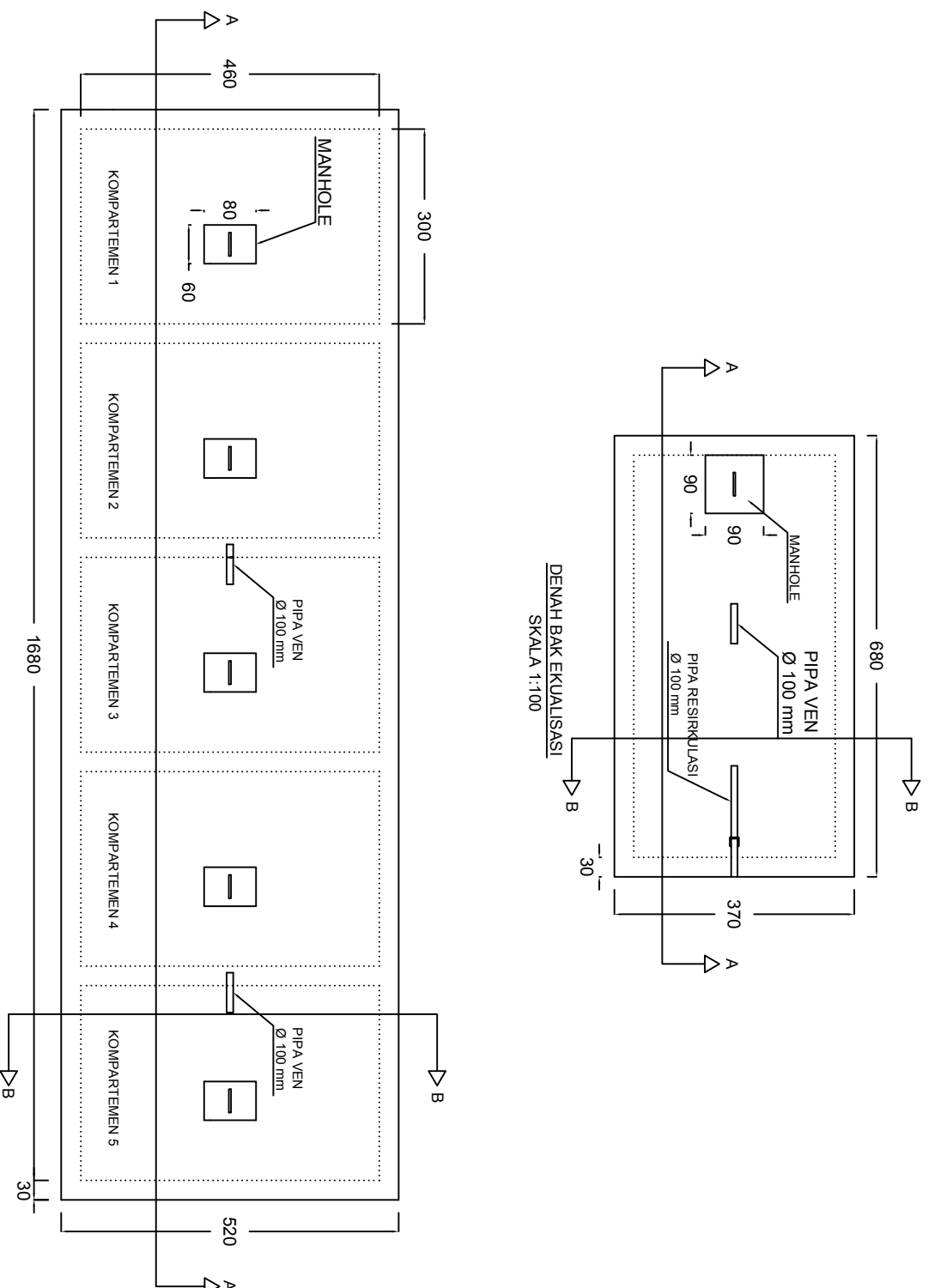
JUDUL GAMBAR

DESAIN IPAL
 ANAEROBIC FILTER

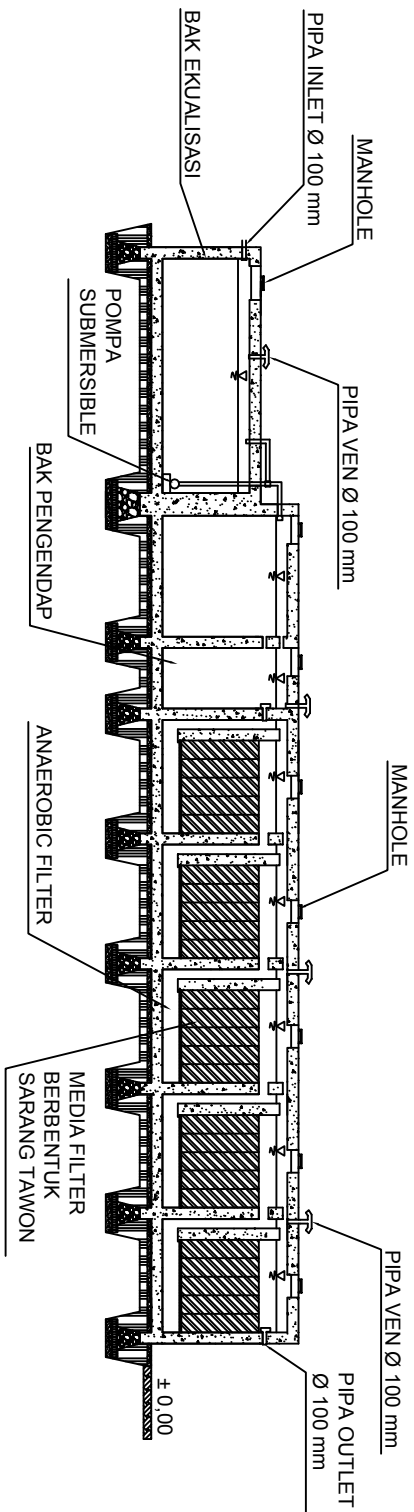
SKALA NO GAMBAR

4. 14

DENAH BAK EKUALISASI
 SKALA 1:100

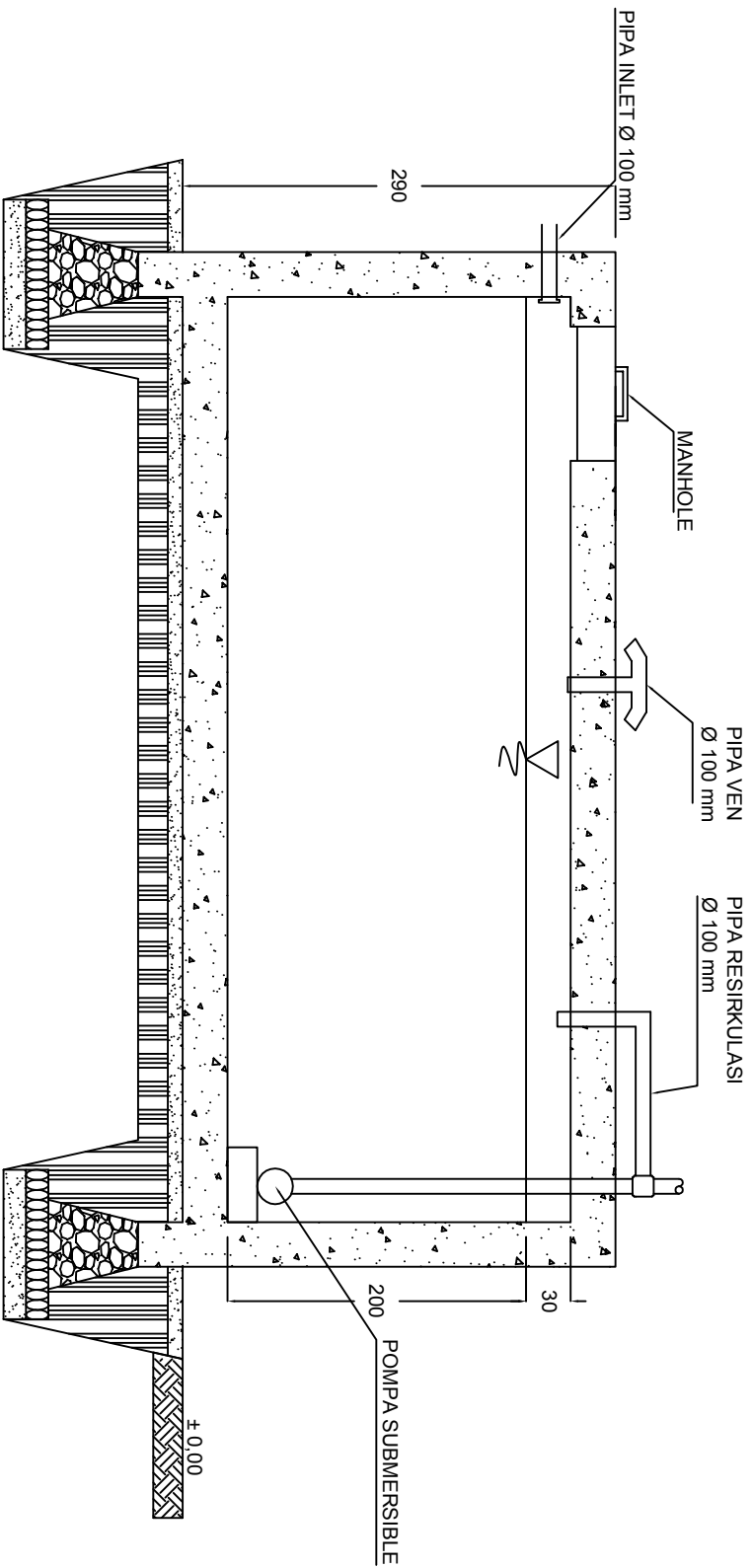


DENAH ANAEROBIC FILTER
 SKALA 1:100



POTONGAN A-A IPAL ANAEROBIC FILTER
SKALA 1:200

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
JUDUL TUGAS AKHIR PERBANDINGAN DED IPAL PROSES ATTACHED GROWTH ANAEROBIC FILTER DENGAN PROSES SUSPENDED GROWTH UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET UNTUK PUSAT PERBELANJAAN DI SURABAYA	
LEGENDA Media Filter Tanah Beton Permukaan Air	
NAMA MAHASISWA RIO BAGUS PERMADI 3311100086	
DOSEN PEMBIMBING Ir. M. RAZIF, MM, 19630502 198103 1 004	
JUDUL GAMBAR DESAIN IPAL ANAEROBIC FILTER	
SKALA NO GAMBAR	4.15



POTONGAN A-A BAK EKUALISASI
SKALA 1:50






JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN DEDIPAL
PROSES ATTACHED GROWTH
ANAEROBIC FILTER DENGAN
PROSES SUSPENDED GROWTH
UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
BLANKET UNTUK PUSAT
PERBELANJAAN DI SURABAYA

LEGENDA

-  Tanah
-  Beton
-  Permukaan Air

NAMA MAHASISWA

RIO BAGUS PERMADI
3311100086

DOSEN PEMBIMBING

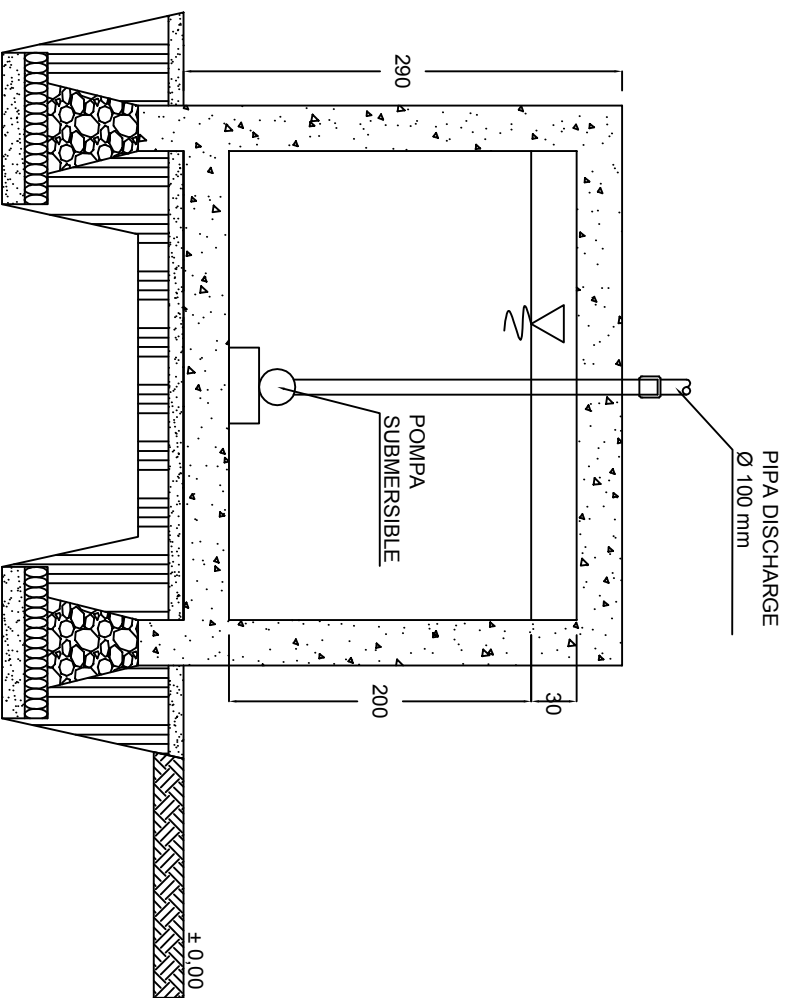
Ir. M. RAZIF, MM,
19630502 198103 1 004

JUDUL GAMBAR

BAK EKUALISASI

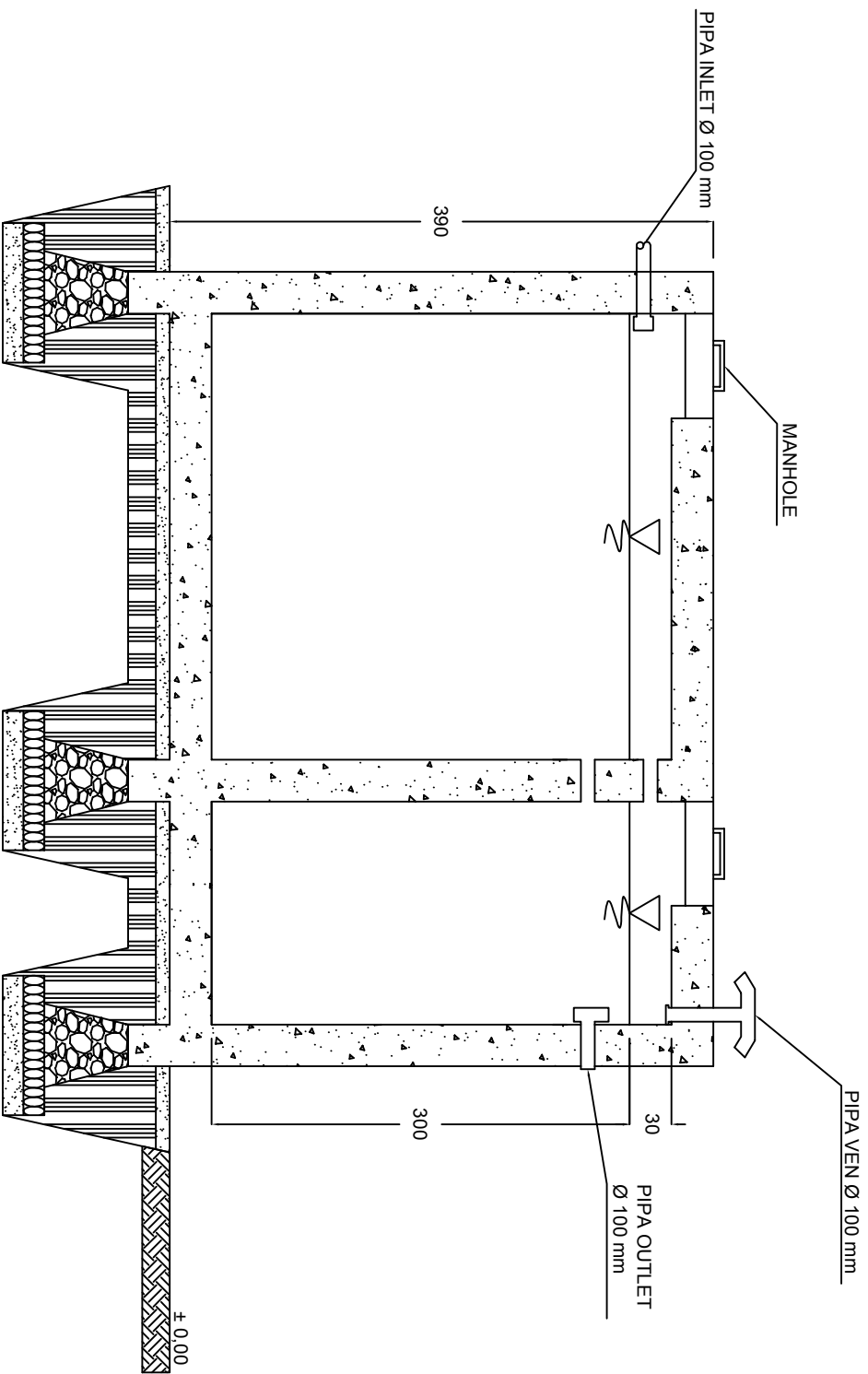
SKALA NO GAMBAR

4.16



POTONGAN B-B BAK EKUALISASI
SKALA 1:50

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
JUDUL TUGAS AKHIR PERBANDINGAN DEDIPAL PROSES ATTACHED GROWTH ANAEROBIC FILTER DENGAN PROSES SUSPENDED GROWTH UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET UNTUK PUSAT PERBELANJAAN DI SURABAYA	
LEGENDA Tanah Beton Permukaan Air	
NAMA MAHASISWA RIO BAGUS PERMADI 33111100086	
DOSEN PEMBIMBING Ir. M. RAZIF, MM, 19630502 198103 1 004	
JUDUL GAMBAR BAK EKUALISASI	
SKALA NO GAMBAR	4.17



POTONGAN A-A BAK PENGENDAP
SKALA 1:50



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN DEDIPAL
PROSES ATTACHED GROWTH
ANAEROBIC FILTER DENGAN
PROSES SUSPENDED GROWTH
UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
BLANKET UNTUK PUSAT
PERBELANJAAN DI SURABAYA

LEGENDA

- Tanah
- Beton
- Permukaan Air

NAMA MAHASISWA

RIO BAGUS PERMADI
3311100086

DOSEN PEMBIMBING

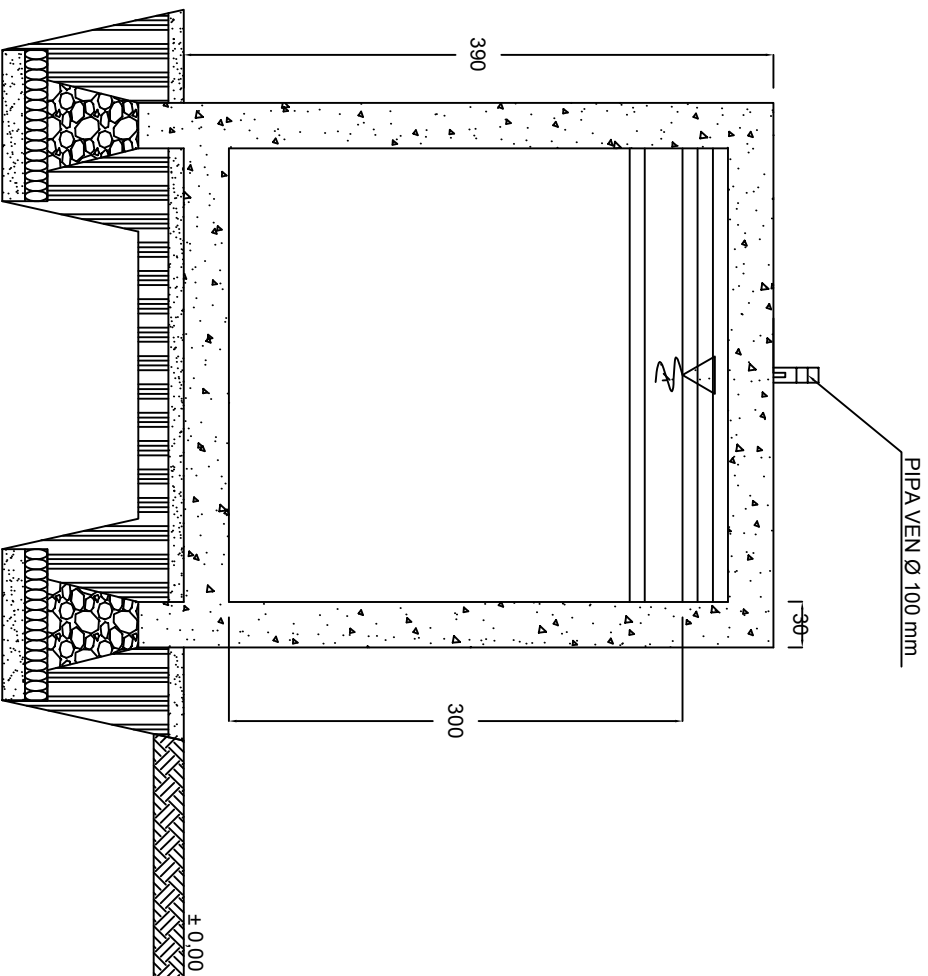
Ir. M. RAZIF, MM,
19630502 198103 1 004

JUDUL GAMBAR

BAK PENGENDAP

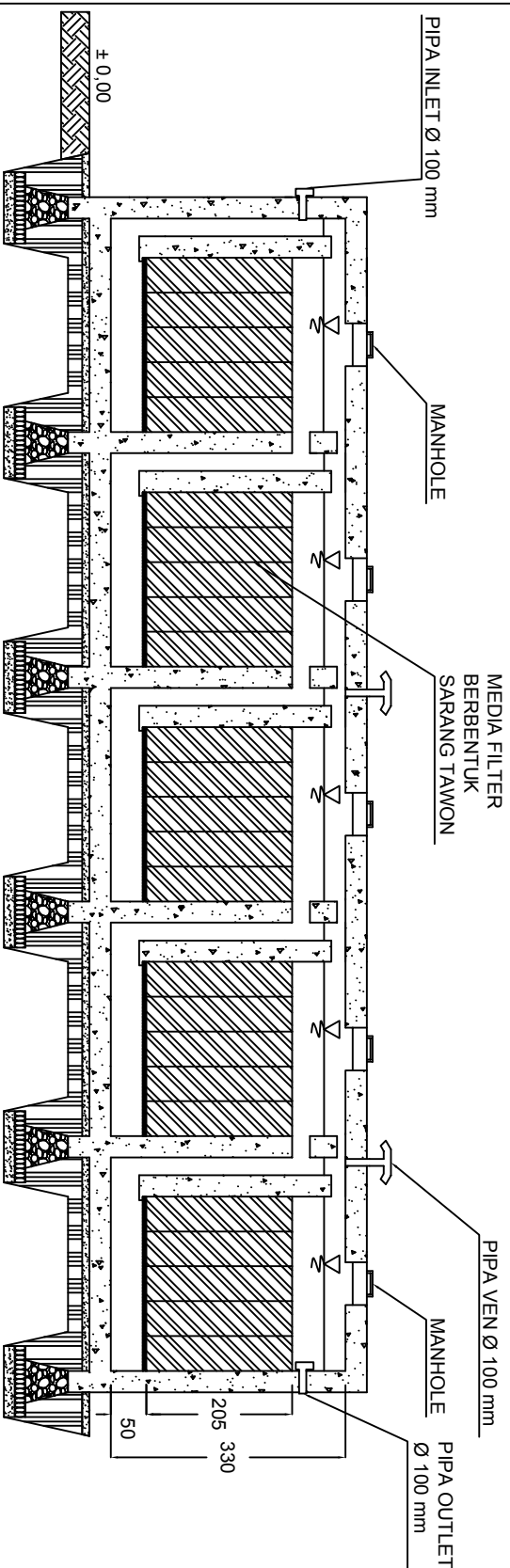
SKALA NO GAMBAR

4. 18



POTONGAN B-B BAK PENGENDAP
SKALA 1:50

JURUSAN	
TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
JUDUL TUGAS AKHIR	
PERBANDINGAN DEDIPAL PROSES ATTACHED GROWTH ANAEROBIC FILTER DENGAN PROSES SUSPENDED GROWTH UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET UNTUK PUSAT PERBELANJAAN DI SURABAYA	
LEGENDA	
	Tanah
	Beton
	Pernukaan Air
NAMA MAHASISWA	
RIO BAGUS PERMADI 3311100086	
DOSEN PEMBIMBING	
Ir. M. RAZIF, MM, 19530502 198103 1 004	
JUDUL GAMBAR	
BAK PENGENDAP	
SKALA	NO GAMBAR
4.19	



POTONGAN A-A ANAEROBIC FILTER
SKALA 1:100



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN DEDIPAL
PROSES ATTACHED GROWTH
ANAEROBIC FILTER DENGAN
PROSES SUSPENDED GROWTH
UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
BLANKET UNTUK PUSAT
PERBELANJAAN DI SURABAYA

LEGENDA

- Media Filter
- Tanah
- Beton
- Permukaan Air

NAMA MAHASISWA

RIO BAGUS PERMADI
3311100086

DOSEN PEMBIMBING

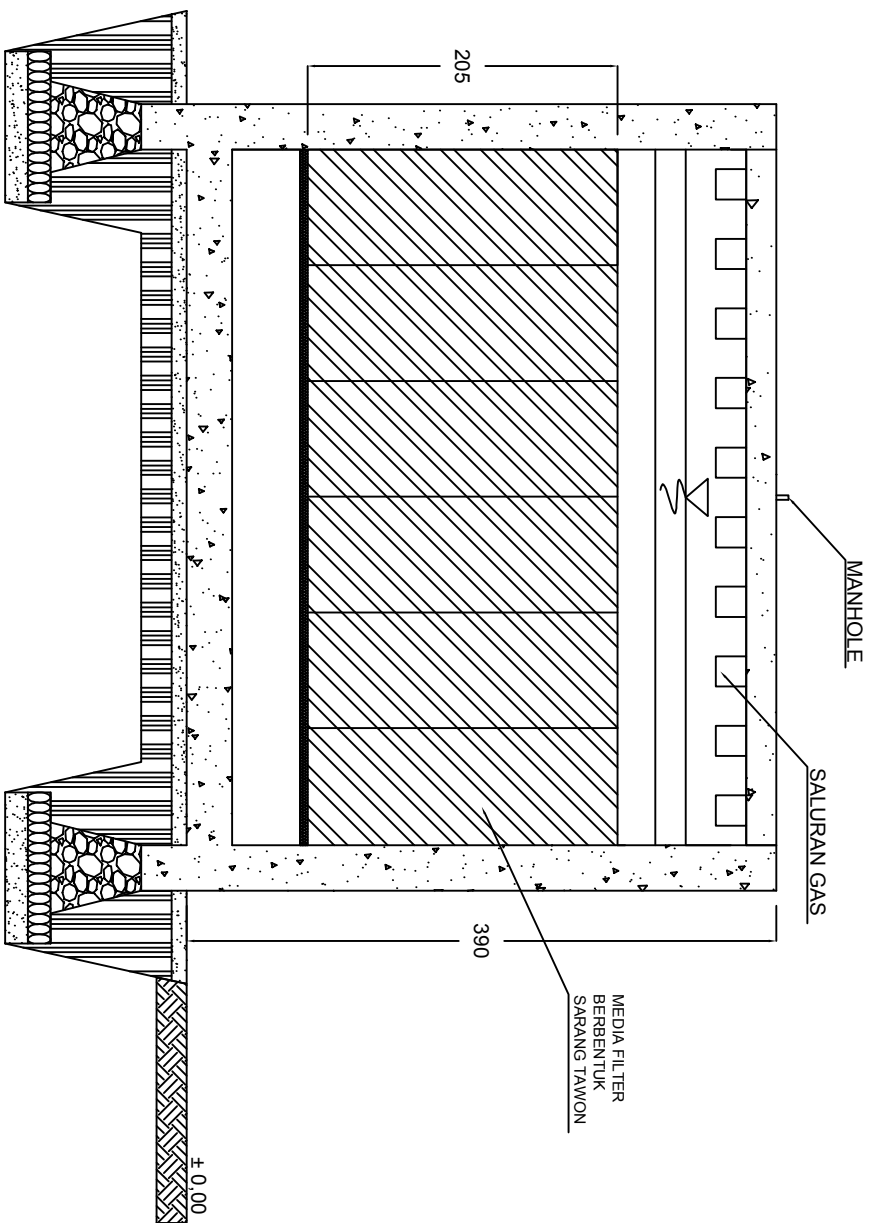
Ir. M. RAZIF, MM,
19630502 198103 1 004

JUDUL GAMBAR

ANAEROBIC FILTER

SKALA NO. GAMBAR

4.20



POTONGAN B-B ANAEROBIC FILTER
SKALA 1:50





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN DEDIPAL
PROSES ATTACHED GROWTH
ANAEROBIC FILTER DENGAN
PROSES SUSPENDED GROWTH
UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
BLANKET UNTUK PUSAT
PERBELANJAAN DI SURABAYA

LEGENDA

-  Media Filter
-  Tanah
-  Beton
-  Permukaan Air

NAMA MAHASISWA

RIO BAGUS PERMADI
3311100086

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. RAZIF, MM,
19530502 198103 1 004

JUDUL GAMBAR

ANAEROBIC FILTER

SKALA NO GAMBAR

4.21

D. 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 jatuhnya, 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 ditentukan berdasarkan persamaan Darcy-Weisbach untuk bangunan *open channel*.

$$\begin{aligned} H_f &= f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g} \\ f &= 1.5 \times \left(0,01989 + \frac{0,0005078}{4R} \right) \\ L &= \text{panjang bangunan (m)} \\ R &= \text{jari-jari hidrolis (m)} \\ v &= 0,33 \text{ m/s (kecepatan aliran)} \\ g &= 9,81 \text{ m/s} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} H_f &= 8,9 \cdot 10^{-5} \times v \times D^{-2} \\ v &= \text{kecepatan aliran (m/s)} = 0,33 \text{ m/s} \\ D &= \text{diameter/tebal media (mm)} = 0,05 \text{ cm} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} H_f &= \left(\frac{v \cdot n}{1,49 R^{2/3}} \right)^2 \cdot L \\ v &= 0,33 \text{ m/s (kecepatan aliran)} \\ n &= 0,013 \text{ (kekasaran beton)} \\ R &= \text{jari-jari hidrolis (m)} \\ L &= \text{panjang jatuhnya atau belokan (m)} \end{aligned}$$

Septic Tank

Kompartemen 1

Headloss kecepatan 1

$$P(b) = 3,2 \text{ m}$$

$$L(y) = 3 \text{ m}$$

$$R = \frac{b \times y}{b + 2y}$$
$$= \frac{3,2 \times 3}{3,2 + 2 \times 3}$$
$$= 1,04$$

$$f = 1.5 \times \left(0,01989 + \frac{0,0005078}{4 \times 1,04} \right)$$
$$= 0,03 \text{ m}$$

$$H_f = 0,03 \times \frac{3,2}{4 \times 1,04} \times \frac{0,33^2}{2 \times 9,81}$$
$$= 0,0001 \text{ m}$$

Headloss jatuhan 1

$$L \text{ jatuhan} = 3 \text{ m}$$

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

$$H_f = \left(\frac{0,33 \cdot 0,013}{1,1,04^{2/3}} \right)^2 \cdot 3$$
$$= 0,0000431 \text{ m}$$

Headloss belokan 1

$$L \text{ belokan} = 3,2 \text{ m}$$

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

$$H_f = \left(\frac{0,33 \cdot 0,013}{1,1,04^{2/3}} \right)^2 \cdot 3,2$$
$$= 0,000046 \text{ m}$$

Bangunan 2

Headloss kecepatan 2

$$P(b) = 1,6 \text{ m}$$

$$L(y) = 3 \text{ m}$$

$$R = \frac{b \times y}{b + 2y}$$
$$= \frac{1,6 \times 3}{1,6 + 2 \times 3}$$
$$= 0,632 \text{ m}$$

$$f = 1.5 \times \left(0,01989 + \frac{0,0005078}{4 \times 0,632} \right)$$
$$= 0,03 \text{ m}$$

$$H_f = 0,03 \times \frac{1,6}{4 \times 0,632} \times \frac{0,33^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,00008 \text{ m}$$

Headloss jatuhan 2

L jatuhan = 2,65 m

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

$$H_f = \left(\frac{0,33 \cdot 0,013}{1,0,632^{2/3}} \right)^2 \cdot 2,65$$

$$= 0,0000744 \text{ m}$$

Headloss belokan 2

L belokan = 1,6 m

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

$$H_f = \left(\frac{0,33 \cdot 0,013}{1,0,632^{2/3}} \right)^2 \cdot 1,6$$

$$= 0,0000449 \text{ m}$$

Anaerobic Filter

Pada perencanaan IPAL ini, unit *anaerobic filter*, memiliki ukuran tinggi inlet dan panjang masing-masing bangunan yang sama, sehingga dalam perhitungan headloss jatuhan, belokan, *perforated baffle*, dan media filter memiliki nilai headloss yang sama.

Headloss jatuhan dan belokan

L jatuhan = 2,55 m

L belokan = 3 m

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

$$H_f = \left(\frac{0,33 \cdot 0,013}{1,1,13^{2/3}} \right)^2 \cdot 2,55$$

$$= 0,000033 \text{ m}$$

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

$$H_f = \left(\frac{0,33 \cdot 0,013}{1,1,13^{2/3}} \right)^2 \cdot 3$$

$$= 0,000039 \text{ m}$$

Headloss media filter

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

Hasil lengkap perhitungan headloss adalah sebagai berikut

Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka Air (m)	
Septic Tank			3.0000000	
	Hf jatuhan 1	0.0000431	2.9999569	
	Hf belokan 1	0.0000460	2.9999109	
	Hf kecepatan 1	0.0001246	2.9997863	
	Hf jatuhan 2	0.0000744	2.9997119	
	Hf belokan 2	0.0000449	2.9996670	
	Hf kecepatan 2	0.0001033	2.9995637	0.04
Anaerobic Biofilter (kompartemen)			2.9995637	
1	Hf jatuhan	0.0000329	2.9995308	
	Hf belokan	0.0000387	2.9994921	
	Hf filter	0.0116021	2.9878900	
2	Hf jatuhan	0.0000329	2.9878570	
	Hf belokan	0.0000387	2.9878183	
	Hf filter	0.0116021	2.9762162	
3	Hf jatuhan	0.0000329	2.9761833	
	Hf belokan	0.0000387	2.9761446	
	Hf filter	0.0116021	2.9645425	
4	Hf jatuhan	0.0000329	2.9645095	
	Hf belokan	0.0000387	2.9644708	
	Hf filter	0.0116021	2.9528687	
5	Hf jatuhan	0.0000329	2.9528358	
	Hf belokan	0.0000387	2.9527971	
	Hf filter	0.0116021	2.9411950	5.84

Berdasarkan perhitungan headloss, diketahui bahwa penurunan level muka air pada effluen *septic tank* sebesar 0,04 cm. Penurunan level muka air pada unit *aerobic filter* dengan 5 kompartemen adalah sebesar 5,84 cm.

E. BOQ & RAB

Setelah proses menggambar desain unit IPAL, selanjutnya adalah menghitung kebutuhan bahan serta menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebagai pertimbangan bagi pemrakarsa atau investor pengembang pusat perbelanjaan. Proses perhitungan rencana anggaran biaya didasarkan pada SNI DT-91-xxx-2007 series tentang pekerjaan bangunan dan HSPK Kota Surabaya Tahun 2015. Proses perhitungan menggunakan program *Microsoft excel 2007*. Hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya untuk unit IPAL *Anaerobic Filter* disajikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 BOQ Unit IPAL *Anaerobic Filter*

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
a.	Pembongkaran Dinding Tembok dengan Pembersihan		m ²		
	<u>upah</u>				
	Mandor	0,05	O.H	Rp 120.000	Rp 6.000
	Pembantu tukang	1	O.H	Rp 99.000	Rp 99.000
				Jumlah Total	Rp 105.000
b.	Pembuatan Bouwplank / Titik		Titik		
	<u>upah</u>				
	Mandor	0,0045	O.H	Rp 120.000	Rp 540
	Kepala tukang	0,01	O.H	Rp 110.000	Rp 1.100
	Tukang	0,1	O.H	Rp 105.000	Rp 10.500
	Pembantu tukang	0,1	O.H	Rp 99.000	Rp 9.900
				Jumlah	Rp 22.040
	<u>Bahan/Material</u>				
	Kayu meranti (bekisting)	0,008	m ³	Rp 3.200.000	Rp 25.600
Kayu meranti (usuk 4/6)	0,012	m ³	Rp 4.500.000	Rp 54.000	

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
	Paku biasa 2" - 5"	0,05	doz	Rp 27.000	Rp 1.350
				Jumlah	Rp 80.950
				Jumlah Total	Rp 102.990
c.	Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank (UITZET)		m		
	<u>upah</u>				
	Mandor	0,005	O.H	Rp 120.000	Rp 600
	Kepala tukang	0,01	O.H	Rp 110.000	Rp 1.100
	Tukang	0,1	O.H	Rp 105.000	Rp 10.500
	Pembantu tukang	0,1	O.H	Rp 99.000	Rp 9.900
				Jumlah	Rp 22.100
	<u>Bahan/Material</u>				
	Kayu meranti (PAPAN 2/20)	0,007	m ³	Rp 2.830.000	Rp 19.810
	Kayu meranti (usuk 5/7)	0,012	m ³	Rp 4.500.000	Rp 54.000
	Paku biasa 2" - 5"	0,02	doz	Rp 27.000	Rp 540
				Jumlah	Rp 74.350
				Jumlah Total	Rp 96.450
	d.	Pembuatan Direksi Kit		m ²	
<u>upah</u>					
Mandor		0,005	O.H	Rp 120.000	Rp 600
Kepala tukang		0,3	O.H	Rp 110.000	Rp 33.000
Tukang		1	O.H	Rp 105.000	Rp 105.000
Tukang		2	O.H	Rp 105.000	Rp 210.000
Pembantu tukang		2	O.H	Rp 99.000	Rp 198.000
				Jumlah	Rp 546.600
<u>Bahan</u>					

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
	Seng Gelombang BJLS 30 uk. (80x180 cm)	0,25	Lembar	Rp59.000	Rp 14.750
	Kunci tanam	0,15	Buah	Rp 70.000	Rp 10.500
	Paku biasa 2" - 5"	0,85	Doz	Rp 27.000	Rp 22.950
	Triplek uk. 110 x 210 x 4 mm	0,06	Lembar	Rp 67.700	Rp 4.062
	Dolken kayu gelam 8- 10/400cm	1,25	Batang	Rp 8.500	Rp 10.625
				Jumlah	Rp 62.887
				Jumlah Total	Rp 609.487
II	PEKERJAAN BETON				
a.	Pekerjaan pondasi beton bertulang (150 kg besi + bekisting)		m ³		
	<u>upah</u>				
	Mandor	0,265	O.H	Rp 120.000	Rp 31.800
	Kepala tukang	0,262	O.H	Rp 110.000	Rp 28.820
	Tukang	1,3	O.H	Rp 105.000	Rp 136.500
	Tukang	0,275	O.H	Rp 105.000	Rp 28.875
	Tukang	1,05	O.H	Rp 105.000	Rp 110.250
	Pembantu tukang	5,3	O.H	Rp 99.000	Rp 524.700
				Jumlah	Rp 860.945
	<u>Bahan</u>				
	semen PC 40 kg	8,4	Zak	Rp 63.000	Rp 529.200
	Pasir cor/beton	0,54	m ³	Rp 232.100	Rp 125.334
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m ³	Rp 466.000	Rp 377.460
	Besi beton polos	157,5	Kg	Rp 12.000	Rp 1.890.000
Paku triplek/eternit	1,5	Kg	Rp 22.000	Rp 33.000	

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
	Kawat ikat	2,25	Kg	Rp 23.000	Rp 51.750
	Kayu meranti bekisting	0,2	m ³	Rp 3.200.000	Rp 640.000
	Minyak Bekisting	0,4	Liter	Rp 28.300	Rp 11.320
				Jumlah	Rp 3.658.064
				Jumlah Total	Rp 4.519.009
b.	Pekerjaan Beton K-225		m ³		
	<u>upah</u>				
	Mandor	0,083	O.H	Rp 120.000	Rp 9.960
	Kapala tukang	0,028	O.H	Rp 110.000	Rp 3.080
	Tukang	0,275	O.H	Rp 105.000	Rp 28.875
	Pembantu tukang	1,65	O.H	Rp 99.000	Rp 163.350
				Jumlah	Rp 205.265
	<u>Bahan</u>				
	semen PC 40 Kg	9,275	Zak	Rp 63.000	Rp 584.325
	Pasir cor/beton	0,4362 5	m ³	Rp 232.100	Rp 101.254
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5510 53	m ³	Rp 466.000	Rp 256.791
	Air kerja	215	Liter	Rp 27	Rp 5.805
				Jumlah	Rp 948.174
				Jumlah Total	Rp 1.153.439
c.	Pekerjaan bekisting dinding		m ²		
	<u>upah</u>				
	Mandor	0,0004	O.H	Rp 120.000	Rp 48
	Kapala tukang	0,0007	O.H	Rp 110.000	Rp 77
	Tukang	0,007	O.H	Rp 105.000	Rp 735
	Pembantu tukang	0,007	O.H	Rp 99.000	Rp 693
				Jumlah	Rp 1.553
	<u>Bahan</u>				

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
	Paku triplek/eternit	0,4	Kg	Rp 22.000	Rp 8.800
	Plywood uk. 122x244x9 mm	0,35	Lembar	Rp 93.600	Rp 32.760
	Kayu kamper balok 4/6	0,02	m ³	Rp 6.400.000	Rp 128.000
	kayu meranti bekisting	0,03	m ³	Rp 3.200.000	Rp 96.000
	Minyak bekisting	0,2	Liter	Rp 28.300	Rp 5.660
				Jumlah	Rp 271.220
				Jumlah Total	Rp 272.773
III	FINISHING				
a.	Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 4'		m		
	<u>upah</u>				
	Mandor	0,0041	O.H	Rp 120.000	Rp 492
	Kapala tukang	0,0135	O.H	Rp 110.000	Rp 1.485
	Tukang	0,135	O.H	Rp 105.000	Rp 14.175
	Pembantu tukang	0,81	O.H	Rp 99.000	Rp 80.190
				Jumlah	Rp 96.342
	<u>Bahan</u>				
	Pipa PVC Tipe C uk 4' (4 m)	0,3	Batang	Rp 89.000	Rp 26.700
	Pipa PVC Tipe C uk 4' (4 m)	0,105	Batang	Rp 89.000	Rp 9.345
				Jumlah	Rp 36.045
			Jumlah Total	Rp 132.387	
b.	Pemasangan Media Sarang Tawon				
	<u>upah</u>				
	Mandor	0,04	O.H	Rp 120.000	Rp 4.800
	Tukang	0,4	O.H	Rp 105.000	Rp 42.000
			Jumlah	Rp 46.800	

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
	Bahan				
	Media sarang tawon	1	m ³	Rp 2.083.333	Rp 2.083.333
				Jumlah	Rp 2.083.333
				Jumlah Total	Rp 2.130.133
c.	Pemasangan Pompa				
	upah				
	Mandor	0,04	O.H	Rp 120.000	Rp 4.800
	Tukang	0,4	O.H	Rp 105.000	Rp 42.000
				Jumlah	Rp 46.800
	Bahan				
	Pompa	1	unit	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000
				Jumlah	Rp 3.900.000
				Jumlah Total	Rp 3.946.800

Dari hasil perhitungan rinci diatas selanjutnya dihitung sesuai dengan volume kegiatan pekerjaan. Hasil perhitungan lengkap bisa dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Rencana Anggaran Biaya Unit IPAL Anaerobic Filter

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
a.	Pembongkaran Dinding Tembok dengan Pembersihan	m ²	132,79	Rp 105.000	Rp 13.942.950
b.	Pembuatan Bouwplank / Titik	titik	20	Rp 102.990	Rp 2.059.800
c.	Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank (UITZET)	m	66	Rp 96.450	Rp 6.365.700

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
d.	Pembuatan Direksi Kit	m ²	12	Rp 609.487	Rp 7.313.844
II	PEKERJAAN BETON				
a.	Pekerjaan pondasi beton bertulang (150 kg besi + bekisting)	m ³	37,448	Rp 4.519.009	Rp 169.227.849
b.	Pekerjaan Beton K-225	m ³	141,092	Rp 1.153.439	Rp 162.741.496
c.	Pekerjaan bekisting dinding	m ²	470,308	Rp 272.773	Rp 128.287.324
III	FINISHING				
a.	Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 4"	m	1	Rp 132.387	Rp 132.387
b.	Pemasangan Media Sarang Tawon	m ³	24	Rp 2.130.133	Rp 51.123.192
c.	Pemasangan Pompa	unit	1	Rp 3.946.800	Rp 3.946.800
IV	TOTAL				Rp 545.141.342

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa biaya yang dibutuhkan untuk membangun unit IPAL *Anaerobic Filter* dengan debit sebesar 221,12 m³/hari adalah sebesar Rp. 545.141.342,-. Nilai RAB ini tidak termasuk anggaran penyediaan lahan karena pengelola telah menyediakan lahan untuk pembangunan IPAL.

4.3.3 *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*

A. Perhitungan dimensi

Perhitungan dimensi didasarkan pada kriteria desain unit IPAL menurut Chernicharo (2007), yaitu diantaranya:

Kriteria desain untuk *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* meliputi:

- td : >6 jam (untuk suhu pengolahan >26 °C)
- OLR : 2,5 - 3,5 kgCOD/m³.hari
- Influen area tiap distributor : 0,5 - 1 m²
- Y : 1020 - 1040 kg/m³

- *Upflow velocity* : 0,5 - 1,1 m/jam
- Tinggi reaktor : 3 - 5 m

Pada desain 2 unit IPAL ini akan didesain bak ekualisasi dan bak pengendap yang memiliki desain dan fungsi yang sama dengan bak pengendap pada desain 1 unit IPAL agar perbandingan yang dihasilkan lebih akurat.

Untuk desain bak ekualisasi identik dengan bak ekualisasi pada desain 1 unit IPAL. Perbedaannya hanya pada jenis pompa yang dipakai karena perbedaan tinggi unit IPAL selanjutnya. Sehingga perhitungan untuk pompa bak ekualisasi pada desain 2 unit IPAL ini adalah sebagai berikut:

Diketahui

Q = 0,00512 m³/s

v.asumsi = 2 m/s

Dihitung

Luas penampang pipa (A) = Q/v
 = 0,00512 m³/s / 2 m/s
 = 0,002559 m²

A = 1/4 π d²
 d = (A / (1/4 π))^{0,5}
 d = (0,002559 m² / (0,25 x 3,14))^{0,5}
 d = 0,0571 m
 = 57,1 mm ≈ 100 mm

A cek = 1/4 π (0,1)²
 = 0,00785 m²

v cek = Q / A
 = 0,00512 m³/s / 0,00785 m²
 = 0,65 m/s

Head pompa = Hf statis + Hf sistem
 Hf statis = 17,31 m
 Hf sistem = mayor losses + minor losses

Mayor losses

L suction = 0
 Hf = 0
 L discharge = 18,32 m

$$\begin{aligned}
 \text{Hf discharge} &= \left[\frac{Q}{(0,00155 \times c \times d^{2,63})} \right]^{1,85} \times L \\
 &= \left[\frac{5,12}{(0,00155 \times 120 \times 10^{2,63})} \right]^{1,85} \times 18,32 \\
 &= 0,11 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Minor losses

- Tee untuk pembagi debit (K = 0,9)

$$\begin{aligned}
 \text{Hf} &= \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right] \\
 &= \left[\frac{0,9 \times 0,65^2}{2(9,8)} \right] \\
 &= 0,02 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Belokan 90° (K = 0,5)

$$\begin{aligned}
 \text{Hf} &= \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right] \\
 &= \left[\frac{0,5 \times 0,65^2}{2(9,8)} \right] \\
 &= 0,01 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Hf kecepatan

$$\begin{aligned}
 \text{Hf} &= \left[\frac{v^2}{2g} \right] \\
 &= 0,02 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Minor losses total} &= 0,02 \text{ m} + 0,01 \text{ m} + 0,02 \text{ m} \\
 &= 0,05 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hf sistem} &= 0,11 \text{ m} + 0,05 \text{ m} \\
 &= 0,16 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hf total} &= \text{Hf statis} + \text{Hf sistem} \\
 &= 17,31 \text{ m} + 0,16 \text{ m} \\
 &= 17,47 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Penentuan jenis pompa yang akan digunakan dalam perencanaan ini menggunakan software Webcaps dari produsen pompa Grundfos. Pompa yang digunakan adalah tipe S1.30.A40.134.4.50H.C.200.G.EX.D dengan nomor produk 97660640.

Perhitungan Bak Pengendap

Diketahui:

$$Q_{ave} = 221,12 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{COD}_{inf} = 253 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD}_{inf} = 160 \text{ mg/l}$$

Direncanakan:

$$\text{Suhu pengolahan} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Waktu pengaliran} = 24 \text{ jam}$$

$$\text{Pengurasan lumpur} = 36 \text{ bulan}$$

$$\text{Td Bak pengendap} = 2 \text{ jam}$$

$$\text{Rasio SS/COD} = 0,40 \text{ ---} \rightarrow 0,35 - 0,45 \text{ untuk limbah domestik}$$

Dihitung:

$$Q \text{ per jam} = Q_{ave} / \text{waktu pengaliran}$$

$$= 221,12 \text{ m}^3/\text{hari} / 24 \text{ jam}$$

$$= 9,21 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Rasio COD/BOD} = \text{COD}_{inf} / \text{BOD}_{inf}$$

$$= 253 \text{ mg/l} / 160 \text{ mg/l}$$

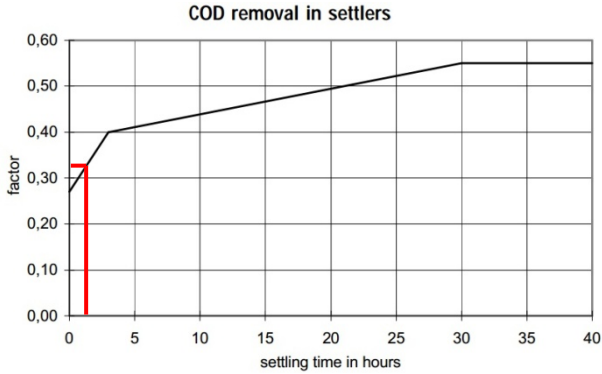
$$= 1,58$$

$$\text{COD}_{rem} \text{ bak pengendap} = \text{rasio SS/COD} / 0,6 \times (\text{HRT}-1) \times 0,1 / 2 + 0,3$$

$$= 0,4 / 0,6 \times (2-1) \times (0,1 / 2 + 0,3)$$

$$= 23,33 \%$$

Perhitungan diatas berkaitan dengan Gambar 4.22.

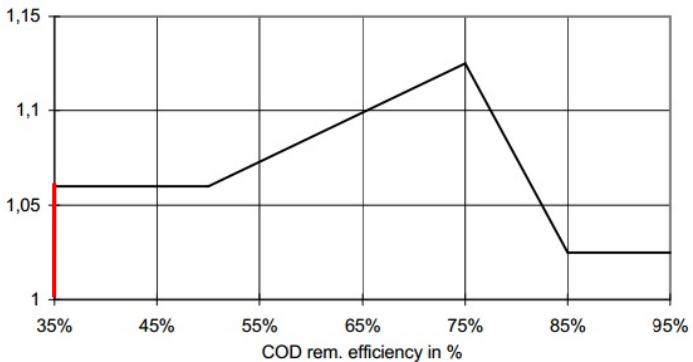


Gambar 4.22 Grafik COD Removal pada Tangki Septik

$$\text{Rasio } \text{BOD}_{\text{rem}}/\text{COD}_{\text{rem}} = 1,06$$

Rasio $\text{BOD}_{\text{rem}}/\text{COD}_{\text{rem}}$ ditentukan berdasarkan grafik pada Gambar 4.23. Dengan nilai COD_{rem} sebesar 23% maka didapatkan nilai rasio $\text{BOD}_{\text{rem}}/\text{COD}_{\text{rem}}$ sebesar 1,06.

**simplified curve of ratio of efficiency of
BOD removal to COD removal**



Gambar 4.23 Grafik Hubungan Efisiensi Removal BOD dan COD

$$\begin{aligned}
 \text{BOD}_{\text{rem}} \text{ bak pengendap} &= \text{rasio } \text{BOD}_{\text{rem}}/\text{COD}_{\text{rem}} \times \text{COD}_{\text{rem}} \text{ bak} \\
 &\quad \text{pengendap} \\
 &= 1,06 \times 23,33\% \\
 &= 24,73\% \\
 \text{COD}_{\text{inf}} \text{ di UASB} &= \text{COD}_{\text{inf}} \times (1 - \text{COD}_{\text{rem}} \text{ bak pengendap}) \\
 &= 253 \text{ mg/l} \times (1 - 23,33\%) \\
 &= 193,97 \text{ mg/l} \\
 \text{BOD}_{\text{inf}} \text{ di UASB} &= \text{BOD}_{\text{inf}} \times (1 - \text{BOD}_{\text{rem}} \text{ bak pengendap}) \\
 &= 160 \text{ mg/l} \times (1 - 24,73\%) \\
 &= 120,43 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

Dimensi Bak Pengendap

Direncanakan:

$$\text{Lebar dalam} = 3 \text{ m}$$

$$H_{\text{air}} \text{ pada inlet} = 3 \text{ m}$$

Dihitung:

$$\begin{aligned}
 \text{Lumpur akumulasi} &= 0,005 \times (0,5 - (\text{interval pengurasan} - \\
 &\quad 36)) \times 0,002 \\
 &= 0,005 \times (0,5 - (36 - 36)) \times 0,002 \\
 &= 0,0025 \text{ L/Kg.BOD}
 \end{aligned}$$

$$\text{Volume bak pengendap} = 42,05 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang bak pertama} &= 2/3 \times \text{vol bak pengendap} / \text{lebar dalam} / \\
 &\quad H_{\text{air}} \text{ pada inlet} \\
 &= 2/3 \times 42,05 / 3 / 3 \\
 &= 3,12 \approx 3,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang bak kedua} &= \text{panjang bak pertama} / 2 \\
 &= 3,2 / 2 \\
 &= 1,6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume aktual BP} &= (\text{panjang bak pertama} + \text{panjang bak} \\
 &\quad \text{kedua}) \times \text{lebar dalam} \times H_{\text{air}} \text{ pada inlet} \\
 &= (3,2 + 1,6) \times 3 \times 3 \\
 &= 43,2 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Perhitungan Dimensi Upflow Anaerobic Sludge Blanket

Diketahui:

$$Q_{\text{ave}} = 221,12 \text{ m}^3/\text{hari} = 9,21 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{COD}_{\text{inf}} = 193,97 \text{ mg/l} = 0,194 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{BOD}_{\text{inf}} = 120,43 \text{ mg/l} = 0,12 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{TSS} = 416 \text{ mg/l} = 0,416 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}
T &= 30^{\circ}\text{C} \\
Y_{\text{obs}} &= 0,2 \text{ kgCOD}_{\text{sludge}}/\text{kgCOD}_{\text{app}} (0,11 - 0,23) \\
Y &= 0,15 \text{ kgTSS}/\text{kgCOD}_{\text{app}} (0,1 - 0,2) \\
Y &= 1.020 \text{ kg}/\text{m}^3 (1.020 - 1.040) \\
P &= 1 \text{ atm} \\
K_{\text{COD}} &= 64 \text{ gCOD}/\text{molL} \\
R &= 0,08206 \text{ atm}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K} \\
td &= 6 \text{ jam}
\end{aligned}$$

Dihitung:

$$\begin{aligned}
\text{Beban COD } (L_0) &= Q_{\text{ave}} \times \text{COD}_{\text{inf}} \\
&= 221,12 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,194 \text{ kg}/\text{m}^3 \\
&= 42,89 \text{ kgCOD}/\text{hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Volume total } (V) &= Q_{\text{ave}} \times td \\
&= 9,21 \text{ m}^3/\text{jam} \times 6 \text{ jam} \\
&= 55,28 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

$$\text{Tinggi reaktor } (H) = 5 \text{ m } (3-5)$$

$$\begin{aligned}
\text{Luas penampang } (A) &= V/H \\
&= 55,28 \text{ m}^3 / 5 \text{ m} \\
&= 11,06 \text{ m}^2 \approx 12 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Dimensi reaktor:

$$A = p \times l$$

$$12 \text{ m}^2 = p \times l$$

$$\text{ditentukan } \rightarrow p = 4 \text{ m}$$

$$l = 3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
\text{Koreksi volume } \rightarrow V &= A \times H \\
&= 12 \text{ m}^2 \times 5 \text{ m} \\
&= 60 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Koreksi td } \rightarrow td &= V / Q_{\text{ave}} \\
&= 60 \text{ m}^3 / 9,21 \text{ m}^3/\text{jam} \\
&= 6,51 \text{ jam}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{HLR} &= Q_{\text{ave}} / V \\
&= 221,12 \text{ m}^3/\text{hari} / 60 \text{ m}^3 \\
&= 3,69 \text{ m}^3/\text{m}^3\cdot\text{hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{OLR} &= (Q_{\text{ave}} \times \text{COD}_{\text{inf}}) / V \\
&= (221,12 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,194 \text{ kg}/\text{m}^3) / 60 \text{ m}^3 \\
&= 0,71 \text{ kgCOD}/\text{m}^3\cdot\text{hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v_{up} &= Q_{ave} / A \\
 &= 9,21 \text{ m}^3/\text{jam} / 12 \text{ m}^2 \\
 &= 0,77 \text{ m/jam}
 \end{aligned}$$

Sistem influen

Jumlah pipa distribusi (Nd).

Berdasarkan kriteria desain untuk tipe lumpur berbentuk granular, maka area influen untuk tiap pipa distribusi seluas 1 m^2 .

Sehingga:

$$\begin{aligned}
 Nd &= \text{luas penampang (A)} / \text{luas area influen tiap pipa} \\
 &= 12 \text{ m}^2 / 1 \text{ m}^2 \\
 &= 12 \text{ buah} \rightarrow 4 \text{ pipa mengikuti panjang reaktor} \\
 &\quad 3 \text{ pipa mengikuti lebar reaktor}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{COD}_{rem} &= 100 \times (1 - 0,68 \times t^{-0,35}) \\
 &= 66,26\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BOD}_{rem} &= 100 \times (1 - 0,7 \times t^{-0,5}) \\
 &= 84,85\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{COD}_{eff} &= \text{COD}_{inf} \times (1 - \text{COD}_{rem}) \\
 &= 193,97 \text{ mg/l} \times (1 - 0,6626) \\
 &= 65,45 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BOD}_{eff} &= \text{BOD}_{inf} \times (1 - \text{BOD}_{rem}) \\
 &= 120,43 \text{ mg/l} \times (1 - 0,8485) \\
 &= 18,24 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

Dikarenakan konsentrasi COD pada effluen air limbah belum memenuhi baku mutu ($<50 \text{ mg/l}$), maka pada perencanaan ini akan dibuat 2 unit UASB yang disusun secara seri agar konsentrasi COD pada effluen air limbah dapat memenuhi baku mutu yang berlaku. Sehingga dapat dihitung konsentrasi COD dan BOD pada effluen air limbah dari reaktor UASB yang kedua:

$$\begin{aligned}
 \text{COD}_{eff} &= \text{COD}_{inf} \times (1 - \text{COD}_{rem}) \\
 &= 65,45 \text{ mg/l} \times (1 - 0,6626) \\
 &= 22,08 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BOD}_{eff} &= \text{BOD}_{inf} \times (1 - \text{BOD}_{rem}) \\
 &= 18,24 \text{ mg/l} \times (1 - 0,8485) \\
 &= 2,76 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

Produksi gas metan

Reaktor 1

$$\begin{aligned} \text{COD}_{\text{CH}_4} &= Q_{\text{ave}} \times [(\text{COD}_{\text{inf}} - \text{COD}_{\text{eff}}) - Y_{\text{obs}} \times \text{COD}_{\text{inf}}] \\ &= 221,12 \text{ m}^3/\text{hari} \times [(0,194 \text{ kg}/\text{m}^3 - (65,45 \text{ mg}/\text{l} / 1.000)) - \\ &\quad 0,2 \text{ kgCOD}_{\text{sludge}}/\text{kgCOD}_{\text{appl}} \times 0,194 \text{ kg}/\text{m}^3] \\ &= 19,84 \text{ kgCOD}/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K(t) &= (P \times K_{\text{COD}}) / [R \times (273 + T)] \\ &= (1 \text{ atm} \times 64 \text{ gCOD}/\text{molL}) / [0,082 \text{ atm.L}/\text{mol.K} \times (273 + \\ &\quad 30^\circ\text{C})] \\ &= 2,57 \text{ kgCOD}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{CH}_4} &= \text{COD}_{\text{CH}_4} / K(t) \\ &= 19,84 \text{ kgCOD}/\text{hari} / 2,57 \text{ kgCOD}/\text{m}^3 \\ &= 7,71 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Reaktor 2

$$\begin{aligned} \text{COD}_{\text{CH}_4} &= Q_{\text{ave}} \times [(\text{COD}_{\text{inf}} - \text{COD}_{\text{eff}}) - Y_{\text{obs}} \times \text{COD}_{\text{inf}}] \\ &= 221,12 \text{ m}^3/\text{hari} \times [(0,065 \text{ kg}/\text{m}^3 - (22,08 \text{ mg}/\text{l} / 1.000)) - \\ &\quad 0,2 \text{ kgCOD}_{\text{sludge}}/\text{kgCOD}_{\text{appl}} \times 0,065 \text{ kg}/\text{m}^3] \\ &= 9,59 \text{ kgCOD}/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K(t) &= (P \times K_{\text{COD}}) / [R \times (273 + T)] \\ &= (1 \text{ atm} \times 64 \text{ gCOD}/\text{molL}) / [0,082 \text{ atm.L}/\text{mol.K} \times (273 + \\ &\quad 30^\circ\text{C})] \\ &= 2,57 \text{ kgCOD}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{CH}_4} &= \text{COD}_{\text{CH}_4} / K(t) \\ &= 9,59 \text{ kgCOD}/\text{hari} / 2,57 \text{ kgCOD}/\text{m}^3 \\ &= 3,73 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{CH}_4 \text{ total}} &= Q_{\text{CH}_4} (1) + Q_{\text{CH}_4} (2) \\ &= 7,71 \text{ m}^3/\text{hari} + 3,73 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 11,44 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Produksi biogas

Perhitungan produksi biogas telah dilakukan saat menghitung produksi gas metan dengan asumsi bahwa 75% dari total biogas tersebut adalah gas metan. Sehingga produksi biogas total adalah:

$$Q_g = Q_{\text{CH}_4} / 75\%$$

$$= 11,44 \text{ m}^3/\text{hari} / 0,75$$

$$= 15,24 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Dimensi penangkap gas

Jumlah pengumpul gas tiap reaktor = 3 buah
 Panjang tiap pengumpulgas (L_g) = 3 m
 Total panjang pengumpul gas (L_t) = 3 buah x 3 m x 2 reaktor
 = 12 m
 Lebar bagian atas penangkap gas (W_g) = 0,25 m
 Total area dari penangkap gas (A_i) = $L_t \times W_g$
 = 12 x 0,25
 = 3 m²

Verifikasi *biogas release rate* pada pengumpul gas dengan persamaan berikut:

$$K_g = Q_g / A_i$$

$$= (15,24 \text{ m}^3/\text{hari} / 24) / 3 \text{ m}^2$$

$$= 0,21 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$$

Sehingga dimensi penangkap gas adalah:

Panjang = 3 m
 Lebar = 0,25 m

Dimensi celah pada kompartemen pengendap

Jumlah celah tunggal = 4 (2 pada tiap reaktor)
 Jumlah celah ganda = 4 (2 pada tiap reaktor)
 Ekuivalen jumlah dari celah tunggal = 4 + 4 x 2 = 12
 Panjang tiap celah (L_a) = 3 m (sepanjang lebar reaktor)
 Ekuivalen panjang dari bukaan tunggal (L_t) = 12 x 3 = 36 m
 Lebar tiap celah (W_a) = 0,4 m
 Total area celah (A_t) = $L_t \times W_a$
 = 36 x 0,4 = 14,4 m²

Cek v pada saat melewati celah (v_a)

$$v_a = Q_{ave} / A_t = 9,21 \text{ m}^3/\text{jam} / 14,4 \text{ m}^2 = 0,64 \text{ m}/\text{jam}$$

Sehingga dimensi tiap celah yaitu:

Celah tunggal : panjang = 3 m ; lebar = 0,4 m
 Celah ganda : panjang = 3 m ; lebar = 0,8 m

Dimensi kompartemen pengendapan

Jumlah kompartemen pengendap	= 6 buah
Panjang tiap pengendap (L_s)	= 3 m
Total panjang pengendap (L_t)	= 6 x 3 = 18 m
Lebar tiap penangkap gas (W_g)	= 0,3 m (0,25 + 0,05 tebal dinding)
Lebar tiap pengendap (W_s)	= 4 m / 3 = 1,33 m
Lebar efektif tiap pengendap (W_e)	= 1,33 m - 0,3 m = 1,03 m
Total area pengendap (A_s)	= $L_t \times W_e$ = 18 m x 1,03 m = 18,54 m ²

Sehingga dimensi tiap kompartemen pengendap yaitu:

Panjang = 3 m ; lebar = 1,03 m

Produksi lumpur

$COD_{app} = 42,89$ kgCOD/hari

$Y = 0,18$ kgTSS/kgCOD_{app}

$Y = 1.020$ kg/m³

$C_s = 4\%$

perhitungan produksi lumpur:

$P_s = Y \times COD_{app}$
= 0,18 kgTSS/kgCOD_{app} x 42,89 kgCOD/hari
= 7,72 kgTSS/hari

$V_s = P_s / (Y \times C_s)$
= 7,72 kgTSS/hari / (1.020 kg/m³ x 0,04)
= 0,2 m³/hari

Perhitungan Unit Pengolah Lumpur

Dimensi bak penampung

Jumlah lumpur yang akan diolah dari unit UASB = 0,2 m³/hari

Direncanakan lumpur diolah 5 hari sekali, sehingga volume bak penampung yang dibutuhkan sebesar:

$v = Q \times td$
= 0,2 m³/hari x 5 hari
= 1 m³

Dimensi bak penampung

p = 1 m ; l = 1 m ; h = 1 m

Pada perencanaan ini akan digunakan unit filter press untuk pengolahan lumpur. Filter press yang digunakan buatan pabrik dengan tipe FPA 120 dengan spesifikasi (satu kali pengoperasian) alat sebagai berikut:

- Debit pemompaan = 38 L/menit
- Kapasitas tangki = 100 L
- Ketebalan *cake* = 32 mm
- volume *cake* = 1,032 m³

Sedangkan dimensi dari unit filter press tipe FPA 120 adalah sebagai berikut:

- Panjang = 6,81 m
- Lebar = 2,1 m
- Tinggi = 2,1 m

(Keterangan lebih jelas terdapat pada Lampiran)

B. Mass balance

Perhitungan kesetimbangan massa diperlukan untuk mengetahui proses yang terjadi pada setiap unit. Perhitungan *mass balance* untuk unit UASB ini sebagai berikut:

Influen

Masuk ke unit Bak pengendap

$$Q = 221,12 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$MCOD_{inf} = Q \times COD$$

$$= 221,12 \text{ m}^3/\text{hari} \times (253 \text{ mg/l} / 1.000)$$

$$= 55,94 \text{ kg COD/hari}$$

$$MBOD_{inf} = Q \times BOD$$

$$= 221,12 \text{ m}^3/\text{hari} \times (160 \text{ mg/l} / 1.000)$$

$$= 35,38 \text{ kg BOD/hari}$$

Bak pengendap

Efisiensi penyisihan COD = 23,33%

Efisiensi penyisihan BOD = 24,73%

Effluen dari bak pengendap

$$Q = 221,12 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$MCOD_{eff} = Q \times COD$$

$$= 221,12 \text{ m}^3/\text{hari} \times (193,97 \text{ mg/l} / 1000)$$

$$= 42,89 \text{ kg COD/hari}$$

$$MBOD_{eff} = Q \times BOD$$

$$\begin{aligned}
&= 221,12 \text{ m}^3/\text{hari} \times (120,43 \text{ mg/l} / 1000) \\
&= 26,63 \text{ kg BOD/hari} \\
\text{MCOD}_{\text{rem}} &= \text{MCOD}_{\text{inf}} - \text{MCOD}_{\text{eff}} \\
&= 55,94 \text{ kg COD/hari} - 42,89 \text{ kg COD/hari} \\
&= 13,05 \text{ kg COD/hari} \\
\text{MBOD}_{\text{rem}} &= \text{MBOD}_{\text{inf}} - \text{MBOD}_{\text{eff}} \\
&= 35,38 \text{ kg BOD/hari} - 26,63 \text{ kg BOD/hari} \\
&= 8,75 \text{ kg BOD/hari}
\end{aligned}$$

UASB

Efisiensi penyisihan COD = 66,26%

Efisiensi penyisihan BOD = 84,85%

Effluen dari UASB

$$Q = 221,12 \text{ m}_3/\text{hari}$$

Reaktor 1

$$\begin{aligned}
\text{MCOD}_{\text{eff}} &= Q \times \text{COD} \\
&= 221,12 \text{ m}_3/\text{hari} \times (65,45 \text{ mg/l} / 1000) \\
&= 14,47 \text{ kg COD/hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{MBOD}_{\text{eff}} &= Q \times \text{BOD} \\
&= 221,12 \text{ m}_3/\text{hari} \times (18,24 \text{ mg/l} / 1000) \\
&= 4,03 \text{ kg BOD/hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{MCOD}_{\text{rem}} &= \text{MCOD}_{\text{inf}} - \text{MCOD}_{\text{eff}} \\
&= 42,89 \text{ kg COD/hari} - 14,47 \text{ kg COD/hari} \\
&= 28,42 \text{ kg COD/hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{MBOD}_{\text{rem}} &= \text{MBOD}_{\text{inf}} - \text{MBOD}_{\text{eff}} \\
&= 26,63 \text{ kg BOD/hari} - 4,03 \text{ kg BOD/hari} \\
&= 22,6 \text{ kg BOD/hari}
\end{aligned}$$

Reaktor 2

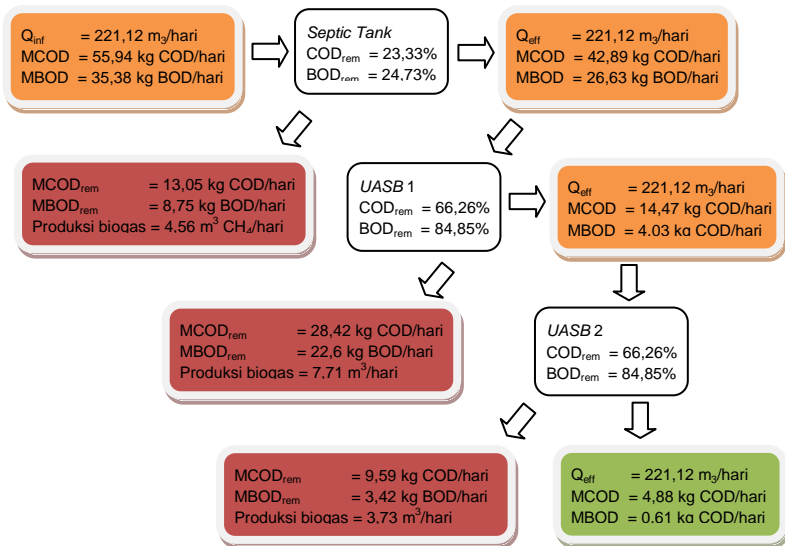
$$\begin{aligned}
\text{MCOD}_{\text{eff}} &= Q \times \text{COD} \\
&= 221,12 \text{ m}_3/\text{hari} \times (22,08 \text{ mg/l} / 1.000) \\
&= 4,88 \text{ kg COD/hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{MBOD}_{\text{eff}} &= Q \times \text{BOD} \\
&= 221,12 \text{ m}_3/\text{hari} \times (2,76 \text{ mg/l} / 1.000) \\
&= 0,61 \text{ kg BOD/hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{MCOD}_{\text{rem}} &= \text{MCOD}_{\text{inf}} - \text{MCOD}_{\text{eff}} \\
&= 14,47 \text{ kg COD/hari} - 4,88 \text{ kg COD/hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 9,59 \text{ kg COD/hari} \\
 \text{MBOD}_{\text{rem}} &= \text{MBOD}_{\text{inf}} - \text{MBOD}_{\text{eff}} \\
 &= 4,03 \text{ kg BOD/hari} - 0,61 \text{ kg BOD/hari} \\
 &= 3,42 \text{ kg BOD/hari}
 \end{aligned}$$

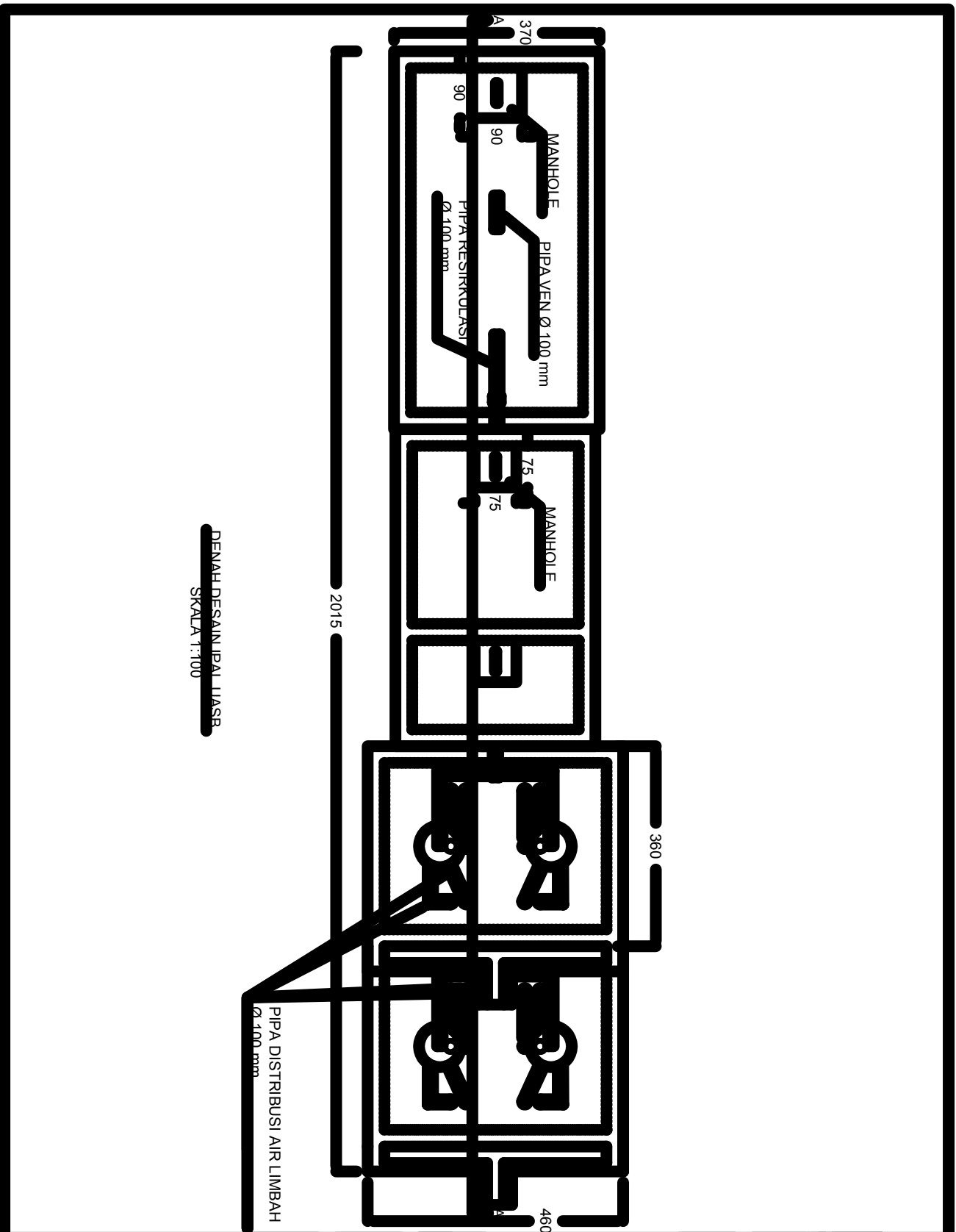
Skema *mass balance* pada IPAL unit UASB disajikan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.24 Skema Mass Balance IPAL UASB

C. Gambar Detail

Setelah dimensi unit IPAL didapatkan, proses desain dilanjutkan dengan menggambar sesuai hasil perhitungan dimensi menggunakan program *AutoCAD 2007*. Gambar desain dapat dilihat pada Gambar 4.25 - Gambar 4.29



DENAH DESAIN IPAL UASB
SKALA 1:100



INSTRUMEN

TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

INDONESIA

PERBANDINGAN DED IPAL
PROSES ATTACHED GROWTH
ANAEROBIC FILTER DENGAN
PROSES SUSPENDED GROWTH
UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
BLANKET UNTUK PUSAT
PERBELANJAAN DI SURABAYA

LEGENDA

NAMA MAHASISWA

RIO BAGUS PERMADI
 3311100086

DESKRIPSI PERBANDINGAN

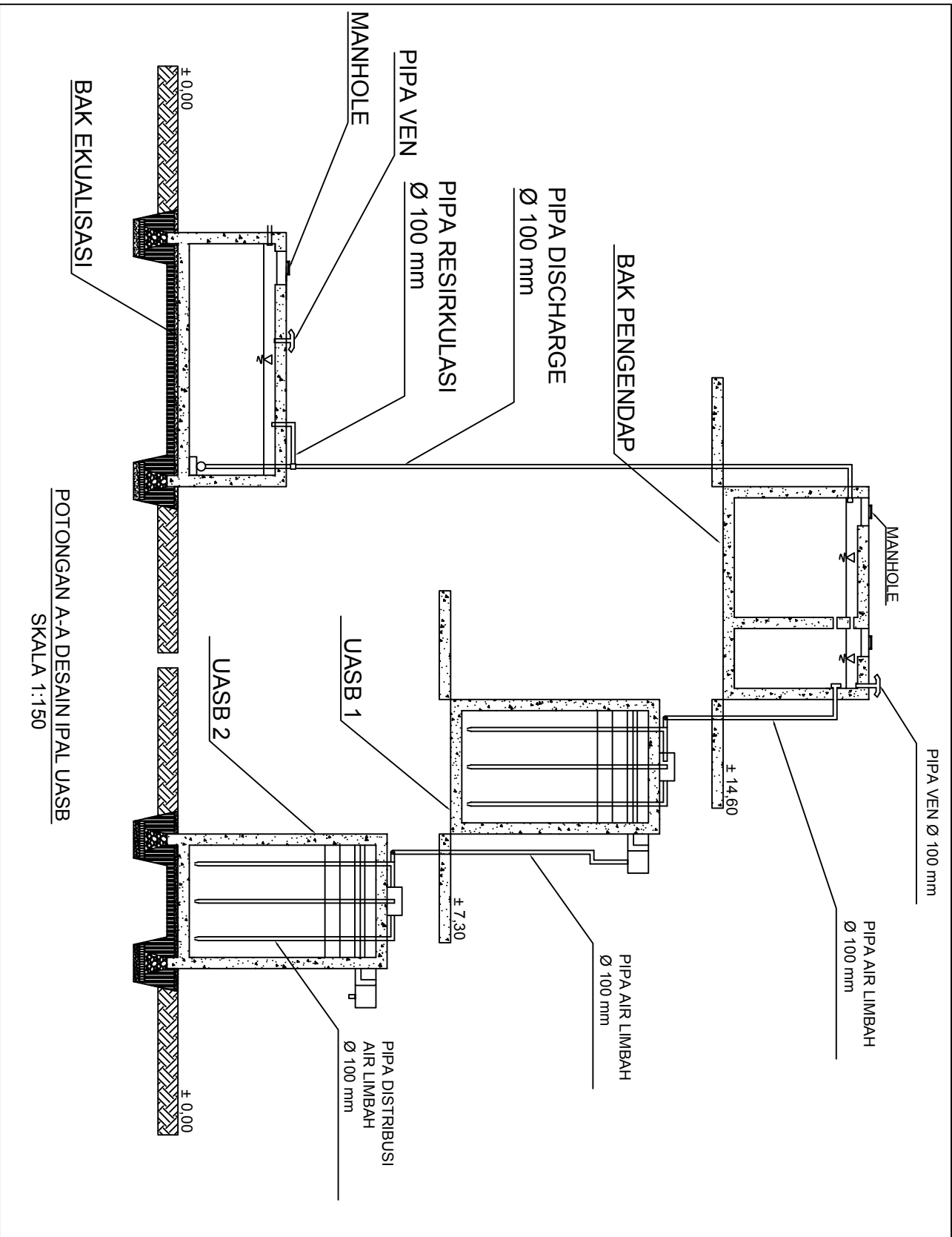
Ir. M. RAZIF, MM,
 19630502 198103 1 004

JUDUL GAMBAR

DESAIN IPAL
UASB

SIKUA

4.25



POTONGAN A-A DESAIN IPAL UASB
SKALA 1:150



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN DED IPAL
PROSES ATTACHED GROWTH
ANAEROBIC FILTER DENGAN
PROSES SUSPENDED GROWTH
UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
BLANKET UNTUK PUSAT
PERBELANJAAN DI SURABAYA

LEGENDA

- Tanah
- Beton
- Permukaan Air

NAMA MAHASISWA

RIO BAGUS PERMADI
3311100086

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. RAZIF, MM,
19530502 198103 1 004

JUDUL GAMBAR

DESAIN IPAL
UASB

SKALA NO GAMBAR

4.26



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN DEDIPAL
PROSES ATTACHED GROWTH
ANAEROBIC FILTER DENGAN
PROSES SUSPENDED GROWTH
UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
BLANKET UNTUK PUSAT
PERBELANJAAN DI SURABAYA

LEGENDA

NAMA MAHASISWA

RIO BAGUS PERMADI
33111100086

DOSEN PEMBIMBING

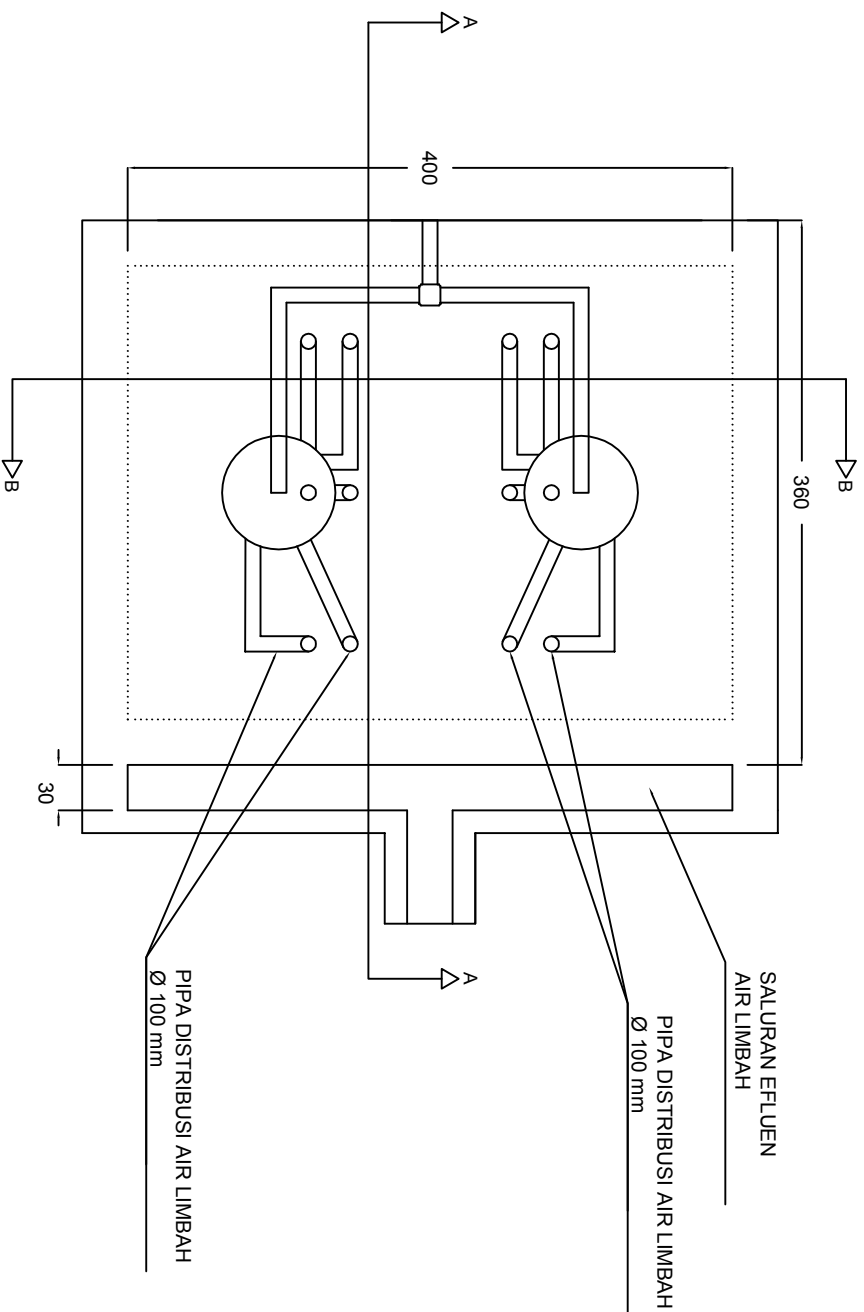
Ir. M. RAZIF, MM,
19630502 198103 1 004

JUDUL GAMBAR

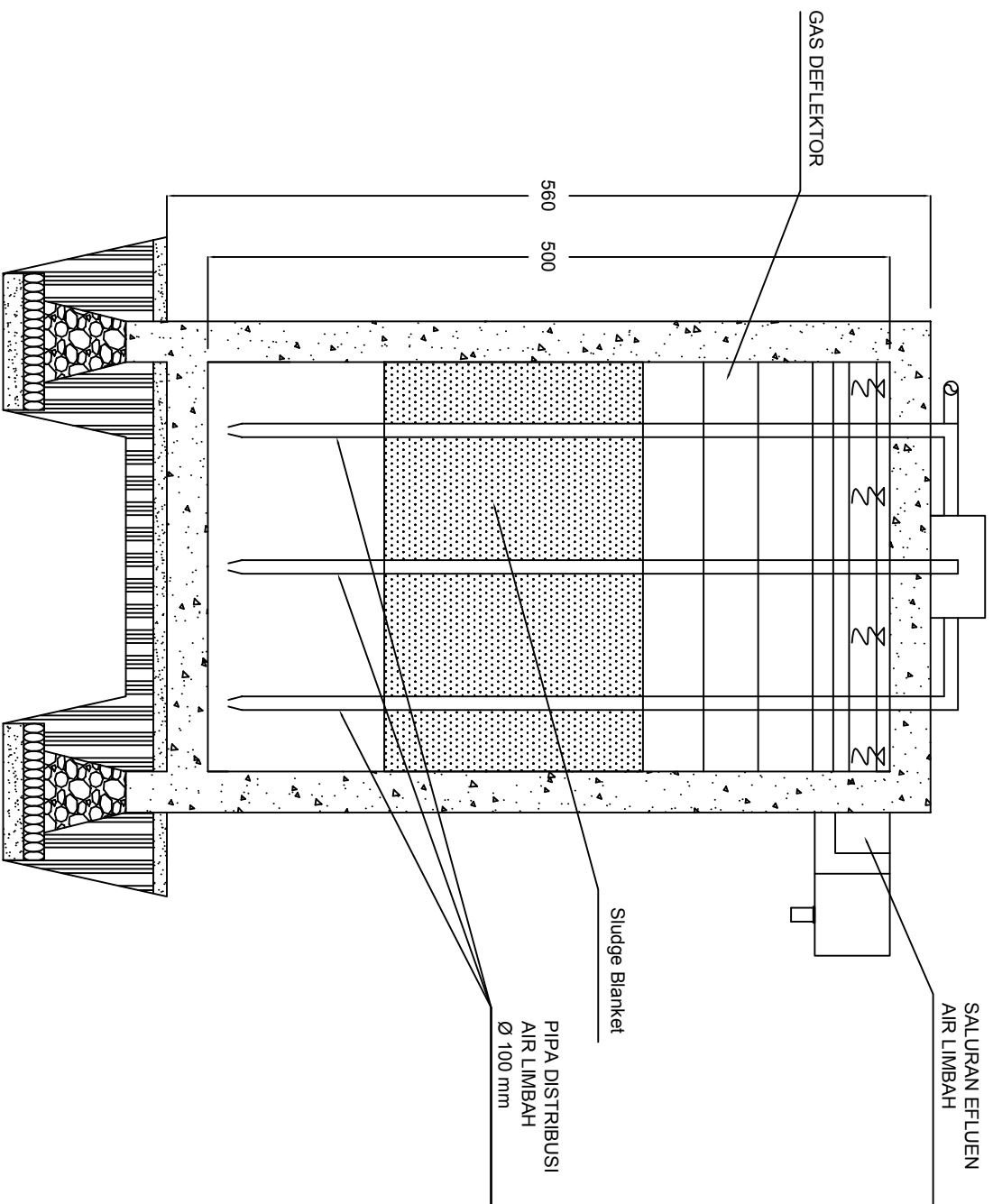
UASB

SKALA NO GAMBAR

4.27



DENAH UASB
SKALA 1:50



POTONGAN A-A UASB
SKALA 1:50



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN DEDIPAL
PROSES ATTACHED GROWTH
ANAEROBIC FILTER DENGAN
PROSES SUSPENDED GROWTH
UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
BLANKET UNTUK PUSAT
PERBELANJAAN DI SURABAYA

LEGENDA

Tanah

Beton

Pemukaan Air

NAMA MAHASISWA

RIO BAGUS PERMADI
3311100086

DOSEN PEMBIMBING

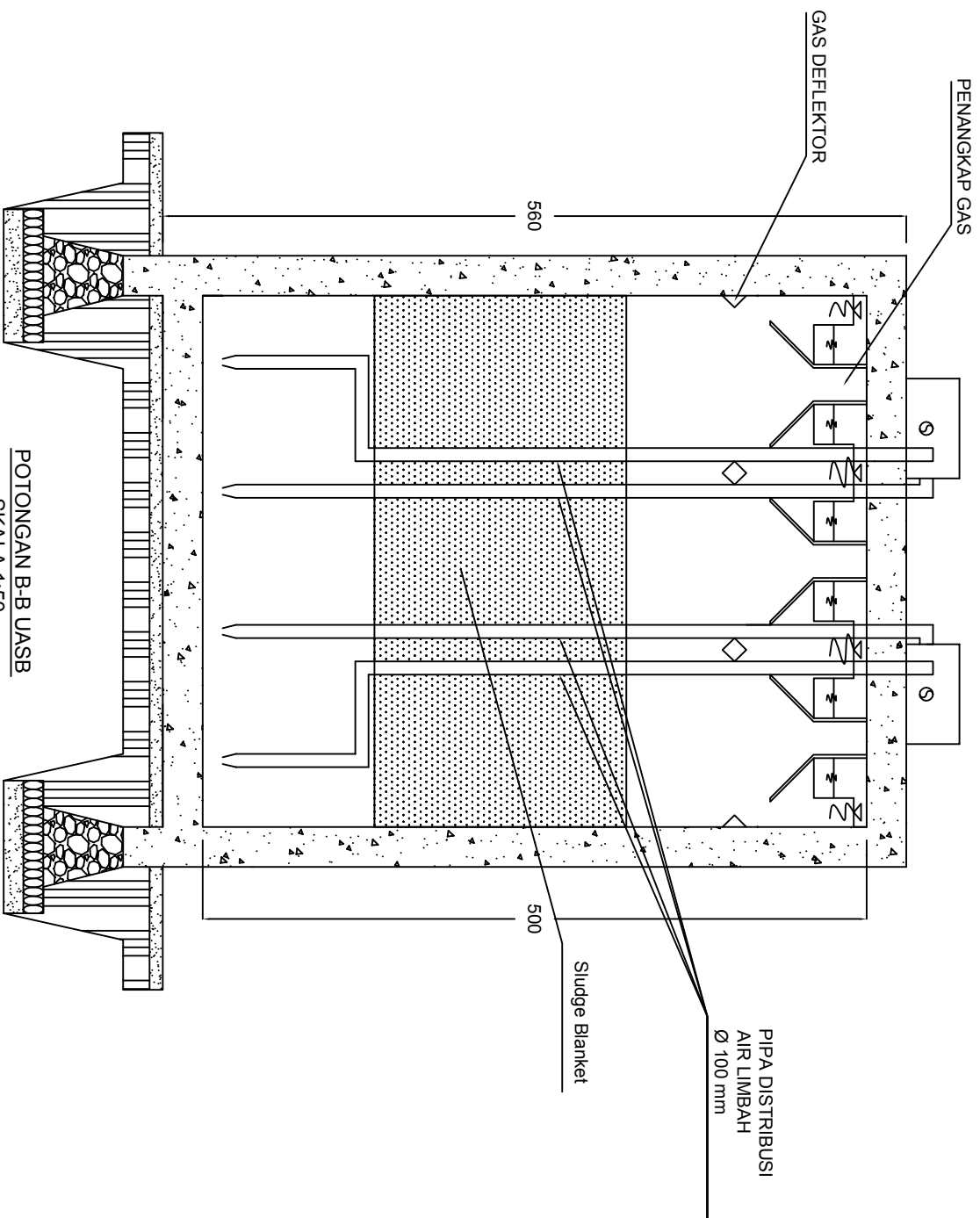
Ir. M. RAZIF, MM,
19930502 198103 1 004

JUDUL GAMBAR

UASB

SKALA NO GAMBAR

4.28



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN DEDIPAL
PROSES ATTACHED GROWTH
ANAEROBIC FILTER DENGAN
PROSES SUSPENDED GROWTH
UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
BLANKET UNTUK PUSAT
PERBELANJAAN DI SURABAYA

LEGENDA

Tanah

Beton

Permukaan Air

NAMA MAHASISWA

RIO BAGUS PERMADI
3311100086

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. RAZIF, MM,
19530502 198103 1 004

JUDUL GAMBAR

UASB

SKALA NO GAMBAR

4.29

D. 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 jatuhnya, belokan, kecepatan aliran air di bangunan, atau kecepatan aliran air ketika melewati perforated baffle. Menurut Marsono (1995), dalam menentukan profil hidrolis perlu menggunakan persamaan *headloss* dalam bangunan dan pipa

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

$$\begin{aligned} H_f &= f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g} \\ f &= 1.5 \times \left(0,01989 + \frac{0,0005078}{4R} \right) \\ L &= \text{panjang bangunan (m)} \\ R &= \text{jari-jari hidrolis (m)} \\ v &= 0,33 \text{ m/s (kecepatan aliran)} \\ g &= 9,81 \text{ m/s} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} H_f &= \left(\frac{v \cdot n}{1,49 R^{2/3}} \right)^2 \cdot L \\ v &= 0,33 \text{ m/s (kecepatan aliran)} \\ n &= 0,013 \text{ (kekasaran beton)} \\ R &= \text{jari-jari hidrolis (m)} \\ L &= \text{panjang jatuhnya atau belokan(m)} \end{aligned}$$

Septic Tank

Kompartemen 1

Headloss kecepatan 1

$$P(b) = 3,2 \text{ m}$$

$$L(y) = 3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{b \times y}{b + 2y} \\ &= \frac{3,2 \times 3}{3,2 + 2 \times 3} \end{aligned}$$

$$f = 1,04$$

$$f = 1.5 \times \left(0,01989 + \frac{0,0005078}{4 \times 1,04} \right)$$

$$= 0,03 \text{ m}$$

$$H_f = 0,03 \times \frac{3,2}{4 \times 1,04} \times \frac{0,33^2}{2 \times 9,81}$$

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

Headloss jatuhan 1

L jatuhan = 3 m

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

$$H_f = \left(\frac{0,33 \cdot 0,013}{1,1,04^{2/3}} \right)^2 \cdot 3$$

$$= 0,0000431 \text{ m}$$

Headloss belokan 1

L belokan = 3,2 m

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

$$H_f = \left(\frac{0,33 \cdot 0,013}{1,1,04^{2/3}} \right)^2 \cdot 3,2$$

$$= 0,000046 \text{ m}$$

Bangunan 2

Headloss kecepatan 2

P (b) = 1,6 m

L (y) = 3 m

$$R = \frac{b \times y}{b + 2y}$$

$$= \frac{1,6 \times 3}{1,6 + 2 \times 3}$$

$$= 0,632 \text{ m}$$

$$f = 1.5 \times \left(0,01989 + \frac{0,0005078}{4 \times 0,632} \right)$$

$$= 0,03 \text{ m}$$

$$H_f = 0,03 \times \frac{1,6}{4 \times 0,632} \times \frac{0,33^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,00008 \text{ m}$$

Headloss jatuhan 2

L jatuhan = 2,65 m

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

$$H_f = \left(\frac{0,33 \cdot 0,013}{1,0,632^{2/3}} \right)^2 \cdot 2,65$$

$$= 0,0000744 \text{ m}$$

Headloss belokan 2

L belokan = 1,6 m

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

$$H_f = \left(\frac{0,33 \cdot 0,013}{1,0,632^{2/3}} \right)^2 \cdot 1,6$$
$$= 0,0000449 \text{ m}$$

$$H_f \text{ total} = 0,0001 \text{ m} + 0,0000431 \text{ m} + 0,000046 \text{ m} + 0,00008 \text{ m} +$$
$$0,0000744 \text{ m} + 0,0000449 \text{ m}$$
$$= 0,0004 \text{ m}$$

UASB

$$Q = 0,426 \text{ L/detik}$$

$$c = 120$$

$$d = 10 \text{ cm}$$

$$L = 5,25 \text{ m}$$

Headloss dalam pipa distribusi air limbah

$$H_f = \left(\left[\frac{Q}{(0,00155 \times c \times d^{2,63})} \right]^{1,85} \times L \right) \times 12$$
$$= \left(\left[\frac{0,426}{(0,00155 \times 120 \times 10^{2,63})} \right]^{1,85} \times 5,25 \right) \times 12$$
$$= 0,0036 \text{ m}$$

Headloss dalam pipa penghubung unit IPAL

$$H_f = \left[\frac{Q}{(0,00155 \times c \times d^{2,63})} \right]^{1,85} \times L$$
$$= \left[\frac{0,426}{(0,00155 \times 120 \times 10^{2,63})} \right]^{1,85} \times 6,35$$
$$= 0,0004 \text{ m}$$

Headloss kecepatan

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

$$L (y) = 3 \text{ m}$$

$$R = \frac{b \times y}{b + 2y}$$
$$= \frac{4 \times 3}{4 + 2 \times 3}$$
$$= 1,2$$

$$f = 1,5 \times \left(0,01989 + \frac{0,0005078}{4 \times 1,2} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,03 \text{ m} \\
 H_f &= 0,03 \times \frac{4}{4 \times 1,2} \times \frac{0,33^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,0001 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_f \text{ total} &= 0,0036 \text{ m} + 0,0004 \text{ m} + 0,0001 \text{ m} \\
 &= 0.004 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan headloss, diketahui bahwa penurunan level muka air pada effluen *septic tank* sebesar 0,4 mm. Penurunan level muka air pada unit UASB adalah sebesar 4 mm.

E. BOQ & RAB

Setelah proses menggambar desain unit IPAL, selanjutnya adalah menghitung kebutuhan bahan serta menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebagai pertimbangan bagi pemrakarsa atau investor pengembang pusat perbelanjaan. Proses perhitungan rencana anggaran biaya didasarkan pada SNI DT-91-xxx-2007 series tentang pekerjaan bangunan dan HSPK Kota Surabaya Tahun 2015. Proses perhitungan menggunakan program *Microsoft excel 2007*. Hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya untuk unit IPAL UASB disajikan pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 BOQ Unit IPAL UASB

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
a.	Pembongkaran Dinding Tembok dengan Pembersihan		m ²		
	<u>upah</u>				
	Mandor	0,05	O.H	Rp 120.000	Rp 6.000
	Pembantu tukang	1	O.H	Rp 99.000	Rp 99.000
				Jumlah Total	Rp 105.000
b.	Pembuatan Bouwplank / Titik		Titik		
	<u>upah</u>				

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
	Mandor	0,0045	O.H	Rp 120.000	Rp 540
	Kepala tukang	0,01	O.H	Rp 110.000	Rp 1.100
	Tukang	0,1	O.H	Rp 105.000	Rp 10.500
	Pembantu tukang	0,1	O.H	Rp 99.000	Rp 9.900
				Jumlah	Rp 22.040
	<u>Bahan/Material</u>				
	Kayu meranti (bekisting)	0,008	m ³	Rp 3.200.000	Rp 25.600
	Kayu meranti (usuk 4/6)	0,012	m ³	Rp 4.500.000	Rp 54.000
	Paku biasa 2" - 5"	0,05	doz	Rp 27.000	Rp 1.350
				Jumlah	Rp 80.950
				Jumlah Total	Rp 102.990
c.	Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank (UITZET)		m		
	<u>upah</u>				
	Mandor	0,005	O.H	Rp 120.000	Rp 600
	Kepala tukang	0,01	O.H	Rp 110.000	Rp 1.100
	Tukang	0,1	O.H	Rp 105.000	Rp 10.500
	Pembantu tukang	0,1	O.H	Rp 99.000	Rp 9.900
				Jumlah	Rp 22.100
	<u>Bahan/Material</u>				
	Kayu meranti (PAPAN 2/20)	0,007	m ³	Rp 2.830.000	Rp 19.810
	Kayu meranti (usuk 5/7)	0,012	m ³	Rp 4.500.000	Rp 54.000
	Paku biasa 2" - 5"	0,02	doz	Rp 27.000	Rp 540
			Jumlah	Rp 74.350	
			Jumlah Total	Rp 96.450	
d.	Pembuatan Direksi Kit		m ²		

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah	
	upah					
	Mandor	0,005	O.H	Rp 120.000	Rp 600	
	Kepala tukang	0,3	O.H	Rp 110.000	Rp 33.000	
	Tukang	1	O.H	Rp 105.000	Rp 105.000	
	Tukang	2	O.H	Rp 105.000	Rp 210.000	
	Pembantu tukang	2	O.H	Rp 99.000	Rp 198.000	
				Jumlah	Rp 546.600	
	Bahan					
	Seng Gelombang BJLS 30 uk. (80x180 cm)	0,25	Lembar	Rp59.000	Rp 14.750	
	Kunci tanam	0,15	Buah	Rp 70.000	Rp 10.500	
	Paku biasa 2" - 5"	0,85	Doz	Rp 27.000	Rp 22.950	
	Triplek uk. 110 x 210 x 4 mm	0,06	Lembar	Rp 67.700	Rp 4.062	
	Dolken kayu gelam 8- 10/400cm	1,25	Batang	Rp 8.500	Rp 10.625	
				Jumlah	Rp 62.887	
				Jumlah Total	Rp 609.487	
	II	PEKERJAAN BETON				
	a.	Pekerjaan pondasi beton bertulang (150 kg besi + bekisting)		m ³		
upah						
Mandor		0,265	O.H	Rp 120.000	Rp 31.800	
Kepala tukang		0,262	O.H	Rp 110.000	Rp 28.820	
Tukang		1,3	O.H	Rp 105.000	Rp 136.500	
Tukang		0,275	O.H	Rp 105.000	Rp 28.875	
Tukang		1,05	O.H	Rp 105.000	Rp 110.250	
Pembantu tukang		5,3	O.H	Rp 99.000	Rp 524.700	

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah	
				Jumlah	Rp 860.945	
	<u>Bahan</u>					
	semen PC 40 kg	8,4	Zak	Rp 63.000	Rp 529.200	
	Pasir cor/beton	0,54	m ³	Rp 232.100	Rp 125.334	
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m ³	Rp 466.000	Rp 377.460	
	Besi beton polos	157,5	Kg	Rp 12.000	Rp 1.890.000	
	Paku triplek/eternit	1,5	Kg	Rp 22.000	Rp 33.000	
	Kawat ikat	2,25	Kg	Rp 23.000	Rp 51.750	
	Kayu meranti bekisting	0,2	m ³	Rp 3.200.000	Rp 640.000	
	Minyak Bekisting	0,4	Liter	Rp 28.300	Rp 11.320	
				Jumlah	Rp 3.658.064	
				Jumlah Total	Rp 4.519.009	
b.	Pekerjaan Beton K-225		m ³			
	<u>upah</u>					
	Mandor	0,083	O.H	Rp 120.000	Rp 9.960	
	Kapala tukang	0,028	O.H	Rp 110.000	Rp 3.080	
	Tukang	0,275	O.H	Rp 105.000	Rp 28.875	
	Pembantu tukang	1,65	O.H	Rp 99.000	Rp 163.350	
					Jumlah	Rp 205.265
	<u>Bahan</u>					
	semen PC 40 Kg	9,275	Zak	Rp 63.000	Rp 584.325	
	Pasir cor/beton	0,4362 5	m ³	Rp 232.100	Rp 101.254	
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5510 53	m ³	Rp 466.000	Rp 256.791	
	Air kerja	215	Liter	Rp 27	Rp 5.805	
					Jumlah	Rp 948.174
				Jumlah Total	Rp 1.153.439	
c.	Pekerjaan bekisting dinding		m ²			

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
	upah				
	Mandor	0,0004	O.H	Rp 120.000	Rp 48
	Kapala tukang	0,0007	O.H	Rp 110.000	Rp 77
	Tukang	0,007	O.H	Rp 105.000	Rp 735
	Pembantu tukang	0,007	O.H	Rp 99.000	Rp 693
				Jumlah	Rp 1.553
	Bahan				
	Paku triplek/eternit	0,4	Kg	Rp 22.000	Rp 8.800
	Plywood uk. 122x244x9 mm	0,35	Lembar	Rp 93.600	Rp 32.760
	Kayu kamper balok 4/6	0,02	m ³	Rp 6.400.000	Rp 128.000
	kayu meranti bekisting	0,03	m ³	Rp 3.200.000	Rp 96.000
	Minyak bekisting	0,2	Liter	Rp 28.300	Rp 5.660
				Jumlah	Rp 271.220
				Jumlah Total	Rp 272.773
III FINISHING					
a.	Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 4'		m		
	upah				
	Mandor	0,0041	O.H	Rp 120.000	Rp 492
	Kapala tukang	0,0135	O.H	Rp 110.000	Rp 1.485
	Tukang	0,135	O.H	Rp 105.000	Rp 14.175
	Pembantu tukang	0,81	O.H	Rp 99.000	Rp 80.190
				Jumlah	Rp 96.342
	Bahan				
	Pipa PVC Tipe C uk 4' (4 m)	0,3	Batang	Rp 89.000	Rp 26.700
	Pipa PVC Tipe C uk 4' (4 m)	0,105	Batang	Rp 89.000	Rp 9.345
			Jumlah	Rp 36.045	

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
				Jumlah Total	Rp 132.387
b.	Pemasangan Pompa				
	<u>upah</u>				
	Mandor	0,04	O.H	Rp 120.000	Rp 4.800
	Tukang	0,4	O.H	Rp 105.000	Rp 42.000
				Jumlah	Rp 46.800
	<u>Bahan</u>				
	Pompa	1	unit	Rp 9.000.000	Rp 9.000.000
				Jumlah	Rp 9.000.000
			Jumlah Total	Rp 9.046.800	

Dari hasil perhitungan rinci diatas selanjutnya dihitung sesuai dengan volume kegiatan pekerjaan. Hasil perhitungan lengkap bisa dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Rencana Anggaran Biaya Unit IPAL UASB

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
a.	Pembongkaran Dinding Tembok dengan Pembersihan	m ²	35,47	Rp 105.000	Rp 3.724.350
b.	Pembuatan Bouwplank / Titik	titik	20	Rp 102.990	Rp 2.059.800
c.	Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank (UITZET)	m	66	Rp 96.450	Rp 6.365,700
d.	Pembuatan Direksi Kit	m ²	12	Rp 609.487	Rp 7.313.844
II	PEKERJAAN BETON				

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
a.	Pekerjaan pondasi beton bertulang (150 kg besi + bekisting)	m ³	16,24	Rp 4.519.009	Rp 73.388.706
b.	Pekerjaan Beton K-225	m ³	47,284	Rp 1.153.439	Rp 54.539.216
c.	Pekerjaan bekisting dinding	m ²	154,28	Rp 272.773	Rp 42.083.418
III	FINISHING				
a.	Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 4'	m	147	Rp 132.387	Rp 19.460.889
b.	Pemasangan Pompa	unit	1	Rp 3.946.800	Rp 3.946.800
IV	TOTAL				Rp 212.882.724

Dari asil perhitungan diatas diketahui bahwa biaya yang dibutuhkan untuk membangun unit IPAL UASB dengan debit sebesar 221,12 m³/hari adalah sebesar Rp. 212.882.724,-. Nilai RAB ini tidak termasuk anggaran penyediaan lahan karena pengelola telah menyediakan lahan untuk pembangunan IPAL.

4.4 Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan Unit IPAL

Pada subbab ini akan dibahas perbandingan kelebihan dan kekurangan masing-masing unit IPAL dengan membandingkan parameter-parameter desain meliputi luas lahan, volume, effluen air limbah untuk parameter BOD dan COD, serta Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan. Data perbandingan tersebut disajikan pada Tabel 4.12 - Tabel 4.16.

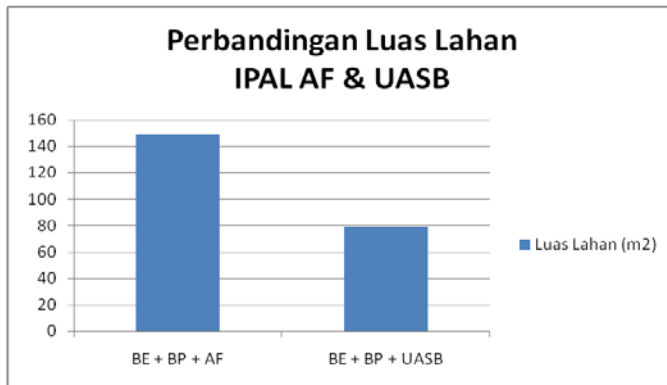
A. Luas Lahan

Perbandingan luas lahan yang dibutuhkan untuk membangun masing-masing desain IPAL disajikan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Perbandingan Luas Lahan

Parameter	Unit IPAL	
	BE + BP + AF	BE + BP + UASB
Luas Lahan (m ²)	149,24	78,8

Berdasarkan data Tabel 4.12 dapat diketahui bahwa luas lahan yang dibutuhkan untuk membangun desain IPAL 1 yang terdiri dari bak ekualisasi, bak pengendap, dan *anaerobic filter* adalah sebesar 149,24 m². Kemudian untuk membangun desain IPAL 2 yang terdiri dari bak ekualisasi, bak pengendap, dan 2 unit UASB membutuhkan luas lahan sebesar 78,8 m². Data perbandingan luas lahan tersebut dapat juga disajikan dalam bentuk diagram pada Gambar 4.30.



Gambar 4.30 Diagram Perbandingan Luas Lahan IPAL AF & UASB

Pada Gambar 4.30 terlihat bahwa luas lahan yang dibutuhkan untuk membangun desain IPAL 1 lebih besar dibandingkan dengan desain IPAL 2.

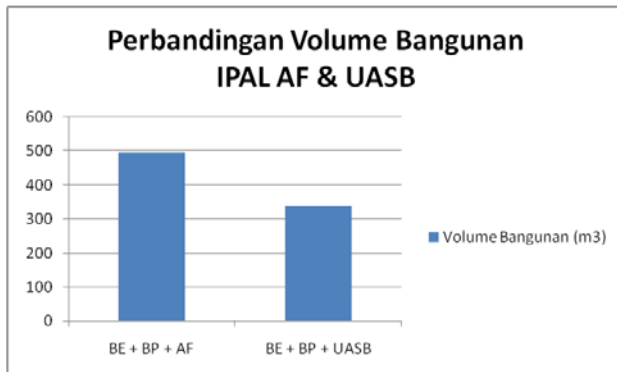
B. Volume Bangunan

Perbandingan volume total masing-masing desain IPAL disajikan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Perbandingan Volume Bangunan

Parameter	Unit IPAL	
	BE + BP + AF	BE + BP + UASB
Volume Bangunan (m ³)	493,696	338,464

Berdasarkan data Tabel 4.13 dapat diketahui bahwa volume total IPAL yang dibutuhkan desain IPAL 1 untuk mengolah air limbah pusat perbelanjaan X adalah sebesar 493,696 m³, sedangkan untuk desain IPAL 2 membutuhkan volume sebesar 338,464 m³. Data perbandingan volume total bangunan yang dibutuhkan dapat juga disajikan dalam bentuk diagram pada Gambar 4.31.



Gambar 4.31 Diagram Perbandingan Volume Bangunan IPAL AF & UASB

Pada Gambar 4.31 terlihat bahwa volume total bangunan yang dibutuhkan untuk membangun desain IPAL 1 lebih besar dibandingkan dengan desain IPAL 2. Hal ini dipengaruhi waktu tinggal masing-masing desain IPAL. Pada desain IPAL 1, unit *anaerobic filter* membutuhkan waktu tinggal selama 24 jam, sedangkan desain IPAL 2, unit UASB masing - masing membutuhkan waktu tinggal 6 jam.

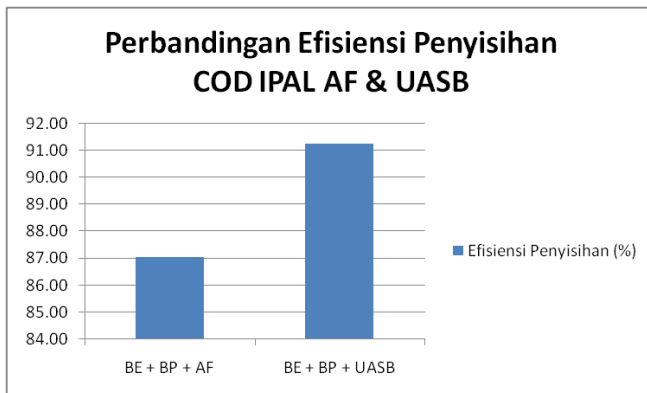
C. Efisiensi Penyisihan

Perbandingan efisiensi penyisihan parameter COD dan BOD masing-masing desain IPAL disajikan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Perbandingan Efisiensi Penyisihan

Parameter	Unit IPAL	
	BE + BP + AF	BE + BP + UASB
Efisiensi penyisihan COD (%)	87,05	91,27
Efisiensi penyisihan BOD (%)	89,23	98,28

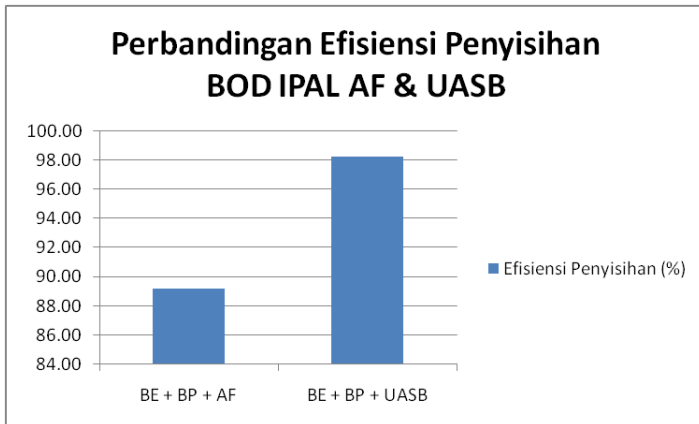
Berdasarkan data Tabel 4.14 dapat diketahui bahwa desain IPAL 1 memiliki efisiensi penyisihan parameter pencemar untuk COD sebesar 87,05% dan BOD sebesar 89,23%. Desain IPAL 2 memiliki efisiensi penyisihan parameter pencemar untuk COD sebesar 91,27% dan BOD sebesar 98,28%. Data perbandingan efisiensi penyisihan parameter COD dan BOD dapat juga disajikan dalam bentuk diagram pada Gambar 4.32 dan Gambar 4.33.



Gambar 4.32 Diagram Perbandingan Efisiensi Penyisihan COD IPAL AF & UASB

Gambar 4.32 menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan parameter COD yang dimiliki oleh desain IPAL 1 lebih kecil dibandingkan dengan desain IPAL 2. Pada perencanaan desain

IPAL 2, unit UASB yang dibangun sebanyak 2 buah yang disusun secara seri. Hal ini dikarenakan efisiensi penyisihan COD untuk 1 unit UASB belum dapat mengolah parameter COD hingga memenuhi baku mutu. Efisiensi removal COD yang dibandingkan ini merupakan efisiensi penyisihan total pada tiap sistem desain IPAL.



Gambar 4.33 Diagram Perbandingan Efisiensi Penyisihan BOD IPAL AF & UASB

Gambar 4.33 menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan parameter BOD yang dimiliki oleh desain IPAL 1 lebih kecil dibandingkan dengan desain IPAL 2.

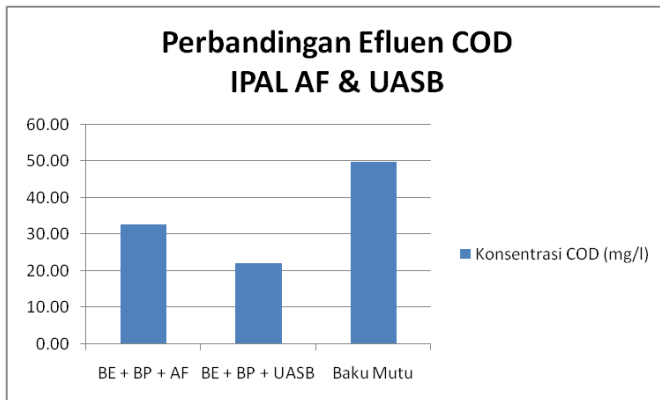
D. Kualitas Effluen

Perbandingan Kualitas effluen COD dan BOD masing-masing desain IPAL disajikan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Perbandingan Kualitas Effluen

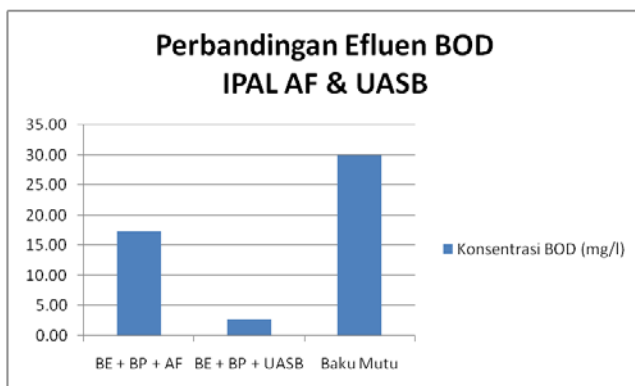
Parameter	Unit IPAL		Baku Mutu
	BE + BP + AF	BE + BP + UASB	
Efluen COD (mg/l)	32,77	22,08	50
Efluen BOD (mg/l)	17,24	2,76	30

Berdasarkan data Tabel 4.15 kualitas efluen dari kedua desain IPAL telah memenuhi baku mutu masing-masing parameter. Kualitas efluen dari desain IPAL 1 memiliki konsentrasi COD sebesar 32,77 mg/l dan BOD sebesar 17,24 mg/l. Kualitas efluen dari desain IPAL 2 memiliki konsentrasi COD sebesar 22,08 mg/l dan BOD sebesar 2,76 mg/l. Data perbandingan kualitas efluen dari masing-masing IPAL dapat disajikan dalam bentuk diagram pada Gambar 4.34 dan Gambar 4.35.



Gambar 4.34 Diagram Perbandingan Efluen COD IPAL AF & UASB

Gambar 4.34 menunjukkan bahwa kualitas efluen COD dari desain IPAL 2 memiliki konsentrasi yang lebih rendah dibandingkan dengan kualitas efluen COD dari desain IPAL 1. Namun pada perencanaan desain IPAL 2, unit UASB yang dibutuhkan untuk mengolah air limbah sebanyak 2 unit. Hal ini dikarenakan 1 unit UASB masih belum mampu mereduksi konsentrasi COD hingga memenuhi baku mutu. Sehingga 2 unit UASB disusun secara seri agar mampu mereduksi konsentrasi COD hingga memenuhi baku mutu yang berlaku.



Gambar 4.35 Diagram Perbandingan Efluen BOD IPAL AF & UASB

Gambar 4.35 menunjukkan bahwa kualitas efluen BOD dari desain IPAL 2 memiliki konsentrasi yang lebih rendah dibandingkan dengan kualitas efluen BOD dari desain IPAL 1. Meskipun demikian kedua desain IPAL tersebut mampu mengolah air limbah hingga konsentrasi BOD memenuhi baku mutu yang berlaku.

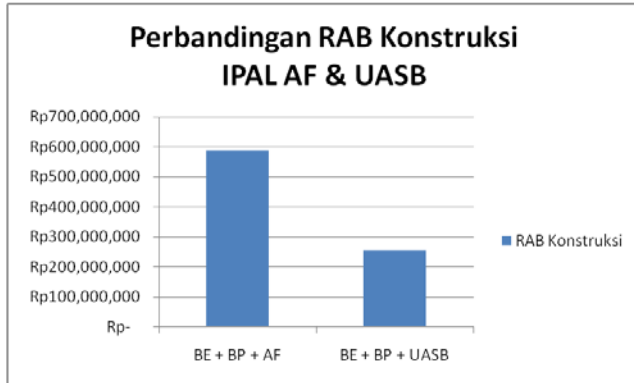
E. Rencana Anggaran Biaya

Perbandingan rencana anggaran biaya untuk pembangunan masing-masing IPAL disajikan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Perbandingan Rencana Anggaran Biaya

Parameter	Unit IPAL	
	BE + BP + AF	BE + BP + UASB
Rencana Anggaran Biaya	Rp 545.141.342	Rp 212.882.724

Berdasarkan data Tabel 4.16 jumlah rencana anggaran biaya untuk pembangunan desain IPAL 1 sebesar Rp. 545.141.342,-. Sedangkan jumlah rencana anggaran biaya untuk pembangunan desain IPAL 2 sebesar Rp 212.882.724,-. Data perbandingan rencana anggaran biaya dapat juga disajikan dalam bentuk diagram pada Gambar 4.36.



Gambar 4.36 Diagram Perbandingan RAB Konstruksi IPAL AF & UASB

Gambar 4.36 menunjukkan bahwa jumlah rencana anggaran biaya untuk pembangunan desain IPAL 1 lebih besar dibandingkan dengan desain IPAL 2.

Dari perbandingan beberapa parameter tersebut dapat diringkas seperti pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Ringkasan Perbandingan IPAL Unit AF dan UASB

Parameter	Satuan	BE + BP + AF	BE + BP + UASB
Luas Lahan (m ²)	m ²	149., 4	78,8
Volume Bangunan (m ³)	m ³	493,696	338,464
Efisiensi penyisihan COD (%)	%	87,05	91,27
Efisiensi penyisihan BOD (%)	%	89,23	98,28
Effluen COD (mg/l)	mg/l	32,77	22,08
Effluen BOD (mg/l)	mg/l	17,24	2,76
Rencana Anggaran Biaya	Rp	Rp 545.141.342	Rp 212.882.724

Berdasarkan data Tabel 4.16 terlihat bahwa desain IPAL yang menggunakan unit UASB lebih unggul dibandingkan dengan unit *anaerobic filter*. IPAL dengan unit UASB memiliki luas lahan,

volume bangunan, serta RAB pembangunan yang lebih kecil dibandingkan dengan IPAL yang menggunakan unit *anaerobic filter*. Selain itu kualitas efluen dari unit UASB memiliki konsentrasi COD & BOD yang lebih kecil. Namun jika ditinjau dari efisiensi penyisihan untuk 1 unit UASB, kualitas efluen yang dihasilkan untuk konsentrasi COD masih belum memenuhi baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013, sehingga pada perencanaan ini desain IPAL menggunakan 2 unit UASB yang disusun secara seri agar konsentrasi COD dapat memenuhi baku mutu tersebut.

Selain beberapa parameter yang telah dibandingkan, kebutuhan energi listrik untuk pengoperasian unit IPAL juga bisa dijadikan pertimbangan. Energi listrik yang dibutuhkan untuk pengoperasian kedua unit IPAL ini hanya untuk mengoperasikan pompa untuk mengalirkan air limbah dari bak ekualisasi menuju bak pengendap. Daya listrik tergantung pada nilai head pada pompa, semakin besar head pompa maka daya listrik yang dibutuhkan juga semakin besar. Head pompa yang dibutuhkan pada unit *anaerobic filter* lebih kecil dibandingkan dengan unit UASB. Hal ini dapat ditinjau dari jarak ketinggian bak ekualisasi dengan bak pengendap pada masing-masing unit IPAL. Sehingga kebutuhan energi listrik pada pompa unit IPAL *anaerobic filter* lebih kecil dibandingkan dengan pompa unit IPAL UASB. Daya listrik yang dibutuhkan pompa untuk unit IPAL *anaerobic filter* sebesar ± 300 watt. Hal ini juga menjadi salah satu pertimbangan latar belakang perencanaan ini, karena IPAL eksisting yang ada pada pusat perbelanjaan X membutuhkan daya listrik sebesar ± 3500 watt untuk mengoperasikan RBC.

Perbandingan dari dua desain IPAL pada perencanaan ini bertujuan untuk mengetahui desain IPAL yang sesuai dengan kebutuhan pusat perbelanjaan. Beberapa parameter yang dibandingkan pada pembahasan di atas dapat digunakan sebagai pertimbangan oleh pengelola pusat perbelanjaan untuk memilih desain IPAL yang paling efektif dan efisien.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada perencanaan ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan desain IPAL *anaerobic filter* dimensi bak ekualisasi (3,1 m x 6,2 m x 2 m), bak pengendap kompartemen I (3 m x 3,2 m x 3 m), kompartemen II (3 m x 1,6 m x 3 m), AF tiap kompartemen (3 m x 4,6 m x 3 m) sebanyak 5 buah dengan presentase removal COD dan BOD total masing-masing sebesar 87,05% dan 89,23%.
2. Hasil perhitungan desain IPAL *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* menghasikan dimensi bak ekualisasi (3,1 m x 6,2 m x 2 m), bak pengendap (3 m x 3,2 m x 3 m), UASB tiap unit (3 m x 4 m x 5 m) sebanyak 2 buah dengan presentase removal COD dan BOD total masing-masing sebesar 91,27% dan 98,28%.
3. Rencana Anggaran Biaya Unit AF Rp 545.141.342,-. Sedangkan Unit UASB Rp 212.882.724,-.
4. Kelebihan unit *anaerobic filter* memiliki efisiensi penyisihan 1 unit nya lebih baik dari pada 1 unit UASB. Namun memiliki kekurangan membutuhkan luas lahan, volume bangunan, dan RAB yang lebih besar daripada unit UASB. Sedangkan kelebihan unit UASB membutuhkan luas lahan, volume bangunan, dan RAB yang lebih kecil dibandingkan unit *anaerobic filter*. Namun memiliki kekurangan efisiensi penyisihan yang rendah untuk 1 unit UASB. Meskipun tiap unit IPAL memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing, namun keduanya mampu mengolah air limbah hingga memenuhi baku mutu efluen air limbah berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013.

5.2 Saran

Pada perencanaan ini ada beberapa saran dari penulis agar perencanaan selanjutnya mendapatkan hasil yang lebih baik. Saran tersebut diantaranya:

1. Pada perencanaan selanjutnya agar diusahakan melakukan pengukuran debit air limbah yang dihasilkan oleh pusat perbelanjaan agar perhitungan desain lebih akurat, karena pada perencanaan ini pengukuran debit tidak dapat dilakukan karena terhalang izin dari pihak pengelola pusat perbelanjaan.
2. Perlu adanya perencanaan pengelolaan gas dan pengelolaan lumpur lebih lanjut yang terbentuk dari masing-masing unit IPAL
3. Jika perencanaan ini akan diterapkan, maka harus memperhatikan kesediaan lahan pada pusat perbelanjaan, terutama untuk IPAL yang menggunakan unit UASB karena membutuhkan lahan yang bertingkat untuk mengurangi biaya operasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Aiyuk, Sunny, P. Odonkor, N, Theko, A. van Deel, W. **Verstraete. 2010. Technical Problems Ensuing From UASB Reactor Application in Domestic Wastewater Treatment without Pre-Treatment.** International Journal of Environmental Science and Development
- Anonim. 2011. **Mengenal Reaktor UASB.** (<http://www.airlimbah.com/2011/01/24/mengenal-reaktor-uasb/>) diakses pada 22 Januari 2015
- Anonim. 2012. **Daftar pusat perbelanjaan di Surabaya.** (http://id.wikipedia.org/wiki/Daftar_pusat_perbelanjaan_di_Surabaya) diakses pada 9 Januari 2015
- Anonim. 2015. **Mixing and Equalization Basin.** (<http://www.frings.com/Mixing-And-Equalization-Basin.239+M52087573ab0.0.html>) diakses pada 12 Januari 2014.
- Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2014. **Surabaya Dalam Angka 2014.**
- Bilal, A.R.H. 2014. **Perbandingan Desain IPAL *Fixed-Medium System Anaerobic Filter* dengan *Moved-Medium System Aerobic Rotating Biological Contactor* untuk Pusat Pertokoan di Kota Surabaya.** Tugas akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Chernicharo, C. A. de L. 2007. **Anaerobic Reactors.** *Biological Wastewater Treatment Series Vol 4.* New Delhi : IWA Publishing.

- Hamid, A. 2014. **Perbandingan Desain IPAL Proses *Attached Growth Anaerobic Filter* dengan *Suspended Growth Anaerobic Baffled Reactor* untuk Pusat Pertokoan di Kota Surabaya.** Tugas akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. 2011. **Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan.**
- Manurung, R. 2004. **Proses Anaerobik sebagai Alternatif untuk Mengolah Limbah Sawit.** Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. e-USU Repository.
- Marsono, B. W. 1995. **Hidrolika untuk Teknik Penyehatan.** Surabaya: Teknik Penyehatan ITS.
- Morel, A. dan Diener, S. 2006. ***Greywater Management in Low Middle-Income Countries. Review of Different Treatment System for Households or Neighbourhoods.*** Swiss Federal Institute of Aquatic Science. Departemen of Water and Sanitation in Developing Countries. Duebendorf: Switzerland.
- Peraturan Gubernur Jatim No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur.**
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 112 Tahun 2007 tentang Penataan dan Pembinaan Pasar Tradisional, Pusat Perbelanjaan dan Toko Modern.**

- Praditya, A. 2013. **Desain Alternatif Instalasi Pengolahan Air Limbah Pusat Pertokoan Dengan Proses Aerobik, Anaerobik Dan Kombinasi Anaerobik Dan Aerobik Di Kota Surabaya**. Tugas akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rachmasari, R. 2006. **Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah Pusat Grosir Wonokromo Surabaya**. Tugas akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Razif, M. dan Pitoyo, E. 2014. **Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Rata Rata Pusat Perbelanjaan, Studi Kasus Sepuluh Pusat Perbelanjaan di Kota Surabaya**. Seminar Nasional Teknologi Lingkungan. ITS Surabaya.
- Salmah, 2004. **Proses Nitrifikasi dan Denitrifikasi Dalam Pengolahan Limbah**. USU : Sumatera Utara
- Sasse, L. 1998. **DEWATS, Decentralized Wastewater Treatment and Sanitation in Development Countries**. Bremen: Borda
- Sasse, L. 2009. **DEWATS, Decentralized Wastewater Treatment and Sanitation in Development Countries**. Bremen: Borda
- Subramanya, K. 1984. **Flow in Open Channels**. Delhi: Mc Graw Hill.
- Tchobanoglous, G., Burton, F.L., Stensel, H.D. 2003. **Wastewater Engineering, Treatment and Reuse**, Fourth edition. New York: Mc Graw-Hill Companies.
- The, E.N. 2013. **Analisis Perilaku Belanja di Mall Berdasarkan Faktor Usia dan Gender di Tunjungan Plasa dan Galaxy Mall**. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya Vol. 21 No. 1

Tilley, E., Ulrich, L., Luethi, C., Reymond, P., Zurbruegg, C. 2014. **Compendium Of Sanitation Systems And Technologies**. 2nd Revised Edition. Duebendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).

Toerien, D.F. dan Hattingh, W. H. J. 1969. **Anaerobic Digestion. I. The Microbiology of Anaerobic Digestion**. Water Research Pergamon Press. Vol. 3, pp. 385-416

ULI. 1997. The Urban Land Institute. **Shopping Centre Development Handbook**. Washington DC. p.7

Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Yazid, F. R., Syafrudin, Samudro, G. 2012. **Pengaruh Variasi Konsentrasi dan Debit Pada Pengolahan Air Artificial (Campuran Grey Water dan Black Water) Menggunakan Reaktor UASB**. Jurnal Presipitasi. Vol. 9 No. 1. Maret 2012, ISSN 1907-187X

Tabel Perhitungan Unit Anaerobic Filter

Perhitungan dimensi AF yang terintegrasi dengan septic tank												
Q ave air limbah	waktu pengaliran	Q ave/jam	COD inf	BOD ₅ inf	SS/COD	suhu terendah (T)	HRT septic tank	interval pengurasan	COD rem septic tank	BOD rem septic tank	faktor BOD/COD	
diketahui	diketahui	dihitung	diketahui	diketahui	diketahui	diketahui	ditentukan	ditentukan	dihitung	dihitung	dihitung	
m ³ /hari	jam	m ³ /jam	mg/l	mg/l	mg/l / mg/l	°C	jam	bulan	%	%	rasio	
221.12	24	9.21	253	160	0.40	30	2	36	23.33%	24.73%	1.06	
COD/BOD ₅ -->			1.58	0.35-0.45 (domestik)		2 jam						
Data pengolahan												
COD inf di AF	BOD ₅ inf di AF	permukaan spesifik media filter	porositas media	HRT di AF	faktor perhitungan efisiensi removal				COD rem AF	COD eff AF	COD rem ST + AF	
dihitung	dihitung	diketahui	diketahui	ditentukan	dihitung berdasarkan grafik				dihitung	dihitung	dihitung	
mg/l	mg/l	m ² /m ³	%	jam	f-temp	f-strength	f-surface	f-HRT	%	mg/l	%	
193.97	120.43	200	98.0%	24	1.1	0.89	1.06	0.67	83.10%	32.77	87.05%	
sarang tawon		150-240		24-48 jam								
Dimensi septic tank												
faktor removal BOD/COD	removal BOD ₅ total	effluen BOD ₅ AF	lebar dalam	ketinggian air minimum pada inlet	panjang bak pertama		panjang bak kedua		lumpur akumulasi	volume (termasuk lumpur)	volume aktual ST	
dihitung	dihitung	dihitung	ditentukan	ditentukan	dihitung	ditentukan	dihitung	ditentukan	dihitung	asumsi	dihitung	
rasio	%	mg/l	m	m	m	m	m	m	l/kg BOD	m ³	m ³	
1.025	89.22%	17.24	3	3	3.12	3.2	1.56	1.6	0.0025	42.05	43.2	
Dimensi AF						produksi biogas			cek I			
volume	kedalaman	panjang tiap kompartemen	jumlah kompartemen	lebar	ruang dibawah media penyangga	ketinggian media filter	effluen ST	effluen AF	total	beban organik pada unit AF	kecepatan aliran ke atas maksimum melewati filter	
dihitung	ditentukan	dihitung	ditentukan	dihitung	ditentukan	dihitung	asumsi 70% ch4:50% larut			dihitung	dihitung	
m ³	m	m	no	m	m	m	m ³ /hari	m ³ /hari	m ³ /hari	kg/m ³ .hari	m/h	
221.12	3	3	5	4.59	0.5	2.05	3.26	8.91	12.17	0.31	0.68	
max!!										<4.5	<2.0	

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	General spreadsheet for anaerobic filter (AF) with integrated septic tank (ST)											
2	daily waste water flow	time of most waste water flow	max. peak flow per hour	COD inflow	BOD ₅ inflow	SS _{sattl} /COD ratio	lowest digester temperature	HRT in septic tank	de-sludging interval	COD-removal septic tank	BOD ₅ removal septic tank	BOD/COD-removal factor
3	given	given	calcul.	given	given	given	given	chosen	chosen	calcul.	calcul.	calcul.
4	m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	mg/l	°C	h	month	%	%	ratio
5	25.0	12	2.08	633	333	0.42	25	2	36	25%	26%	1.06
6	COD/BOD ₅ ->			1.90	0.35 - 0.45 (domestic)			2h			BOD _{rem} -> 1.06	

(Sumber: Sasse, 2009)

Keterangan:

$$C5 = A5/B5$$

Dimana: $C5 = Q_{\text{peak}}/\text{jam air limbah (m}^3/\text{jam)}$

$A5 = Q_{\text{ave}}/\text{hari air limbah (m}^3/\text{hari)}$

$B5 = \text{waktu aliran air limbah (jam)}$

$$J5 = F5 / 0.6 \times IF (H5 < 1; H5 \times 0.3; IF (H5 < 3; (H5 - 1) \times 0.1 / 2 + 0.3; IF (H5 < 30; (H5 - 3) \times 0.15 / 27 + 0.4; 0.55)))$$

Dimana: $J5 = \text{presentase penyisihan COD pada bak pengendap}$

$F5 = \text{rasio padatan tersuspensi/COD (mg/l)}$

$H5 = \text{waktu tinggal pada bak pengendap}$

$$K5 = L5 \times J5$$

Dimana: $K5 = \text{presentase penyisihan BOD}_5 \text{ pada bak pengendap}$

$L5 = \text{rasio penyisihan BOD/COD}$

$J5 = \text{presentase penyisihan COD pada bak pengendap}$

$$L5 = IF (J5 < 0.5; 1.06; IF (J5 < 0.75; (J5 - 0.5) \times 0.065 / 0.25 + 1.06; IF (J5 < 0.85; 1.125 - (J5 - 0.75) \times 0.1/0.1; 1.025)))$$

$$D6 = D5 / E5$$

Dimana: $D6 = \text{rasio konsentrasi influen COD/BOD}_5$

$D5 = \text{konsentrasi influen COD (mg/l)}$

$E5 = \text{konsentrasi influen BOD}_5 \text{ (mg/l)}$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
7	treatment data											
8	COD inflow in AF	BOD ₅ inflow into AF	specific surface of filter medium	voids in filter mass	HRT inside AF reactor	factors to calculate COD-removal rate of anaerobic filter				COD-removal rate (AF only)	COD outflow of AF	COD-removal rate of total system
9	calcul.	calcul.	given	given	chosen	calculated according to graphs				calcul.	calcul.	calcul.
10	mg/l	mg/l	m ² /m ³	%	h	f-temp	f-strength	f-surface	f-HRT	%	mg/l	%
11	478	247	100	35%	30	1,00	0,91	1,00	69%	70	142	78%
12			80 - 120	30 - 45	24 - 48 h							

(Sumber: Sasse, 2009)

Keterangan:

$$A11 = D5 \times (1 - J5)$$

Dimana: A11 = konsentrasi influen COD pada unit AF (mg/l)

D5 = konsentrasi influen COD pada bak pengendap (mg/l)

J5 = presentase penyisihan COD pada bak pengendap (mg/l)

$$B11 = E5 \times (1 - K5)$$

Dimana: B11 = konsentrasi influen BOD₅ pada unit AF (mg/l)

E5 = konsentrasi influen BOD₅ pada bak pengendap (mg/l)

K5 = presentase penyisihan BOD₅ pada bak pengendap (mg/l)

$$F11 = IF (G5 < 20; (G5 - 10) \times 0.39 / 20 + 0.47; IF(G5 < 25; (G5 - 20) \times 0.14 / 5 + 0.86; IF (G5 < 30; (G5 - 25) \times 0.08 / 5 + 1; 1.1)))$$

Dimana: F11 = nilai faktor suhu terhadap penyisihan COD

G11 = nilai faktor kekuatan karakteristik air limbah terhadap penyisihan COD

$$G11 = IF (A11 < 2000; A11 \times 0.17 / 2000 + 0.87;$$

$$IF (A11 < 3000; (A11 - 2000) \times 0.02 / 1000 + 1.04; 1.06))$$

Dimana: G11 = nilai faktor kualitas air limbah terhadap penyisihan COD

A11 = konsentrasi influen COD pada unit AF (mg/l)

$$H11 = IF (C11 < 100; (C11 - 50) \times 0.1 / 50 + 0.9; IF (C11 < 200; (C11 - 100) \times 0.06 / 100 + 1; 1.06))$$

Dimana: H_{11} = nilai faktor luas permukaan spesifik media pada AF terhadap penyisihan COD

C_{11} = luas permukaan spesifik media pada AF (m^2/m^3)

$I_{11} = IF (E_{11} < 12; E_{11} \times 0.16 / 12 + 0.44; IF (E_{11} < 24; (E_{11} - 12) \times 0.07 / 12 + 0.6; IF (E_{11} < 33; (E_{11} - 24) \times 0.03 / 9 + 0.67; IF (E_{11} < 100; (E_{11} - 33) \times 0.09 / 67 + 0.7; 0.78)))))$

Dimana: I_{11} = nilai faktor waktu tinggal pada unit AF terhadap penyisihan COD

E_{11} = waktu tinggal pada unit AF (hari)

$J_{11} = IF (F_{11} \times G_{11} \times H_{11} \times I_{11} \times (1 + (D_{23} \times 0.04)) < 0.98;$

$F_{11} \times G_{11} \times H_{11} \times I_{11} \times (1 + (D_{23} \times 0.04)); 0.98)$

Dimana: J_{11} = presentase penyisihan COD pada unit AF

D_{23} = jumlah kompartemen pada unit AF

$K_{11} = A_{11} \times (1 - J_{11})$

Dimana: K_{11} = konsentrasi efluen COD pada unit AF (mg/l)

A_{11} = konsentrasi influen COD pada unit AF (mg/l)

J_{11} = presentase penyisihan COD pada unit AF

$L_{11} = (1 - K_{11} / D_5)$

Dimana: L_{11} = presentase penyisihan COD pada bak pengendap + AF

K_{11} = konsentrasi efluen COD pada unit AF (mg/l)

D_5 = konsentrasi influen COD pada bak pengendap (mg/l)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
13	dimensions of septic tank											
14	BOD/COD removal factor	BOD ₅ rem. rate of total system	BOD ₅ outflow of AF	inner width of septic tank	min. water depth at inlet point	inner length of first chamber		length of second chamber		sludge accum.	volume incl. sludge	actual volume of septic tank
15	calcul.	calcul.	calcul.	chosen	chosen	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	requir.	calcul.
16	ratio	%	mg/l	m	m	m	m	m	m	1/kg BOD	m ³	m ³
17	1.10	85	49	1.75	2.25	1.69	1.70	0.85	0.85	0.00	10.00	10.04
18	sludge/kg BODrem.											

(Sumber: Sasse, 2009)

Keterangan:

$$A17 = IF (L11 < 0.5; 1.06 ; IF (L11 < 0.75; (L11 - 0.5) \times 0.065 / 0.25 + 1.06; IF(L11 < 0.85; 1.125 - (L11 - 0.75) \times 0.1 / 0.1; 1.025)))$$

Dimana: A17 = rasio penyisihan BOD/COD

L11 = presentase penyisihan COD pada bak pengendap + AF

$$B17 = L11 \times A17$$

Dimana: B17 = presentase penyisihan BOD₅ pada bak pengendap + AF

L11 = presentase penyisihan COD pada bak pengendap + AF

A17 = rasio penyisihan BOD/COD

$$C17 = (1 - B17) \times E5$$

Dimana: C17 = konsentrasi efluen BOD₅ pada unit AF

B17 = presentase penyisihan BOD₅ pada bak pengendap + AF

E5 = konsentrasi influen BOD₅ (mg/l)

$$F17 = 2/3 \times K17 / D17 / E17$$

Dimana: F17 = panjang kompartemen pertama hasil perhitungan (m)

K17 = volume bak pengendap termasuk ruang lumpur (m³)

D17 = lebar bak pengendap (m)

E17 = min ketinggian air pada inlet (m)

$$H17 = F17 / 2$$

Dimana: H17 = panjang kompartemen kedua hasil perhitungan (m)

F17 = panjang kompartemen pertama (m)

$$J17 = 0.005 \times IF (I5 < 36; 1 - I5 \times 0.014; IF (I5 < 120; 0.5 - (I5 - 36) \times 0.002; 1/3))$$

Dimana: J17 = akumulasi lumpur (l/kg BOD)

I5 = waktu pengurasan lumpur (bulan)

$$K17 = IF (OR (K5 > 0; J5 > 0); IF(J17 \times (E5 - B11) / 1000 \times I5 \times 30 \times A5 + H5 \times C5 < 2 \times H5 \times C5; 2 \times H5 \times C5; J17 \times (E5 - B11) / 1000 \times I5 \times 30 \times A5 + H5 \times C5); 0)$$

Dimana: K17 = volume bak pengendap termasuk ruang lumpur (m³)

$$L17 = (G17 + I17) \times E17 \times D17$$

Dimana: L17 = volume aktual bak pengendap (m³)

G17 = panjang kompartemen pertama yang dipilih (m)

I17 = panjang kompartemen kedua yang dipilih (m)

E17 = min ketinggian air pada inlet (m)

D17 = lebar bak pengendap (m)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
19	dimension of an aerobic filter						bio gas production			check!		
20	volume of filter tanks	depth of filter tanks	length of each tank	number of filter tanks	width of filter tanks	space below perforated slabs	filter high (top 40cm below water-level)	out of septic tank	out of anaerobic filter	total	org. load on filter volume COD	max. up-flow velocity inside filter voids
21	calcul	chosen	calcul	chosen	requir.	chosen	calcul	assump: 70% CH ₄ ; 50% dissolved			calcul	calcul
22	m ³	m	m	No.	m	m	m	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	kg/m ³ *d	m/h
23	31.25	2.25	2.25	3	2.60	0.60	1.20	0.07	2.10	3.07	1.57	0.98
24	max!!										< 4.5	<2.0

(Sumber: Sasse, 2009)

Keterangan:

$$A23 = E11 \times A5 / 24$$

Dimana: A23 = volume unit AF (m³)

E11 = waktu tinggal pada unit AF (hari)

A5 = Q_{ave}/hari air limbah (m³/hari)

$$C23 = B23$$

Dimana: C23 = panjang tiap kompartemen pada unit AF (m)

B23 = kedalaman AF (m)

$$E23 = A23 / D23 / ((B23 \times 0.25) + (C23 \times (B23 - G23 \times (1 - D11))))$$

Dimana: E23 = lebar AF (m)

A23 = volume unit AF (m³)

D23 = jumlah kompartemen
 B23 = kedalaman AF (m)
 C23 = panjang tiap kompartemen pada unit AF (m)
 G23 = ketinggian media filter (berjarak 40 cm dibawah permukaan air)
 D11 = presentase massa kosong filter

$$G23 = B23 - F23 - 0.4 - 0.05$$

Dimana: G23 = ketinggian media filter (berjarak 40 cm dibawah permukaan air)
 B23 = kedalaman AF (m)
 F23 = jarak media filter dengan dasar bak (m)

$$H23 = (D5 - A11) \times A5 \times 0.35 / 1000 / 0.7 \times 0.5$$

Dimana: H23 = gas yang terbentuk dari bak pengendap (m³/hari)
 D5 = konsentrasi influen COD (mg/l)
 A5 = Q_{ave}/hari air limbah (m³/hari)
 A11 = konsentrasi influen COD pada unit AF (mg/l)

$$I23 = (A11 - K11) \times A5 \times 0.35 / 1000 / 0.7 \times 0.5$$

Dimana: I23 = gas yang terbentuk dari unit AF (m³/hari)
 A11 = konsentrasi influen COD pada unit AF (mg/l)
 K11 = konsentrasi efluen COD pada unit AF (mg/l)
 A5 = Q_{ave}/hari air limbah (m³/hari)

$$J23 = \text{SUM} (H23 : I23)$$

Dimana: J23 = total gas yang terbentuk (m³/hari)

$$K23 = A11 \times A5 / 1000 / (G23 \times E23 \times C23 \times D11 \times D23)$$

Dimana: K23 = beban organik pada unit AF (<4,5 Kg COD/m³.hari)
 A11 = konsentrasi influen COD pada unit AF (mg/l)
 A5 = Q_{ave}/hari air limbah (m³/hari)
 G23 = ketinggian media filter (berjarak 40 cm dibawah permukaan air)
 E23 = lebar AF (m)
 C23 = panjang tiap kompartemen pada unit AF (m)
 D11 = presentase massa kosong filter
 D23 = jumlah kompartemen

$$L23 = C5 / (E23 \times C23 \times D11)$$

Dimana: L23 = maks kecepatan aliran ke atas pada AF (<2 m/jam)

C5 = Q_{peak} /jam air limbah (m^3 /jam)

E23 = lebar AF (m)

C23 = panjang tiap kompartemen pada unit AF (m)

D11 = presentase massa kosong filter



GUBERNUR JAWA TIMUR

PERATURAN GUBERNUR JAWA TIMUR NOMOR 72 TAHUN 2013

TENTANG

BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI INDUSTRI DAN/ATAU KEGIATAN USAHA LAINNYA

GUBERNUR JAWA TIMUR,

- Menimbang : bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 22 ayat (3) Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur Nomor 2 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air di Provinsi Jawa Timur yang diundangkan dalam Lembaran Daerah Provinsi Jawa Timur Tahun 2008 Nomor 1 Seri E, perlu membentuk Peraturan Gubernur Jawa Timur tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya;
- Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 2 Tahun 1950 tentang Pembentukan Provinsi Djawa Timur (Himpunan Peraturan-Peraturan Negara Tahun 1950) sebagaimana telah diubah dengan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 1950 tentang Perubahan dalam Undang-Undang Nomor 2 Tahun 1950 (Himpunan Peraturan-Peraturan Negara Tahun 1950);
2. Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1984 tentang Perindustrian (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1984 Nomor 22, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3274);
3. Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1990 Nomor 49, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3419);
4. Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 32, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4377);

5. Undang

4. Baku Mutu Air Limbah Domestik [Permukiman (*Real Estate*), Rumah Makan (Restoran), Perkantoran, Perniagaan, Apartemen, Perhotelan dan Asrama]

BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK Volume Limbah Cair Maximum 120 L/(orang.hari)	
Parameter	Kadar Maximum (mg/l)
BOD ₅	30
COD	50
TSS	50
Minyak dan Lemak	10
pH	6-9

5. Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Obat Tradisional/Jamu.

BAKU MUTU AIR LIMBAH UNTUK PENGOLAHAN OBAT TRADISIONAL/JAMU	
Parameter	Kadar Maximum (mg/l)
BOD ₅	75
COD	150
TSS	100
Phenol	0,2
pH	6-9
Volume air limbah maksimum (M ³ /ton bahan baku)	15

6. Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Rumah Sakit

BAKU MUTU LIMBAH CAIR UNTUK KEGIATAN RUMAH SAKIT Volume Limbah Cair Maximum 500 L / (orang.hari)	
Parameter	Kadar Maximum (mg/l)
Suhu	30°C
pH	6-9
BOD ₅	30
COD	80
TSS	30
NH ₃ -N bebas	0,1
PO ₄	2
MPN-Kuman Golongan Koli/100 mL	10.000

PROJECT: _____	UNIT TAG: _____	QUANTITY: _____
REPRESENTATIVE: _____	TYPE OF SERVICE: _____	DATE: _____
ENGINEER: _____	SUBMITTED BY: _____	DATE: _____
CONTRACTOR: _____	APPROVED BY: _____	DATE: _____
	ORDER NO.: _____	DATE: _____

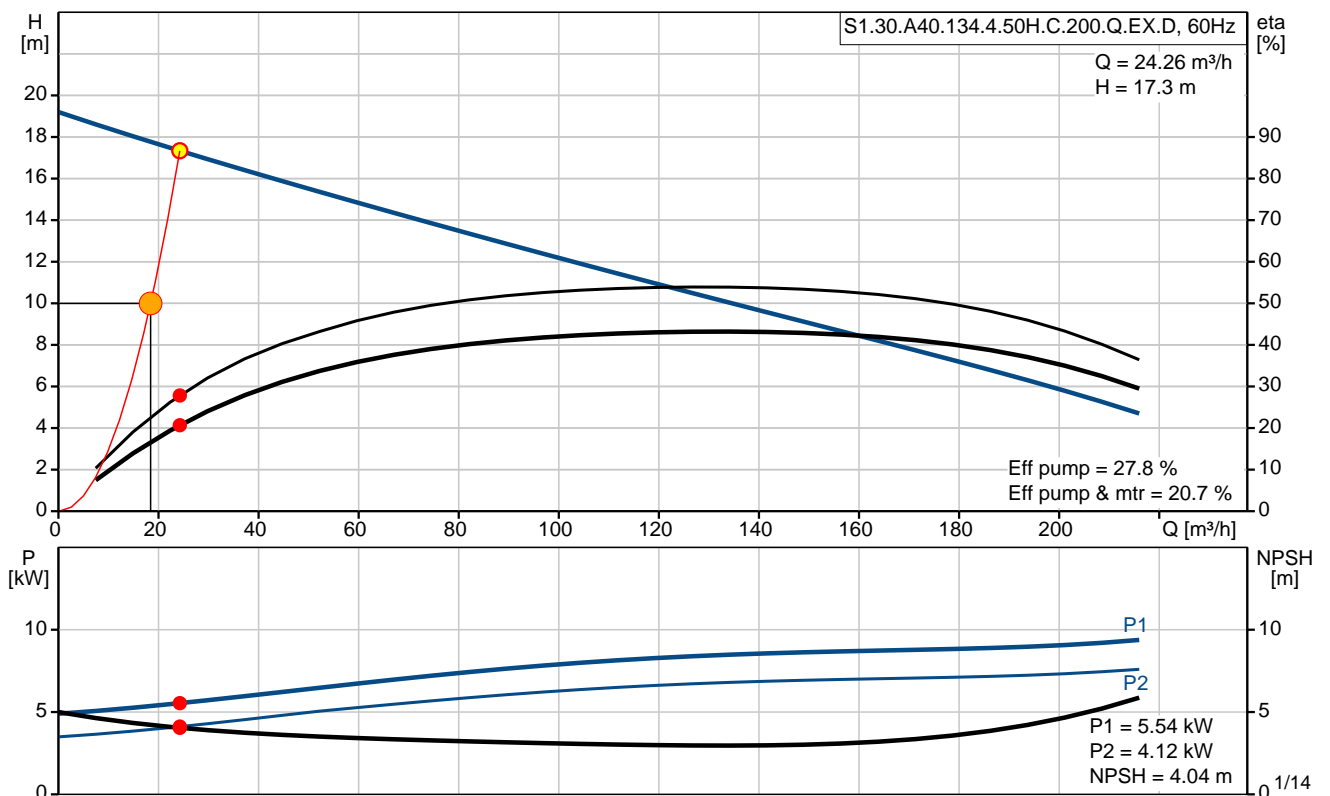
S1.30.A40.134.4.50H.C.200.Q.EX.D

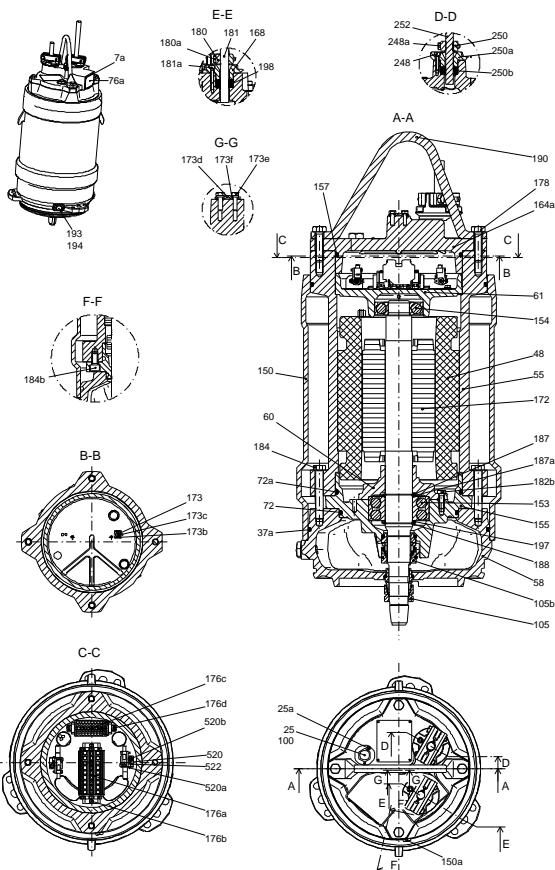
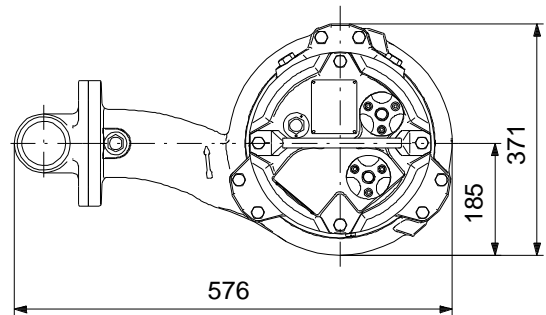
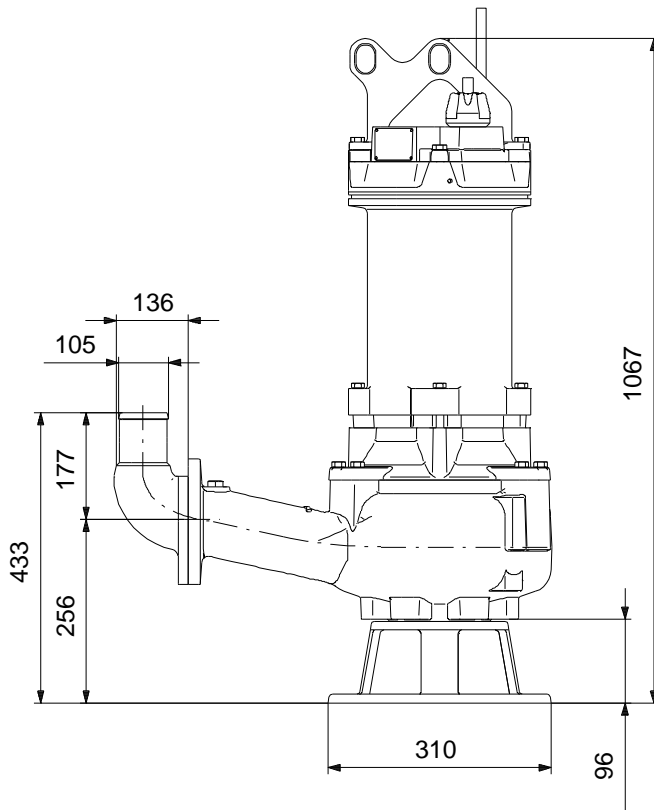
Sewage pumps



Product photo could vary from the actual product

Conditions of Service		Pump Data		Motor Data	
Flow:	24.26 m ³ /h	Liquid temperature range:	273 .. 313 K	Rated voltage:	230/460 V
Head:	17.3 m	Maximum ambient temperature:	313 K	Main frequency:	60 Hz
Efficiency:	20.7 %	Flange standard:	ANSI	Number of poles:	4
Liquid:	Water	Product number:	97663610	Enclosure class:	IP68
Temperature:	_____			Insulation class:	H
NPSH required:	4 m			Motor protection:	KLIXON
Viscosity:	1 mm ² /s			Motor_efficiency:	80 %
Specific Gravity:	_____				





Materials:


- Pump housing: Cast iron
EN-GJL-250
AISI A48 30
- Impeller: Stainless steel
DIN W.-Nr. 1.4408
AISI CF8M
- Motor: Cast iron
EN-JL1040
AISI A48 30



Company name: -
 Created by: -
 Phone: -
 Fax: -
 Date: -

Project: -
 Reference number: -

Client: -
 Client number: -
 Contact: -

Position	Count	Description
	1	<p>S1.30.A40.134.4.50H.C.200.Q.EX.D</p>  <p style="text-align: center;">Product photo could vary from the actual product</p> <p>Product No.: 97663610</p> <p>Non-self-priming, single-stage, centrifugal pump designed for handling wastewater, process water and unscreened raw sewage.</p> <p>The single-channel impeller handles solids up to 80 mm in size.</p> <p>A SmartTrim impeller clearance adjustment system makes it possible to maintain maximum performance throughout the lifetime of the pump.</p> <p>To facilitate easy transportation as well as installation on-site, the pump is fitted with a robust lifting bracket. For installation on auto coupling, the Grundfos SmartSeal gasket system provides a leak-proof connection. Pipework connections are via a ANSI flange. The pump is explosion-proof.</p> <p>Further product details</p> <p>Typical application is transfer of liquids, such as:</p> <ul style="list-style-type: none"> - large quantities of drainage and surface water - domestic wastewater with discharge from toilets - wastewater from commercial buildings without discharge from toilets - sludge-containing industrial wastewater. <p>The pump is ideal for the pumping of the above liquids from for instance:</p> <ul style="list-style-type: none"> - municipal network pumping stations - public buildings - blocks of flats - factories/industry - wastewater treatment plants. <p>Pump</p> <p>The pump housing and motor top are made of cast iron (EN-GJL-250) and the impeller is made of stainless steel (EN 1.4408).</p> <p>All surfaces of the cast iron parts are protected with cathodolysis coating. The surface of the cast iron pump parts is afterwards painted with environmental friendly powder coating (type NCS 9000N (black), gloss code 30, thickness 100 µm) which ensures high impact and corrosion protection. The final pump is assembled from already painted parts which ensures that no rust or scale can be formed in grooves between parts, etc.</p> <p>The channel impeller is of a semi-axial design with extra long vanes. This provides maximum performance and prevents fibres and rags from getting caught in the impeller.</p> <p>The bottom part of the channel impeller features specially designed auxiliary vanes which keep the impeller clean at all time. These vanes are designed to create a powerful flow that keeps the clearance between the impeller and the pump housing free from solids or fibres.</p>



Company name: -
Created by: -
Phone: -
Fax: -
Date: -

Project: -
Reference number: -

Client: -
Client number: -
Contact: -

Position	Count	Description
		<p>This pump is equipped with the unique SmartTrim impeller clearance adjustment system that enables easy restoring of factory-set impeller clearance. By tightening the adjustment screws on the exterior of the pump housing, peak pumping efficiency can be maintained. This can be done on site, quickly and easily, without dismantling the pump and without using special tools.</p> <p>The shaft seal consists of two mechanical seals that ensure a reliable sealing between the pumped liquid and motor.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Primary seal: silicon carbide/silicon carbide (SiC/SiC) - Secondary seal: silicon carbide/carbon <p>The shaft seals have no springs or other parts in direct contact with the pumped liquid that prevents rags and fibres from getting caught. Furthermore, the shaft seals are bidirectional, meaning that they can operate in either direction thus allowing for opposite rotation caused by backflow of liquid through the pump.</p> <p>The pump is equipped with heavy-duty, maintenance-free, greased-for-life bearings. The main bearings consist of double-row angular contact ball bearings whereas the support bearings are single-row deep-groove ball bearings.</p> <p>The pump discharge flange is mounted with the Grundfos SmartSeal auto-coupling gasket, that provides a completely leak-proof connection between the pump and the base unit of the auto-coupling system. This optimises the efficiency of the entire pumping system and keeps operating costs at a minimum.</p> <p>The pump is approved and tested by Baseefa (notified body) and holds the following examination certificate:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Baseefa 09ATEX0020X <p>The pump has the following explosion protection classifications: Direct drive, 50 or 60 Hz: CE 1180 II2 G Ex bc d IIB T4 Frequency converter drive: CE 1180 II2 G Ex bc d IIB T3 Note: Explosion-proof pumps must always be fully submerged.</p> <p>Motor</p> <p>The motor is supplied with a 15 m power cable with protection sleeve and a free cable end. The pump is equipped with the following motor protection and sensors:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Three thermal switches (Klixon) for protection against overheating, one incorporated in each motor winding. - Two moisture switches are fitted in the terminal block for continuous monitoring of the motor. If moisture is detected in the stator housing, the switch will automatically cut off the power supply. <p>Controls:</p> <p>Water-in-oil sensor: without water-in-oil sensor</p> <p>Liquid:</p> <p>Pumped liquid: Water Liquid temperature range: 273 .. 313 K Kinematic viscosity: 1 mm²/s</p> <p>Technical:</p> <p>Actual impeller diameter: 200 mm Type of impeller: 1-CHANNEL Maximum particle size: 80 mm Primary shaft seal: SIC-SIC Secondary shaft seal: SIC-CARBON Curve tolerance: ANSI/HI11.6:2012 3B2</p> <p>Materials:</p> <p>Pump housing: Cast iron</p>



Company name: -
Created by: -
Phone: -
Fax: -
Date: -

Project: -
Reference number: -

Client: -
Client number: -
Contact: -


Position	Count	Description
		EN-GJL-250 AISI A48 30 Impeller: Stainless steel DIN W.-Nr. 1.4408 AISI CF8M Motor: Cast iron EN-JL1040 AISI A48 30 Installation: Maximum ambient temperature: 313 K Flange standard: ANSI Pump inlet: 4" Pump outlet: 4" Auto-coupling: 97626238 Inst vertical: 96845469 Base stand: 96846769 Frame range: 50 Electrical data: Number of poles: 4 Maximum current consumption: 18 A Power input - P1: 12 kW Rated power - P2: 10 kW Main frequency: 60 Hz Rated voltage: 3 x 230/460 V Voltage tolerance: +10/-10 % Start. method: direct-on-line Max starts per. hour: 20 Rated current: 36/18/ A Starting current: 113 A Rated speed: 1728 rpm Motor efficiency at full load: 80 % Motor efficiency at 3/4 load: 81 % Motor efficiency at 1/2 load: 78 % Enclosure class (IEC 34-5): IP68 Insulation class (IEC 85): H Explosion proof: yes Ex-protection standard: FM 3600, 3615 AND 3615.80 Length of cable: 15 m Winding resistance: 0,420 Ohm Cos phi 1/1: 0,88 Cos phi 1/2: 0,72 Cos phi 3/4: 0,82 Others: Net weight: 190 kg



Company name: -
Created by: -
Phone: -
Fax: -
Date: -

Project: -
Reference number: -

Client: -
Client number: -
Contact: -

Position	Count	Description
	1	<p>Product_name: Auto coupling, 4"x ANSI 100 cpl.</p>  <p>Product photo could vary from the actual product</p> <p>Product No.: 97626238 EAN_number: 5700319637724</p>

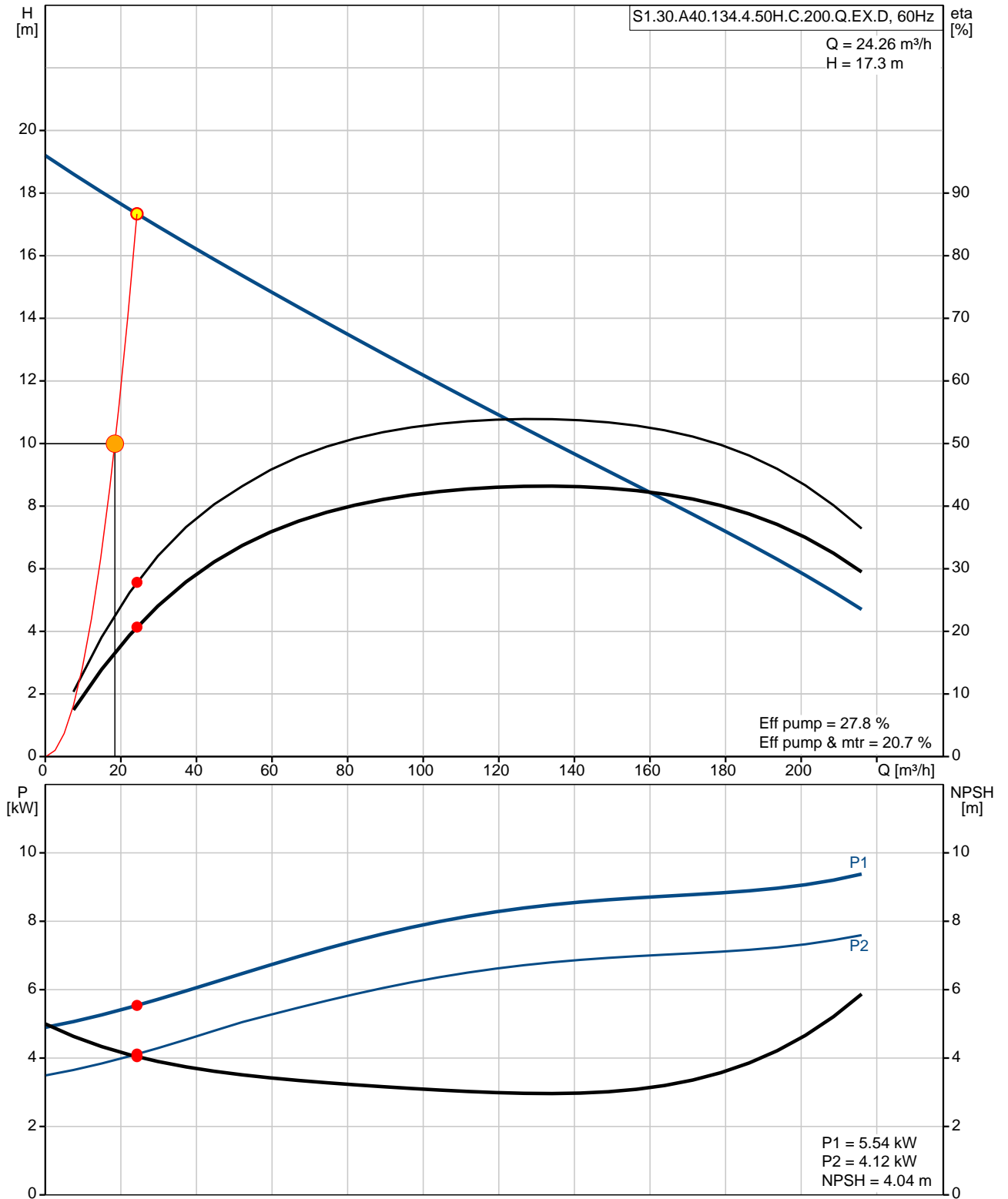


Company name: -
 Created by: -
 Phone: -
 Fax: -
 Date: -

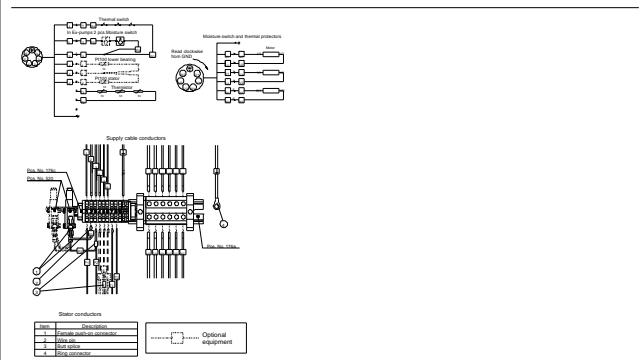
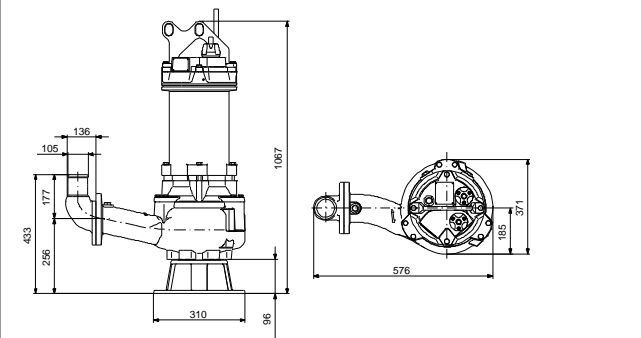
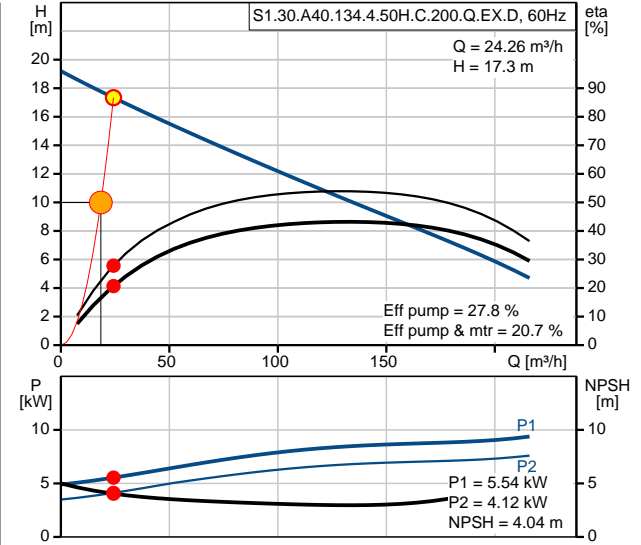
Project: -
 Reference number: -

Client: -
 Client number: -
 Contact: -

97663610 S1.30.A40.134.4.50H.C.200.Q.EX.D 60 Hz



Description	Value
General information:	
Product name:	S1.30.A40.134.4.50H.C.200.Q.E X.D
Position	
Product No.:	97663610
EAN:	5710620670648
Price:	On request
Technical:	
Max flow:	216 m ³ /h
Head max:	19.2 m
Actual impeller diameter:	200 mm
Type of impeller:	1-CHANNEL
Maximum particle size:	80 mm
Primary shaft seal:	SIC-SIC
Secondary shaft seal:	SIC-CARBON
Curve tolerance:	ANSI/HI11.6:2012 3B2
Materials:	
Pump housing:	Cast iron EN-GJL-250 AISI A48 30
Impeller:	Stainless steel DIN W.-Nr. 1.4408 AISI CF8M
Motor:	Cast iron EN-JL1040 AISI A48 30
Installation:	
Maximum ambient temperature:	313 K
Flange standard:	ANSI
Pump inlet:	4"
Pump outlet:	4"
Installation:	C
Inst dry/wet:	D/S
Installation:	vertical
Auto-coupling:	97626238
Inst vertical:	96845469
Base stand:	96846769
Frame range:	50
Liquid:	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	273 .. 313 K
Kinematic viscosity:	1 mm ² /s
Electrical data:	
Number of poles:	4
Maximum current consumption:	18 A
Power input - P1:	12 kW
Rated power - P2:	10 kW
Main frequency:	60 Hz
Rated voltage:	3 x 230/460 V
Voltage tolerance:	+10/-10 %
Start. method:	direct-on-line
Max starts per. hour:	20
Rated current:	36/18/ A
Starting current:	113 A





Company name: -
Created by: -
Phone: -
Fax: -
Date: -

Project: -
Reference number: -

Client: -
Client number: -
Contact: -

Description	Value
Rated speed:	1728 rpm
Motor efficiency at full load:	80 %
Motor efficiency at 3/4 load:	81 %
Motor efficiency at 1/2 load:	78 %
Enclosure class (IEC 34-5):	IP68
Insulation class (IEC 85):	H
Explosion proof:	yes
Ex-protection standard:	FM 3600, 3615 AND 3615.80
Motor protection:	KLIXON
Length of cable:	15 m
Cable size:	1X4X6MM2+1X7X1,5MM2
Winding resistance	0,420 Ohm
Cos phi 1/1:	0,88
Cos phi 1/2:	0,72
Cos phi 3/4:	0,82

Controls:

Water-in-oil sensor: without water-in-oil sensor

Others:

Net weight: 190 kg

Sales region: Namreg

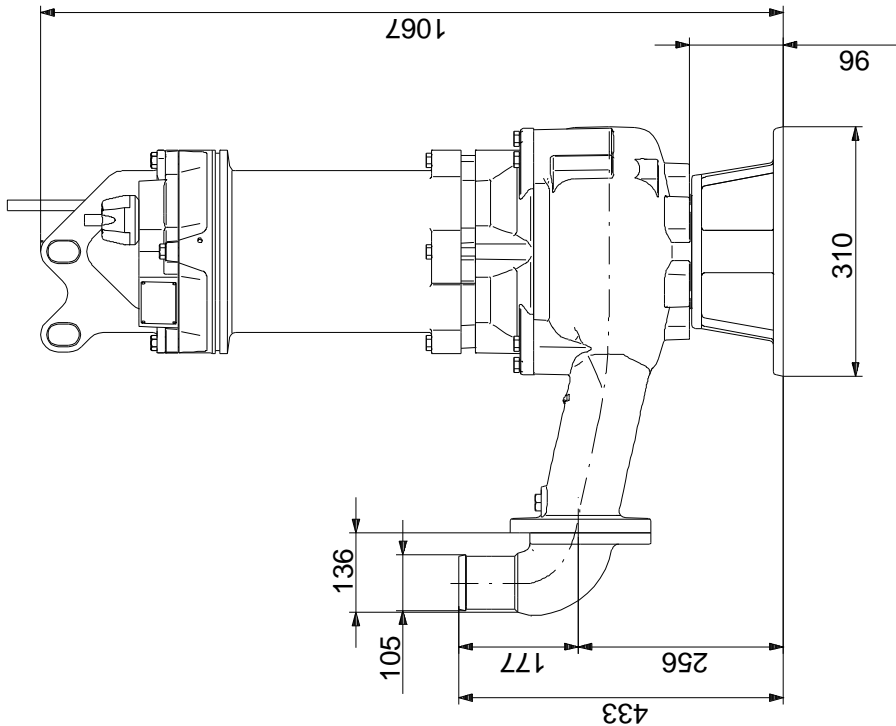
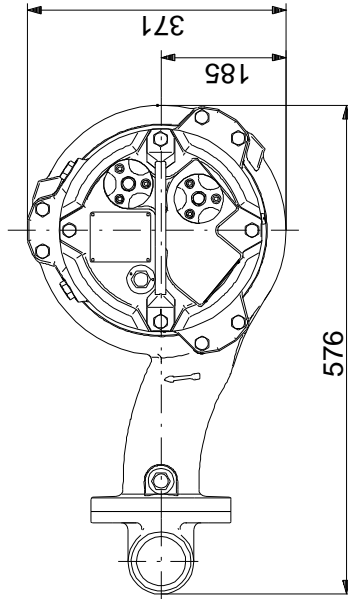
General information:

Product name: Auto coupling, 4"x ANSI 100 cpl.

Product No.: [97626238](#)

EAN: 5700319637724

97663610 S1.30.A40.134.4.50H.C.200.Q.EX.D 60 Hz



Note! All units are in [mm] unless otherwise stated.
 Disclaimer: This simplified dimensional drawing does not show all details.

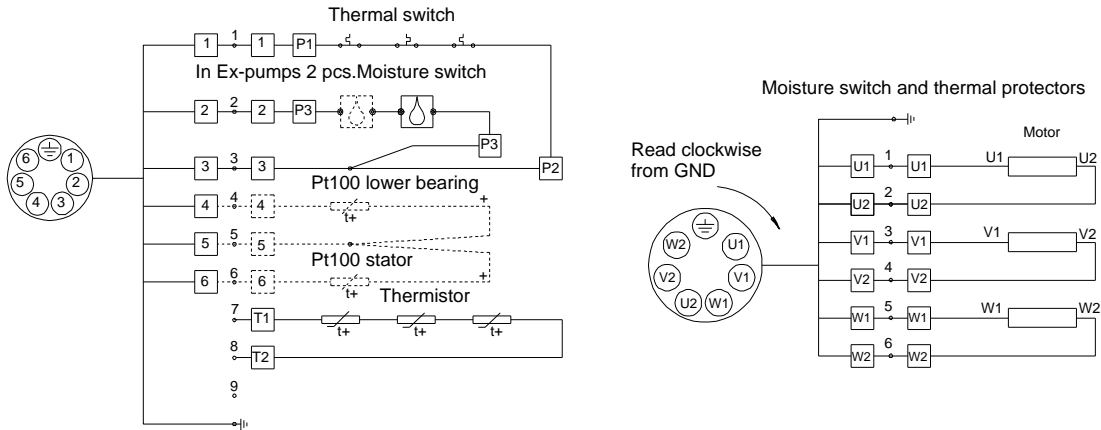


Company name: -
 Created by: -
 Phone: -
 Fax: -
 Date: -

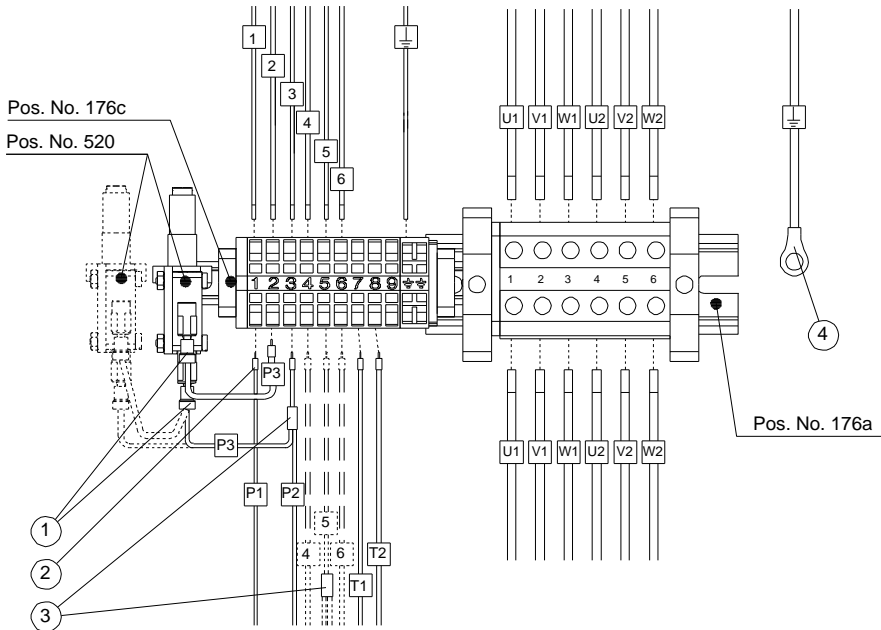
Project: -
 Reference number: -

Client: -
 Client number: -
 Contact: -

97663610 S1.30.A40.134.4.50H.C.200.Q.EX.D 60 Hz

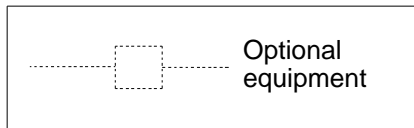


Supply cable conductors



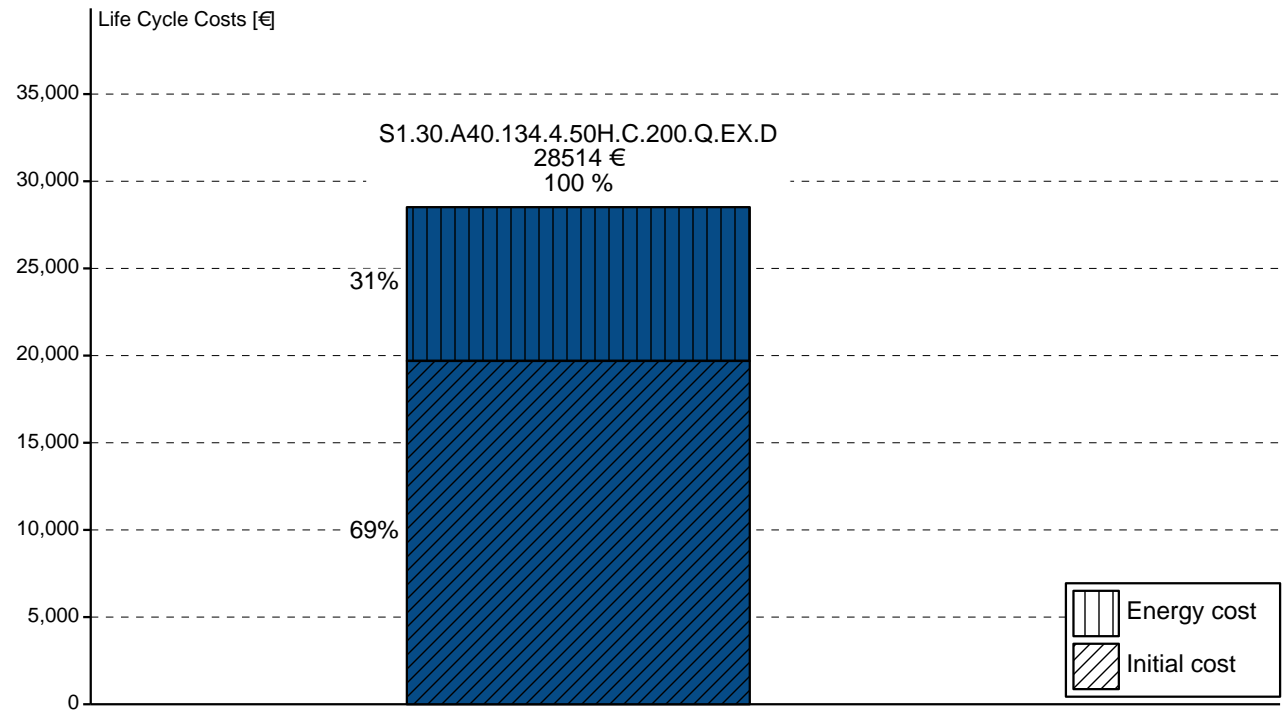
Stator conductors

Item	Description
1	Female push-on connector
2	Wire pin
3	Butt splice
4	Ring connector

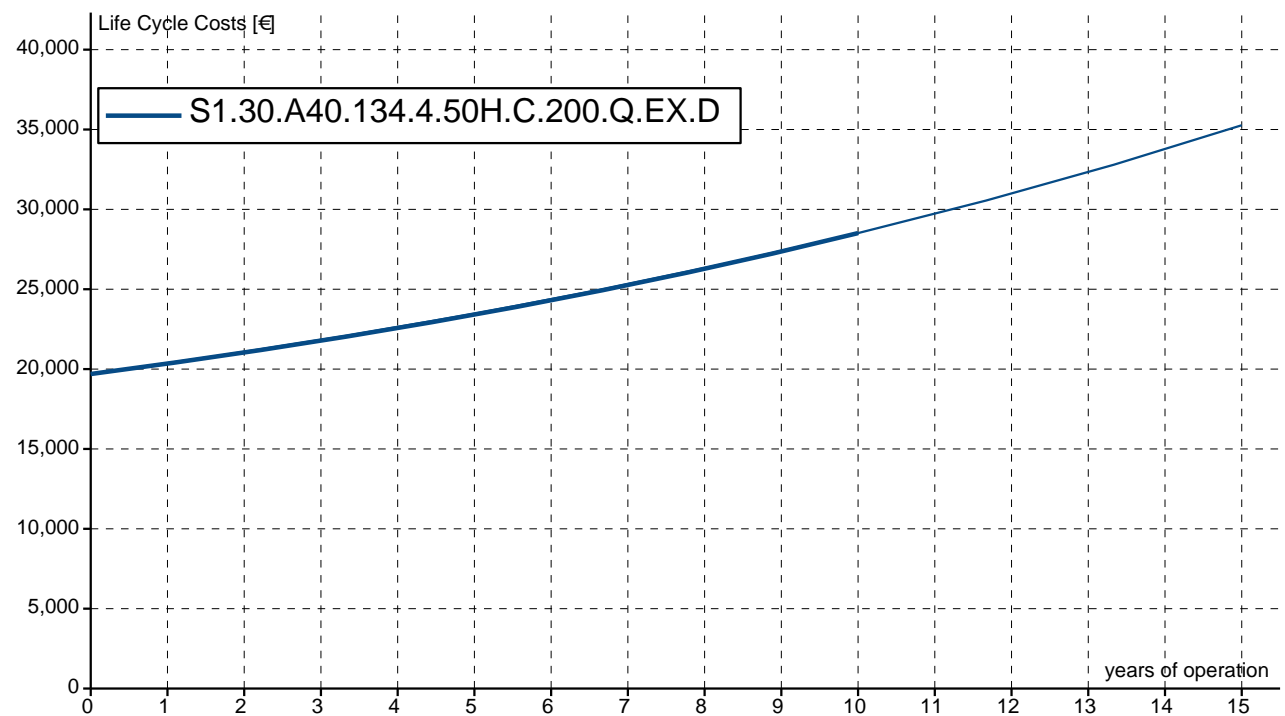


All units are [mm] unless otherwise presented.

Life Cycle Costs - 10 years of operation



Payback Time





Company name: -
 Created by: -
 Phone: -
 Fax: -
 Date: -

Project: -
 Reference number: -

Client: -
 Client number: -
 Contact: -

Life Cycle Cost Report

Requirements:	General inputs:	
Flow: 24.26 m³/h Capacity per year: ---- Head: ----	Energy price (high): 0.15 €/kWh	N - Life in years: 10 I - Interest rate: 0 % P - Inflation rate: 6 %

Inputs:	A:	
System:	S1.30.A40.134.4.50H.C.20 0.Q.EX.D	
	per year	total (life)
Initial investment cost [€]		
Pump system [€]		
Further investment [€]		
Installation and commissioning cost [€]		
Energy cost [€]	631	8822
Energy consumption [kWh/Year]	4207	
Specific energy [kWh/m³]		
Change of efficiency per year [%/Year]		
Ops cost / yr [€/Year]		
[€/Year]		
Routine maintenance cost [€/Year]		
Repair cost [€/Year]		
Other yearly costs [€/Year]		
Downtime and loss of production cost [€/Year]		
Environmental cost [€]		
Decommissioning/disposal cost [€]		

Output:

Net present LCC-value [€]		28514
net present eny cost is [€]		8822
and maint cost is [€]		
of which net present energy cost % is [%]		30.9
and maintenance cost % is [%]		0.0



Company name: -
Created by: -
Phone: -
Fax: -
Date: -

Project: -
Reference number: -

Client: -
Client number: -
Contact: -

Order Data:

Product name: S1.30.A40.134.4.50H.C.200.Q.EX.D
Amount: 1
Product No.: 97663610
Price: On request

Product name: Auto coupling, 4"x ANSI 100 cpl.
Amount: 1
Product No.: 97626238

Total: Price on request

PROJECT: _____	UNIT TAG: _____	QUANTITY: _____
REPRESENTATIVE: _____	TYPE OF SERVICE: _____	DATE: _____
ENGINEER: _____	SUBMITTED BY: _____	DATE: _____
CONTRACTOR: _____	APPROVED BY: _____	DATE: _____
	ORDER NO.: _____	DATE: _____

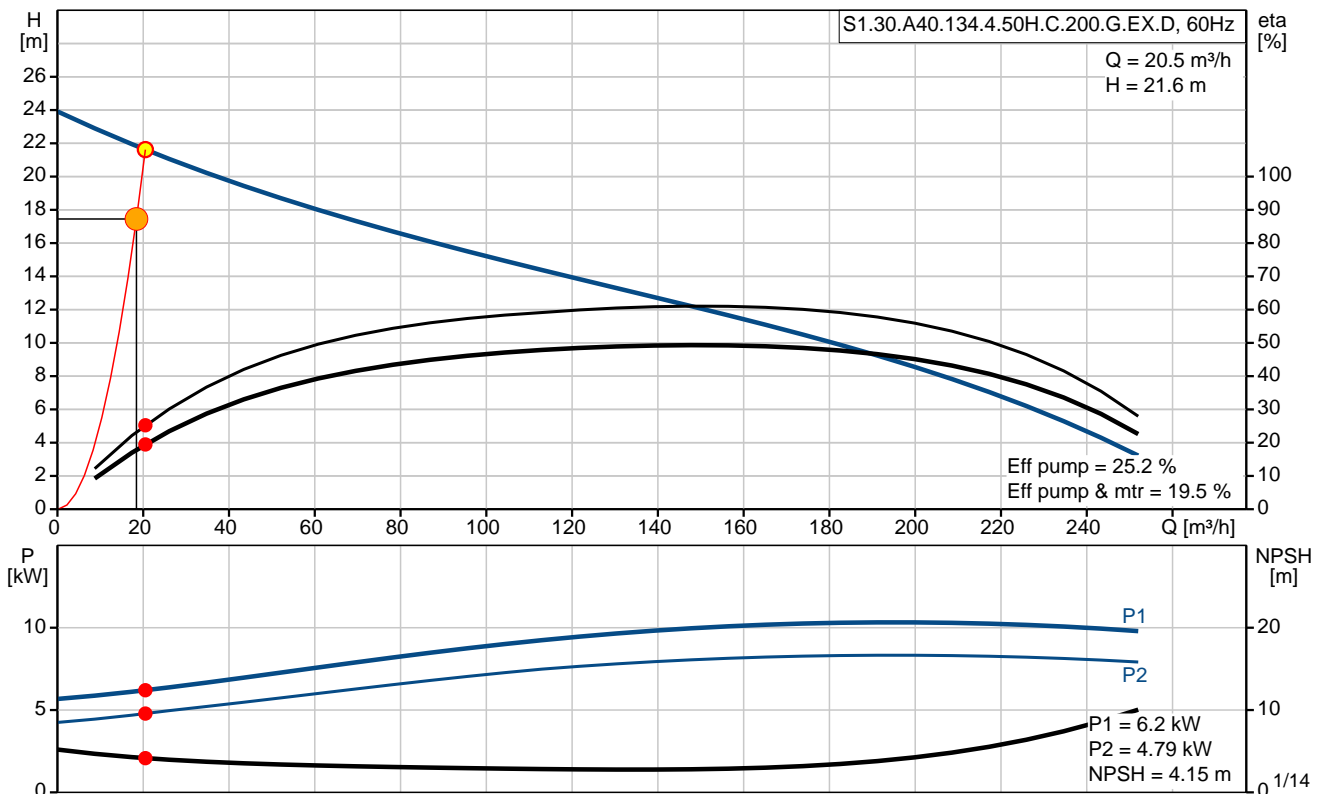
S1.30.A40.134.4.50H.C.200.G.EX.D

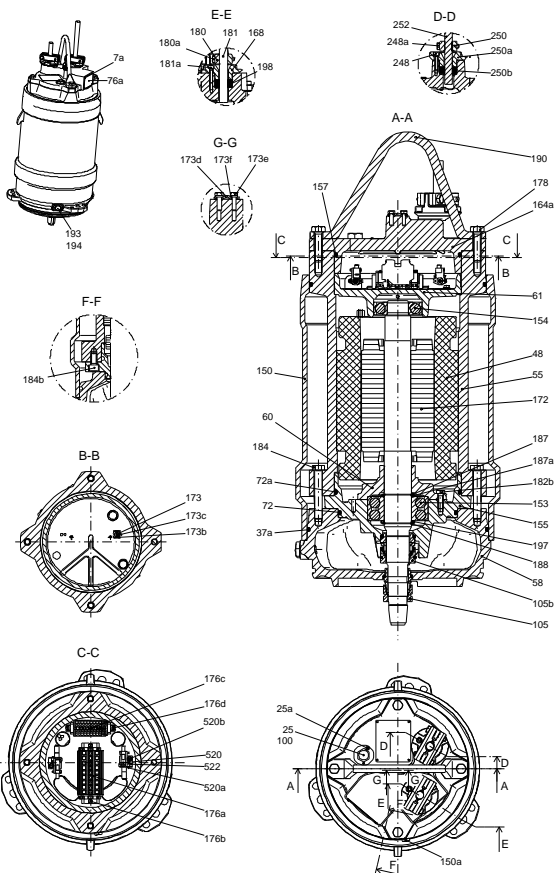
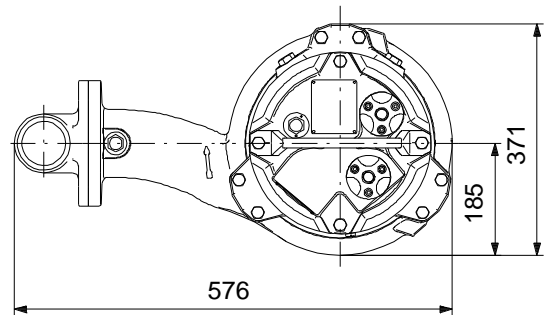
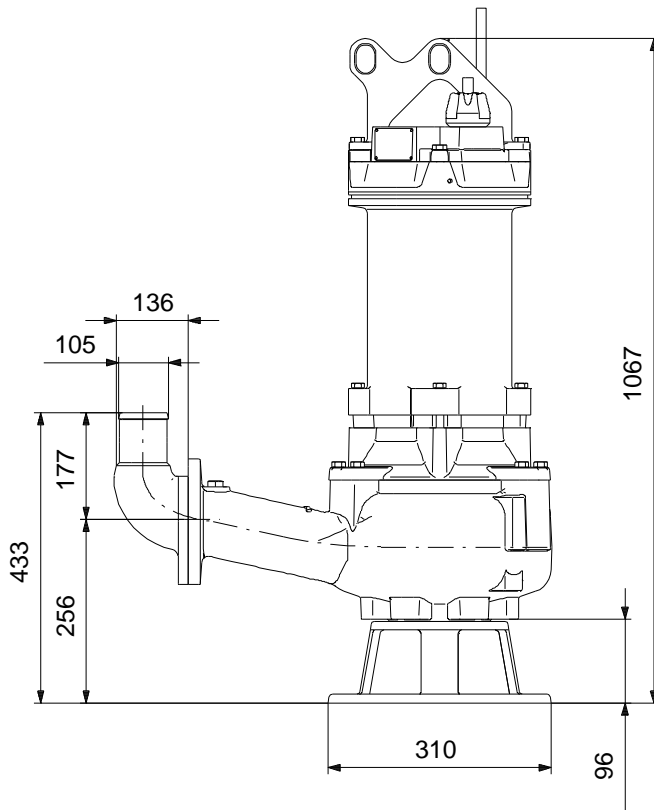
Sewage pumps



Product photo could vary from the actual product

Conditions of Service		Pump Data		Motor Data	
Flow:	20.5 m ³ /h	Liquid temperature range:	273 .. 313 K	Rated voltage:	230/460 V
Head:	21.6 m	Maximum ambient temperature:	313 K	Main frequency:	60 Hz
Efficiency:	19.5 %	Flange standard:	ANSI	Number of poles:	4
Liquid:	Water	Product number:	97660640	Enclosure class:	IP68
Temperature:	_____			Insulation class:	H
NPSH required:	4.2 m			Motor protection:	KLIXON
Viscosity:	1 mm ² /s			Motor_efficiency:	80 %
Specific Gravity:	_____				





Materials:


- Pump housing: Cast iron
EN-GJL-250
AISI A48 30
- Impeller: Cast iron
EN-GJL-250
AISI A48 30
- Motor: Cast iron
EN-JL1040
AISI A48 30



Company name: -
 Created by: -
 Phone: -
 Fax: -
 Date: -

Project: -
 Reference number: -

Client: -
 Client number: -
 Contact: -

Position	Count	Description
	1	<p>S1.30.A40.134.4.50H.C.200.G.EX.D</p>  <p style="text-align: center;">Product photo could vary from the actual product</p> <p>Product No.: 97660640</p> <p>Non-self-priming, single-stage, centrifugal pump designed for handling wastewater, process water and unscreened raw sewage.</p> <p>The single-channel impeller handles solids up to 80 mm in size.</p> <p>A SmartTrim impeller clearance adjustment system makes it possible to maintain maximum performance throughout the lifetime of the pump.</p> <p>To facilitate easy transportation as well as installation on-site, the pump is fitted with a robust lifting bracket. For installation on auto coupling, the Grundfos SmartSeal gasket system provides a leak-proof connection. Pipework connections are via a ANSI flange. The pump is explosion-proof.</p> <p>Further product details</p> <p>Typical application is transfer of liquids, such as:</p> <ul style="list-style-type: none"> - large quantities of drainage and surface water - domestic wastewater with discharge from toilets - wastewater from commercial buildings without discharge from toilets - sludge-containing industrial wastewater. <p>The pump is ideal for the pumping of the above liquids from for instance:</p> <ul style="list-style-type: none"> - municipal network pumping stations - public buildings - blocks of flats - factories/industry - wastewater treatment plants. <p>Pump</p> <p>The pump housing, motor top and impeller are made of cast iron (EN-GJL-250).</p> <p>All surfaces of the cast iron parts are protected with cataphoresis coating. The surface of the cast iron pump parts is afterwards painted with environmental friendly powder coating (type NCS 9000N (black), gloss code 30, thickness 100 µm) which ensures high impact and corrosion protection. The final pump is assembled from already painted parts which ensures that no rust or scale can be formed in grooves between parts, etc.</p> <p>The channel impeller is of a semi-axial design with extra long vanes. This provides maximum performance and prevents fibres and rags from getting caught in the impeller.</p> <p>The bottom part of the channel impeller features specially designed auxiliary vanes which keep the impeller clean at all time. These vanes are designed to create a powerful flow that keeps the clearance between the impeller and the pump housing free from solids or fibres.</p>



Company name: -
Created by: -
Phone: -
Fax: -
Date: -

Project: -
Reference number: -

Client: -
Client number: -
Contact: -

This pump is equipped with the unique SmartTrim impeller clearance adjustment system that enables easy restoring of factory-set impeller clearance. By tightening the adjustment screws on the exterior of the pump housing, peak pumping efficiency can be maintained. This can be done on site, quickly and easily, without dismantling the pump and without using special tools.

The shaft seal consists of two mechanical seals that ensure a reliable sealing between the pumped liquid and motor.

- Primary seal: silicon carbide/silicon carbide (SiC/SiC)
- Secondary seal: silicon carbide/carbon

The shaft seals have no springs or other parts in direct contact with the pumped liquid that prevents rags and fibres from getting caught. Furthermore, the shaft seals are bidirectional, meaning that they can operate in either direction thus allowing for opposite rotation caused by backflow of liquid through the pump.

The pump is equipped with heavy-duty, maintenance-free, greased-for-life bearings. The main bearings consist of double-row angular contact ball bearings whereas the support bearings are single-row deep-groove ball bearings.

The pump discharge flange is mounted with the Grundfos SmartSeal auto-coupling gasket, that provides a completely leak-proof connection between the pump and the base unit of the auto-coupling system. This optimises the efficiency of the entire pumping system and keeps operating costs at a minimum.

The pump is approved and tested by Baseefa (notified body) and holds the following examination certificate:

- Baseefa 09ATEX0020X

The pump has the following explosion protection classifications:

Direct drive, 50 or 60 Hz: CE 1180 II2 G Ex bc d IIB T4

Frequency converter drive: CE 1180 II2 G Ex bc d IIB T3

Note: Explosion-proof pumps must always be fully submerged.

Motor

The motor is supplied with a 15 m power cable with protection sleeve and a free cable end.

The pump is equipped with the following motor protection and sensors:

- Three thermal switches (Klixon) for protection against overheating, one incorporated in each motor winding.
- Two moisture switches are fitted in the terminal block for continuous monitoring of the motor. If moisture is detected in the stator housing, the switch will automatically cut off the power supply.

Controls:

Water-in-oil sensor: without water-in-oil sensor

Liquid:

Pumped liquid: Water
Liquid temperature range: 273 .. 313 K
Kinematic viscosity: 1 mm²/s

Technical:

Actual impeller diameter: 200 mm
Type of impeller: 1-CHANNEL
Maximum particle size: 80 mm
Primary shaft seal: SIC-SIC
Secondary shaft seal: SIC-CARBON
Curve tolerance: ANSI/HI11.6:2012 3B2

Materials:

Pump housing: Cast iron



Company name: -
 Created by: -
 Phone: -
 Fax: -
 Date: -

Project: -
 Reference number: -

Client: -
 Client number: -
 Contact: -

Position	Count	Description
		EN-GJL-250 AISI A48 30 Impeller: Cast iron EN-GJL-250 AISI A48 30 Motor: Cast iron EN-JL1040 AISI A48 30 Installation: Maximum ambient temperature: 313 K Flange standard: ANSI Pump inlet: 4" Pump outlet: 4" Auto-coupling: 97626238 Inst vertical: 96845469 Base stand: 96846769 Frame range: 50 Electrical data: Number of poles: 4 Maximum current consumption: 36 A Power input - P1: 12 kW Rated power - P2: 10 kW Main frequency: 60 Hz Rated voltage: 3 x 230/460 V Voltage tolerance: +10/-10 % Start. method: direct-on-line Max starts per. hour: 20 Rated current: 36/18/ A Starting current: 226 A Rated speed: 1728 rpm Motor efficiency at full load: 80 % Motor efficiency at 3/4 load: 81 % Motor efficiency at 1/2 load: 78 % Enclosure class (IEC 34-5): IP68 Insulation class (IEC 85): H Explosion proof: yes Ex-protection standard: FM 3600, 3615 AND 3615.80 Length of cable: 15 m Winding resistance: 0,420 Ohm Cos phi 1/1: 0,88 Cos phi 1/2: 0,72 Cos phi 3/4: 0,82 Others: Net weight: 190 kg

Position	Count	Description
	1	<p data-bbox="379 452 959 481">Product_name: Auto coupling, 4"x ANSI 100 cpl.</p> <div data-bbox="400 577 742 810" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="772 882 1230 907">Product photo could vary from the actual product</p> <p data-bbox="379 913 647 940">Product No.: 97626238</p> <p data-bbox="379 943 732 969">EAN_number: 5700319637724</p>

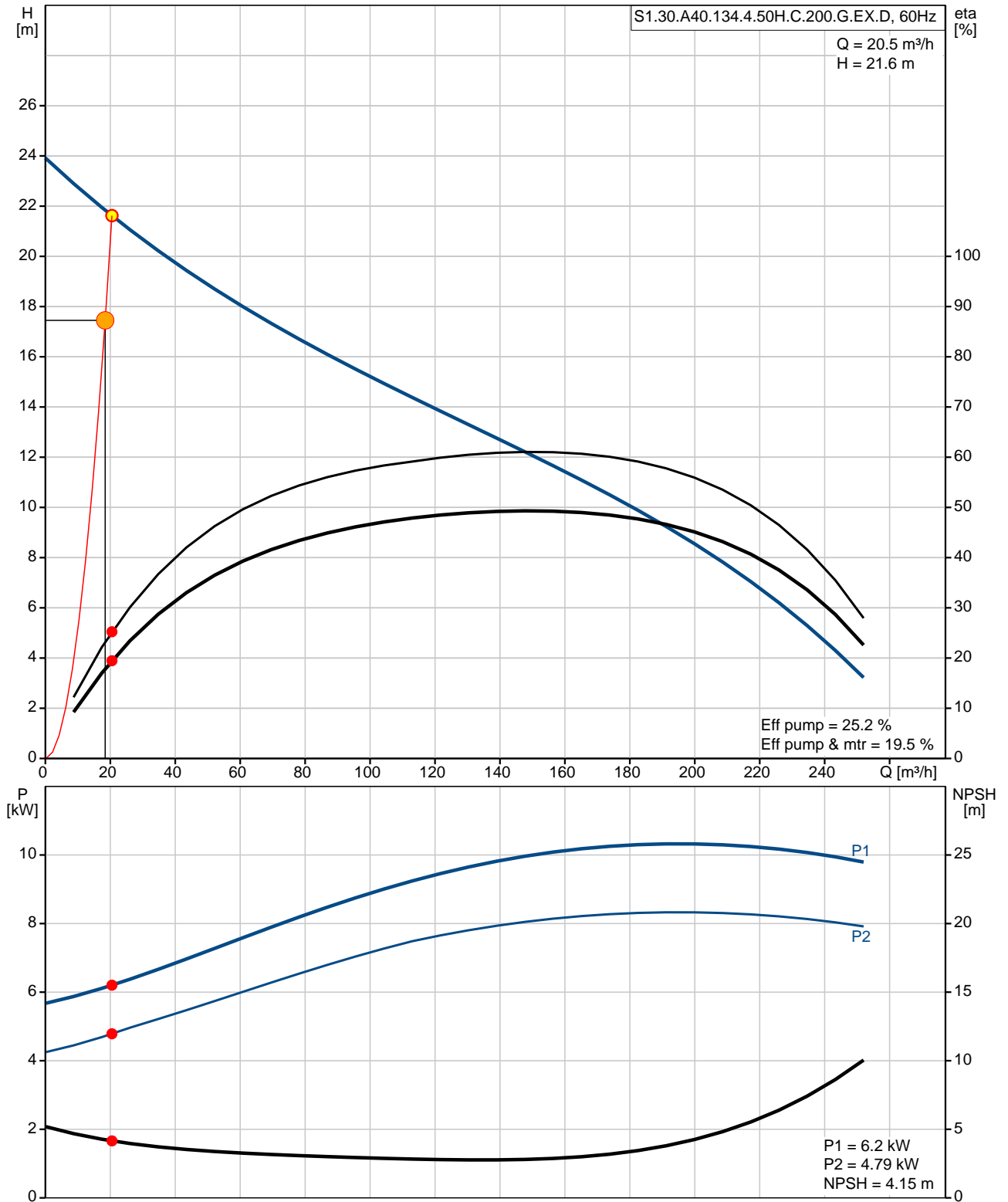


Company name: -
Created by: -
Phone: -
Fax: -
Date: -

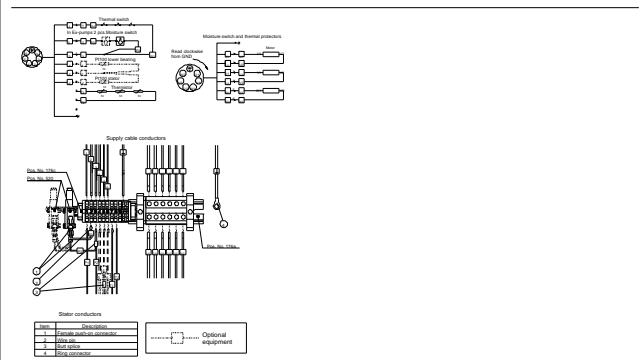
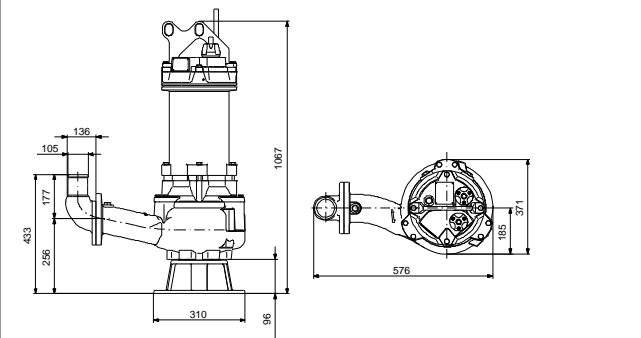
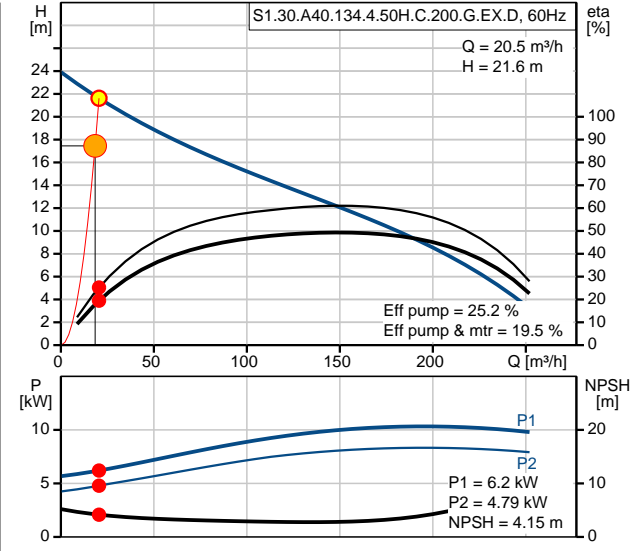
Project: -
Reference number: -

Client: -
Client number: -
Contact: -

97660640 S1.30.A40.134.4.50H.C.200.G.EX.D 60 Hz



Description	Value
General information:	
Product name:	S1.30.A40.134.4.50H.C.200.G.E X.D
Position	
Product No.:	97660640
EAN:	5710620589797
Price:	On request
Technical:	
Max flow:	216 m ³ /h
Head max:	19.2 m
Actual impeller diameter:	200 mm
Type of impeller:	1-CHANNEL
Maximum particle size:	80 mm
Primary shaft seal:	SIC-SIC
Secondary shaft seal:	SIC-CARBON
Curve tolerance:	ANSI/HI11.6:2012 3B2
Materials:	
Pump housing:	Cast iron EN-GJL-250 AISI A48 30
Impeller:	Cast iron EN-GJL-250 AISI A48 30
Motor:	Cast iron EN-JL1040 AISI A48 30
Installation:	
Maximum ambient temperature:	313 K
Flange standard:	ANSI
Pump inlet:	4"
Pump outlet:	4"
Installation:	C
Inst dry/wet:	D/S
Installation:	vertical
Auto-coupling:	97626238
Inst vertical:	96845469
Base stand:	96846769
Frame range:	50
Liquid:	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	273 .. 313 K
Kinematic viscosity:	1 mm ² /s
Electrical data:	
Number of poles:	4
Maximum current consumption:	36 A
Power input - P1:	12 kW
Rated power - P2:	10 kW
Main frequency:	60 Hz
Rated voltage:	3 x 230/460 V
Voltage tolerance:	+10/-10 %
Start. method:	direct-on-line
Max starts per. hour:	20
Rated current:	36/18/ A
Starting current:	226 A





Company name: -
Created by: -
Phone: -
Fax: -
Date: -

Project: -
Reference number: -

Client: -
Client number: -
Contact: -

Description	Value
Rated speed:	1728 rpm
Motor efficiency at full load:	80 %
Motor efficiency at 3/4 load:	81 %
Motor efficiency at 1/2 load:	78 %
Enclosure class (IEC 34-5):	IP68
Insulation class (IEC 85):	H
Explosion proof:	yes
Ex-protection standard:	FM 3600, 3615 AND 3615.80
Motor protection:	KLIXON
Length of cable:	15 m
Cable size:	1X4X6MM2+1X7X1,5MM2
Winding resistance	0,420 Ohm
Cos phi 1/1:	0,88
Cos phi 1/2:	0,72
Cos phi 3/4:	0,82

Controls:

Water-in-oil sensor: without water-in-oil sensor

Others:

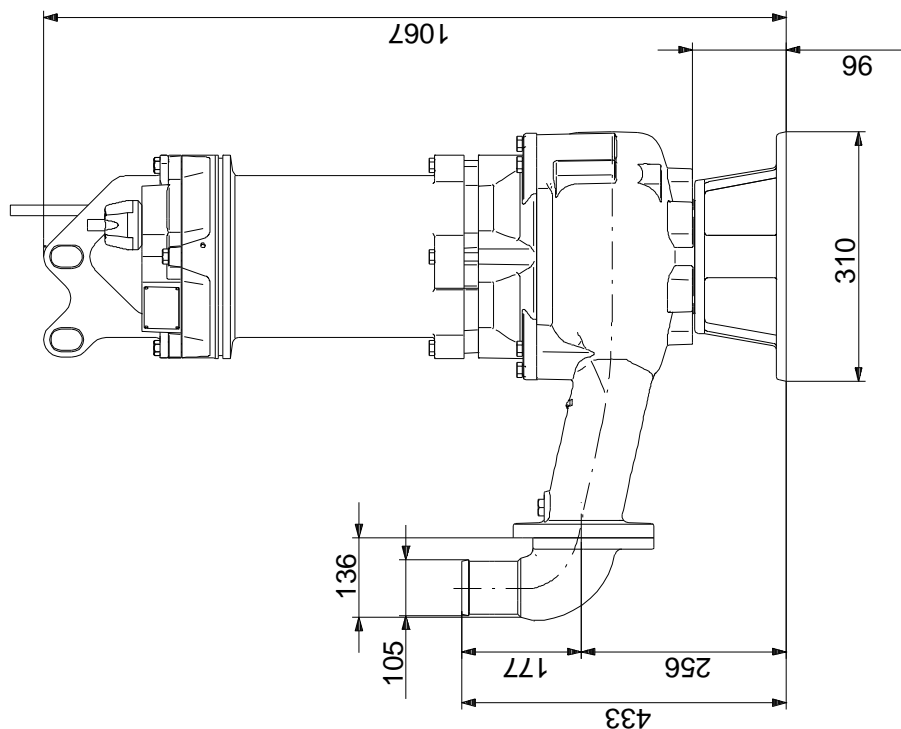
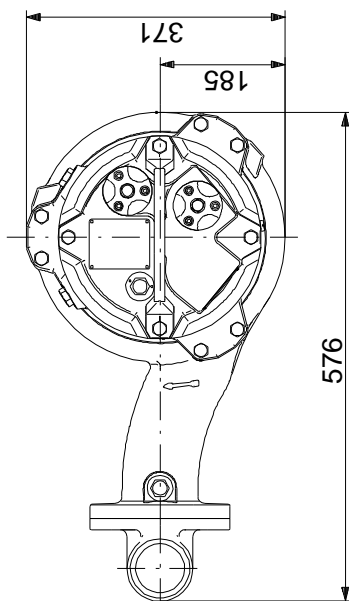
Net weight: 190 kg
Sales region: Namreg

General information:

Product name: Auto coupling, 4"x ANSI 100 cpl.

Product No.: [97626238](#)
EAN: 5700319637724

97660640 S1.30.A40.134.4.50H.C.200.G.EX.D 60 Hz



Note! All units are in [mm] unless otherwise stated.
 Disclaimer: This simplified dimensional drawing does not show all details.

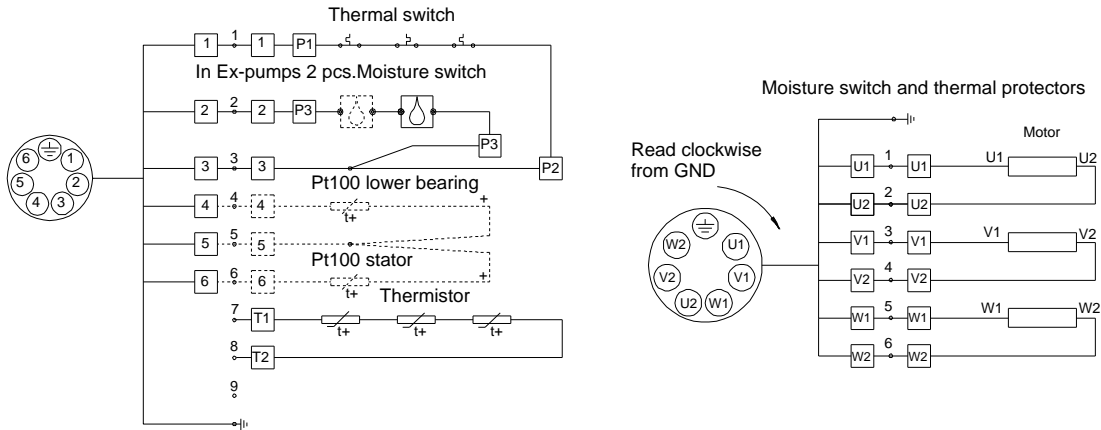


Company name: -
 Created by: -
 Phone: -
 Fax: -
 Date: -

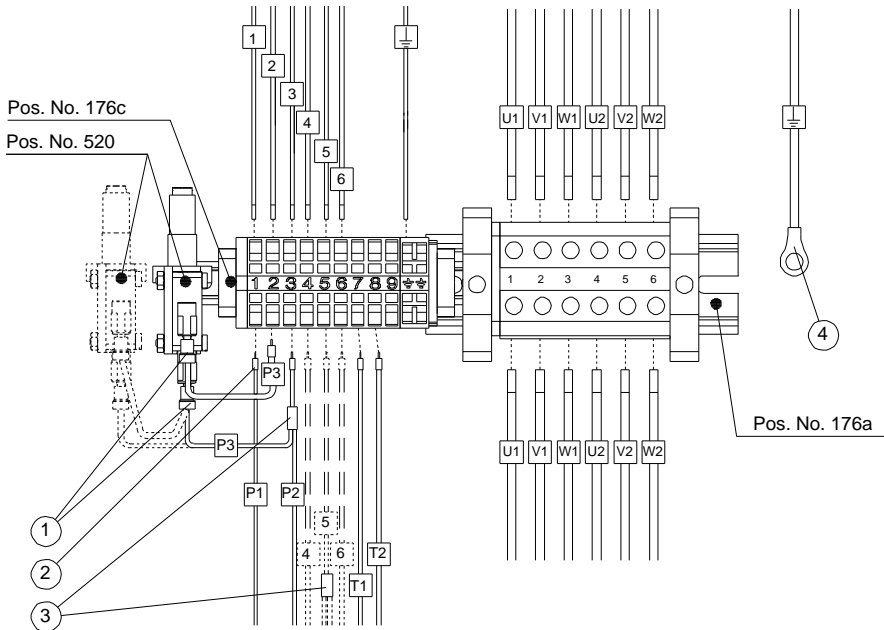
Project: -
 Reference number: -

Client: -
 Client number: -
 Contact: -

97660640 S1.30.A40.134.4.50H.C.200.G.EX.D 60 Hz

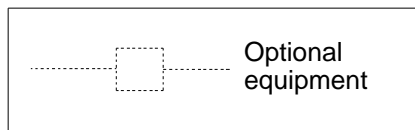


Supply cable conductors



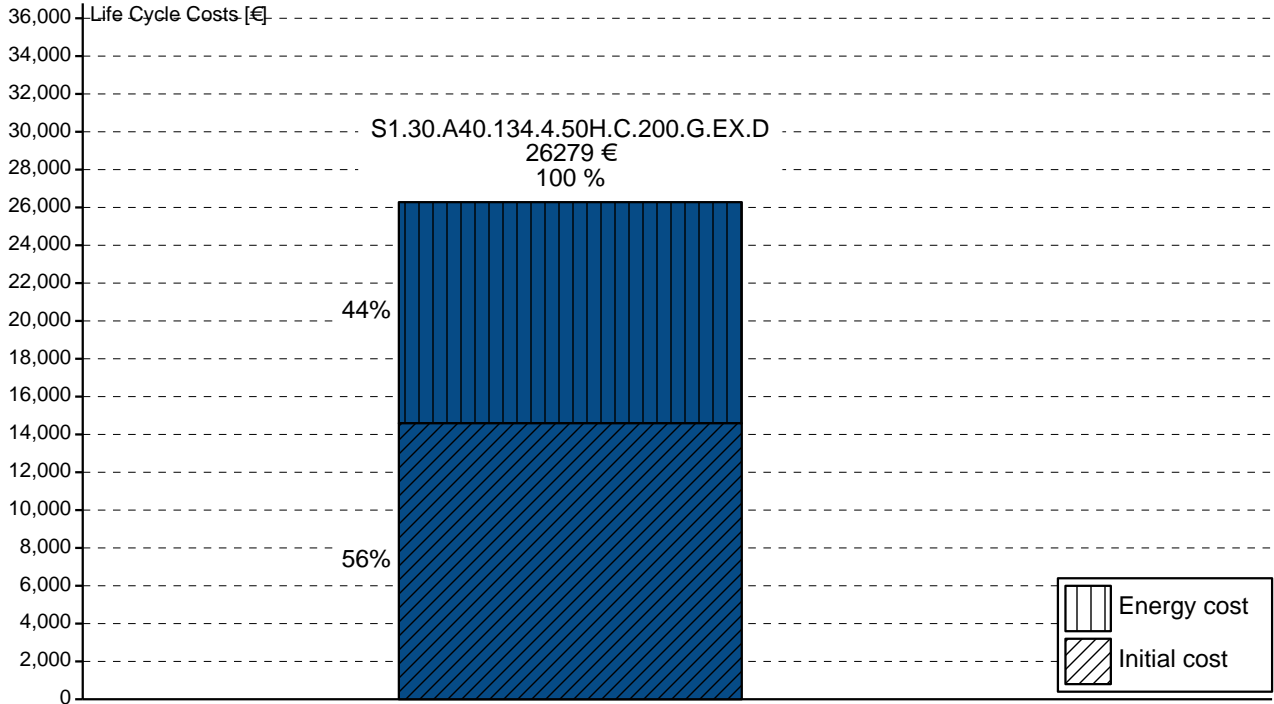
Stator conductors

Item	Description
1	Female push-on connector
2	Wire pin
3	Butt splice
4	Ring connector

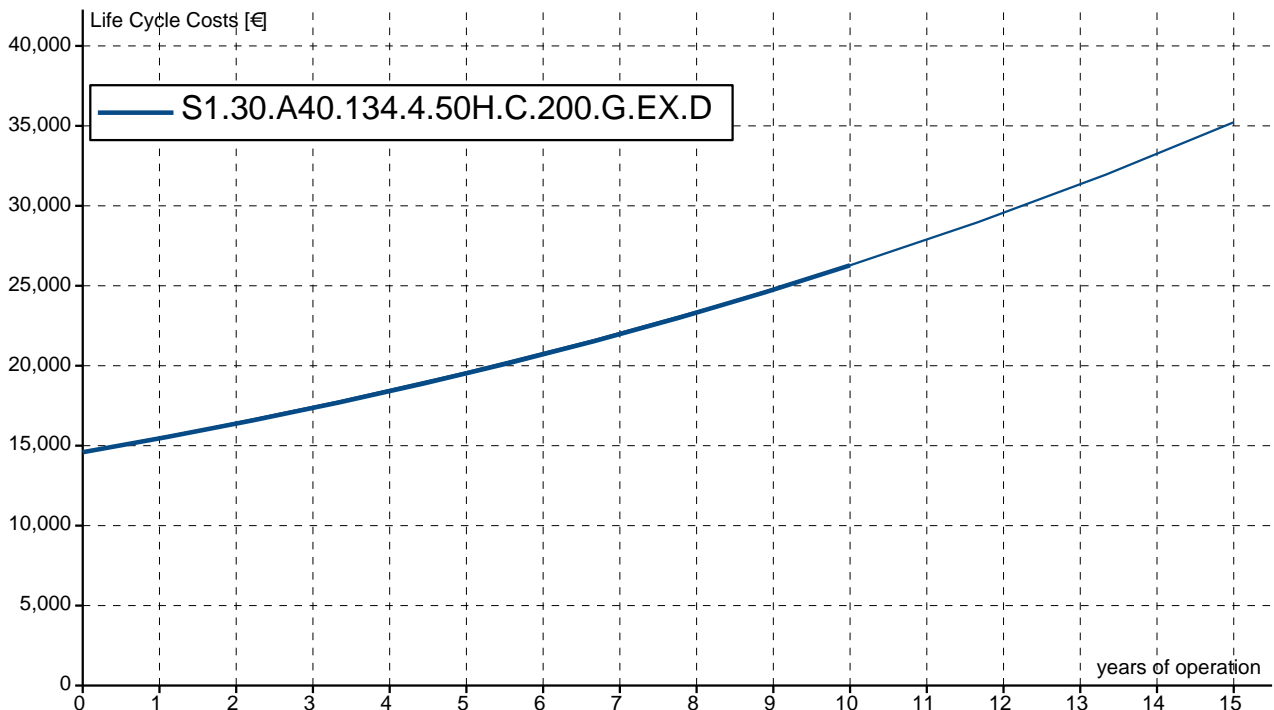


All units are [mm] unless otherwise presented.

Life Cycle Costs - 10 years of operation



Payback Time





Company name: -
 Created by: -
 Phone: -
 Fax: -
 Date: -

Project: -
 Reference number: -

Client: -
 Client number: -
 Contact: -

Life Cycle Cost Report

Requirements:	General inputs:	
Flow: 20.5 m³/h Capacity per year: ---- Head: ----	Energy price (high): 0.15 €/kWh	N - Life in years: 10 I - Interest rate: 0 % P - Inflation rate: 6 %

Inputs:	A:	
System:	S1.30.A40.134.4.50H.C.20 0.G.EX.D	
	per year	total (life)
Initial investment cost [€] Pump system [€] Further investment [€]		
Installation and commissioning cost [€]		
Energy cost [€] Energy consumption [kWh/Year] Specific energy [kWh/m³] Change of efficiency per year [%/Year]	836 5573	11688
Ops cost / yr [€/Year]		
[€/Year] Routine maintenance cost [€/Year] Repair cost [€/Year] Other yearly costs [€/Year]		
Downtime and loss of production cost [€/Year]		
Environmental cost [€]		
Decommissioning/disposal cost [€]		

Output:		
Net present LCC-value [€]		26279
net present engy cost is [€]		11688
and maint cost is [€]		
of which net present energy cost % is [%]		44.5
and maintenance cost % is [%]		0.0



Company name: -
Created by: -
Phone: -
Fax: -
Date: -

Project: -
Reference number: -

Client: -
Client number: -
Contact: -

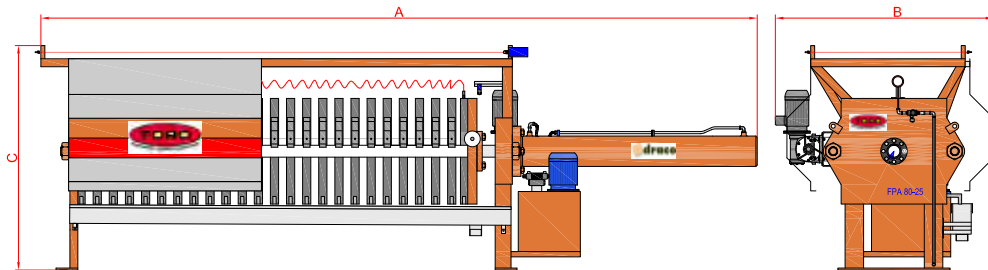
Order Data:

Product name: S1.30.A40.134.4.50H.C.200.G.EX.D
Amount: 1
Product No.: 97660640
Price: On request

Product name: Auto coupling, 4"x ANSI 100 cpl.
Amount: 1
Product No.: 97626238

Total: Price on request

FPA Specifications (Open Construction)



MODEL	Number of plates	Number of chambers	Length mm (A)	Width mm (B)	Height mm (C)	Weight empty (Kg)	Weight loaded (Kg)	Total filter area (m ²)	FP total cake volume (l)	Plates and fabric size
FPA 47/	5	4	1.470	1.170	1.370	750	780	1,4	19	470
	10	9	2.330	1.170	1.370	800	865	3,2	43	470
	15	14	3.240	1.170	1.370	860	960	5,0	67	470
	20	19	4.110	1.170	1.370	900	1.040	6,8	91	470
	25	24	4.670	1.170	1.370	970	1.140	8,6	115	470
	30	29	5.715	1.170	1.350	1.050	1.260	10,4	139	470
Pump flow (l/m): 7,5			Tank volume (l): 39	Power: 3 Kw	Calculated for cake thickness: 30 mm					
FPA 63/	5	4	1.570	1.450	1.530	1.240	1.390	2,6	38	630
	10	9	2.443	1.450	1.530	1.360	1.560	5,9	85	630
	15	14	3.265	1.450	1.530	1.480	1.730	9,1	132	630
	20	19	4.130	1.450	1.530	1.600	1.900	12,4	179	630
	25	24	5.045	1.450	1.530	1.750	2.100	15,6	226	630
	30	29	5.930	1.450	1.530	1.900	2.310	18,9	273	630
Double pump flow (l/m): 12+4			Tank volume (l): 58	Power: 2,2 Kw	Calculated for cake thickness: 32 mm					
FPA 80/	15	14	3.455	1.700	1.700	2.300	2.637	15,3	224	800
	20	19	4.385	1.700	1.700	2.511	2.968	20,7	305	800
	25	24	5.424	1.700	1.700	2.755	3.330	26,2	385	800
	30	29	6.350	1.700	1.700	3.000	3.697	31,6	465	800
Double pump flow (l/m): 12+4			Tank volume (l): 75	Power: 2,2 Kw	Calculated for cake thickness: 32 mm					
FPA 100/	20	19	4.731	1.870	1.900	5.900	6.530	32,7	490	1.000
	25	24	5.650	1.870	1.900	6.300	7.300	41,3	619	1.000
	30	29	6.510	1.870	1.900	6.720	7.840	49,9	748	1.000
Double pump flow (l/m): 33+5			Tank volume (l): 100	Power: 4 Kw	Calculated for cake thickness: 32 mm					
FPA 120/	20	19	4.850	2.100	2.100	7.000	8.000	46,9	676	1.200
	25	24	5.791	2.100	2.100	7.700	9.000	59,3	854	1.200
	30	29	6.810	2.100	2.100	8.350	9.900	71,6	1.032	1.200
Double pump flow (l/m): 33+5			Tank volume (l): 100	Power: 4 Kw	Calculated for cake thickness: 32 mm					
Frame: Material ST-52/AISI-304, Finish: Epoxy Paint										
Operation: Automatic										

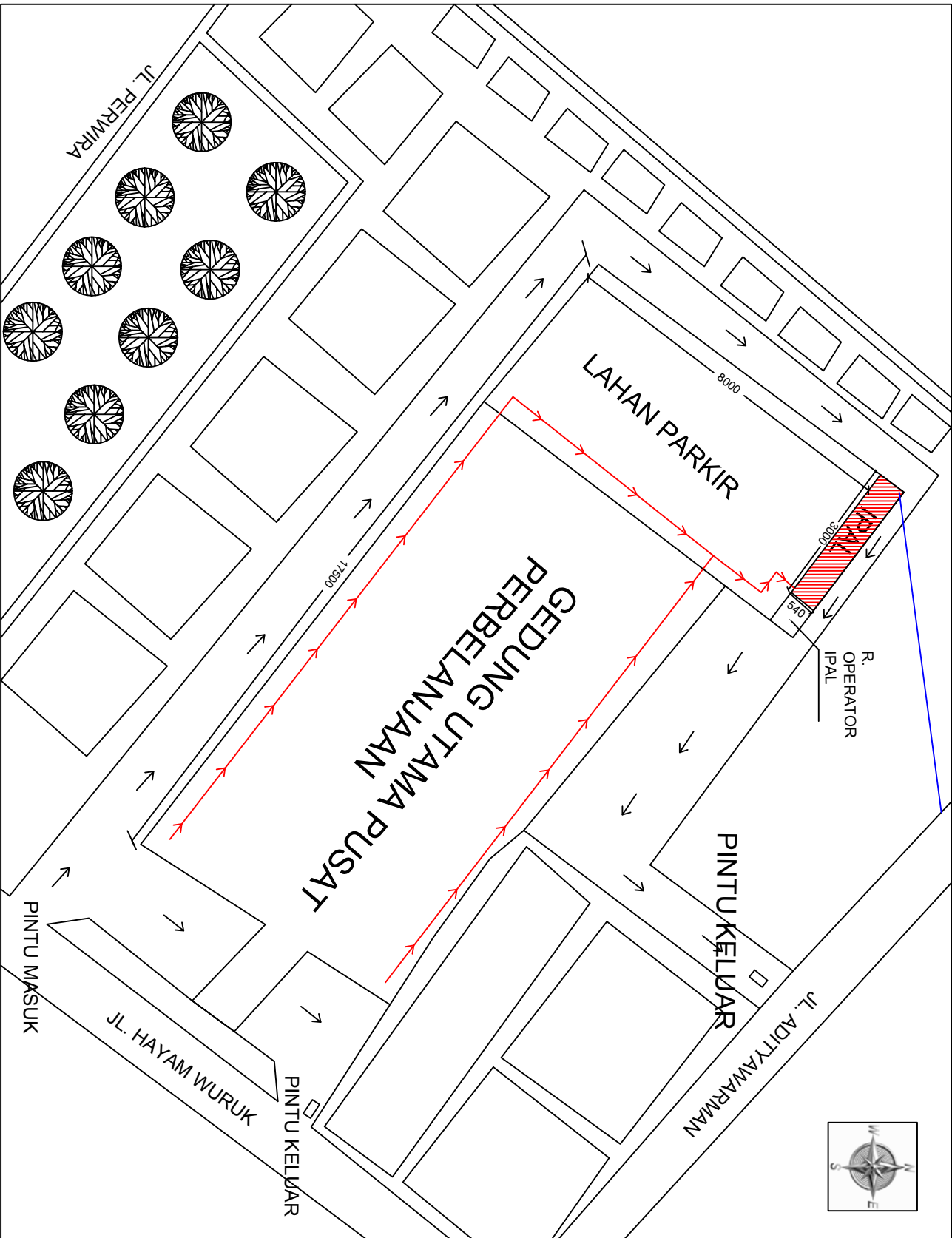
NOTE:

(1) The FPA is supplied with:

- Side protection plates.
- Filtered water collection channel and handles.
- Compressed air socket.
- Equipped with cake-blowing circuit.
- Emergency stop cable.
- Hydraulic oil included.

(2) Compressor not included.

(3) The dimensions and specifications may vary slightly due to the normal development of products by the engineering department or Toro Equipment SL. When ordering request the specifications sheet at www.toroequipment.com



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN DED IPAL
 PROSES ATTACHED GROWTH
 ANAEROBIC FILTER DENGAN
 PROSES SUSPENDED GROWTH
 UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
 BLANKET UNTUK PUSAT
 PERBELANJAAN DI SURABAYA

LEGENDA

NAMA MAHASISWA

RIO BAGUS PERMADI
 33111100086

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. RAZIF, MM,
 19630502 198103 1 004

JUDUL GAMBAR

LAYOUT LOKASI IPAL
 PUSAT PERBELANJAAN

SKALA NO GAMBAR

SKALA 1:1300

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Jember 16 Oktober 1992, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Setelah menempuh pendidikan formal di SD Negeri Pucang 2 Sidoarjo, SMP Negeri 1 Sidoarjo, dan SMA 2 Sidoarjo, penulis melanjutkan pendidikan tinggi di S1 Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Selama menempuh masa kuliah, Penulis aktif mengikuti berbagai kegiatan kemahasiswaan diantaranya sebagai staf Departemen Seni dan Olahraga Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan, Wakil Ketua Unit Kegiatan Mahasiswa ITS Badminton Community (IBC), Kapala Departemen Seni dan Olahraga Badan Eksekutif Mahasiswa FTSP ITS, dan berbagai kepanitiaan yang ada di lingkungan kampus.

Penulis mengharapkan saran dan masukan dari pembaca agar Tugas Akhir ini semakin baik dan nantinya dapat diaplikasikan. Penulis dapat dihubungi via email melalui riobagus.permadi@yahoo.co.id.