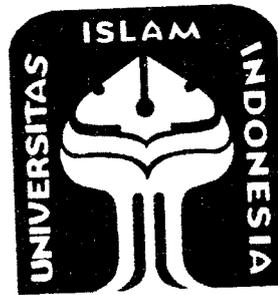


PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELI	
TGL. TERIMA :	22 Mei 2007
NO. JUDEL :	002453
NO. REV. :	5120002453001
NO. INDIK :	

NO : TA / TL / 2007 / 0185

TUGAS AKHIR
PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH (IPAL) DOMESTIK RUMAH SAKIT UMUM RISA
SENTRA MEDIKA MATARAM

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi sebagian
persyaratan memperoleh derajat Sarjana Teknik Lingkungan

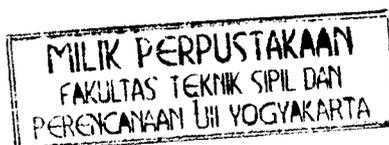


Disusun Oleh :

Nama : NURLIA WIRA HIFNY
NIM : 02 513 080

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2007



LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Rumah Sakit Umum Risa Sentra Medika Mataram

Disusun oleh :

Nurlia Wira Hifny

02. 513. 080

Jurusan Teknik Lingkungan UII Jogjakarta

Ir. H. Kasam, MT

Dosen Pembimbing I



Tanggal : 6-5-2007

Andik Yulianto, ST

Dosen Pembimbing II

Tanggal :

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

KATA PENGANTAR

Kepada Allah Yang Maha Pengasih dan Penyayang peneliti bersujud syukur atas segala rahmat dan nikmat yang telah diberikan-Nya, sehingga perencanaan dan penulisan skripsi dengan judul **"PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DOMESTIK RUMAH SAKIT UMUM RISA SENTRA MEDIKA MATARAM"** ini dapat terselesaikan.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi tugas akhir sebagai salah satu syarat guna meraih gelar Sarjana Teknik Lingkungan pada Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta, sebagai tempat menuntut ilmu saat ini.

Saya menyadari bahwa masih banyak kekurangan dari pada kesempurnaan dalam penyusunan skripsi ini, namun dengan segala kemampuan yang ada Saya mencoba dan berusaha menyusun skripsi ini sebaik mungkin dengan penuh harapan skripsi ini dapat berguna bagi siapapun yang memerlukan.

Melalui kesempatan ini Saya ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak H. Kasam, MT selaku dosen pembimbing I, Bapak Andik Yulianto, ST selaku pembimbing II, yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan serta petunjuk yang sangat berguna dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini. Rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya pula peneliti sampaikan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan,
2. Prof. Ir. Dr. Ruzardi. MT. Phd. Selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Luqman Hakim, ST. selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
4. Bapak Ir. H. Kasam. MT selaku dosen pembimbing I dalam penyusunan tugas akhir ini,
5. Bapak Andik Yulianto, ST yang telah memberikan masukan dan selaku dosen pembimbing II dalam penyusunan tugas akhir ini
6. Ibu dan Bapak tersayang, yang selalu memberikan semangat dan do'anya untuk keberhasilanku.
7. Bapak Ir. Mutawali selaku Kepala Bagian Lingkungan Hidup PEMDA Kota Mataram yang telah banyak membantu dalam arahan penelitian maupun penulisan.
8. Bapak Fauzi yang telah membantu untuk mendapatkan data-data yang diperlukan untuk menyelesaikan perencanaan ini.
9. Seluruh Staf Pengajar dan Civitas Akademika Universitas Islam Indonesia Yogyakarta dan Bapak Agus Adi P, selaku staf Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, terima kasih atas bantuannya selama ini.
10. Kakak-kakakku Fariq dan Angga serta adikku Hasrul, terima kasih atas dukungan serta do'anya selama ini.

11. Untuk sahabat-sahabat sejatiku “The KoyNerZ”, Indun (Dina), Mendem (Linda), Precil (Ariy), Yah koy (Diah), Pityut (Vita), n Aconk (Aconk). Terimakasih ya buat semua semangat, kegembiraan, kesedihan, dan kebersamaan yang telah kita lalui selama di kota Jogja Tercinta ini.
12. Seluruh teman-teman di Teknik Lingkungan UII yang kenal sama aku, Saly, Donan, Ucok, Maya, Dian, Uci, Mirna, Andi, Ria, Pita’03, de’ Dessy’05, Panji’05 yang tidak bisa disebutkan satu-satu terimakasih untuk semuanya.
13. Teman-Teman Aktifis seperti Dika, Nurul, Nano, Kiky, Edo, Nizar, Bandar, Heni untuk semuanya yang tidak bisa disebutkan terimakasih atas kerjasamanya selama ini, pembelajaran diluar kuliah yang sangat berharga untukku.
14. Ani ama Visa, makasih banyak ya atas bantuannya. Juga buat Kiky, Maya, Ririn, dan mbak Diah makasih buat semuanya.

Atas bantuan baik berupa moril maupun materil yang telah peneliti terima baik yang telah disebutkan di atas maupun yang tidak sempat disebutkan satu per satu, semoga segala bantuan dan budi baik dari semua pihak akan mendapatkan ganjaran yang setimpal dari Allah SWT, Amin.

Yogyakarta, Mei 2007

(Nurlia Wira Hifny)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

MOTTO

Life is not that easy to face
 So, just keep fighting to reach the future
 And always learning to become a better person
 "doing your best in everything u liked and let God do the rest"
 Do what do you wanna do, be what you wanna be
 Just Be the best we can be with No pain, no gain!
 (Nurlia W.H)

Allah tidak akan membebani seseorang
 melainkan dengan kesanggupannya.
 Ia mendapat pahala dari kebajikan yang diusahakannya.
 Dan ia mendapat siksa dari kejahatan yang dikerjakannya
 (Q. S. Al Baqarah:286)

Sesungguhnya sesudah kesulitan
 Pasti ada kemudahan.
 Maka apabila kamu telah selesai dari sesuatu urusan,
 Kerjakanlah dengan sungguh – sungguh urusan yang lain
 Dan hanya kepada Allah hendaknya kita berharap.
 (Q. S. Al Insyirah : 6-8)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PERSEMBAHAN

Syukur Ku Panjatkan kepada Allah SWT,
Tempat memohon dan memasrahkan segalanya,
Nabi Muhammad SAW,
Junjunganku yang kunantikan syafaatnya.

**Sebuah karya kecilku yang kupersembahkan dengan penuh
kebanggaan kepada :**

Ayahanda tercinta Nurham S.

Dan

Ibunda tercinta Suwira Hukmy.

(Terima kasih atas cinta dan kasih sayangnya yang tiada terhingga, terima kasih atas dukungan moril, sprituil dan finansialnya)

Kakak-kakakku Fariq Wira Handy, Angga Wira Handy

Dan Adikku tersayang Hasrul Hakim

(Terima kasih atas dukungan, motivasi, doa dan kasih sayangnya untukku
*I Luv Y'all, and i thank God that i had a carefull and lovely brothers in
my life, hopefully we'll be support each others forever and always*)

Sahabat-sahabat tercinta "The kOyNeRz".

(Terima kasih atas persahabatan yang indah dan segala dukungan serta
motivasi dalam membantu penyelesaian karya tulis ini)

Thank to...

1st : Teman satu perjuangan sekaligus sahabat setia (Linda, Dina, Ari, Diah) akhirnya selesai juga tugas akhir kita. Juga buat Aconk dan Vita yang sekarang menikmati jadi "Pengangguran" ,,,,hehee,,Peace!. *The KOYNERZ Our friendship for me is everything, all of you were the very best of friends in my life i couldn't forget. We're just like sisters and brothers. And i hope we'll be best friends forever and ever, even we're apart soon. Thanks for a wonderful friendship we had, the supports u'd given to me, all the sadness and happiness we've been through. I lay my hands and pray all of us we'll be a successed person in the future. I love y'all,*

2nd : Keluarga cemara (Maya, Ria, Andy, Uci, Dian, dan Mirna), thanx buat belajar barengnya,,,,*we bring it on!* Seluruh teman-teman TL'02 yang sudah lulus maupun yang akan lulus (Arum, Putra, Saly, Donan, Akbar, Anyonk, Ayu, Yana, Ucok dan lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu), terima kasih atas kebersamaanya selama kuliah serta dukungan dan motivasi hingga tugas akhir ini bisa diselesaikan.

3rd : Teman-teman Aktifis kelembagaan baik dari Fakultas sampai Universitas yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Dalam kelembagaan itu aku belajar dan mengetahui banyak hal yang tidak diajarkan dalam perkuliahan. Semoga semua yang sudah aku pelajari itu menjadi bekal yang sangat berharga pada kehidupan di masa depan. Terimakasih atas kerjasamanya selama kita menjalankan amanah yang diberikan oleh mahasiswa dan kampus, *we're doing the great job...and we made it good 'till the end, it was nice to work with y'all,*

4th : Teman-teman kos Aa.06 Pamungkas (indun, kikoy, mayoy, ririn, mbak diah yang telah meninggalkan jogja, and pityut) thanks buat kekompakkan kita selama ini dalam segala hal, *we're the best* lah pokoknya, hehee.....
Semua orang yang telah berjasa memperbaiki “**my Lovely Computer**” (Mas Tirta, Yuda Guruh, Tayyib Karjo, Aries Sinchan, juga Daus) kenapa ya komputernya masih tetep mati...AneH! Juga makasih buat my new friend Amang Fakhrie Tuil yang secara ga langsung udah nemenin revisi TA malam-malam lewat telpon :)

5th : The last but not least, for someone who always given me cares, supported me in everything, showed me something about life. Someone in the past that rise again for the last 4 months. Thanx for everything that we'd been through together. Hope that we'll be reached the happiness each others,

6th : Semua pihak yang tidak disebutkan, terima kasih atas dukungan dan motivasi hingga tugas akhir ini bisa diselesaikan.

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DOMESTIK
RUMAH SAKIT UMUM RISA SENTRA MEDIKA MATARAM NUSA TENGGARA
BARAT**

*Nurlia Wira Hifny, Kasam, Andik Yulianto
Jurusan Teknik Lingkungan UII Jogjakarta*

Abstrak

Limbah cair rumah sakit merupakan salah satu hasil samping dari berbagai kegiatan di rumah sakit, limbah cair ini banyak mengandung unsur pencemar yang berbahaya bagi penghuni rumah sakit begitu juga bagi para pekerja, pengunjung serta masyarakat sekitar rumah sakit. Air limbah ini memerlukan penanganan khusus dengan menggunakan sarana yang disebut dengan IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah), sehingga kualitasnya memenuhi persyaratan tertentu bagi kesehatan sebelum dibuang ke badan air penerima. Perencanaan di instalasi pengolahan air limbah merupakan upaya pemikiran dan pembangunan sistem pengolahan air limbah agar tercapai suatu sistem yang efisien dan efektif.

Lokasi perencanaan adalah Rumah Sakit Umum Risa Sentra Medika Mataram, Jl. Pejanggik No. 115 Mataram. Limbah cair domestik tersebut berasal dari kloset, peturasan, bak cuci tangan, tempat cuci pakaian, ruang cuci alat-alat masak dan ruang perawatan yang dihasilkan oleh Rumah Sakit Umum Risa Sentra Medika Mataram. Perencanaan unit IPAL yaitu Pengolahan Fisik seperti Saringan Kasar, dan Prasedimentasi. Pengolahan Biologis yaitu Sistem Lumpur Aktif dan Sistem Anaerobik (UASB). Pengolahan Kimia yaitu dengan Desinfeksi.

Dari hasil perencanaan diperoleh bahwa pengolahan dengan sistem Anaerobik (UASB) memiliki efektifitas yang lebih tinggi sehingga mampu mereduksi kandungan organik yang menjadi parameter utama yaitu di atas 90%. Selain itu juga memiliki keuntungan dari segi biaya yang lebih murah dibandingkan dengan proses AS yaitu 126.886.727,3 rupiah. Dan juga pada proses Anaerobik ini dapat menurunkan konsentrasi beban pencemar pada limbah cair domestik yaitu TSS efluen sebesar 28,35 mg/L, COD efluen sebesar 6,75 mg/L, BOD efluen sebesar 2,31 mg/L. Sehingga efluen yang dihasilkan tidak berdampak negatif terhadap badan air penerima karena telah memenuhi standar baku mutu limbah cair bagi rumah sakit yang telah ditentukan.

Kata kunci : Rumah Sakit, Limbah Cair Domestik, Perencanaan, Instalasi Pengolahan Air Limbah.

**PLANNING OF INSTALLATION DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT
IN RISA SENTRA MEDIKA HOSPITAL MATARAM**

*Nurlia Wira Hifny, H. Kasam, Andik Yulianto
Environmental Engineering Department of
UII Jogjakarta*

Abstract

Hospital wastewater is one of the side effect from every activities in there, it is contain many polluted issues that was very dangerous for the patient also hospital worker, visitor and the society who living around the hospital. The special treatment is necessary for this wastewater which is called wastewater treatment installation, so the wasterwater quality must comply with certain assential in health before it throw to the body water. Planning in Wastewater treatment means a thought and building of wastewater treatment system therefore reaching an efficiency and effectifity in system.

Planning location is in Risa Sentra Medika Hospital Mataram, pejanggik street no. 115 Mataram. Domestic wastewater of wastewater treatment installation is come from the closet, floordrain, lavatory, laundry, kitchen, and also patient room in Risa Sentra Medika Hospital Mataram. Planning of wastewater treatment installation of physical units treatment are screening, and primary sedimentation. Biological units treatment are Activated Sludge system and Anaerobic system (UASB). Chemical unit treatment is disinfection.

The planning result get that Anaerobic system (UASB) have a high effectifity therefore can decrease the excellent organic concentration which is up to 90%. Eventhough it has an advantages from cost sight, if it comparing with Activated Sludge which is 126.886.727,3 rupiahs. And also this Anaerobic processed can decrease the polluted consentration in domestic wastewater like TSS effluent is 28,5 mg/L, COD effluent is 6,75 mg/L, and BOD effluent is 2,31 mg/L. So, the effluent of wastewater treatment does not have a negative effect to the body water because it was comply with certain quality standart of hospital wastewater.

Keywords : Hospital, Domestic wastewater, Planning, Wastewater Treatment Installation.

BAB II GAMBARAN UMUM LOKASI PERENCANAAN.....	6
2.1. Data Umum Lokasi.....	6
2.2. Jenis Kegiatan/Usaha.....	6
2.3. Status Lahan Rencana Rumah Sakit.....	7
2.4. Pemanfaatan Lahan.....	7
2.5. Letak Lokasi Rumah Sakit.....	8
2.6. Topografi.....	8
2.7. Iklim.....	9
2.8. Peta Daerah Perencanaan.....	9
2.9. Peta Lokasi Perencanaan.....	10
2.10. Peta Situasi Rumah Sakit.....	11
BAB III KRITERIA DESAIN.....	12
3.1. Pengolahan Limbah Cair.....	12
3.1.1. Limbah Cair Rumah Sakit.....	14
3.1.2. Komposisi Limbah Cair Rumah Sakit.....	16
3.1.3. Karakteristik Limbah Cair Rumah Sakit.....	18
3.1.4. Klasifikasi Berdasarkan Tingkat Pengolahan.....	23
3.1.5. Klasifikasi Berdasarkan Sifat/Jenis Pengolahan...	26
3.2. Dasar Perencanaan Pengolahan Air Limbah.....	49
3.3. Alternatif Pengolahan Air Limbah.....	53
3.4. Pengolahan Limbah Cair Dengan Sistem <i>Activated Sludge</i> .	56

3.5. Pengolahan Limbah Cair Dengan Sistem <i>Upflow Anaerobic Sludge</i> <i>Blanket</i>	60
--	----

BAB IV METODE PERENCANAAN	65
4.1. Lokasi Perencanaan.....	65
4.2. Obyek Perencanaan.....	65
4.3. Waktu Perencanaan.....	65
4.4. Pengumpulan Data.....	65
4.5. Analisa Data.....	66
4.6. Parameter Effluen yang diinginkan.....	66
4.7. Rancangan Perencanaan.....	67
4.8. Tahapan Pelaksanaan Perencanaan.....	68

BAB V HASIL PERENCANAAN DAN PEMBAHASAN	75
5.1. Perhitungan dan Hasil Pembahasan.....	75
5.1.1. Perhitungan Debit Air Bersih dan Air Limbah.....	75
5.1.2. Hasil Perhitungan Unit-unit Pengolahan Air Buangan dengan Lumpur Aktif.....	76
5.1.3. Hasil Perhitungan Unit-unit Pengolahan Air Buangan dengan UASB.....	100
5.2. Rencana Anggaran Biaya.....	114
5.3. Pembahasan.....	124

	xv
5.3.1. <i>Activated Sludge</i> (Lumpur Aktif).....	125
5.3.2. <i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i> (UASB).....	126
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	130
6.1. Kesimpulan.....	130
6.2. Saran.....	131

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Jumlah Tenaga Kerja

Tabel 3.1. Klasifikasi Limbah Cair

Tabel 3.2. Karakteristik kimia air limbah domestik

Tabel 3.3. Organisme patogen yang biasa terdapat dalam air limbah

Tabel 3.4. Kriteria perencanaan saringan kasar

Tabel 3.5. Kriteria perencanaan bak prasedimentasi

Tabel 3.6. Kriteria perencanaan bak sedimentasi

Tabel 3.7. Kriteria perencanaan bak aerasi

Tabel 3.8. Kriteria perencanaan bak pengering lumpur

Tabel 3.9. Kriteria perencanaan bak Desinfeksi

Tabel 5.1. Analisa RAB

Tabel 5.2. Rencana Anggaran Biaya AS

Tabel 5.3. Total Rencana Anggaran Biaya AS

Tabel 5.4. Rencana Anggaran Biaya UASB

Tabel 5.5. Total Rencana Anggaran Biaya UASB

Tabel 5.6. Perbandingan AS dan UASB dengan pertimbangan beberapa Aspek

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta daerah perencanaan

Gambar 2.2 Peta Lokasi Perencanaan

Gambar. 2.3. Peta Situasi Rumah Sakit

Gambar 3.1. Komposisi dan Komponen Limbah

Gambar 3.2. Gambaran kurva break point dalam klorinasi terhadap air limbah.

Gambar 4.1. Layout Perencanaan dengan *Activated Sludge System*

Gambar 4.1. Layout Perencanaan dengan UASB

Gambar 5.1. Unit Barscreen

Gambar 5.2. Tampak atas Bak Prasedimentasi

Gambar 5.3. Tampak atas Bak Prasedimentasi

Gambar 5.4. Tampak Atas bak Aerasi

Gambar 5.5. Bak Sedimentasi

Gambar 5.6. Bak Kontak klorinasi

Gambar 5.7. Bak Indikator

Gambar 5.8. Bak Pengering lumpur

Gambar 5.9. Tampak Samping UASB

Gambar 5.10. Tampak atas bak Aerasi

Gambar 5.11. Bak Sedimentasi

Gambar 5.12. Bak Pengering lumpur

DAFTAR PERSAMAAN REAKSI

- Persamaan reaksi 3.1 Reaksi yang terjadi apabila klorin berupa gas.
- Persamaan reaksi 3.2 Reaksi yang terjadi apabila klorin berupa gas.
- Persamaan reaksi 3.3 Reaksi yang terjadi apabila klorin berupa garam-garam dari hipoklorida seperti NaOCl atau garam Ca (OCl)₂.
- Persamaan reaksi 3.4 Reaksi yang terjadi apabila klorin berupa garam-garam dari hipoklorida seperti NaOCl atau garam Ca (OCl)₂.
- Persamaan reaksi 3.5 Reaksi yang terjadi apabila klorin berupa garam-garam dari hipoklorida seperti NaOCl atau garam Ca (OCl)₂.
- Persamaan reaksi 3.6 Reaksi HOCl apabila amoniak berada didalam air.
- Persamaan reaksi 3.7 Reaksi HOCl apabila amoniak berada didalam air.
- Persamaan reaksi 3.8 Reaksi HOCl apabila amoniak berada didalam air.
- Persamaan reaksi 3.9 Proses pemecahan zat organik menjadi zat yang lebih sederhana.
- Persamaan reaksi 3.10 Reaksi penguraian zat organik yang terkandung dalam air buangan secara biokimia oleh mikrobia yang terdapat dalam lumpur aktif.
- Persamaan reaksi 3.11 Reaksi penguraian zat organik yang terkandung dalam air buangan secara biokimia oleh mikrobia yang terdapat dalam lumpur aktif.

Persamaan reaksi 3.12 Reaksi penguraian zat organik yang terkandung dalam air buangan secara biokimia oleh mikrobial yang terdapat dalam lumpur aktif.

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Standar Harga Satuan Upah dan Bahan Untuk Pekerjaan Bidang
PU di Wilayah Kota Mataram
- Lampiran 2. Standar Nasional Indonesia Tentang Kumpulan Analisa Biaya
Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan.
- Lampiran 3. Standar Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit
- Lampiran 4. Profil Hidrolis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu usaha pemerintah untuk meningkatkan taraf hidup masyarakat ialah peningkatan pada sektor industri. Efek samping dari peningkatan di sektor tersebut menimbulkan dampak, baik positif maupun negatif yang ditimbulkan adalah pencemaran lingkungan. Hal ini diakibatkan oleh buangan dari industri tersebut, baik yang berupa buangan cair, padat maupun gas.

Sebagai bagian dari pembangunan nasional jangka panjang perkembangan industri merupakan cerminan kehendak untuk mewujudkan pembangunan manusia seutuhnya, termasuk kualitas hidup. Pembangunan yang berkesinambungan memerlukan modal besar, antara lain: manusia dan sumber daya alam, maka disepakati bahwa pengembangan industri dan pengembangan lingkungan hidup merupakan dimensi-dimensi pembangunan yang tidak dapat dipisahkan satu dengan lainnya.

Dalam rangka mempercepat perkembangan di bidang kesehatan Pemerintah Kota Mataram membuka kesempatan kepada semua pihak termasuk pihak swasta dalam keikutsertaan meningkatkan derajat kesehatan di bidang kesehatan melalui pembangunan di bidang fisik berupa rumah sakit.

Pembangunan tersebut sebagai upaya Pihak Swasta untuk menciptakan tingkat kesehatan masyarakat yang lebih baik melalui sarana dan prasarana yang mendukung. Peluang tersebut mendapat tanggapan yang besar dari berbagai

pihak, antara lain Yayasan Risa Husada melalui pembangunan Klinik Risa menjadi Rumah Sakit Risa Sentra Medika, sebagai pemrakarsa. Adapun pembangunan Rumah Sakit Risa Sentra Medika ini diharapkan dapat memenuhi tujuan yang dicapai dan memberikan dampak positif terhadap lingkungan. Namun demikian, munculnya dampak negatif baik terhadap lingkungan fisik, kimia, biologi maupun lingkungan sosekbud serta kesehatan masyarakat seringkali tidak dapat dihindari.

Upaya sanitasi rumah sakit yang baik merupakan cara preventif untuk memutuskan mata rantai penularan penyakit. Salah satu kegiatan sanitasi rumah sakit adalah melakukan pengolahan limbah sebelum dibuang ke lingkungan agar tidak terjadi pencemaran air.

Air limbah rumah sakit merupakan salah satu hasil samping dari berbagai kegiatan di rumah sakit, sehingga kualitasnya harus memenuhi persyaratan tertentu bagi kesehatan sebelum dibuang ke badan air penerima. Persyaratan kesehatan yang dimaksud adalah persyaratan kualitas seperti diatur dalam peraturan Menteri Kesehatan RI (Permenkes RI No.173/Menkes/Per./VIII/1977) tentang Pengawasan Pencemaran Air dan Badan-Badan Air untuk berbagai kegunaan yang berhubungan dengan kesehatan. Persyaratan yang dimaksud adalah meliputi persyaratan baik dalam kualitas fisik, kimia, biologi, dan radioaktif.

Limbah cair rumah sakit banyak mengandung unsur pencemar yang berbahaya bagi penghuni rumah sakit begitu juga bagi para pekerja, pengunjung serta masyarakat sekitar rumah sakit. Air limbah ini memerlukan penanganan

khusus dengan menggunakan sarana yang disebut dengan IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah). Pada dasarnya proses yang terjadi di dalam IPAL rumah sakit adalah proses biologi dengan melibatkan aktivitas mikroorganisme, karena limbah cair rumah sakit termasuk dalam kategori limbah cair domestik yang pada umumnya mengandung bahan-bahan organik tinggi. Perencanaan merupakan proses, pembuatan, cara merencanakan untuk suatu tujuan tertentu. Perencanaan di instalasi pengolahan air limbah merupakan upaya pemikiran dan pembangunan sistem pengolahan air limbah agar tercapai suatu sistem yang efisien dan efektif.

Limbah cair yang dihasilkan oleh Rumah Sakit Risa Sentra Medika berasal dari kegiatan operasional baik domestik maupun kegiatan medis yaitu dari kamar mandi ruang perawatan, dapur, laundry, ruang operasi, ruang laboratorium. Dari limbah cair tersebut akan dibuat secara lengkap pengolahan air limbah baik secara fisik, kimia, dan biologi. Sehingga akan diperoleh effluen yang sesuai dengan standar baku mutu limbah cair yang telah ditentukan. Pada umumnya rumah sakit telah melakukan pengolahan terhadap limbah cair yang dihasilkan. Penanganan limbah cair rumah sakit umumnya dilakukan dengan menitikberatkan pada pengolahan biologis seperti *Activated Sludge* ataupun *Dewatering*

1.2 Perumusan Masalah

Bertitik tolak dari uraian latar belakang di atas dapat diajukan perumusan masalah yaitu perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan kualitas dan kuantitas limbah cair domestik yang ada, sehingga diperoleh effluen yang sesuai dengan standar baku mutu limbah cair yang telah ditentukan.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang dan perumusan masalah di atas dapat diajukan batasan masalah sebagai berikut :

1. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) agar dapat menurunkan konsentrasi limbah khususnya limbah cair domestik yang berasal dari kloset, peturasan, bak cuci tangan (*lavatory*), *loundry*, ruang cuci alat-alat masak dan ruang perawatan yang dihasilkan oleh Rumah Sakit Umum Risa Sentra Medika Mataram.
2. Menentukan unit-unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang sesuai dengan kuantitas dan kualitas limbah cair domestik yang dihasilkan.
3. Menghitung dimensi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).
4. Menghitung rencana anggaran biaya perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) rumah sakit yang direncanakan.

1.4 Tujuan Perencanaan

Adapun tujuan dari perencanaan ini adalah untuk mendapatkan rencana Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan untuk mencari alternatif pengolahan air limbah Rumah Sakit Umum Risa Sentra Medika Mataram sehingga parameter effluen yang dihasilkan dapat memenuhi syarat baku mutu limbah cair menurut Kep. Men. LH No. 58/Men.LH/XII/1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi kegiatan Rumah Sakit., serta hasil yang diperoleh memiliki kualitas yang lebih baik dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan.

1.5 Manfaat Perencanaan

Perencanaan ini diharapkan dapat bermanfaat antara lain :

1. Untuk mendapatkan hasil proses instalasi pengolahan air limbah yang memenuhi standar baku mutu lingkungan.
2. Sebagai salah satu alternatif solusi bagi pengelola Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Risa Sentra Medika Mataram.
3. Sebagai sumbangan informasi bagi pengelola Rumah Sakit Risa Sentra Medika Mataram khususnya dalam menentukan sistem penanganan limbah cair.
4. Ikut membantu mengurangi beban pencemaran air bagi badan air penerima demi kelestarian lingkungan hidup.
5. Memberikan sumbangan / wawasan ilmu pengetahuan dalam perencanaan bangunan pengolahan air buangan bagi mahasiswa/ mahasiswi teknik lingkungan.

BAB II

GAMBARAN UMUM LOKASI PERENCANAAN

2.1 Data Umum Lokasi

1. Nama : Rumah Sakit Risa Sentra Medika
2. Pimpinan Perusahaan : dr. I Gusti Prayuga W
3. Alamat : Jl. Pejanggik No. 115 Mataram
No. telepon : (0370) 625557 / 625560
No. faksimile : (0370) 625559
4. Lokasi Rumah Sakit:
Jalan : Pejanggik No. 115
Kelurahan : Cakra Barat
Kecamatan : Cakranegara
Kota : Mataram
Propinsi : Nusa Tenggara Barat

2.2 Jenis kegiatan / Usaha

Rencana kegiatan Rumah Sakit Risa Sentra Medika ini merupakan pengembangan dari Klinik Risa yang sudah beroperasi sejak tahun 1994, dimana rumah sakit ini direncanakan kelas D. Adapun rumah sakit yang direncanakan adalah rumah sakit umum swasta pratama dengan pelayanan Poliklinik, Radiologi, Unit Gawat Darurat (UGD), Laboratorium, Apotek, dan Rawat Inap yang berkapasitas 52 tempat tidur dan jumlah tenaga kerja sebanyak \pm 53 orang.

Tabel 2.1 Jumlah tenaga kerja

Klasifikasi Pekerjaan	Jenis Kelamin		Pendidikan						Keterangan
	L	P	SD	SMP	SMA	DIPL.	S1	S2	
Pimpinan	1	-	-	-	-	-	-	-	
Staff	19	33	5	8	10	14	4	12	
Jumlah	20	33	5	8	10	14	4	12	53

Sumber : klinik Risa, 2006

2.3 Status Lahan Rencana Rumah Sakit

Rencana kegiatan Rumah Sakit Risa Sentra Medika akan Berdiri di atas lahan \pm 1.832 m². Bangunan rumah sakit ini direncanakan berlantai 3, dimana status lahan tersebut merupakan hak milik dari pimpinan rumah sakit.

2.4 Pemanfaatan Lahan

Rencana kegiatan Rumah Sakit Risa Sentra Medika yang berlokasi di jalan Pejanggik No. 115 Mataram memiliki batasan dengan lokasi sebagai berikut :

Sebelah Utara : Jalan Pejanggik

Sebelah Selatan : Pemukiman

Sebelah Timur : Jalan Tamtanus, Bank dan Pertokoan

Sebelah Barat : Jalan Maktal, SMU Kusuma

Sesuai Perda Kota Mataram No. 23 Tahun 1995, tentang Rencana Umum Tata Ruang Kota Mataram, serta Keputusan Walikota Mataram No. 34/KPTS/2002, tentang Revisi Kawasan Kota Mataram lokasi rencana rumah sakit merupakan kawasan perdagangan dan jasa. Sedangkan kawasan kesehatan

tetap dipertahankan pada lokasi yang sudah ada dengan pengembangan ke arah jalan Bung Karno Mataram.

2.5 Letak Lokasi Rumah Sakit

Jarak terdekat dan arah lokasi kegiatan dengan :

- Ibukota Propinsi : 2,5 Km
- Pusat Kota Mataram : 2,5 Km
- Sekolah : 0,005 Km
- Pasar : 1,5 Km
- Pusat Perbelanjaan : 0,6 Km
- Rumah Sakit lainnya : 2 Km
- Sungai : 1,7 Km
- Pemukiman Penduduk : 0,02 Km

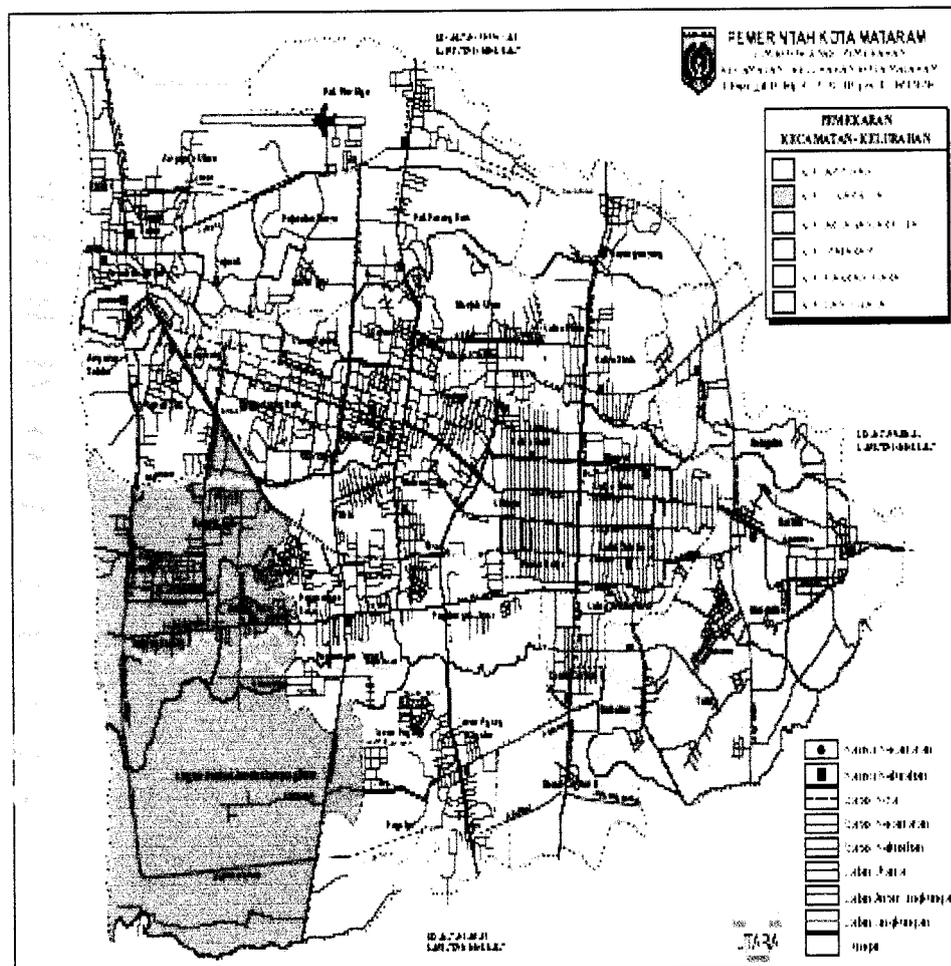
2.6 Topografi

Kondisi topografi Kota Mataram, umumnya datar dengan tingkat kemiringan antara 0 – 8 % (Kecamatan Ampenan dan Kecamatan Mataram) bagian barat. Di bagian timur (Kecamatan Cakranegara) agak tinggi dan relatif tidak datar dengan tingkat kemiringan antara 10 – 15 %. Ketinggian tanah bervariasi yaitu Kecamatan Cakranegara mencapai 25 m, Kecamatan Mataram 15 m dan Kecamatan Ampenan 5 m dari permukaan laut dan termasuk daerah pantai.(Sumber : 11 tahun Kota Mataram)

2.7 Iklim

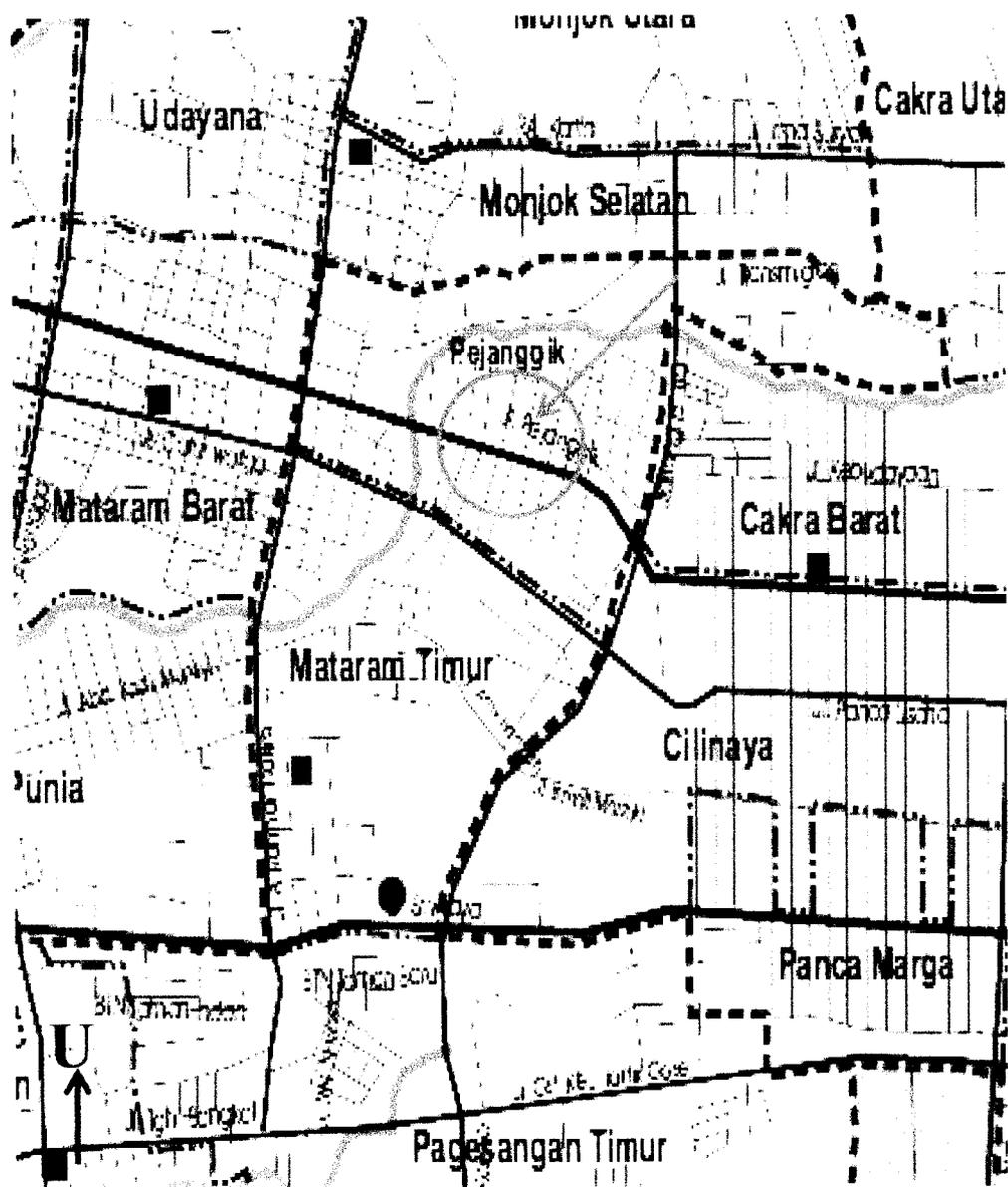
Kota Mataram umumnya merupakan daerah yang beriklim tropis, musim hujan bulan Oktober sampai dengan bulan April dan sebaliknya adalah musim kemarau. Dengan curah hujan 1.256,6 mm/tahun dan jumlah hari hujan relatif yakni 110 hari/tahun. Suhu udara rata-rata mencapai 26 °C dengan kelembaban udara rata-rata mencapai 80 % /tahun. . (Sumber : 11 tahun Kota Mataram)

2.8 Peta Daerah Perencanaan



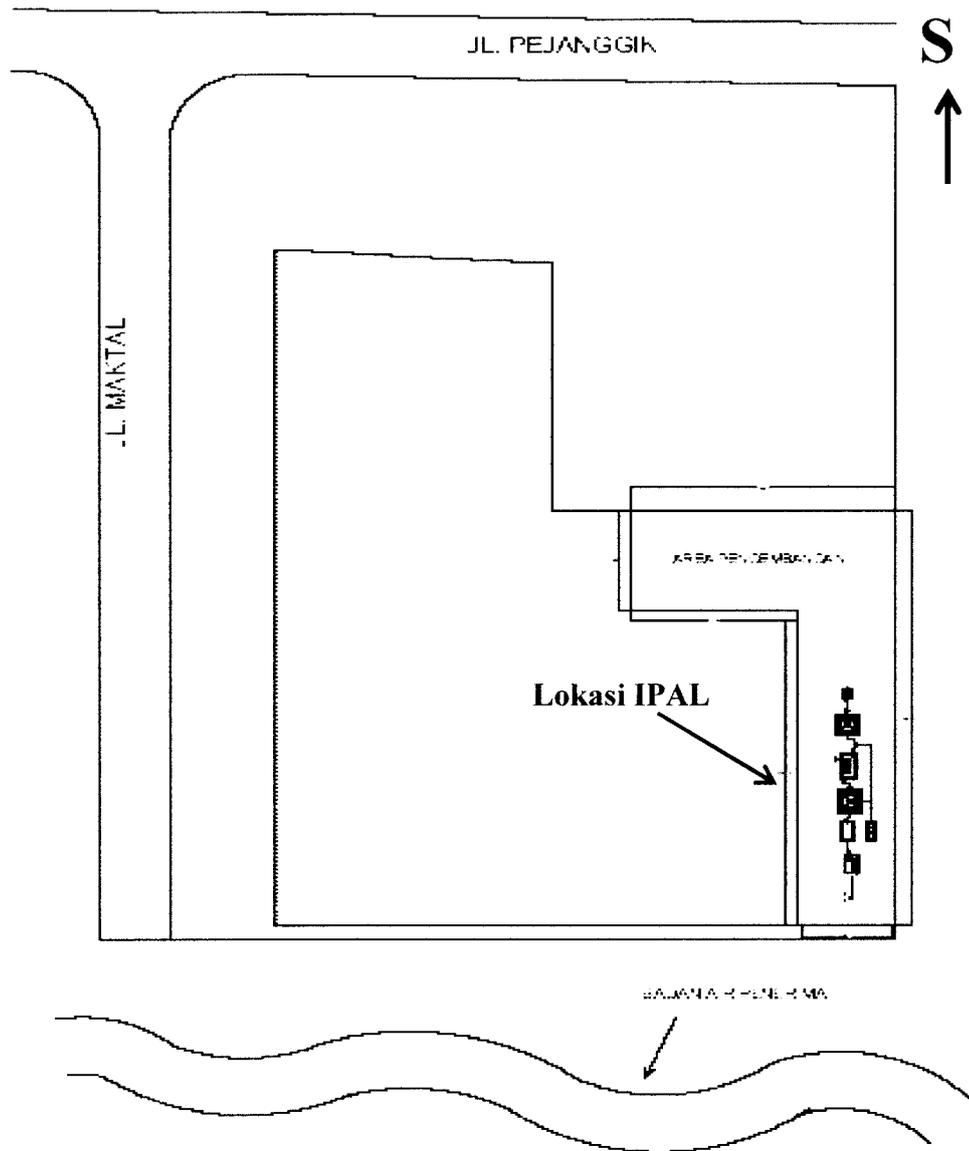
Gbr. 2.1 Peta daerah perencanaan

2.9 Peta Lokasi Perencanaan



Gbr. 2.2. Peta Lokasi Perencanaan

2.10 Denah Lokasi Rumah Sakit



Gbr. 2.3. Peta Situasi Rumah Sakit

BAB III

KRITERIA DESAIN

3.1 Pengolahan Limbah Cair

Pelaksanaan penanganan limbah cair rumah sakit perlu sekali memperhatikan dan mengacu pada konsep teknologi bersih, yaitu telaah tentang teknologi pengolahan meminimalkan pencemaran yang dapat menurunkan dampak negatif terhadap komponen lingkungan, termasuk di dalamnya menanggulangi dan mencegah terjadinya pencemaran fisik, kimia, biologi, dan sosekbud (Tjokrokusumo, 1995).

Parameter utama dari limbah cair yang dihasilkan dari rumah sakit adalah bahan kimia terlarut dan koloid yang akan terurai dengan sistem pengolahan biologis. Cara praktis pengolahan limbah cair yang telah dilakukan oleh rumah sakit RSUD Dr. Moewardi yaitu sebagai rumah sakit Pemda Tingkat I Jateng dan ditetapkan sebagai rumah sakit kelas B adalah penggunaan bak floatasi yang diikuti dengan satu atau kombinasi dari sistem-sistem berikut:

1. Bak *sedimentasi*
2. Bak *equalisasi*
3. Pipa *Aerasi* yang digunakan untuk mensuplay oksigen di bak *equalisasi* dan *biodetox*[®].
4. Bak *biodetox*[®] dengan sistem daur ulang
5. Kolam stabilitas yang merupakan kolam uji biologi dan dapat sebagai kolam *indikator*

6. Tempat pembuangan akhir atau saluran drainase yang berhubungan ke badan air.

Sedangkan pada Rumah Sakit Datu Sanggul Kab. Tapin Kalimantan Selatan yang termasuk golongan B dan Rumah Sakit Purwerojo termasuk dalam golongan kelas C, kedua Rumah Sakit tersebut pengolahan air limbahnya menggunakan unit pengolahan biologis yaitu dengan sistem Lumpur Aktif. Dan mengingat bahwa air limbah rumah sakit merupakan limbah yang bersifat infeksius, yaitu mengandung kuman atau bibit penyakit maka setelah pengolahan secara biologi ini dilanjutkan dengan pengolahan secara kimia, yang bertujuan untuk desinfeksi. Kedua Rumah Sakit tersebut mengambil alternatif sistem Lumpur Aktif (*Activated Sludge*) berdasarkan bahan pencemar utama yang terkandung dalam air limbah yang dihasilkan yaitu Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD) dan Suspended Solid (SS).

Menurut Ditjen PPM dan PLP (1988), pemakaian air bersih di Rumah Sakit bukannya hanya pasien saja, melainkan seluruh manusia yang berada di Rumah Sakit mulai dari karyawan, pengunjung pasien, pengantar, penunggu pasien dan peralatan Rumah Sakit yang membutuhkan pembersihan dengan air. Oleh karena itu jumlah kebutuhan air ditetapkan berdasarkan kapasitas pasien (tempat tidur) dalam suatu Rumah Sakit. Hal ini dipakai untuk kepentingan di dalam perencanaan dan pengembangan Rumah Sakit. Atas dasar pertimbangan tersebut maka kebutuhan air bersih pertempat tidur perhari jumlahnya lebih besar dibandingkan dengan kebutuhan seseorang dalam suatu Rumah sakit. Besar

kebutuhan air bersih pertempat tidur perhari cukup bila tersedia 150-250 gallon atau sekitar 500-900 liter pertempat tidur perhari.

Sedangkan pemakaian air rata-rata per orang setiap hari menurut Soufyan Moh. Noerbambang (2000) adalah untuk Rumah Sakit Umum sebesar 350-500 liter setiap tempat tidur pasien, pasien luar sebesar 8 liter, staf/pegawai sebesar 120 liter dan keluarga pasien sebesar 160 liter. Jangka waktu pemakaian air rata-rata sehari adalah 8-10 jam.

3.1.1 Limbah Cair Rumah Sakit

Limbah cair rumah sakit adalah semua limbah cair yang berasal dari rumah sakit yang kemungkinan mengandung mikroorganisme patogen, bahan kimia beracun dan radioaktif. Ukuran fungsi dan kegiatan rumah sakit mempengaruhi kondisi limbah cair yang dihasilkan. Secara umum limbah cair rumah sakit mengandung air buangan dari pasien, limbah laboratorium, limbah laundry, dan berbagai macam bahan kimia baik toksik maupun non toksik.

Limbah cair rumah sakit volumenya relatif kecil bila dibandingkan dengan sumber limbah yang lainnya seperti industri, tetapi mempunyai resiko pencemaran yang membahayakan karena kegiatan yang ada di rumah sakit cukup kompleks. Rumah sakit dapat bertindak sebagai sumber distribusi penyakit-penyakit, karena rumah sakit selalu dihuni, digunakan dan dikunjungi oleh orang-orang yang rentan dan rawan terhadap penyakit (Anonim, 1994).

Sumber limbah cair rumah sakit bervariasi sesuai dengan jenis dan klasifikasinya. Rumah sakit di Indonesia dibagi beberapa kelas yaitu kelas A, B, C

dan D. Rumah sakit kelas D adalah rumah sakit yang memiliki 25 sampai 100 tempat tidur, kelas C memiliki 100 sampai 500 tempat tidur, kelas B memiliki 500 sampai 1000 tempat tidur dan rumah sakit kelas A memiliki lebih dari 1000 tempat tidur (Anonim, 1989).

Limbah cair rumah sakit terdiri dari limbah cair tidak beracun (non toksik) dan limbah cair beracun (toksik), limbah cair tidak beracun (non toksik) terdiri dari :

1. Air kotoran yaitu limbah cair yang mengandung kotoran manusia seperti tinja dan air kemih yang berasal dari kloset dan peturasan.
2. Air bekas yaitu limbah cair yang mengandung kotoran manusia yang berasal dari bak cuci tangan (lavatory), ruang cuci alat-alat masak dan ruang perawatan.

Limbah cair beracun (toksik) yaitu limbah cair yang mengandung zat racun/toksik, seperti bahan-bahan kimia organik, deterjen dan zat radioaktif. Zat-zat tersebut merupakan racun bagi mikroorganisme itu sendiri. Limbah cair ini berasal dari laboratorium, apotek, laundry, bengkel, dan radiologi (Anonim, 1993).

Tabel 3.1. Klasifikasi Limbah Cair

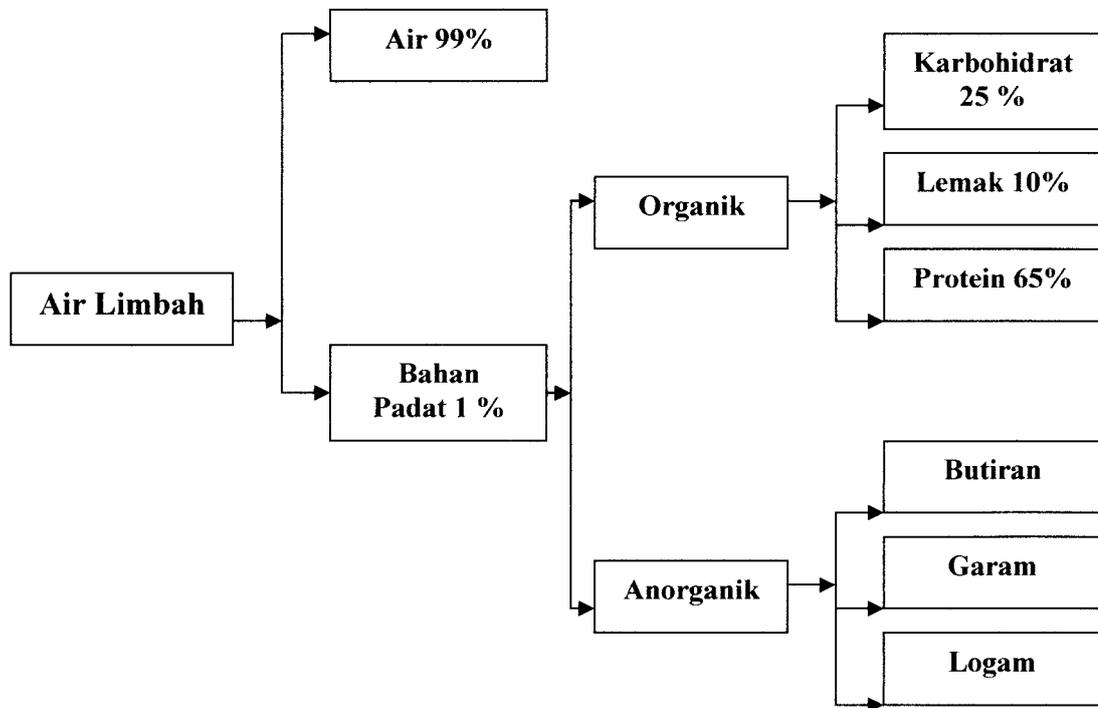
no	Ruang	Sumber limbah	karakteristik fisik	Domestik	Medik
1	Ruang Perawatan	Kamar mandi, wastafel, urinoir, tempat cuci instrumen medis, buangan	Berwarna kuning kecoklatan,berbau amoniak,suhu hangat	Kamar mandi, wastafel, urinoir	tempat cuci instrumen medis, buangan
2	Ruang Rawat Jalan	Kamar mandi, wastafel, tempat cuci intrumen medik	berwarna merah muda/tua,berbau	Kamar mandi, wastafel	tempat cuci intrumen medik
3	Ruang gawat Darurat	Kamar mandi, wastafel, tempat cuci intrumen medik	berwarna kemerahan,berbau amis,bersuhu hangat	Kamar mandi, wastafel	tempat cuci intrumen medik
4	Ruang Operasi	Kamar mandi, wastafel, tempat cuci intrumen medik	berwarna merah kecoklatan,berbau anyir,bersuhu hangat	Kamar mandi, wastafel	tempat cuci intrumen medik
5	Laboratorium	Kamar mandi, wastafel, tempat cuci preparat	berwarna keruh,	Kamar mandi, wastafel	tempat cuci preparat
6	Ruang Unit Radiologi	Kamar mandi, wastafel, tempat cuci film	berwarna keruh,berbau	Kamar mandi, wastafel	tempat cuci film
7	Ruang <i>Heamodialisa</i>	Kamar mandi, wastafel, tempat pembuangan cairan dialist	berwarna keruh	Kamar mandi, wastafel	tempat pembuangan cairan dialist
8	Ruang Laundry	Tempat rendaman linen kotor, Buangan air pembilas	berwarna kemerahan , berbau amis	Kamar mandi, wastafel	Tempat rendaman linen kotor, Buangan air pembilas
9	Ruang Dapur	Kamar mandi, tempat cuci bahan mentah, tempat cuci alat dapur	berwarna keruh,berbau amis,bersuhu hangat/panas	Kamar mandi, tempat cuci bahan mentah, tempat cuci alat dapur	
10	Ruang Jenazah	Kamar mandi, wastafel, Tempat cuci jenazah	berbau sabun/detergen	Kamar mandi, wastafel	Tempat cuci jenazah
11	Unit perkantoran	Kamar mandi, Wastafel, urinoir	biasa	Kamar mandi, Wastafel, urinoir	
12	Fasilitas sosial atau kantin	kamar mandi, wastafel, tempat cuci perabotan makanan	berwarna keruh berbau amis	Kamar mandi, wastafel	tempat cuci perabotan makanan

Sumber : RSUD Dr. Moewardi Solo

3.1.2 Komposisi Limbah Cair Rumah Sakit

Komposisi limbah cair rumah sakit sebagian besar terdiri dari air sebesar 99% dan sisanya terdiri dari partikel terlarut dan tidak terlarut sebesar 1%.

Partikel padat terdiri dari zat organik 70% dan zat anorganik 30%. Zat organik terdiri dari 65% protein, 25% karbohidrat dan 10% lemak. Zat organik tersebut sebagian besar mudah terurai (degradable) yang merupakan sumber makanan dan media yang baik bagi pertumbuhan bakteri dan mikroorganisme lain. Sedang zat organik yang terdiri atas grit, salts dan metal merupakan bahan pencemar yang penting. Padatan baik yang tersuspensi maupun yang terlarut sangat cocok untuk menempel dan bersembunyi mikroorganisme baik saprofit maupun pathogen (Anonim, 1993).



Gambar 3.1. Komposisi dan Komponen Limbah

Berdasarkan jenis kegiatan rumah sakit, hal-hal yang spesifik menentukan karakteristik limbah cair rumah sakit baik fisik, kimia dan biologi adalah :

- a. Limbah cair yang berasal dari laundry mengandung deterjen, suhu relatif tinggi, bakteri pathogen dan non pathogen.

- b. Limbah cair yang berasal dari kitchen/dapur, kandungan lemak dan zat organik cukup tinggi.
- c. Limbah cair yang berasal dari ruang perawatan bersifat infeksius.
- d. Limbah cair yang berasal dari ruang kemodialisa COD cukup tinggi.
- e. Limbah cair yang berasal dari ruang operasi mengandung phenol dan Hg yang tinggi (Anonim, 1993).

3.1.3 Karakteristik Limbah Cair Rumah Sakit

Karakteristik limbah cair rumah sakit adalah sebagai berikut :

- a. Karakteristik fisik

Karakteristik fisik yang utama dari limbah cair rumah sakit adalah adanya kandungan bahan padat, berwarna, berbau, suhu relatif lebih tinggi daripada air normal, memiliki konsistensi lebih kental serta mempunyai berat jenis lebih besar daripada air normal (Kusumanta, 1992). Bahan padat yang terdapat dalam limbah cair terdiri dari padat terlarut dan bahan padat tersuspensi yang keduanya sering disebut zat padat jumlah. Bahan padat inilah yang akhirnya menentukan konsentrasi serta berat jenis limbah cair. Pengendapan zat padat tersuspensi di dasar badan air akan mengganggu kehidupan di dalam badan air tersebut. Endapan solid di dasar badan air akan mengalami dekomposisi yang menyebabkan turunnya kadar oksigen terlarut dan akan menimbulkan bau busuk serta pemandangan yang tidak sedap (Djajadiningrat, 1992).

Warna merupakan ciri kualitatif dari air limbah yang pada awalnya berwarna coklat muda dan akhirnya berwarna hitam tua. Warna keruh pada limbah cair rumah sakit berasal dari pembersihan larutan dan alat. Bau merupakan ciri spesifik dari limbah cair. Timbulkan bau karena terjadi proses dekomposisi bahan-bahan organik oleh bakteri dekomposer dan terbentuk gas-gas tertentu seperti NH_3 , H_2S dan beberapa jenis gas lainnya. Suhu air limbah relatif lebih tinggi dibandingkan dengan suhu air normal. Suhu ini dapat mempengaruhi aktifitas mikrobial. Solubilitas dari gas, viskositas dan suhu juga penting pada operasi proses biologis (Djajadiningrat, 1992).

b. Karakteristik kimia

Sebagai ukuran penilaian sifat kimia limbah cair dipakai beberapa parameter penting seperti SS, BOD, COD, TOD, N Total, P Total dan Lemak (tabel 3.2.) (Djajadiningrat, 1992) :

1. Zat padat tersuspensi (SS)

Zat padat tersuspensi atau Suspended Solid (SS) adalah sejumlah berat dalam miligram penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron, dimana filter membran tersebut mengandung bahan tersuspensi yang dikeringkan pada suhu 105°C selama 2 jam. Padatan tersuspensi sangat mempengaruhi kekeruhan dan kecerahan air, hal ini mempengaruhi proses fotosintesis dan pembusukan sehingga mempengaruhi nilai guna perairan. Padatan tersuspensi dalam air mengandung partikel organik dan anorganik. Suspended Solid

dihasilkan oleh tanah liat, silt, tanah (anorganik) dan padatan biologis seperti algae, bakteri, serat-serat tanaman (organik) (Sumestri, 1987).

2. BOD (Biochemical Oxygen Demand)

Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk atau industri, dan untuk mendesain sistem-sistem pengolahan biologis bagi yang tercemar tersebut. Besar kecilnya nilai BOD dipengaruhi oleh kadar zat organik, adanya mikroorganisme, adanya zat yang bersifat racun dan adanya proses nitrifikasi. Makin besar kadar zat organik makin besar pula nilai BOD (Alarets, dan Sumestri, 1987; Sugiharto; 1987). Umumnya untuk mengetahui besarnya tingkat pencemaran yang ada dalam suatu perairan, dapat dilakukan dengan pengukuran BOD₅ yaitu banyaknya oksigen yang digunakan oleh mikrobial untuk mengoksidasi bahan organik pada suhu 20° C selama 5 hari (Sumestri, 1987).

3. COD (Chemical Oxygen Demand)

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses biologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Alarets, dan Sumestri, 1987). Pada reaksi oksidasi ini hampir semua zat organik dapat dioksidasi menjadi CO₂ dan H₂O dalam suasana asam dengan menggunakan bikromat atau permanganat sebagai sumber oksigennya (Sumestri, 1987).

Tabel 3.2. Karakteristik kimia air limbah domestik

Parameter (mg/l)	Karakteristik		
	Kuat	Medium	Lemah
Total zat padat (TSS)	1200	720	350
- zat padat terlarut (DS)	850	500	250
- zat padat tersuspensi (SS)	350	220	100
BOD ₅	400	220	110
TOC	2900	160	80
COD	1000	500	250
N Total	85	40	20
P Total	15	8	4
Cl ⁻	100	50	30
Alkalinity (CaCO ₃)	200	100	50
Lemak	150	100	50

Sumber: Djajadiningrat, 1992.

c. Karakteristik biologi

Secara biologis karakteristik air limbah rumah sakit ini ditunjukkan dengan adanya berbagai macam mikroorganisme air seperti jamur, ganggang, virus dan berbagai macam bakteri pathogen dan apathogen (Kusumanta, 1992).

d. Karakteristik radioaktif

Keberadaan unsur radioaktif dalam air limbah rumah sakit biasanya berbentuk partikel dan cairan. Bahkan radioaktif tersebut dimungkinkan berasal dari ruang rontgen atau ruang lain yang memakai peralatan medis dengan komponen radioaktif (Kusumanta, 1992).

Tabel 3.3. Organisme patogen yang biasa terdapat dalam air limbah

Organisme	Penyakit	Keterangan
Ascaris spp. Enterogius spp.	Cacing nematoda	Berbahaya terhadap manusia dari buangan air limbah dan lumpur kering yang dipakai sebagai pupuk.
Bacillus anthracis	Anthrax	Terdapat dalam air limbah Sporanya tahan terhadap pengolahan
Brucella spp	Brucellosis, demam pada manusia menjangkitkan keguguran pada domba/kambing dan ternak lain	Biasanya ditularkan oleh susu yang kena infeksi atau oleh kontak. Air limbah juga diduga sebagai penular.
Entamoeba histolyca	Disentri	Disebabkan oleh air yang terkontaminasi serta lumpur yang dipakai sebagai pupuk. Biasanya pada cuaca yang panas.
Leptospira iceterohaenorrhagi	Leptospirosis (penyakit meli)	Dibawa oleh tikus-tikus selokan
Mycobacterius	Tuberculosis	Terpisahkan dari air limbah dan sungai yang tercemar. Air limbah merupakan kemungkinan cara penyebaran. Perhatian harus diberikan pada air limbah dan lumpur yang keluar dari sanatorium.
Salmonella paratyphi	Demam paratyphi	Biasanya ada dalam air limbah dan buangnya pada masa epidemik.
Salmonella spp	Peracunan makanan	
Schistosoma spp	Schistosomiasis	Mungkin diuraikan pada pengolahan air limbah yang efisien.
Shigella spp.	Disentri basil	Air tercemar merupakan sumber infeksi utama.
Taenia spp.	Cacing pita	Telurnya sangat tahan, terdapat pada lumpur air limbah serta buangan air limbah. Berbahaya bagi ternak atau lahan yang dipupuk dengan lumpur limbah.
Vibrio cholerae	Cholerae	Dijangkitkan oleh air limbah dan air tercemar.
Virus	Poliomyelitis Hepatitis	Cara penularan yang pasti belum diketahui. Terdapat pada buangan dari instalasi pengolahan secara biologis.

Sumber : Linsley and Fronzini, 1991

Air limbah apabila tidak diolah dengan baik dapat menimbulkan gangguan, baik terhadap lingkungan maupun terhadap kehidupan, yaitu :

a. Gangguan terhadap kesehatan

Air limbah sangat berbahaya terhadap kesehatan manusia, karena air limbah dapat berfungsi sebagai media pembawa/ penularan penyakit

(*Water Borne Disease*) seperti penyakit kolera, radang usus, hepatitis, infeksiosa dan skistosomiasis, juga di dalam air limbah sendiri banyak terdapat bakteri pathogen penyebab penyakit.

b. Gangguan terhadap kehidupan biotik

Banyaknya zat pencemaran yang terdapat dalam air limbah akan mengganggu kehidupan air (*aquatic life*) khususnya kehidupan aerob karena berkurangnya oksigen terlarut dalam air dan menyebabkan menurunnya kualitas badan udara air tersebut.

c. Gangguan terhadap estetika /keindahan

Zat organik yang terdapat dalam air limbah, akan mengalami proses pembusukan sehingga akan timbul bau dan warna yang mengganggu estetika (Sugiharto, 1987).

3.1.4 Klasifikasi Berdasarkan Tingkat Pengolahan

a. Pengolahan Pendahuluan (Pretreatment)

Pengolahan Pendahuluan merupakan sarana untuk pengolahan awal (*pretreatment*) atau penyamaan air limbah sebelum masuk ke sistem pengumpul yang berfungsi untuk mengurangi beban kerja pada unit pengolahan air limbah.

Tujuan pengolahan pendahuluan adalah :

1. Menyaring bahan-bahan padat kasar.
2. Memisahkan minyak/lemak yang mengapung.
3. Menangkap pasir atau benda terendap.
4. Meratakan fluktuasi aliran/konsentrasi.
5. Mengurangi konsentrasi deterjen.

Bentuk-bentuk dari pengolahan pendahuluan (pretreatment) seperti :

1. Bak penangkap lemak/minyak.
2. Bak penangkap pasir
3. Bak equalisasi
4. Bak pendingin
5. Bak adsorpsi deterjen.
6. Saringan kasar (barscreen)
7. Septik tank.

Penempatan / pembuatan unit pretreatment sesuai dengan lokasi sumber limbah cairnya. Pengolahan pendahuluan limbah cair pada dasarnya berlangsung secara fisik memanfaatkan mekanisme kerja seperti penyerapan, gaya gravitasi, perbedaan berat jenis, kecepatan pengaliran dan pengupasan panas (Djajadiningrat, 1992).

b. Pengolahan tingkat pertama (Primary Treatment)

Pengolahan primer bertujuan untuk menurunkan, mengendapkan zat atau partikel diskrit yang terdapat dalam air limbah. Pada umumnya pengolahan primer ini mampu mereduksi 25-40 % BOD dan 50-70 % kadar bakteri. Time detention (td) umumnya 90-150 menit, dimana akan menentukan volume ruang lumpur. Unit pengolahan yang termasuk pengolahan primer ini adalah Bak Pengendap I.

c. Pengolahan sekunder (Secondary Treatment)

Pengolahan sekunder bertujuan untuk memperbaiki kualitas air hasil pengolahan primer. Proses pengolahan yang terjadi adalah proses penurunan kadar zat organik dengan jalan pembentukan flok, baik secara biologis maupun secara kimia dan pemisahan flok yang terjadi. Effisiensi pengolahan sekunder ini mampu mereduksi 80-90 % kadar bakteri. Unit-unit pengolahan sekunder yaitu :

1. Activated Sludge
2. Trickling Filter
3. Aerated Lagoon
4. Stabilization Pond

d. Pengolahan tertier (Tertiary Treatment)

Pengolahan tertier dimaksudkan untuk memperbaiki kualitas air yang tidak dapat dilakukan oleh pengolahan primer maupun pengolahan sekunder. Pengolahan ini juga dimaksudkan untuk menghilangkan zat-zat kimia terlarut yang bersifat nutrien seperti nitrogen dan phospor.

e. Pengolahan lumpur (Sludge Treatment)

Instalasi pengolahan air buangan ini dilengkapi pula dengan unit pengolahan lumpur. Unit ini diperlukan karena setiap zat padat dalam suspensi dan sebagian zat organik yang larut dalam air dan sampah pada air limbah dianggap sebagian lumpur endapan.

Tujuan pengolahan lumpur adalah :

1. Mengontrol proses-proses pembusukan agar tidak membahayakan dan menimbulkan gangguan.
2. Memanfaatkan lumpur sebagian sumber energi.
3. Mereduksi volume lumpur dan menstabilkan lumpur hasil endapan.

Unit-unit pengolahan lumpur terdiri dari :

1. Sludge thickener.
2. Sludge digester.
3. Sludge drying bed.

3.1.5 Klasifikasi Berdasarkan Sifat / Jenis Pengolahan

Jenis bangunan pengolahan air limbah dapat dibagi menjadi 3 yaitu :

a. Pengolahan secara fisik

Pengolahan secara fisik ini dilakukan yaitu untuk mengurangi sifat fisik air buangan seperti zat padat, baik pasir atau zat padat kasar terapung maupun terlarut, dalam pengolahan ini proses yang dilakukan adalah dengan menggunakan proses fisik atau mekanis. Unit-unit pengolahan fisik berupa :

1. Screening

Semua air limbah yang akan masuk ke dalam sistem instalasi pengolahan air limbah terlebih dahulu melalui saringan kasar ini, dimana fungsinya adalah untuk menahan benda-benda kasar yang terbawa oleh air limbah supaya tidak mengganggu pengoperasian unit berikutnya. Screen berfungsi untuk menahan benda-benda kasar seperti kayu, sampah,

kotoran dan lain sebagainya. Sehingga tidak merusak pompa, valve dan peralatan mekanis lainnya. Pada umumnya saringan ini terbuat dari besi atau baja yang diletakkan melintang pada saluran pembawa air limbah. Bar rack mempunyai bukaan 5/8 in (15 mm) atau lebih.

Kisi-kisi tersebut dipasang melintang pada saluran sebelum unit pengolahan selanjutnya, membentuk sudut 45° terhadap bidang datar saluran. Kisi yang umum dipakai adalah *fixed bar* dan *movable rocks*.

Headloss yang melalui bar racks dapat diperkirakan dengan persamaan :

$$h_L = \frac{1}{0,7} \left(\frac{V^2 - v^2}{2g} \right) \dots\dots\dots(3.1)$$

dimana: h_L = headloss, ft (m)

0.7 = an empirical discharge coefficient to account for turbulence and eddy losses

V = Velocity of flow through the opening of the bar rack, ft/s (m/s)

v = Approach velocity in up stream channel, ft/s (m/s)

g = Acceleration due to gravity, ft/s² (m/s²)

persamaan (3.1) berlaku hanya apabila bar rack dalam keadaan bersih.

Headloss bertambah tergantung pada clogging.

Untuk menghitung headloss pada fine screens dapat dilihat dari manufactur rating tables, atau dengan menggunakan rumus :

$$h_L = \frac{1}{C(2g)} \left(\frac{Q}{A} \right)^2 \dots\dots\dots(3.2)$$

dimana h_L = headloss, ft (m)

C = coefficient of discharge for screen, typically 0.60

g = acceleration due to gravity, ft/s^2 (m/s^2)

Q = discharge through screen, ft^3/s (m^3/s)

A = effective open area of submerged screen, ft^2 , m^2

Hal yang penting untuk menentukan headloss selama operasi tergantung pada ukuran dan jumlah padatan dalam air buangan, ukuran celah (aperture), dan metode dan frekwensi membersihkannya.

Tabel 3.4. Kriteria perencanaan saringan kasar

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1	Kecepatan aliran (V_s)	m/dt	0.3 - 0.6
2	Sudut peletakan kisi	Derajat	30 - 60
3	Jarak antar kisi (b)	cm	1.25 - 4.5
4	Lebar kisi (w)	mm	10
5	Tebal kisi	mm	50

Sumber : Met Calf dan Eddy, 2003.

2. Prasedimentasi

Prinsip kerjanya adalah memisahkan padatan tersuspensi serta terlarut di dalam air dengan menggunakan sistem gravitasi dengan syarat kecepatan horizontal partikel tidak boleh lebih besar daripada kecepatan pengendapannya. Efisiensi removal dari partikel diskrit yang memiliki ukuran, bentuk, densitas, serta spesifikasi gravity yang sama tidak dipengaruhi oleh kedalaman melainkan luas permukaan serta waktu detensi dalam bak. Bak pengendap pertama ini dapat menurunkan 50 – 70% kadar TSS dan 25 – 40% kadar BOD (Metcalf and Eddy, 2003). Bak ini terdiri dari 4 ruang, yaitu:

1. *Zona Inlet*

Untuk memperhalus aliran transisi dari *influent* ke zona *settling*.

2. *Zona Settling*

Untuk proses pengendapan partikel diskrit.

3. *Zona Sludge*

Untuk menampung material yang terendapkan.

4. *Zona Outlet*

Untuk memperhalus aliran transisi dari zona *settling* ke *outlet*.

Efek overflow rate pada removal SS mempunyai variasi yang sangat luas tergantung karakteristik air limbah, porsi solid yang mengendap, konsentrasi padatan, serta faktor lainnya. Dalam bak sedimentasi kecepatan horizontal tetap rendah agar partikel yang telah terendapkan tidak tergerus dari dasar bak. Kecepatan horizontal tidak boleh lebih besar dari kecepatan kritis.

Dalam perencanaan bak prasedimentasi, parameter yang digunakan menentukan dimensi bak disamping debit dan waktu tinggal, adalah beban permukaan dan laju limpahan seperti dirumuskan untuk menghitung luas permukaan bak.

Tabel 3.5. Kriteria perencanaan bak prasedimentasi

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1	Beban permukaan	$m^3/m^2.hri$	24 – 48
2	Laju limpahan	$m^3/m.hri$	16 – 100
3	Td	jam	1 – 4
4	Pemisahan SS	%	50 – 70
5	Pemisahan BOD	%	25 – 40

Sumber : Met Calf dan Eddy, 2003.

3. Sedimentation (Pengendapan)

Sedimentasi adalah pemisahan dari air, dengan penurunan secara gravitasi, atau partikel tersuspensi yang lebih berat dari pada air. Sedimentasi digunakan untuk menghilangkan pasir halus (grit removal), penghilang partikel pada primary settling basin, penghilang biological floc pada activated sludge settling basin, dan menghilangkan flok-flok kimia ketika koagulan kimia digunakan.

3.1 *Discrete Particle Settling (type 1)*

Analisa dari pengendapan partikel diskrit, *nonflocculating discret* dapat dilakukan dengan menggunakan hukum klasik yaitu Newton dan Stokes. Gravitational force dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\text{Gravitational force} = (\rho_s - \rho) gV \dots\dots\dots(3.3)$$

dimana ρ_s = density of particles

ρ = density of fluid

g = acceleration due to gravity

V = Volume of particles

Frictional drag force ditentukan dengan persamaan

$$\text{Frictional drag force} = \frac{C_D A \rho v^2}{2} \dots\dots\dots(3.4)$$

dimana C_D = drag coefficient

A = cross sectional or projected area of particles at right angles to v

V = particles velocity

Persamaan gravitational force dan frictional drag force untuk partikel yang berbentuk bola menghasilkan hukum Newton

$$V_c = \left[\frac{4g(\rho_s - \rho)d}{3C_D\rho} \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(3.5)$$

dimana V_c = terminal velocity of particle

d = diameter of particles

Drag coefficient diambil nilai yang berbeda tergantung pada apakah aliran yang mengelilingi partikel itu laminar atau turbulent.

$$C_D = \frac{24}{N_R} + \frac{3}{\sqrt{N_R}} + 0.34 \dots\dots\dots(3.6)$$

dengan $N_R = \frac{vd\rho}{\mu} \dots\dots\dots(3.7)$

untuk bilangan Reynold kurang dari 0.3 hukum Stokes menjadi

$$V_c = \frac{g(\rho_s - \rho)d^2}{18\mu} \dots\dots\dots(3.8)$$

untuk kondisi laminar hukum Stokes menjadi

$$F_D = 3\pi \times \mu \times v \times d \dots\dots\dots(3.9)$$

Dalam merencanakan kolam sedimentasi, prosedur yang biasa dilakukan adalah memilih partikel dengan terminal velocity V_c dan untuk merancang kolam semua partikel yang mempunyai terminal velocity sama dengan atau lebih besar dari pada V_c akan hilang.

Kapasitas pada clarified water didapat dengan

$$Q = AV_c \dots\dots\dots(3.10)$$

untuk sedimentasi dengan aliran terus menerus, panjang dari kolam dan waktu dari unit volume air yang berada pada kolam (detention time) harus seperti itu, dan semua partikel dengan desain velocity V_c akan mengendap. Hubungan antara desain velocity, detention time, dan kedalaman kolam adalah

$$V_c = \frac{\text{depth}}{\text{TimeDetention}} \dots\dots\dots(3.11)$$

dalam kenyataannya, factor perencanaan harus disesuaikan untuk memenuhi adanya akibat dari inlet dan outlet turbulence, short circuiting, sludge storage, dan velocity gradient yang cenderung untuk pengoperasian pada bagian sludge removal.

3.2 *Flocculant settling (tipe 2)*

Ketika flokulasi terjadi masa materi akan bertambah dan akan mengakibatkan pengendapan. Besarnya kejadian dari flokulasi tersebut tergantung pada kesempatan untuk berhubungan, yang bervariasi dengan cara kecepatan aliran, kedalaman dari kolam, velocity gradient pada system, konsentrasi partikel, dan perbedaan ukuran partikel. Akibat dari variabel – variabel ini dapat ditentukan dengan sedimentation test.

Untuk menentukan karakter dari partikel flokulan yang mengendap, menggunakan alat pengendap tabung (column). Layaknya tabung bisa terdiri dari berbagai macam diameter tapi tidak sama dengan tinggi dan kedalaman tangki yang dimaksud. Hasil yang

memuaskan dapat dihasilkan dengan 6 in (150 mm) diameter tabung plastic, dan tinggi sekitar 10 ft (3m). sampling dimasukkan pada jarak 2 ft (0.6 m). Larutan yang mengandung bahan tersuspensi harus dimasukkan kedalam column pada saat ukuran terdistribusi secara seragam dari atas ke bawah. Ketelitian harus diberikan untuk meyakinkan bahwa keseragaman temperature mempertahankan test untuk menghilangkan adanya arus konveksi.

Settling (bak pengendap) harus diletakan pada keadaan diam. Untuk jarak waktu yang bervariasi, sample dikeluarkan melalui port dan dilakukan analisa untuk suspensi padatan. Untuk menghitung keadaan optimum atau kurang yang ditemui dilapangan, perencanaan dari settling velocity atau kecepatan aliran dari column yang dipelajari biasanya dikalikan dengan factor 0.65 sampai 0.85, dan waktu detensinya dikalikan dengan factor 1.25 sampai 1.5.

3.3 *Hindered settling (type 3)*

Dalam sebuah sistem pengolahan yang mengandung konsentrasi *Suspended Solids* yang tinggi, keduanya terganggu atau *zone settling (type 3) and compression settling (type 4)* biasanya terjadi penambahan untuk partikel diskrit bebas dan pengendapan flokulan. Untuk tujuan perencanaan, kecepatan aliran akhir harus mempertimbangkan beberapa faktor (1) area yang dibutuhkan untuk penguraian (2) area yang dibutuhkan untuk pengentalan, dan (3) jumlah lumpur yang akan keluar. Area yang diperlukan untuk pengentalan (*thickening*) biasanya

lebih besar daripada area yang digunakan untuk pengendapan, nilai *free settling* jarang sekali menggunakan faktor pengontrol. Area yang dibutuhkan untuk pengentalan dapat ditentukan dengan persamaan

$$A = \frac{Qt_u}{H_0} \dots\dots\dots(3.12)$$

dimana A = area yang diperlukan untuk thickening m²

Q = debit dalam tangki m³/s

H₀ = initial height of interface in column m

t_u = waktu yang digunakan untuk mencapai underfloe konsentrasi yang diinginkan.

3.4 Compression settling (tipe 4)

Volume yang dikehendaki untuk lumpur di dalam area compression dapat ditentukan dengan settling test.

$$H_t - H_\infty = (H_2 - H_\infty)e^{-i(t-t_2)} \dots\dots\dots(3.13)$$

dimana H_t = sludge height time t

H_∞ = sludge depth after long periode, say 24 jam

H₂ = sludge height at time t₂

i = constant for given suspension

Tabel 3.6. Kriteria perencanaan bak sedimentasi

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1	Beban permukaan	m ³ /m ² .hri	24 – 48
2	Laju limpahan	m ³ /m.hri	16 – 100
3	Td	jam	1 – 4
4	Pemisahan SS	%	80 – 95

Sumber : Met Calf dan Eddy, 2003

4. Aerasi

Bak ini berfungsi untuk mengontak air limbah dengan udara, agar kandungan oksigen dalam air meningkat. Bak aerasi terdiri dari bak-bak dengan bentuk tertentu dengan variasi kedalaman 2-6 meter. Optimalisasi aerasi adalah perlakuan penambahan oksigen terhadap air limbah yang diolah, sehingga diharapkan dapat memberikan tingkat perbaikan kualitas yang baik dalam proses degradasi bahan organik dengan adanya mikroorganisme. Kebutuhan udara dalam bak aerasi harus tersedia oksigen minimal 1 – 2 mg/l. Kebutuhan oksigen secara teoritis dapat ditentukan berdasarkan BOD air limbah tersebut., juga jumlah organisme yang dibuang setiap hari. Apabila seluruh BOD dikonversikan seluruhnya menjadi produk akhir, maka kebutuhan oksigen diperhitungkan berdasarkan konversi BOD ultimated (Djajaningrat, 1992).

Tabel 3.7. Kriteria perencanaan bak aerasi

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1	Kedalaman bak	m	2 – 5
2	Pemberian udara	m ³ /kgBOD	40 – 80
3	Umur lumpur	Hari	5 – 10
4	MLSS	mg/L	1500 – 1800
5	F/M	Kg-BOD/kg-MLSS	0.2 – 0.4
6	BOD removal efisiensi	%	85 – 95

Sumber : Reynolds, 1992.

5. Bak Pengering Lumpur

Bak ini berfungsi untuk mengolah lumpur yang dihasilkan dari proses pengolahan air buangan. Dalam pengolahan air limbah, dihasilkan sludge

(lumpur) yang tidak sedikit. Untuk itu sludge yang dihasilkan perlu diolah dengan membangun unit pengolahan lumpur (*sludge treatment*). Sludge drying bed merupakan suatu bak yang dipakai untuk mengeringkan lumpur. Bak ini berbentuk persegi panjang yang terdiri dari lapisan pasir atau kerikil dan pipa drain yang berfungsi mengalirkan air dari lumpur yang dikeringkan. Waktu pengeringan tercepat adalah 10 hari dengan bantuan sinar matahari. Kadar air yang dapat dihasilkan dari proses ini sampai 7,5 %.

Tabel 3.8. Kriteria perencanaan bak pengering lumpur

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1	Periode pengeringan	Hari	5 – 15
2	Tebal lapisan pasir	cm	20 – 30
3	Tebal lapisan kerikil	cm	30
4	Tebal lapisan lumpur	cm	20 – 30
5	Pemisahan BOD	%	25 – 40
6	Diameter pasir	mm	0,8 – 1,2
7	Diameter kerikil	mm	1,2 – 2,5
8	Freeboard	cm	30 – 50

Sumber : Met Calf dan Eddy, 2003.

b. Pengolahan secara kimia

Metode pengolahan yang menghilangkan dan mengubah (conversion) kontaminan dapat dilakukan dengan penambahan bahan kimia atau dengan reaksi kimia lain yang dikenal dengan satuan proses kimia. Proses yang biasanya digunakan dalam pengolahan air limbah yaitu berupa :

Desinfeksi

Pembunuhan bakteri bertujuan untuk mengurangi atau membunuh mikroorganisme patogen yang ada di dalam air limbah. Mekanisme pembunuhan sangat dipengaruhi oleh kondisi dari zat pembunuhnya dan

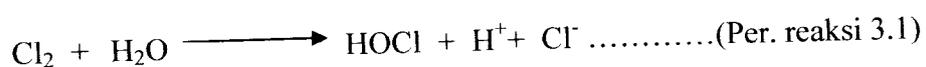
mikroorganisme itu sendiri. Banyak zat pembunuh kimia termasuk klorin dan komponennya mematikan bakteri dengan cara merusak atau menginaktifkan enzim utama, sehingga terjadi kerusakan dinding sel. Mekanisme lain dari desinfeksi adalah dengan merusak langsung dinding sel seperti yang dilakukan apabila menggunakan bahan radiasi atau panas.

Penggunaan panas dan bahan radiasi meskipun sangat baik hasil yang dicapai akan tetapi kurang cocok untuk diterapkan secara massal mengingat biaya pelaksanaannya sangat mahal serta cukup sulit dalam penanganannya. Oleh karena itu terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam memilih bahan kimia bila akan dipergunakan sebagai bahan desinfeksi antara lain :

1. Daya racun zat kimia tersebut
2. Waktu kontak yang diperlukan
3. Efektivitasnya
4. Rendahnya dosis
5. Tidak toksis terhadap manusia dan hewan
6. Tetap tahan terhadap air
7. Biaya murah untuk pemakaian yang bersifat massal

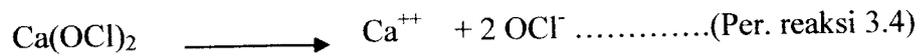
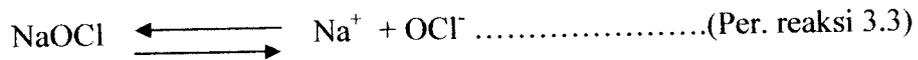
Dari pertimbangan tersebut, maka untuk menjernihkan air limbah banyak dipergunakan bahan antara lain klorin oksida dan komponennya, bromine, iodine, permanganat, logam berat, asam dan basa kuat.

Dalam dunia perdagangan yang biasa digunakan adalah klorin. Apabila klorin berupa gas maka reaksi yang terjadi adalah :

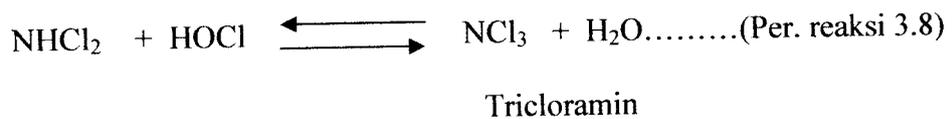
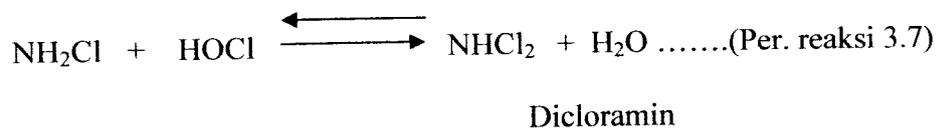
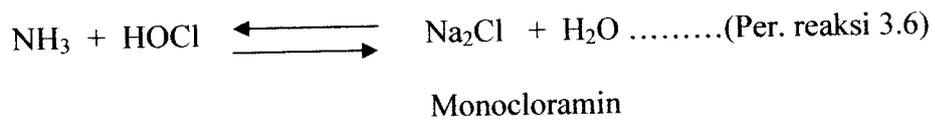




Selain gas dapat juga berupa garam-garam dari hipoklorida seperti NaOCl atau garam Ca (OCl)₂ yang dikenal sebagai kaporit.

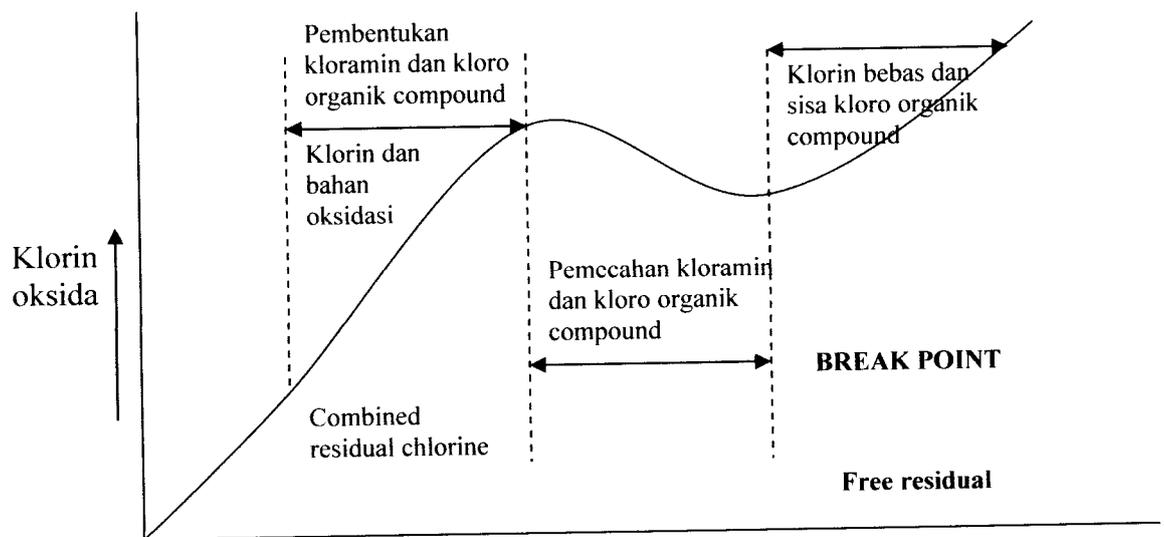


Disini HOCl dan OCl⁻ disebut sebagai free available chlorine (klor bebas) dengan daya bunuh HOCl 40-80 kali lebih besar dari daya bunuh OCl⁻. Apabila amoniak berada didalam air, maka HOCl akan bereaksi dengannya terlebih dahulu dan akan membentuk kloramin.



Ketiga cloramin dikenal sebagai combined available chlorine. Apabila bercampur dengan klorin maka daya bunuhnya akan menurun. Adapun gambaran reaksi dari klorin di dalam air adalah pada awalnya akan bereaksi dengan bahan yang mudah teroksidasi seperti ion ferro, nitrit (reducing compound) maka pada saat ini daya bunuh terhadap bakteri tidak ada. Untuk

selanjutnya akan bereaksi dengan amoniak dan bahan organik akan membentuk kloramin dan kloro organik compound, pada saat ini daya bunuhnya juga sangat rendah. Dengan penambahan secara terus menerus, maka kloramin dan kloro organik compound akan habis dan terbentuklah klor bebas. Titik dimana mulai timbul kenaikan klor bebas dikenal sebagai break point chlorination.



Gambar 3.2. Gambaran kurva break point dalam klorinasi terhadap air limbah.

Proses klorinasi dapat terjadi sebagai berikut :

Penambahan klor pada air yang mengandung senyawa nitrogen akan membentuk senyawa klorinasi yang disebut klor terikat. Pembentukan klor terikat ini tergantung pada pH, pada pH normal klor terikat (NCl_3) tidak akan terbentuk kecuali jika break point telah terlampaui. (Sugiharto, 1987)

Desinfeksi adalah penghancuran bakteri pathogen penyebab penyakit.

Desinfeksi umumnya dapat dilakukan dengan :

- *chemical agen*, terdiri dari chlorine dan susunannya, bromide, iodine, ozon, phenol dan senyawa phenol, alcohol, logam berat, bahan pencelup, sabun dan detergen sintetis, ammonium, hydrogen peroksida, berbagai macam alkyl dan asam.
- *Physical agen*, dapat dilakukan dengan menggunakan pemanasan dan pencahayaan. Pemanasan air sampai titik didihnya dapat menghancurkan sebagian besar penyakit yang terdapat pada bakteri non spora. Cahaya matahari (UV) juga merupakan disinfektan yang baik.
- Menggunakan alat mekanis.
- Radiasi.

Syarat-syarat desinfeksi, yaitu :

1. Dapat mematikan seluruh jenis organisme patogen dalam air.
2. Dapat membunuh kuman dalam waktu singkat.
3. Ekonomis dan mudah dalam pengoperasiannya.
4. Air tidak boleh menjadi toxic setelah didesinfeksi.

Bahan kimia yang digunakan :

1. Zat pengoksidan, seperti klor, brom, ion kalium permanganat.
2. Metal ion.
3. Garam-garam alkali.

Mekanisme dari disinfektan adalah (1) menghancurkan dinding sel, (2) perubahan pada permeabilitas sel, (3) perubahan pada koloid alami di protoplasma, (4) menghambat aktivitas enzim.

Senyawa klor dapat mematikan mikroorganisme dalam air karena oksigen yang terbebaskan dan senyawa asam hypochlorus mengoksidasi beberapa yang penting dari bagaian sel bakteri sehingga rusak. Teori lain mengatakan bahwa proses pembubuhan bakteri oleh senyawa klor selain oleh oksigen bebas juga disebabkan oleh pengaruh langsung senyawa kimia yang bereaksi dengan protoplasma. Faktor yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi adalah :

- a. Waktu kontak
- b. Konsentrasi disinfektan.
- c. Jumlah mikroorganisme
- d. PH
- e. Adanya senyawa lain didalam air.

Tabel 3.9. Kriteria perencanaan bak Desinfeksi

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1	Beban permukaan	$m^3/m^2 \cdot hri$	24 – 48
2	Dosis klor	mg/L	2 – 8
3	Td	jam	1 – 4
4	Kaporit	%	70
5	Larutan cairan klor	%	0,5 – 5

Sumber : Met Calf dan Eddy, 2003.

c. Pengolahan secara biologi

Pengolahan secara biologi pada air buangan adalah untuk membentuk koagulan dan menghilangkan koloid yang tidak dapat mengendap dan untuk

menstabilkan kualitas air limbah seperti bahan organik dengan cara memanfaatkan mikroorganisme. Pengolahan biologis juga merupakan pengolahan air limbah yang dilakukan setelah melalui pengolahan primer yang menuntut peran aktif mikroorganisme terutama bakteri dan membutuhkan oksigen untuk mempertahankan bakteri tersebut.

Keadaan aerob (terdapat unsur oksigen) mikroba memecah polutan zat organik menjadi zat-zat yang lebih sederhana misal karbon Dioksida (CO_2), air (H_2O), Amonia (NH_3), Nitrat (NO_3), dan Sulfat (SO_4). Pada keadaan anaerob (tanpa udara) zat organik terpecah menjadi gas metan (CH_4), Amonia (NH_3), karbon Dioksida (CO_2), dan Hidrogen Sulfida (H_2S).

Pada saat mikroba memecah zat organik, mikrobia membutuhkan oksigen yang ada di sekitar air limbah tersebut sehingga lama-kelamaan oksigen dalam air limbah akan habis dan pada saat habis akan terjadi suasana anaerob dan disini mikroorganisme yang hidup berganti menjadi mikroba anaerob. Oleh sebab itu untuk mempertahankan agar kondisi tetap aerob perlu diberikan udara dari atmosfer. Cara pemberian udara ke dalam air limbah ini disebut aerasi. Proses aerasi banyak caranya misal dengan kincir diputar oleh motor listrik atau blower dan ada pula yang dibuat seperti air terjun (Metcalf and Eddy, 2003).

Ada 2 (dua) macam proses penguraian secara biologi yaitu:

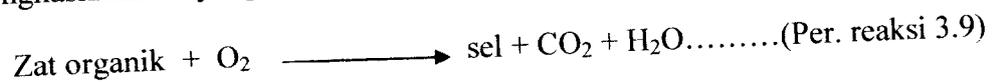
» Pengolahan secara aerobik

Pengolahan secara aerobik yaitu pengolahan yang berlangsung dengan hadirnya oksigen dimana proses stabilisasi/penguraian dilakukan oleh mikroorganisme aerobik atau fakultatif. Dalam pengertian bioteknologi

lingkungan, proses-proses aerob digunakan untuk penanganan dan stabilisasi limbah cair.

Prinsip pengolahan secara aerobik ialah menguraikan secara sempurna senyawa organik yang berasal dari air buangan dalam periode waktu yang sangat singkat. Penguraian dilakukan oleh sejumlah mikrobia terutama bakteri. Selama proses berlangsung metabolisme penguraian oleh bakteri dipengaruhi sejumlah sumber nutrisi dan sejumlah oksigen. Keduanya saling berkaitan dalam membantu pertumbuhan bakteri. Bakteri akan berkembang biak secara baik dan energi yang cukup untuk menguraikan senyawa organik, selama sumber nutrisi cukup dan sejumlah oksigen tidak berkurang (Suriawiria, 1986).

Proses pemecahan zat organik menjadi zat yang lebih sederhana, dimana mengandung polutan rendah pada keadaan aerob terjadi reaksi hayati yang menghasilkan sel yang dapat mengendap.



Proses ini menghasilkan lumpur dari zat organik tersebut dan apabila pemecahan ini berlanjut terus menerus terbentuk lumpur yang semakin banyak, bersamaan dengan hal tersebut juga terjadi penurunan polutan zat organik diperkirakan penurunan polutan zat organik ini dapat mencapai kurang lebih 90%. Pada saat proses penurunan kadar polutan zat organik dalam air limbah secara aerob terjadi peristiwa pengurangan zat tersuspensi melalui peningkatan lumpur aktif. Peristiwa ini dapat berjalan cepat atau lambat tergantung pada kontak lumpur aktif yang terbentuk dengan air limbah yang diolah (Metcalf and Eddy, 2003).

Penurunan BOD pada proses ini berjalan dengan beberapa tahapan yaitu pertama, pengurangan zat organik koloid melalui peristiwa absorpsi kimia fisika pada lumpur hayati. Kedua, selanjutnya terjadi penyerapan secara hayati zat organik yang terlarut. Di sini sangat dipengaruhi oleh keadaan lumpur dan zat organik polutannya. Ketiga, peristiwa yang terjadi dalam reaksi hayati tersebut berjalan bersama-sama yaitu pada saat kontak terjadi antara lumpur dan polutan organik baik berbentuk koloid, terlarut maupun tersuspensi (Metcalf and Eddy, 2003).

Pengolahan ini bisa berupa :

- *Activated sludge*
- *Trickling filter*
- *Aerobik stabilization pond*

Dimana tujuan penggunaan mikroorganisme pada pengolahan tersebut untuk membantu terbentuknya flok-flok dan partikel-partikel koloid organik.

» Pengolahan secara anaerobik

Pengolahan secara anaerobik ini merupakan pengolahan yang berlangsung tanpa adanya oksigen dimana proses stabilisasi/penguraian dilakukan oleh mikroorganisme anaerobik dan fakultatif. Pada pengolahan secara anaerobik ini menghasilkan padatan sisa yang lebih sedikit dibandingkan dengan proses aerobik.

Proses pengolahan secara anaerob juga merupakan proses yang digunakan untuk mengolah limbah organik pekat (air buangan dengan BOD tinggi). Proses ini disamping dapat memecah zat organik dapat pula dimanfaatkan untuk



menghasilkan gas metan yaitu gas yang dapat diubah menjadi energi panas. Limbah organik jenisnya sangat kompleks, dalam kondisi anaerob pada awal proses akan terjadi proses hidrolisa dan fermentasi oleh adanya mikrobia fakultatif, selanjutnya oleh mikrobia anaerob dilanjutkan pemecahan menjadi asam-asam lemak. Asam-asam lemak akan dioksidasi dan menghasilkan H₂ dan asetat. Proses ini disebut dengan proses hidrogenasi dan acetogenasi yang selanjutnya berakhir dengan proses metanogenasi. Terjadinya metan ini melalui beberapa perubahan komponen dari bentuk ikatan yang kompleks terpecah menjadi bentuk-bentuk ikatan yang sederhana. Kemampuan mencerna zat organik dalam proses anaerob dapat dinaikkan efektifitasnya dengan cara memilih bentuk reaktor yang tepat. Jenis bak anaerob (reaktor) bermacam-macam dan masing-masing mempunyai keuntungan dan kerugian dalam pemakaiannya (Metcalf and Eddy, 2003).

Menurut Benefit and Randal (1980), dalam keadaan anaerob bahan air limbah mengalami perubahan menjadi produk anorganik oleh bakteri anaerob. Tahapan yang terjadi pada proses anaerobik ialah :

- a. Tahapan Hidrolisis
- b. Tahapan Acidogenesis (Pembentukan Asam)
- c. Tahapan Methanogenesis (Pembentukan methan).

Berdasarkan substrat bakteri yang aktif berperan dalam proses anaerobik ada empat yaitu :

1. Bakteri Hidrolik berperan menguraikan bahan organik dalam air limbah menjadi asam-asam organik dan menghasilkan H₂ dan CO₂.

2. Bakteri Acitogen (penghasil asam asetat) akan membentuk asetat, tetapi tidak membentuk H_2 dan CO_2 .
3. Bakteri Methan (Methanogenic) akan membentuk CO_2 dan CH_4 . Dimana bakteri methane adalah bakteri yang memegang peranan penting dan aktif dalam proses perombakan anaerob.

Pengolahan secara anaerobik banyak digunakan sebagai teknologi pengolahan yang efektif untuk limbah cair perkotaan dan lumpur, juga untuk pengolahan bermacam-macam limbah cair industri. Teknologi pengolahan limbah cair secara anaerobik merupakan pilihan yang menarik bagi pengelola perkotaan dalam upaya pengembangan wilayahnya, dikarenakan energi yang dibutuhkan untuk operasi maupun prosesnya sangatlah rendah (minimal) dibandingkan yang dibutuhkan untuk proses aerob. Selain itu proses ini mudah pengoperasiannya dan mudah perawatannya. Perlu diketahui bahwa proses anaerob menghasilkan gas methane (CH_4) yang dapat dirubah menjadi tenaga listrik maupun mekanik pada instalasi pengolahan cair secara aerob untuk mengoperasikan blower dan pompa (Malina,1992).

Pengolahan ini dapat berupa :

- *Anaerobik stabilization pond*
- *Anaerobik filter*
- *Digester or sewage sludge*

(Djajadiningrat, 1992)

Dibandingkan dengan sistem penanganan limbah secara aerob, proses anaerob dalam penanganan limbah memiliki beberapa keuntungan, diantaranya :

1. Proses anaerob menghasilkan padatan lumpur yang lebih sedikit dibandingkan dengan proses aerob.
2. proses anaerob menghasilkan gas metan yang dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar.
3. Biaya operasionalnya rendah.
4. Kebutuhan energi lebih kecil daripada proses aerob (Lumpur Aktif).

Pengolahan biologi ini bertujuan untuk menghilangkan bahan organik dari air limbah seperti BOD, COD, nitrifikasi, denitrifikasi dan stabilisasi. Dalam pengolahan biologi tersebut sebelumnya ada perlakuan awal dari pengolahan primer untuk menghilangkan senyawa-senyawa yang bersifat racun terhadap mikroorganisme (Ediarti dan Sutyasmi, 1990).

Di dalam reaktor pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi, misalnya proses lumpur aktif. Proses lumpur aktif terus berkembang dengan berbagai modifikasinya, antara lain oxidation ditch dan kontak stabilisasi. Dibandingkan dengan proses lumpur aktif konvensional, oxidation ditch mempunyai beberapa kelebihan, yaitu efisiensi penurunan BOD dapat mencapai 85 – 90 % (dibanding 80 – 85%) dan lumpur yang dihasilkan lebih sedikit. Selain itu efisiensi yang lebih tinggi (90 – 95 %) kontak stabilisasi mempunyai kelebihan yang lain, yaitu waktu detensi hidrolis total lebih pendek (4 – 6 jam).

Apabila BOD air limbah tidak melebihi 400 mg/l, proses aerob masih dianggap lebih ekonomis daripada anaerob. Pada BOD lebih tinggi dari 4000 mg/l, proses anaerob menjadi lebih ekonomis (Djajadiningrat, 1992). Konsekuensi dalam pengolahan biologi dibutuhkan peralatan yang dapat menghasilkan oksigen agar proses oleh bakteri dapat berlangsung sebaik mungkin. Keadaan lingkungan yang sesuai adalah penting untuk pertumbuhan mikrobia tetapi banyak yang dikendalikan untuk mencapai keadaan ideal. Kondisi lingkungan, dengan pengaturan pH, suhu, penambahan nutrisi dan unsur-unsur penting, pemenuhan kebutuhan oksigen dan pengadukan yang baik (Ediarti dan Sutiyasmi, 1990).

Ada dua hal penting dalam proses biologis ini antara lain :

a. Proses penambahan oksigen (aerasi)

Proses lumpur aktif yaitu proses aerob dengan memberikan oksigen secara terus menerus ke dalam air limbah. Pemberian oksigen dilakukan dengan pemakaian kompresor, sehingga diperlukan tenaga listrik.

b. Proses pertumbuhan bakteri dalam reaktor

Bakteri diperlukan untuk menguraikan bahan organik yang terdapat dalam air limbah. Oleh karena itu diperlukan jumlah bakteri yang cukup untuk menguraikan bahan organik tersebut. Untuk mempertahankan pertumbuhan bakteri maka perlu penambahan kembali bahan lumpur yang telah banyak mengandung makanan. Lumpur yang biasanya digunakan untuk penambahan bahan makanan ini disebut lumpur aktif. Pemberiannya dilakukan sebelum memasuki bak aerasi dengan

mengambil lumpur dari bak pengendap kedua atau dari pengendap terakhir (Sugiharto, 1987)

3.2 Dasar Perencanaan Pengolahan Air Limbah

Perencanaan desain konstruksi dan operasi system instalasi pengolahan air buangan merupakan masalah yang kompleks. Karena itu diperlukan dasar perencanaan yang meliputi :

a) *Initial Year and Design Year*

Initial Year adalah tahun dimana proses pembangunan konstruksi selesai dan awal operasi mau berjalan. Sedangkan *Design Year* merupakan tahun dimana instalasi tersebut telah mencapai kapasitas *design* yang telah direncanakan. Periode design adalah periode dari *Initial Year* sampai *Design Year*.

b) *Service Area*

Service Area adalah total area yang dilayani fasilitas pengolahan air buangan.

c) Pemilihan Lokasi.

Pemilihan lokasi bangunan instalasi pengolahan air buangan didasarkan pada tanah yang digunakan pada daerah tersebut dan pola pengembangannya.

Adapun pertimbangan-pertimbangan yang perlu diperhatikan adalah :

1. Instalasi pengolahan air buangan diletakkan pada elevasi yang rendah sehingga memungkinkan aliran gravitasi.
2. Area besar sehingga memungkinkan adanya pengembangan

3. Tersedia lahan untuk pembuangan sludge.
4. Dekat dengan badan air penerima effluent dari instalasi.
5. Jauh dari pemukiman.
6. Lokasi sebaiknya tidak terletak pada daerah rawan banjir.

d) Design Populasi

Kuantitas air buangan tergantung pada populasi dan besarnya air buangan perkapita.

e) Tinjauan Terhadap *Water Quality Manajemen*

Water Quality manajemen merupakan system pengolahan air, tetap memenuhi persyaratan sesuai dengan tata guna air. Tujuan *water quality manajemen* adalah mengelola kualitas air permukaan dan kualitas air tanahagar sesuai dengan persyaratan kualitas air yang telah ditetapkan.

Standar kualitas air meliputi :

○ *Effluent Standart*

Merupakan pembatasan terhadap kualitas maupun kuantitas air yang dibuang dan disesuaikan dengan penggunaan badan air penerima.

○ *Steram Standart*

Merupakan peninjauan terhadap standart kualitas air penerima untuk melakukan *self purification* dan kemampuan melakukan pengenceran.

f) Karakteristik Air Buangan

Karakteristik air buangan yang termasuk ke bangunan pengolahan, dibagi menjadi:

- Karakteristik Fisik.

- Karakteristik Kimia.
- Karakteristik Biologi.
- Karakteristik Aliran.

g) Derajat Pengolahan

Derajat pengolahan dari pengolahan bangunan air buangan tergantung dari karakteristik air yang akan diolah dan standart.

- Nitrifikasi.
- Denitrifikasi.
- *Chlorination*
- *Coagulation*

Di samping pengolahan di atas, perlu dilengkapi unit pengolahan Lumpur.

Tujuan dari pengolahan Lumpur adalah :

- Mereduksi volume lumpur dengan jalan mengurangi kadar air dalam lumpur.
- Menstabilkan Lumpur bila terdapat logam berat yang berbahaya.

Adapun unit pengolahan Lumpur yaitu :

- *Sludge Digester*
- *Sludge Thickener*
- *Sludge Drying Bed*

h) Pemilihan Peralatan

Pemilihan tipe peralatan yang sesuai akan mencapai hasil pengolahan yang diinginkan.

i) **Pemilihan Proses Pengolahan**

Bangunan pengolahan air buangan berguna dalam proses pengolahan untuk mencapai tingkat pengolahan yang diinginkan. Dalam pemilihan proses pengolahan, dibutuhkan pemahaman tentang unit operasi dan proses. Kemampuan operasional dan efek lingkungan dari berbagai macam komponen pengolahan.

j) *Lay Out* Instalasi dan Profil Hidrolis

Di dalam perencanaan design dan konstruksi bangunan pengolahan, kondisi dan keadaan lokasi pengolahan yang telah dipilih harus dipertimbangkan dengan baik. Kondisi lokasi seperti : topografi, luas lahan, head yang tersedia dan lain-lain harus dipertimbangkan dalam pemilihan unit pengolahan dan profil hidrolis.

k) *Energy dan Resource Requirements*

Di dalam perencanaan design dan konstruksi bangunan pengolahan air buangan, diperlukan energi untuk mengoperasikan alat pada instalasi pengolahan. Sumber energi yang dibutuhkan untuk operasi berupa energi listrik dari PLN maupun dari generator. Energi yang sifatnya primer adalah energi yang digunakan untuk operasi unit pengolahan, sedangkan energi sumber adalah energi untuk operasi alat pada unit pembubuhan bahan kimia dan penerangan instalasi.

l) *Plant Economics*

Dalam *design* dan perencanaan bangunan pengolahan air buangan, perlu ditunjukkan analisa biaya untuk menjamin bahwa konstruksi serta operasi dan pemeliharaan layak untuk perencanaan tingkat pengolahan dan proses.

m) Penilaian Dampak Lingkungan

Penilaian dampak lingkungan harus mengevaluasi semua akibat yang menguntungkan dan merugikan, yang mungkin diakibatkan dari konstruksi fasilitas pengolahan air minum.

3.3 Alternatif Pengolahan Air Limbah

Ada berbagai jenis alternatif pengolahan dalam mengolah air buangan dan berbagai macam kombinasi dari unit operasi dan unit proses. Dalam menentukan unit operasi dan unit proses yang akan digunakan kita harus mempertimbangkan beberapa faktor yang sangat penting diantaranya proses yang dapat digunakan atas pembangunan di atas sesuatu yang berhubungan dengan bangunan tersebut, dan bagaimana gambaran langsung dari keahlian dan pengalaman rancangan seorang engineer.

Pemilihan alternatif pengolahan dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa aspek, yaitu :

a) Aspek Teknis

- Bahwa desain yang dibuat harus mempunyai efisiensi yang cukup tinggi, sehingga mampu mereduksi kandungan organik dari limbah.

- Dari segi konstruksi, yang menyangkut teknis pelaksanaan ketersediaan tenaga ahli, kemudahan material konstruksi dan instalasi bangunan.
 - Dari segi operasi dan pemeliharaan, yang menyangkut kemudahan dalam pengoperasian.
- b) Aspek Ekonomis
- Menyangkut masalah pembiayaan dalam hal konstruksi, operasi dan pemeliharaan instalasi bangunan pengolahan air buangan.
- c) Aspek Lingkungan
- Dalam pemeliharaan alternatif pengolahan air buangan, perlu dipertimbangkan hal-hal seperti berikut :
- o Kemungkinan timbulnya gangguan pada penduduk dan terganggunya keseimbangan ekologis.
 - o Penggunaan lahan bangunan pengolahan air buangan dikaitkan dengan nilai produk limbah yang dapat mencemari lingkungan.

Bangunan pengolahan merupakan ukuran keberhasilan dari desain, selain dari kualitas dari effluent atau berapa persen kadar kontaminan yang dihilangkan. Untuk sistem biologi ada beberapa faktor yang mempengaruhi kinerjanya dan harus diperhatikan agar diperoleh hasil yang diinginkan. Untuk jenis unit pengolahan, unit proses, efek kecepatan untuk memilih dan menentukan ukuran *secondary treatment*, persen removal dari tiap – tiap unit pengolahan, tipe dari prinsip reaktor yang digunakan dalam pengolahan air buangan, faktor yang

mempengaruhi kinerja dari unit – unit pengolahan, serta headloss tiap unit pengolahan ditunjukkan dengan tabel. Dari tabel tersebut dapat ditentukan kebutuhan unit pengolahan yang dibutuhkan agar dalam perencanaan bangunan pengolahan air buangan ini dapat mencapai inerja yang optimal sesuai dengan yang diinginkan.

Dalam proses perencanaan prasarana tersebut akan memerlukan pengetahuan dan pemahaman permasalahan pengolahan air limbah. Selain itu hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- a. Kondisi lingkungan setempat, khususnya lingkungan fisik.
- b. Perkiraan jumlah dan jenis air limbah.
- c. Ketersediaan bahan bangunan dan dana pendukung baik untuk pembangunan maupun untuk operasi serta pemeliharaannya.
- d. Ketersediaan tenaga kerja yang mampu melaksanakan pengelolaan secara tepat.
- e. Kualitas air buangan dari IPAL yang diinginkan.

Dari berbagai jenis dan tingkat teknologinya, maka yang sering digunakan yaitu :

1. Septik tank dengan kelengkapan sumur resapan atau saluran resapan.
2. Menggunakan kolam stabilisasi
3. Menggunakan proses aerasi intensif
4. Menggunakan proses *anaerobik filter treatment system*.

Dalam perencanaan baik septik tank maupun yang lain bangunan-bangunan tersebut selalu berdasarkan baik proses fisik, kimia maupun biologi dan ada yang berjalan secara tercampur maupun terpisah (Darmanto, 1995).

3.4 Pengolahan Limbah Cair dengan sistem *Activated Sludge*

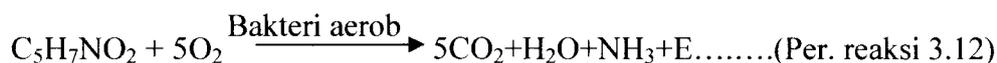
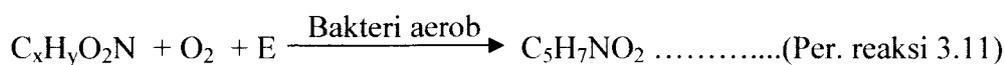
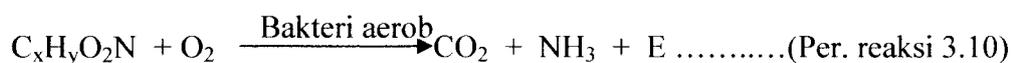
Proses lumpur aktif adalah suatu proses oksidasi biologi dengan bahan organik dirubah menjadi bahan anorganik, terjadi kontak antara air buangan dengan flok yang sudah terbentuk terlebih dahulu (aktif) dalam keadaan aerobik. Lumpur aktif banyak digunakan untuk mengolah air limbah yang mengandung kadar senyawa organik tinggi, terutama untuk buangan domestik.

Lumpur adalah materi tidak terlarut yang selalu tampak kehadirannya di dalam setiap tahap pengolahan, tersusun oleh serat-serat organik yang kaya akan selulosa dan di dalamnya terhimpun kehidupan mikrobial. Lumpur aktif merupakan padatan organik yang telah mengalami peruraian secara hayati sehingga membentuk masa hayati (biomassa) yang aktif dan mampu menyerap partikel-partikel di sekelilingnya kemudian membentuk massa yang mudah mengendap. Massa hayati yang paling dominan dan berperan disini adalah bakteri aerobik yang dapat mencapai $10^2 - 10^9$ per cc dalam cairan campuran dan 90% dari padatan lumpur tersebut mengandung bakteri baik yang terdapat dilapisan sebelah dalam maupun dipermukaan luarnya (Anonim, 1987).

Menurut Tjokrokusumo (1995) lumpur aktif adalah lumpur yang di dalamnya terdapat mikroorganisme yang mampu merombak bahan-bahan organik yang terdapat dalam air buangan. Proses lumpur aktif ini terdiri dari dua tangki yaitu tangki aerasi dan tangki pengendap. Dalam tangki aerasi dimana dilakukan aerasi secara terus-menerus sehingga memungkinkan terjadinya kontak antara partikel flok mikrobial dengan komponen organik air buangan dan terjadi reaksi penguraian zat organik yang terkandung dalam air buangan secara biokimia oleh

mikrobia yang terdapat dalam lumpur aktif, oleh mikroorganisme aerob menjadi senyawa-senyawa anorganik, dimana pemecahan ini berlangsung dalam suasana aerob.

Reaksi :



Senyawa-senyawa organik tersebut sebagian dipergunakan oleh mikroorganisme sendiri dan sebagian dipecah menjadi CO₂ dan H₂O. penggunaan tersebut antara lain untuk pertumbuhan perbanyakan dan lain-lain. Setiap mikroorganisme dalam menjaga kelangsungan hidupnya selalu melakukan metabolisme sehingga perlu penambahan senyawa-senyawa organik dan dihasilkan CO₂, H₂O dan NH₃ (Anonim, 1987).

Pada proses lumpur aktif, air limbah yang tidak diolah atau diendapkan dicampur dengan lumpur yang dengan lumpur diaktifkan balik, yang volumenya 20 – 50% dari volumenya sendiri. Campuran tersebut (air limbah dan lumpur aktif) masuk ke dalam bak aerasi, sehingga tercampur dengan sejumlah besar oksigen dengan melakukan aerasi secara terus-menerus (Linsey and Franzani, 1991).

Kandungan organik merupakan parameter utama dari kualitas effluen. Effluen kandungan dari proses pengolahan secara biologis biasanya disusun atas 3 unsur pokok sebagai berikut :

1. Bahan organik terlarut yang mudah terurai secara biologi.
 - a. Organik yang keluar dari pengolahan secara biologi.
 - b. Organik yang terbentuk sebagai hasil lanjutan penurunan/penguraian limbah secara biologi.
 - c. Komposisi-komposisi yang terdiri dari sel (akibat kematian sel/lysil)
2. Bahan organik tersuspensi
 - a. Zat padat yang terbentuk secara biologis yang dihasilkan selama pengolahan yang keluar dari bak pengendap akhir.
 - b. Zat padat organik yang bersifat koloid dalam influent yang keluar dari pengolahan (pengolahan secara biologi) dan pemisahan (bak pengendap akhir).
3. Bahan organik yang tidak mudah terurai secara biologi
 - a. Yang adanya berawal dari effluen
 - b. Sebagai hasil dari penurunan (degradasi) secara biologis (George Tchobanoglous, 1979).

Salah satu masalah yang sering terjadi pada proses lumpur aktif adalah terjadinya "*bulking sludge*" atau penggumpalan, sehingga lumpur dari tangki aerasi tidak mau mengendap. Penggumpalan tersebut disebabkan oleh :

- a. Pertumbuhan organisme filamen (terutama *spaeerotiles*)
- b. Pertumbuhan organisme mikro yang mencakup sejumlah besar ier dalam susunan selnya yang menjadikan berat jenisnya mendekati berat jenis air, sehingga menyebabkan tidak dapat mengendap.
- c. Oksigen terlarut (*dissolved oksigen*) kecil.

- d. Jumlah nutrien sangat kecil/kurang.
- e. Beban lumpur tinggi/akumulasi lumpur terjadi dari dasar bak aerasi.
- f. Waktu tinggal lumpur dalam bak pengendap lama (Davis and Cornwell, 1991).

Untuk mengurangi atau mencegah terjadinya penggumpalan yaitu :

- a. Meningkatkan konsentrasi oksigen/menambah penyediaan udara lumpur dalam tangki aerasi.
- b. Mengurangi jumlah lumpur yang dikembalikan
- c. Pengenceran influen dengan air bersih.
- d. Menambah nutrien terutama nitrogen dan fosfor.
- e. Menambah kapur untuk mendapatkan pH sebesar 8 atau lebih.
- f. Melakukan klorinasi pada influen/bak pengendap/lumpur yang dikembalikan untuk membunuh mikroorganisme untuk filamen (Linsey and Franzani, 1991).

Keuntungan utama dari pengolahan limbah cair dengan menggunakan lumpur aktif yaitu :

- a. Dapat menghasilkan buangan yang bermutu tinggi (effluen tidak berbau).
- b. Tidak ada gangguan dari serangga dan lalat.
- c. Instalasi tidak memerlukan areal tanah yang luas.
- d. Biaya awal/pembuatan lebih kecil daripada membuat trickling filter.

Kerugian dari pengolahan dengan proses lumpur aktif adalah :

- a. Sangat sensitif terhadap perubahan organik
- b. Biaya oprasional mahal.
- c. Memerlukan tenaga yang terlatih dalam pengoperasiannya.
- d. Tidak fleksibel terhadap variasi beban hidrolis (Linsey and Franzani, 1991).

3.5 Pengolahan Limbah Cair dengan sistem *Upflow Anaerobik Sludge*

Blanket.

Salah satu perkembangan paling terkemuka dari teknologi proses pengolahan secara anaerobik adalah *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) reaktor pada waktu sekitar tahun 1970an di Netherland oleh Lettinga dan teman sekerjanya.

Beberapa macam UASB yang paling utama meliputi :

1. Proses UASB yang orisinil dan modifikasi desainnya.
2. Anaerobic Baffle Reactor (ABR)
3. Anaerobic Migrating Baffle Reactor (AMBR) (Metcalf and Eddy, 2003).

Upflow Anaerobic Sludge Blanket atau lebih dikenal dengan istilah “selimut lumpur” adalah suatu reaktor pengolah limbah dengan proses anaerobik yaitu dengan penguraian senyawa organik secara biologi menjadi gas metan (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) tanpa kehadiran molekul oksigen (Widyo Pranoko, 1993).

Reaktor UASB terdiri dari tangki dengan sistem aliran ke atas dimana air limbah masuk dari bawah ke bagian atas reaktor melalui sludge blanket yang terbentuk di bagian bawah reaktor tersebut. Reaktor UASB dilengkapi dengan alat

Gas Liquid Solid (GLS) yang berfungsi sebagai pemisah antara gas, lumpur dan air bersih yang diletakkan dibagian atas reaktor.

Pada sludge blanket tergantung dari materi tersuspensi dengan konsentrasi tinggi dan bersifat sangat aktif dalam pertumbuhan mikroorganisme pengurai serta di dalamnya terjadi juga dekomposisi yang terdiri dari 2 tahap, yaitu:

1. Hidrolisa asam organik sederhana seperti asam asetat dan asam propionate oleh bakteri pembentuk asam.
2. Pengubahan senyawa organik menjadi gas CH_4 dan CO_2 .

Di dalam reaktor UASB dilakukan aklimasi guna menumbuhkan mikrobial hingga diperoleh granule (kumpulan mikrobial yang menggumpal) yang akan merombak air limbah yang masuk ke dalam reaktor. Prinsip kerja UASB pada dasarnya sebagai berikut :

1. Karena adanya gaya gravitasi maka *granule* cenderung akan mengendap.
2. Agar *granule* tidak mengendap, dibutuhkan dorongan ke atas dan dorongan tersebut dibuat dengan memasukkan limbah dari bawah reaktor. Selama pengalirannya akan terjadi kontak antara air limbah dengan mikroorganisme. Limbah yang masuk tersebut merupakan *feeding* (makanan) bagi mikroorganisme agar tetap hidup dan berkembang biak.

Proses ini terjadi pada zona kontak antara limbah dan mikroorganisme yang kemudian akan disebut sebagai selimut atau *blanket*. Agar proses penguraian berjalan dengan baik perlu diperhatikan dalam pengaturan dorongan masuk air

limbah karena bila terlalu kuat akan mendorong *granule* keluar melalui effluent sehingga perlu melakukan aklimasi yang memakan banyak waktu.

Perkembangan dari lumpur padatan *granule* ini tergantung pada karakteristik air limbah. *Granule* ini berkembang banyak jika air limbah mengandung karbohidrat dan gula yang tinggi, tetapi akan menjadi sedikit dengan air limbah yang mengandung protein tinggi, hasilnya malahan flok-flok yang lebih halus. Faktor lain yang mempengaruhi perkembangan padatan *granule* yaitu pH, kecepatan *Upflow*, tambahan nutrisi. pHnya harus diatur mendekati 7 dan direkomendasikan rasio COD:N:P selama startup adalah 300:5:1. Sementara rasio yang paling rendah bisa digunakan selama operasional yang terus-menerus yaitu 600:5:1. Kontrol dari kecepatan *Upflow* yang direkomendasikan selama *startup* yaitu mempunyai kecepatan yang cukup tinggi untuk mencuci bersih lumpur *nonflocculent* (Metcalf and Eddy, 2003).

Kemampuan biomassa aktif dalam proses anaerobik untuk membentuk flok meningkat seiring waktu, sampai akhirnya terbentuk partikel-partikel padat dan mengendap padat dan mengendap bersama-sama zat tersuspensi. Hal ini sering disebut dengan pengolahan limbah cair sistem UASB secara anaerob terhadap penurunan BOD dan COD (Lettinga, 1982).

Dalam hal ini yang menjadi landasan adalah kapasitas digester yang secara umum didasarkan pada periode digestion (waktu tinggal rata-rata sel atau waktu penyimpanan padatan).

Menurut MetCalf Eddy(2003), hal-hal yang mempengaruhi periode digestion yaitu rata-rata influent dari volume tangki (reaktor). Rata-rata influent dirumuskan:

$$Q = V \times A \quad \dots\dots\dots(3.14)$$

dimana:

Q = debit rata-rata influent (m^3/det)

V = kecepatan air (m/det)

A = luas pipa (m^2)

Korelasi debit dan volume tangki atau reaktor dapat untuk menentukan waktu detensi sehingga kualitas air limbah yang diolah menjadi optimal.

Korelasi tersebut dirumuskan:

$$\theta = \frac{V_s}{Q} \quad \dots\dots\dots(3.15)$$

dimana:

θ = waktu detendi (jam)

Q = debit tangki atau aerator (m^3/jam)

V_s = volume tangki (m^3)

Waktu detensi dapat untuk mengetahui efisiensi dan unit pengolah air limbah, selain itu juga mempunyai hubungan dengan rata-rata penggunaan nutrien spesifik (μ) yang dikenal dengan rasio makanan mikroorganisme (F/M), yang didefinisikan sebagai berikut :

$$F/M = \frac{S_0}{Q_x} \quad \dots\dots\dots(3.16)$$

dimana:

F/M = Ratio food mikroorganisme (perhari)

S₀ = Konsentrasi efluen BOD (g/ m³)

Q_x = Laju aliran air limbah yang masuk (m³/hari)

Istilah μ dan F/M dihubungkan oleh proses efisiensi sebagai berikut :

$$\mu = \frac{(F/M)E}{100} \dots\dots\dots(3.17)$$

dimana:

μ = Laju aliran spesifik

E = Efisiensi

Efisiensi proses seperti yang didefinisikan oleh persamaan :

$$\text{Efisiensi}(\%) = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100\% \dots\dots\dots(3.18)$$

dimana:

E = efisiensi proses (%)

S₀ = konsentrasi bahan pencemar sebelum pengolahan (mg/l)

S = konsentrasi bahan pencemar sesudah pengolahan (mg/l)

BAB IV

METODE PERENCANAAN

4.1 Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan adalah Rumah Sakit Umum Risa Sentra Medika Mataram, Jl. Pejanggik No. 115 Mataram.

4.2 Obyek Perencanaan

Obyek perencanaan ini terpusat pada proses dan desain pengolahan limbah cair Rumah Sakit Risa Sentra Medika Mataram, dengan demikian data-data primer yang dibutuhkan adalah :

1. Kuantitas air buangan
2. Karakteristik air buangan dalam unit pengolahan

4.3 Waktu Perencanaan

Perencanaan dimulai dari survei lokasi untuk mengumpulkan informasi melalui data-data sekunder dan data-data yang berhubungan dengan air limbah rumah sakit. Perencanaan keseluruhan selama \pm 6 bulan.

4.4 Pengumpulan Data

Data sekunder termasuk di dalamnya studi pustaka yang berkaitan dengan permasalahan yang di teliti dan data yang diperoleh di Rumah Sakit Risa Sentra Medika Mataram, yaitu meliputi :

- Peta lokasi
- Denah rumah sakit setempat
- Peta daerah
- Jumlah karyawan
- Jumlah tempat tidur
- Jumlah air bersih yang digunakan di Rumah Sakit Risa Sentra Medika Mataram.

4.5 Analisis Data

Data yang telah ada selanjutnya dianalisis dan diidentifikasi, yang meliputi :

1. Proses pengolahan data
2. Parameter-parameter yang masih di atas baku mutu

4.6 Parameter Effluen Yang Diinginkan

Parameter effluen yang diinginkan disesuaikan dengan baku mutu limbah industri/rumah tangga Kep. Men. LH No. 58/Men.LH/XII/1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi kegiatan Rumah Sakit. Berdasarkan bahan pencemar utama yang terkandung dalam air buangan yang dihasilkan RSU Risa Sentra Medika Mataram yaitu Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), dan Total Suspended Solid (TSS).

4.7 Rancangan Perencanaan

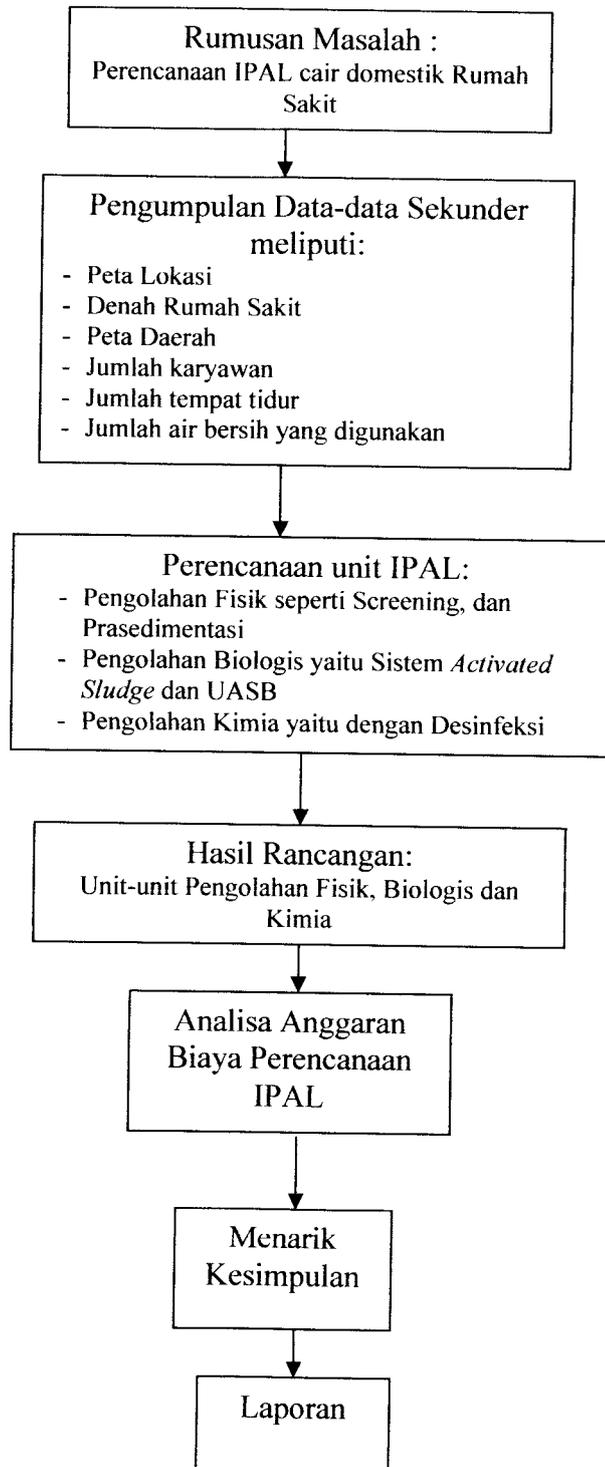


Diagram Perencanaan

4.9 Tahapan Pelaksanaan Perencanaan

Berdasarkan bahan pencemar utama yang terkandung dalam air limbah yang dihasilkan oleh RS Risa Sentra Medika Mataram yaitu Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD) dan Total Suspended Solid (TSS) maka pengolahan air limbahnya direncanakan akan diolah secara biologi dengan dua alternatif pengolahan yaitu dengan sistem *Activated Sludge* (Lumpur Aktif) dan alternatif yang kedua adalah dengan sistem *Upflow Anaerobik Sludge Blanket* (UASB). Namun mengingat bahwa air limbah rumah sakit merupakan limbah yang bersifat infeksius, yaitu mengandung kuman atau bibit penyakit maka setelah pengolahan secara biologi ini akan dilanjutkan dengan pengolahan secara kimia, yang bertujuan untuk desinfeksi.

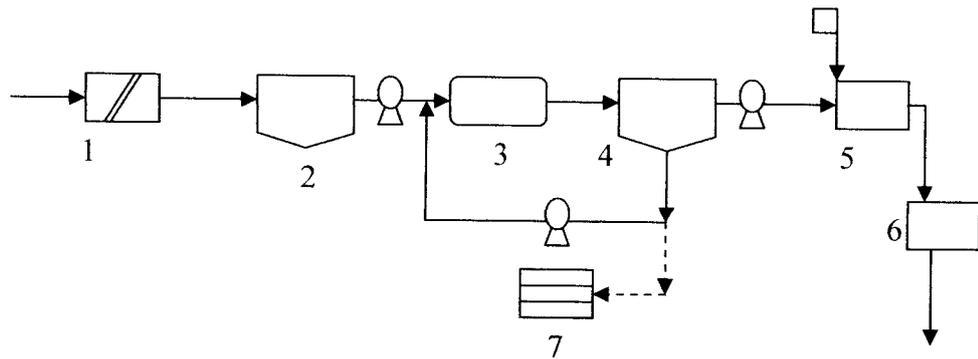
1. Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah di Rumah Sakit Risa Sentra Medika Mataram dengan Sistem Aerobik yaitu *Activated Sludge*.

Adapun mekanisme pengolahan air limbah tersebut direncanakan sebagai berikut :

- a. Mula-mula air limbah melewati saringan kasar yang terbuat dari jeruji besi yang berfungsi untuk menahan benda-benda yang berukuran besar yang mungkin terbawa oleh air limbah, seperti plastik, daun, kapas, sisa sayuran dan lain-lain. Hal ini dimaksudkan agar benda-benda kasar yang terbawa oleh air limbah tidak masuk dan mengganggu sistem pengolahan berikutnya sehingga tidak merusak pompa valve dan peralatan mekanis lainnya.

- b. Air limbah yang berasal dari unit saringan kasar ini akan masuk ke dalam bak Prasedimentasi. Bak ini berfungsi untuk memisahkan partikel di dalam air buangan oleh pengaruh gaya gravitasi. Dimana dalam bak pengendap I ini bertujuan untuk mensortir kerikil, lumpur, menghilangkan zat padat, memisahkan lemak, atau untuk menghilangkan zat padat tercampur melalui pengendapan atau pengapungan.
- c. Kemudian air limbah dialirkan ke dalam bak aerasi, disini air limbah disuplai oksigen dengan bantuan aerator. Hal ini bertujuan agar proses penguraian limbah oleh mikroorganisme dalam lumpur aktif dapat berjalan dengan baik, yang selanjutnya dapat menurunkan kandungan atau kadar BOD dan COD dalam air limbah.
- d. Setelah itu air limbah masuk ke dalam bak sedimentasi, dimana bak ini berfungsi untuk mengendapkan lumpur dari hasil proses aerasi.
- e. Selanjutnya air limbah masuk dalam bak klorinasi untuk proses desinfeksi untuk membunuh kuman atau bibit penyakit.
- f. Setelah mengalami proses pengolahan air limbah masuk ke dalam bak indikator yang selanjutnya air limbah dibuang ke badan air penerima dan lumpur yang dihasilkan oleh air limbah tersebut akan masuk ke dalam bak pengering lumpur. Dimana bak ini juga berfungsi juga sebagai bak uji biologis untuk menunjukkan bahwa effluen dari pengolahan limbah tersebut sudah tidak berbahaya bagi lingkungan. Di dalam bak ini juga bisa ditaruh ikan seperti mujair, lele, dan lain-lain.

Diagram alir perencanaan pengolahan air limbah di Rumah Sakit Risa Sentra Medika Mataram.



Gambar 4.1. Layout Perencanaan dengan *Activated Sludge System*

Keterangan :

1. Bar Screen
2. Bak Prasedimentasi
3. Bak Aerasi
4. Bak Sedimentasi
5. Bak Klorinasi
6. Bak Indikator
7. Bak Pengering Lumpur

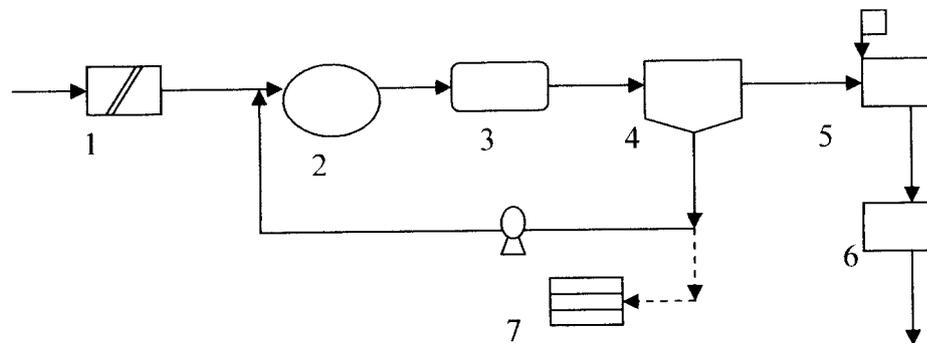
2. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Risa Sentra Medika dengan Sistem *Upflow Anaerobik Sludge Blanket*.

Adapun mekanisme pengolahan air limbah tersebut direncanakan sebagai berikut :

- a. Mula-mula air limbah melewati saringan kasar yang terbuat dari jeruji besi yang berfungsi untuk menahan benda-benda yang berukuran besar yang mungkin terbawa oleh air limbah, seperti plastik, daun, kapas, sisa sayuran dan lain-lain. Hal ini dimaksudkan agar benda-benda kasar yang terbawa oleh air limbah tidak masuk dan mengganggu sistem pengolahan berikutnya sehingga tidak merusak pompa valve dan peralatan mekanis lainnya.
- b. Air limbah yang telah diolah pada unit saringan kasar ini akan masuk ke unit anaerobik yaitu *Upflow Anaerobik Sludge Blanket (UASB)*. Dimana akan terjadi kontak antara air limbah dengan mikroorganisme tersebut sehingga terjadi proses penguraian.
- c. Kemudian air limbah dialirkan ke dalam bak aerasi, disini air limbah disuplai oksigen dengan metode terjunan. Hal ini bertujuan agar proses penguraian limbah oleh mikroorganisme dalam bak sedimentasi dapat berjalan dengan baik, yang selanjutnya dapat menurunkan kandungan atau kadar BOD dan COD dalam air limbah.
- d. Setelah itu air limbah masuk ke dalam bak sedimentasi, dimana bak ini berfungsi untuk mengendapkan lumpur dari hasil pengolahan sebelumnya.
- e. Selanjutnya air limbah masuk dalam bak klorinasi untuk proses desinfeksi untuk membunuh kuman atau bibit penyakit.
- f. Setelah mengalami proses pengolahan air limbah masuk ke dalam bak indikator yang selanjutnya air limbah dibuang ke badan air penerima dan lumpur yang dihasilkan oleh air limbah tersebut akan masuk ke dalam bak pengering lumpur. Dimana bak ini juga berfungsi juga sebagai bak uji

biologis untuk menunjukkan bahwa effluen dari pengolahan limbah tersebut sudah tidak berbahaya bagi lingkungan. Di dalam bak ini juga bisa ditanam ikan seperti mujair, lele, dan lain-lain.

Diagram alir perencanaan pengolahan air limbah di Rumah Sakit Risa Sentra Medika Mataram.



Gambar 4.2. Layout Perencanaan dengan UASB

Keterangan :

1. Bar Screen
2. Bak *Upflow Anaerobik Sludge Blanket* (UASB)
3. Aerasi
4. Bak Sedimentasi
5. Bak Klorinasi
6. Bak Indikator
7. Bak Pengering Lumpur

Tabel 4.1. Perkiraan Efisiensi Removal Air Limbah dengan alternatif pengolahan *Activated Sludge*

Parameter	Karakteristik Limbah (mg/l)	Activated Sludge												Standart Effluent
		Prasedimentasi				Aerasi				Sedimentasi				
		% Removal	In		Out	% Removal	In		Out	% Removal	In		Out	
TSS	350	60	210	140	10	14	126	126	90	113.4	12.6	<30		
COD	250	10	25	225	80	180	45	45	10	4.5	40.5	<80		
BOD	110	30	33	77	85	65.45	11.55	11.55	30	3.465	8.085	<30		

Efisiensi removal air limbah :

$$1. \text{ BOD} = \frac{(110 - 8.085)}{110} \times 100\%$$

$$= 92,65\%$$

$$2. \text{ COD} = \frac{(250 - 40,5)}{250} \times 100\%$$

$$= 83,8\%$$

$$3. \text{ TSS} = \frac{(350 - 12,6)}{350} \times 100\%$$

$$= 96,4\%$$

Tabel 4.2. Perkiraan Efisiensi Removal Air Limbah dengan alternatif pengolahan *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*

Parameter	Karakteristik Limbah (mg/l)	Upflow Anaerobic Sludge Blanket												Standart Effluent
		UASB				Aerasi				Sedimentasi				
		% Removal	In	Out	% Removal	In	Out	% Removal	In	Out	% Removal	In	Out	
TSS	350	10	35	315	10	31.5	283.5	90	255.15	28.35	<30			
COD	250	85	212.5	37.5	80	30	7.5	10	0.75	6.75	<80			
BOD	110	80	88	22	85	18.7	3.3	30	0.99	2.31	<30			

Efisiensi removal air limbah :

$$1. \text{ BOD} = \frac{(110 - 2,31)}{110} \times 100\%$$

$$= 97,9\%$$

$$2. \text{ COD} = \frac{(250 - 6,75)}{250} \times 100\%$$

$$= 97,3\%$$

$$3. \text{ TSS} = \frac{(350 - 28,35)}{350} \times 100\%$$

$$= 91,9\%$$

BAB V

HASIL PERENCANAAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Perhitungan dan Hasil Perencanaan

5.1.1. Perhitungan Debit Air Bersih dan Air Limbah

Konsumsi air bersih pada Rumah Sakit dihitung berdasarkan jumlah tempat tidur, jumlah pegawai, keluarga pasien, pasien luar, dan konsumsi air bersih untuk keperluan. Menurut Soufyan M. Noerbambang (2000) konsumsi air bersih pada Rumah Sakit adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}Q_{\text{air bersih}} &: 500 \text{ L/t.tdr/hri} \\ &= 500 \text{ L/hri} \times 52 \text{ t.tdr} \\ &= 26.000 \text{ L/hri}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{\text{air bersih}} \text{ untuk staff atau pegawai} &= 120 \text{ L/org/hri} \\ &= 120 \text{ L/org/hri} \times 53 \text{ org} \\ &= 6.360 \text{ L/hri}\end{aligned}$$

$$Q_{\text{air bersih}} \text{ untuk keluarga pasien : rata-rata } 160 \text{ L/hri}$$

$$Q_{\text{air bersih}} \text{ untuk pasien luar : rata-rata } 8 \text{ L/hri}$$

Jadi total kebutuhan air bersih :

$$\begin{aligned}&= (26.000 + 6.360 + 160 + 8) \text{ L/hri} \\ &= 32.528 \text{ L/hri}\end{aligned}$$

biasanya penggunaan air bersih pada Rumah Sakit dipakai hanya dalam sepuluh (10) jam tiap harinya (Soufyan M. Noerbambang, 2000).

Q air bersih untuk dapur, laundry, dan lain-lain sebesar $18,207 \text{ m}^3/\text{hri}$.

Total kebutuhan air bersih bagi Kegiatan Rumah Sakit adalah :

$$= (26 + 32,528 + 6,36 + 18,207) \text{ m}^3/\text{hri.}$$

$$= 83,095 \text{ m}^3/\text{hri.}$$

Q_{rata^2} air buangan = 70 % x total keb. Air bersih Rumah Sakit

$$= 70 \% \times 83,095 \text{ m}^3/\text{hri.}$$

$$= 58,1665 \text{ m}^3/\text{hri.}$$

$$= 0,67 \text{ L/dtk}$$

Q_{max} air buangan = 2 x $Q_{\text{rata-rata}}$

$$= 2 \times 58,1665 \text{ m}^3/\text{hri.}$$

$$= 116,333 \text{ m}^3/\text{hri.}$$

Q_{min} air buangan = 0,5 x $Q_{\text{rata-rata}}$

$$= 0,5 \times 58,1665 \text{ m}^3/\text{hri.}$$

$$= 29,08325 \text{ m}^3/\text{hri.}$$

5.1.2. Hasil Perhitungan unit-unit Pengolahan Air Buangan dengan Lumpur Aktif (*Activated Sludge*).

a. Unit Barscreen

1. Data Perencanaan

- Diameter kisi bulat (w) = 1,5 cm
- Kecepatan aliran (Vs) = 0,6 m/detik
- Jarak antar kisi (d) = 1,25 cm
- Sudut peletakan kisi = 45°

- Lebar screen = 20 cm
- Tinggi hilang max = 150 mm

Sumber Metcalf and Eddy, 2003

2. Perhitungan

- Jumlah screen (n) :

$$L = (n \times w) + (n + 1) \times d$$

$$20 = (1,5 \times n) + (n + 1) \times 1,25$$

$$18,75 = 2,75n$$

$$n = \frac{18,75}{2,75}$$

$$n = 6,8 = 7$$

jumlah kisi = 7 buah

- Uji jarak antar kisi :

$$20 \text{ cm} = (7 \times 1,5) + (7 + 1) \cdot d$$

$$8d = 9,5$$

$$d = 1,18 \text{ cm} = 1,2 \text{ cm}$$

jarak antar kisi = 1,2 cm

- Lebar celah screen (Cs) :

$$Cs = (n + 1) \times d$$

$$= (7 + 1) \times 1,2 \text{ cm}$$

$$= 9,6 \text{ cm}$$

- Panjang screen yang terendam (Ls)

$$Ls = \frac{Q}{Cs \times Vs}$$

$$Ls = \frac{0,0014 \text{ m}^3 / \text{detik}}{0,096 \text{ m} \times 0,6 \text{ m/detik}}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{0,0014 \text{ m}^3/\text{dtk}}{0,0576 \text{ m}^2/\text{dtk}} \\
&= 0,024 \text{ m} \\
&= 2,4 \text{ cm}
\end{aligned}$$

- Kedalaman air dalam screen (Hs) :

$$\begin{aligned}
H_s &= L_s \times \sin 45^\circ \\
&= 2,4 \text{ cm} \times 0,707 \\
&= 1,697 \text{ cm} \\
&= 2 \text{ cm}
\end{aligned}$$

- Luas lubang efektif (A) :

$$\begin{aligned}
A &= C_s \times L_s \\
&= 9,6 \text{ cm} \times 2,4 \text{ cm} \\
&= 23,04 \text{ cm}^2
\end{aligned}$$

- Kecepatan aliran pada saat melewati saringan (V) :

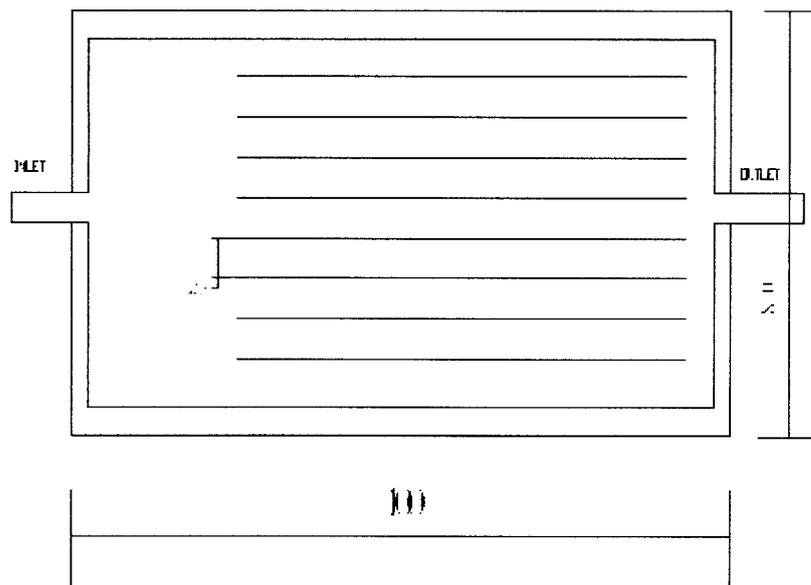
$$\begin{aligned}
V &= \frac{Q}{A} \\
&= \frac{0,0014 \text{ m}^3/\text{dtk}}{23,04 \text{ cm}^2} \\
&= 0,607 \text{ m/dtk} \\
&= 0,6 \text{ m/dtk}
\end{aligned}$$

- Tinggi hilang (H_L) :

$$\begin{aligned}
\text{Dimana : } h_v &= \frac{V^2}{2g} \\
&= \frac{(0,6)^2}{2 \times 9,81} \\
&= \frac{0,36}{19,62} \\
&= 0,018 \text{ m/dtk}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_L &= \beta \left(\frac{W}{b} \right)^{4/3} \times hV \times \sin\theta \\
 &= 1,79 \left[\frac{0,0015 \text{ m}}{0,0125 \text{ m}} \right]^{4/3} \times 0,018 \times 0,707 \\
 &= 1,79 \times 0,0592 \times 0,018 \times 0,707 \\
 &= 0,0014 \text{ m} \\
 &= 1,4 \text{ mm} < 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Tinggi screen dipakai 30 cm
- Panjang bak 100 cm



Gbr 5.1. Unit Barscreen

b. Bak Prasedimentasi

1. Data Perencanaan

- $Q_{\text{air buangan}} = 0,0014 \text{ m}^3/\text{dtk}$
- Pemisahan BOD = 30 %
- Pemisahan TSS = 60 %

- Waktu Tinggal = 120 menit
- Laju Limpahan = $100 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hri}$
- Beban Permukaan = $40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hri}$

Sumber Metcalf and Eddy, 2003

2. Perhitungan

- SS masuk ke bak pengendap I = 350 mg/L
- SS masuk yang mengendap = $60\% \times 350 \text{ mg/L}$
= 210 mg/L
- SS keluar dari bak pengendap I = $350 \text{ mg/L} - 210 \text{ mg/L}$
= 140 mg/L
- BOD removal = $30\% \times 110 \text{ mg/L}$
= 33 mg/L
- BOD keluar dari bak pengendap I = $40 \text{ mg/ltr} - 12 \text{ mg/ltr}$
= 77 mg/L

Volume dan dimensi bak

$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang bak} &= \frac{Q}{\text{Beban Permukaan}} \\ &= \frac{120.96 \text{ m}^3/\text{hri}}{40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hri}} \\ &= 3.024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= Q \times T_d \\ &= 0.0014 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 7200 \text{ dtk} \\ &= 10.08 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kedalaman bak (h)} &= \frac{\text{Volume bak}}{\text{Luas Penampang bak}} \\ &= \frac{10.08 \text{ m}^3}{3.024 \text{ m}^2} \\ &= 3.33 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimensi bak

$$\begin{aligned} \text{Panjang} \div \text{Lebar} &= \sqrt{\text{Luas Penampang bak}} \\ &= \sqrt{3.024} \\ &= 1.74 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi bak} + \text{free board} = 3.83 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 1.74 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 1.74 \text{ m}$$

Limpahan mengelilingi bak pengendap :

$$\begin{aligned} \text{Keliling} &= 4 \times \text{panjang bak} \\ &= 4 \times 1.74 \text{ m} \\ &= 6.96 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju limpahan} &= \frac{Q_{ab}}{\text{keliling bak}} \\ &= \frac{120,96 \text{ m}^3/\text{hri}}{6.96 \text{ m}} \\ &= 17.38 \text{ m}^2/\text{hri} \end{aligned}$$

Dimensi ruang lumpur :

Lumpur yang ada dalam pengendap I :

$$\text{Kadar Air} = 95 \%$$

$$\text{Kadar Solid} = 5 \%$$

$$\text{Spesific Gravity} = 1,02$$

Massa padat dari bak pengendap primer (MP) :

$$\begin{aligned} \text{MP} &= \text{SS yang mengendap} \times Q \\ &= 80 \text{ mg/L} \times 1,4 \text{ L/dtk} \\ &= 0,08 \text{ kg/m}^3 \times 120,96 \text{ m}^3/\text{hri} \\ &= 9,68 \text{ kg/hri} \end{aligned}$$

Volume lumpur :

$$\begin{aligned} V &= \frac{\text{MS}}{\rho_w \times \text{SSI} \times P_s} \\ &= \frac{9,68 \text{ kg/hri}}{1000 \text{ kg/m}^3 \times 1,02 \times 0,05} \\ &= 0,189 \text{ m}^3/\text{hri} \end{aligned}$$

MS = massa lumpur kering (kg/hr)

V = volume lumpur (m³/hri)

ρ_w = kerapatan air 1000 kg/ m³

SSI = spesifik gravity

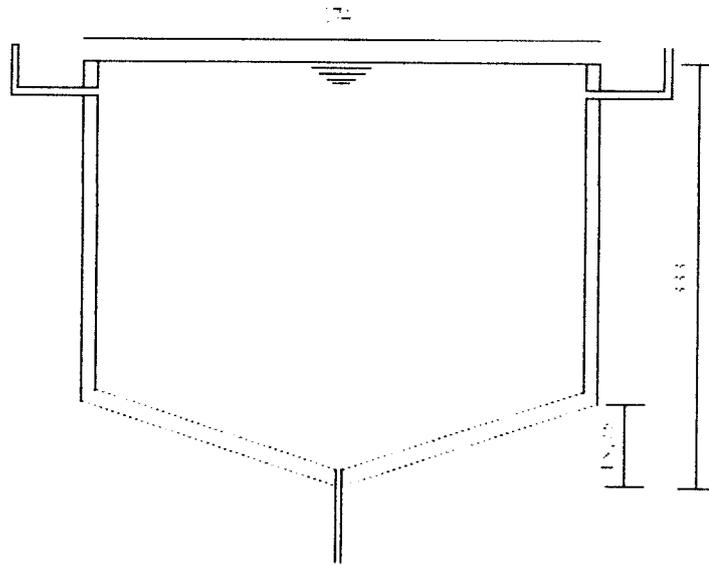
P_s = kandungan bahan padat lumpur

Sumber Metcalf and Eddy, 2003

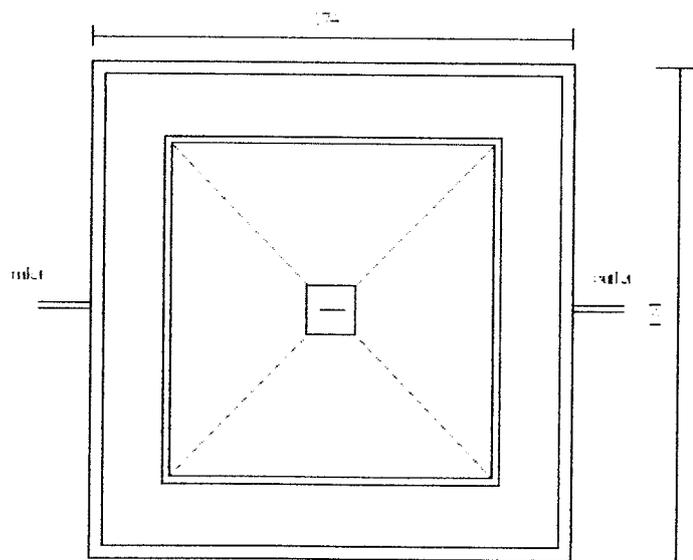
Ruang lumpur berbentuk limas terbalik

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{1}{3} \times \text{luas alas} \times \text{tinggi (h)} \\ 0,189 \text{ m}^3/\text{hri} &= \frac{1}{3} \times 3,024 \text{ m}^2 \times h \\ h &= \frac{0,567 \text{ m}^3}{3,024 \text{ m}^2} \\ &= 0,1875 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi tinggi ruang lumpur = 0.1875 m



Gbr.5.2. Tampak atas Bak Prasedimentasi



Gbr.5.3. Tampak atas Bak Prasedimentasi

c. Bak Aerasi

1. Data Perencanaan

- $Q_{\text{air buangan}} = 0,0014 \text{ m}^3/\text{dtk}$
- Waktu tinggal = 2 jam
- Efisien penurunan BOD = 85 %
- Efisiensi penurunan COD = 80%
- Panjang : Lebar = 2 : 1
- Umur Lumpur (θ) = 5 hari
- Koefisien delay mikrobia (Kd) = 0,06/hari pada suhu 20°C
- Yield teoritis (Y) = 0,5
- Berat jenis udara = 1,827 kg/m³
- Prosentase O₂ dalam udara = 21 %
- Koefisien transfer O₂ = 8 %

2. Perhitungan

Volume kolam

$$\begin{aligned} V &= Q \times dt \\ &= 116,333 \text{ m}^3/\text{hari} \times 2 \text{ jam} \\ &= (116,333 \text{ m}^3/24 \text{ jam}) \times 2 \text{ jam} \\ &= 9,7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

BOD effluen dengan efisiensi penurunan 85 %

$$\text{BOD masuk} = 77 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD removal} &= 77 \text{ mg/L} \times 85 \% \\ &= 65,45 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BOD effluen} &= \text{BOD masuk} - \text{BOD removal} \\
 &= 77 \text{ mg/L} - 65,45 \text{ mg/L} \\
 &= 11,15 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

COD effluen dengan efisiensi penurunan 80 %

$$\text{COD masuk} = 225 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned}
 \text{COD removal} &= 225 \text{ mg/L} \times 80 \% \\
 &= 180 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{COD effluen} &= \text{BOD masuk} - \text{BOD removal} \\
 &= 225 \text{ mg/L} - 180 \text{ mg/L} \\
 &= 45 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Luas penampang bak (A)

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{\text{volume bak}}{\text{kedalaman bak}} \\
 A &= \frac{9,7 \text{ m}^3}{2 \text{ m}} \\
 A &= 4,85 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Bentuk bak persegi panjang dimana :

$$P \div L = 2 \div 1$$

$$P = 2L$$

$$A = 2L \times L$$

$$4,85 \text{ m}^2 = 2L^2$$

$$L^2 = \frac{4,85 \text{ m}^2}{2}$$

$$L = \sqrt{2,425}$$

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

maka :

$$P = 2L$$

$$P = 2 \times 1,6 \text{ m}$$

$$P = 3,2 \text{ m}$$

Dimensi bak Aerasi :

$$P = 3,2 \text{ m}$$

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

$$H = 2 + 0,5 \text{ (freeboard)}$$

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

Sumber Metcalf and Eddy, 2003

Produksi Lumpur (P_x)

$$P_x = Y_{obs} \times Q(S_0 - S) \times (10^3 \text{ gr/kg})^{-1}$$

$$Y_{ob} = \frac{Y}{1 + 0,06 / \text{hari} \times 5 \text{ hari}}$$

$$Y_{ob} = \frac{0,5}{1 + 0,3}$$

$$Y_{ob} = 0,38$$

$$P_x = \frac{0,38 \times 116,333 \text{ m}^3/\text{hri} \times (103 - 5,15) \text{ gr/m}^3}{1000 \text{ gr/kg}}$$

$$P_x = \frac{0,38 \times 116,333 \text{ m}^3/\text{hri} \times 97,85 \text{ gr/m}^3}{1000 \text{ gr/kg}}$$

$$P_x = 4,326 \text{ kg/hri}$$

Lumpur yang akan dibuang dari kolam aerasi :

$$Q_{wr} = \frac{V}{\theta \times C}$$

$$= \frac{9,7 \text{ m}^3}{5 \text{ hari}}$$

$$= 1,94 \text{ m}^3/\text{hri}$$

Kebutuhan Oksigen

O₂ teoritis yang digunakan untuk menghilangkan karbon organik dalam air buangan yaitu :

$$\text{KgO}_2 / \text{hari} = \frac{Q(S_0 - S)}{f \times 1000 \text{ gr/kg}}$$

dimana f = faktor koreksi = 0,68

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Oksigen} &= \frac{116,333 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((103 - 5,15) \text{ gr/m}^3)}{0,68 \times 1000 \text{ gr/kg}} - 1,42 \times P_x \\ &= \frac{116,333 \text{ m}^3/\text{hari} \times (97,85) \text{ gr/m}^3}{680 \text{ gr/kg}} - 1,42 \times 4,326 \text{ kg/hri} \\ &= 16,7399 \text{ kg/hri} - 6,1429 \text{ kg/hri} \\ &= 10,597 \text{ kg/hri} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Udara Teoritis} &= \frac{\text{Kebutuhan Oksigen}}{\text{Berat Jenis Udara} \times \% \text{O}_2 \text{ di Udara}} \\ &= \frac{10,597 \text{ kg/hri}}{1,201 \text{ kg/m}^3 \times 0,21} \\ &= 42,017 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Udara Aktual} &= \frac{\text{Kebutuhan Udara Teoritis}}{\text{Koefisien Transfer Udara}} \\ &= \frac{42,017 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,08} \\ &= 525,213 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Desain Kebutuhan Udara} &= \text{kebutuhan udara aktual} \times \text{toleransi } 1,25 \\ &= 525,213 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,25 \\ &= 656,52 \text{ m}^3/\text{hari}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Desain Kebutuhan Udara permenit} &= \frac{656,52 \text{ m}^3/\text{hri}}{1440 \text{ menit/hri}} \\ &= 0,46 \text{ m}^3/\text{menit}\end{aligned}$$

Power Blower yang dibutuhkan :

$$P_w = \frac{W \times R \times T}{8,41 \times e} \left[\left(\frac{P}{P_0} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

$$\begin{aligned}W &= \text{kebutuhan udara} \times \text{berat jenis udara} \\ &= 656,52 \text{ m}^3/\text{hri.} \times 1,201 \text{ kg/m}^3 \\ &= 788,48 \text{ kg/hri.}\end{aligned}$$

$$R = 8,314 \text{ kg/K.mole} \times \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ } ^\circ\text{K}$$

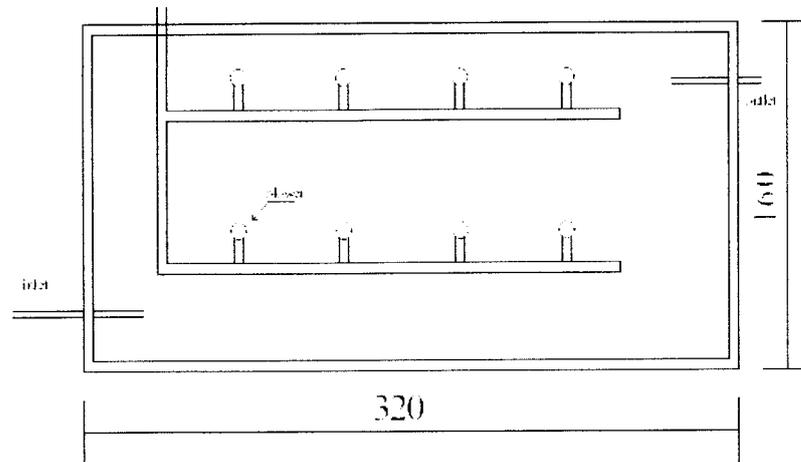
$$e = 75 \%$$

$$P = 1,56 \text{ atm}$$

$$P_0 = 0,95 \text{ atm}$$

$$\begin{aligned}\text{Power} &= \frac{788,48 \text{ kg/hri} \times 8,314 \text{ kg/K.mole.} ^\circ\text{K} \times 303 \text{ } ^\circ\text{K}}{8,41 \text{ kg/K.mole} \times 0,75} \times \left[\left(\frac{1,56}{0,95} \right)^{0,283} - 1 \right] \\ &= \frac{1.986.293,084 \text{ kj}}{6,3075} \times \left[(1,642)^{0,283} - 1 \right] \\ &= 314.909,724 \text{ kj} \times 0,5 \\ &= 157.454,862 \text{ kj} \quad (1 \text{ KWH} = 3600 \text{ kj})\end{aligned}$$

Maka Power Blower yang dibutuhkan : 43,74 KwH.



Gbr.5.4. Tampak Atas bak Aerasi

d. Bak Sedimentasi

1. Data Perencanaan

- Q air buangan = 0,0014 m³/dtk
- Beban permukaan = 30 m³/m².L
- Waktu detensi (td) = 2 jam
- Lebar ruang limpahan = 0,4 m
- SS masuk = 126 mg/L
- Kedalaman ruang limpahan = 0,25 m
- Pemisahan SS = 90 %
- Kerapatan air (Pw) = 1000 kg/m³
- Spesifik gravity (Ssi) = 1,02
- Kandungan bahan padat lumpur (Ps) = 5 %

2. Perhitungan

- SS yang mengendap (SS removal) :

$$\begin{aligned} &= \% \text{ pemisahan SS} \times \text{SS masuk} \\ &= 90 \% \times 126 \text{ mg/L} \\ &= 113,4 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- SS yang keluar dari bak pengendap/SS effluen :

$$\begin{aligned} &= \text{SS masuk} - \text{SS removal} \\ &= 126 \text{ mg/L} - 113,4 \text{ mg/L} \\ &= 12,6 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Volume bak pengendap

- Luas penampang bak

$$\begin{aligned} &= \frac{Q_{ab}}{\text{Beban Permukaan}} \\ &= \frac{116,333 \text{ m}^3/\text{hri}}{30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hri}} \\ &= 3,88 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Volume bak

$$\begin{aligned} V &= Q \times t_d \\ &= (116,333 \text{ m}^3/\text{hri} \div 24 \text{ jam}) \times 2 \text{ jam} \\ &= 9,695 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Kedalaman bak

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Luas Permukaan Bak}} \\ &= \frac{9,695 \text{ m}^3}{3,88 \text{ m}^2} \\ &= 2,5 \text{ m} \end{aligned}$$

- Dimensi pengendap

- Panjang : Lebar = $\sqrt{3,88}$

$$= 1,97 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$$

- Keliling pelimpahan = $4 \times \text{Panjang Bak}$
 $= 4 \times 2 \text{ m}$
 $= 8 \text{ m}$
- Tinggi ruang pelimpahan = $\frac{\text{Panjang Bak}}{\text{Keliling Ruang Pelimpahan}}$
 $= \frac{2 \text{ m}}{8 \text{ m}}$
 $= 0,25 \text{ m}$
- Laju ruang pelimpahan = $\frac{Q_{ab}}{\text{Keliling Ruang Pelimpahan}}$
 $= \frac{116,333 \text{ m}^3/\text{hri}}{8 \text{ m}}$
 $= 14,54 \text{ m}^2/\text{hri}$
- Dimensi ruang lumpur :

Lumpur yang ada dalam sedimentasi :

$$\text{Kadar Air} = 95 \%$$

$$\text{Kadar Solid} = 5 \%$$

$$\text{Spesific Gravity} = 1,02$$

Massa padat dari bak pengendap primer (MP) :

$$\begin{aligned} \text{MP} &= \text{SS yang mengendap} \times Q \\ &= 126 \text{ mg/L} \times 1,4 \text{ L/dtk} \\ &= 0,126 \text{ kg/m}^3 \times 116,333 \text{ m}^3/\text{hri} \\ &= 14,68 \text{ kg/hri} \end{aligned}$$

Volume lumpur :

$$\begin{aligned} V &= \frac{MS}{\rho_w \times SSI \times Ps} \\ &= \frac{14,68 \text{ kg/hri}}{1000 \text{ kg/m}^3 \times 1,02 \times 0,05} \\ &= 0,288 \text{ m}^3/\text{hri} \end{aligned}$$

MS= massa lumpur kering (kg/hr)

V = volume lumpur (m³/hri)

ρ_w = kerapatan air 1000 kg/ m³

SSI= spesifik gravity

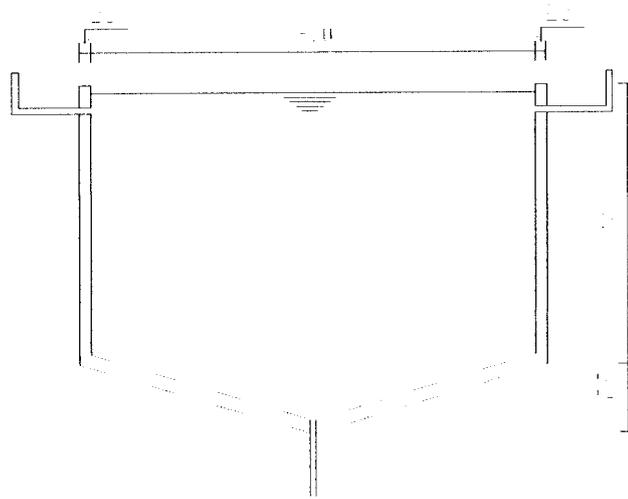
Ps = kandungan bahan padat lumpur

Sumber Metcalf and Eddy, 2003

Ruang lumpur berbentuk limas terbalik

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{1}{3} \times \text{luas alas} \times \text{tinggi (h)} \\ 0,288 \text{ m}^3/\text{hri} &= \frac{1}{3} \times 3,88 \text{ m}^2 \times h \\ h &= \frac{0,864 \text{ m}^3}{3,88 \text{ m}^2} \\ &= 0,22 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi tinggi ruang lumpur = 0,22 m



Gbr.5.5. Bak Sedimentasi

e. Bak Klorinasi

1. Bak Pembubuh Kaporit

- Data Perencanaan

- Debit air buangan = 116,333 m³/hri
- Periode pengisian bak pelarut = 12 jam
- Kaporit yang digunakan dengan konsentrasi bahan aktif 60 %.
- Kadar chlorin yang dibutuhkan (daya serap chlor) 7 mg/L.

- Perhitungan

Kebutuhan kaporit = Q air buangan x kadar kaporit x dosis kaporit

$$= \frac{100}{60} \times 116,333 \text{ m}^3/\text{hri} \times (7 \text{ mg/L} \times 1 \text{ kg}/1000000 \text{ mg} \times 1000 \text{ L}/\text{m}^3)$$

$$= \frac{100}{60} \times 116,333 \times (7000 \div 1000000) \text{ kg/hri}$$

$$= 1,67 \times 116,333 \times 0,007 \text{ kg/hri}$$

$$= 1,359 \text{ kg/hri}$$

$$= 1,4 \text{ kg/hri}$$

$$= 0,0162 \text{ gr/dtk}$$

$$\begin{aligned}
\text{Debit pembubuh} &= \text{konsentrasi larutan} \times \text{kebutuhan kaporit.} \\
&= (100 \text{ ml} \div 2 \text{ gr}) \times 0,0162 \text{ gr/dtk} \\
&= 0,81 \text{ ml/dtk} \times 60 \text{ dtk/mnt} \times 1 \text{ L} \div 1000 \text{ ml} \\
&= 0,0486 \text{ L/mnt.}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Kapasitas bak} &= \text{debit pembubuh} \times \text{periode pengisian} \\
&= 0,0486 \text{ L/mnt} \times 12 \text{ jam} \times 60 \text{ menit/jam} \\
&= 34,992 \text{ L} \\
&= 0,0349 \text{ m}^3 \\
&= 0,04 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

dimensi bak :

$$\text{Panjang bak} = 0,5 \text{ m}$$

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

$$\begin{aligned}
\text{Kedalaman} &= 0,8 \text{ m} + 0,2 \text{ m (freeboard)} \\
&= 1 \text{ m.}
\end{aligned}$$

2. Bak Kontak Klor

- Data Perencanaan

- Beban permukaan = $32 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$

- Waktu Kontak = 20 menit

- Perhitungan

$$\begin{aligned}
\text{Volume bak} &= Q \text{ air buangan} \times \text{waktu kontak} \\
&= 116,333 \text{ m}^3/\text{hari} \times (20 \div 60) \times \left(\frac{1}{24}\right) \text{ hari} \\
&= 1,62 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Luas Penampang bak :

$$\begin{aligned} A_s &= Q \text{ air buangan} : V_s \\ &= 116,333 \text{ m}^3/\text{hari} \div 32 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \\ &= 3,635 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dengan bak berbentuk persegi panjang

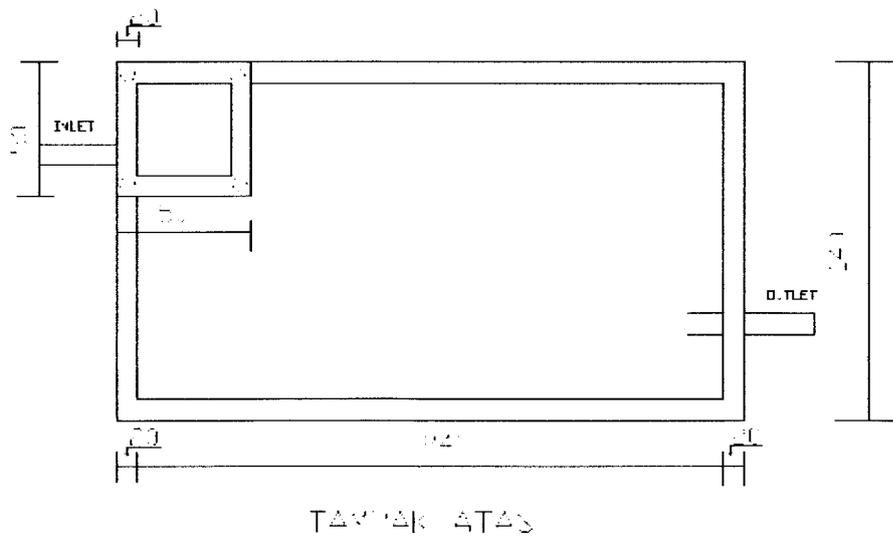
$$\begin{aligned} P : L &= 2 : 1 \\ P &= 2L \\ A_s &= 2L \times L \\ 3,635 &= 2L^2 \\ L &= \sqrt{\frac{3,635}{2}} \\ L &= 1,35 \text{ m} = 1,4 \text{ m} \end{aligned}$$

Karena $P = 2L$

Maka $P = 2 \times 1,4$

$$P = 2,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi bak (H)} &= \text{Volume} : \text{Luas Penampang bak} \\ &= 1,62 \text{ m}^3 \div 3,635 \text{ m}^2 \\ &= 0,45 \text{ m} \end{aligned}$$



Gbr.5.6. Bak Kontak klorinasi

f. Bak Indikator

1. Data Perencanaan

- Debit air buangan = 116,333 m³/hri
- Waktu tinggal = 1 – 4 jam
- Beban permukaan = 24 – 120 m³/m².hri
- Kedalaman = 2,5 – 3,75 m.

2. Perhitungan

$$A = \frac{\text{Debit Air Buangan}}{\text{Beban Permukaan}}$$
$$= \frac{116,333 \text{ m}^3/\text{hri}}{32 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hri}}$$
$$= 3,635 \text{ m}^2$$

Dengan bak berbentuk persegi panjang

$$P : L = 2 : 1$$

$$P = 2L$$

$$A = 2L \times L$$

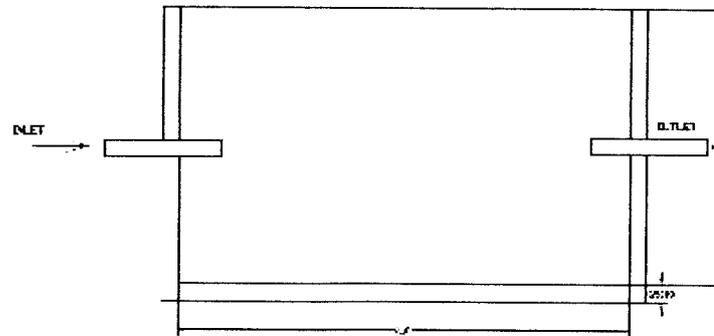
$$3,635 = 2L^2$$

$$L = \sqrt{\frac{3,635}{2}}$$

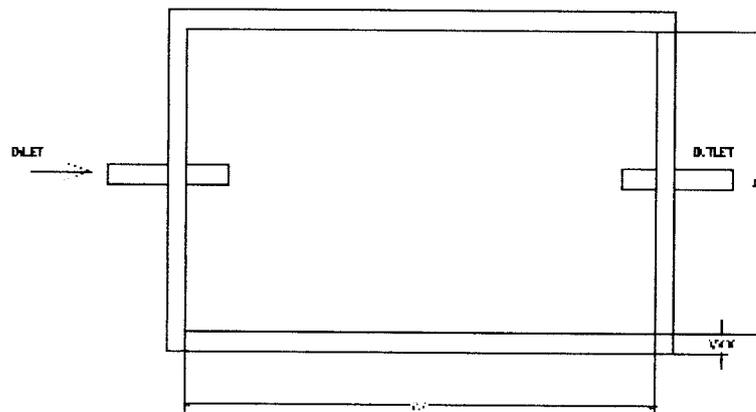
$$L = 1,35 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang bak} &= 2L \\ &= 2 \times 1,35 \text{ m} \\ &= 2,7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu tinggal (dt)} &= \frac{V}{Q} \\ &= \frac{(2,7 \times 1,35 \times 2,5) \text{ m}^3}{0,0014 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 3600 \text{ dtk/jam}} \\ &= 1,808 \text{ jam} \\ &= 2 \text{ jam} \end{aligned}$$



TAMPAK SAMPING



TAMPAK ATAS

Gbr.5.7. Bak Indikator

g. Bak Pengering Lumpur

1. Data Perencanaan

- Periode pengeringan = 30 hari.
- Tebal lapisan pasir = 25 cm.
- Tebal lapisan kerikil = 30 cm
- Tebal lapisan lumpur = 20 – 30 cm.

2. Perhitungan

$$\text{Lumpur yang terjadi} = 5 \%$$

$$\text{Spesifik gravity} = 1,02$$

$$\begin{aligned} \text{Massa padat yang dihilangkan} &= \text{SS removal} \times Q_{ab} \times 1,02 \\ &= 113,4 \text{ mg/L} \times 116,333 \text{ m}^3/\text{hri} \times 1,02 \\ &= 0,1134 \text{ kg/m}^3 \times 116,333 \text{ m}^3/\text{hri} \times 1,02 \\ &= 13,456 \text{ kg/hri.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{M_s}{P_w \times S S_i \times P_s} \\ &= \frac{13,456 \text{ kg/hri}}{1000 \text{ kg/m}^3 \times 1,02 \times 0,05} \\ &= \frac{13,456 \text{ kg/hri}}{51 \text{ kg/m}^3} \\ &= 0,264 \text{ m}^3/\text{hri.} \end{aligned}$$

Dimensi bak pengering lumpur :

Volume lumpur selama pengeringan $0,314 \text{ m}^3/\text{hari}$.

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= \text{volume lumpur} \times \text{lama waktu pengeringan} \\ &= 0,264 \text{ m}^3/\text{hri} \times 30 \text{ hari} \\ &= 7,92 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi bak total} &= h_{\text{pasir}} + h_{\text{kerikil}} + h_{\text{lumpur}} + \text{toleransi} \\ &= 25 \text{ cm} + 30 \text{ cm} + 30 \text{ cm} + 25 \text{ cm} \\ &= 110 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan bak} &= \text{Volume bak} : \text{tinggi total bak} \\ &= 7,92 \text{ m}^3 : 1,1 \text{ m} \\ &= 7,2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dimensi bak

Panjang : Lebar = 2 : 1

Panjang : Lebar = $\frac{1}{2} \times \text{LuasBak}$

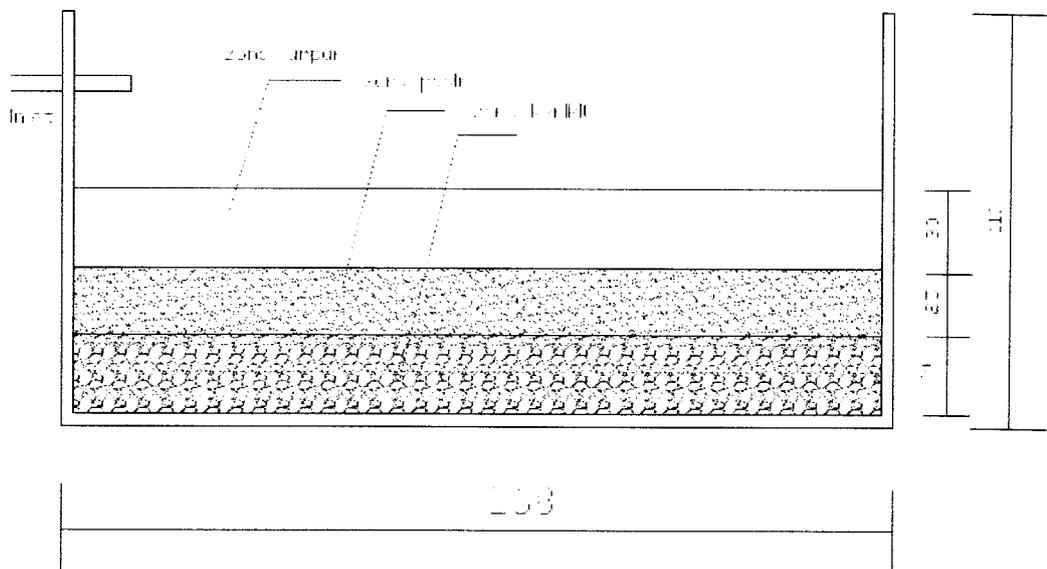
$$2L^2 = \frac{1}{2} \times 7,2 \text{ m}^2$$

$$L = \sqrt{1,8 \text{ m}^2}$$

$$L = 1,34 \text{ m}$$

Dengan $L = 1,34 \text{ m}$,

maka : $P = 2L = 2 \times 1,34 \text{ m} = 2,68 \text{ m}$



Gbr.5.8. Bak Pengering lumpur

5.1.3. Hasil Perhitungan unit-unit Pengolahan Air Buangan dengan Sistem Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB).

a. Perencanaan UASB

1. Kriteria Desain:

- Beban Organik = 10 – 20 kg
- Hydraulic Retention Time (HRT) = 4 – 24 jam
- pH = 6 – 8
- Removal COD = 75% - 85%
- Removal BOD = 80% – 90%
- Removal TSS = 60% - 70%
- Pertambahan Sludge = 0,5 kg/kg COD Removal
- Produksi gas CH₄ = 0.4 m³/ kg COD Removal

Sumber : Malina, 1992

2. Perencanaan

- $Q = 116.333 \text{ m}^3/\text{hri} \rightarrow 0.0014 \text{ m}^3/\text{dtk}$
- Konsentrasi COD yang masuk = 225 mg/L
- Konsentrasi TSS yang masuk = 140 mg/L
- Konsentrasi BOD yang masuk = 77 mg/L
- Td = 4 jam
- Lumpur diasumsikan mengandung 95% air dan 5% solid
- BOD Removal = 80 %
- COD Removal = 85%

- TSS Removal = 60 %
- Freeboard = 0,5

3. Perhitungan

» Volume UASB (v) = $Q_{ab} \times T_d$

$$= 116,333 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{6 \text{ jam}}{24 \text{ jam/hari}}$$

$$= 29,1 \text{ m}^3$$

» Reaktor berbentuk tabung silinder. Diasumsikan tinggi reaktor (h)

$$= 4 \text{ m}$$

$$V_{\text{reaktor}} = \Pi \times r^2 \times h$$

$$29,1 \text{ m}^3 = 3,14 \times r^2 \times 4 \text{ m}$$

$$r^2 = \frac{29,1 \text{ m}^3}{12,56 \text{ m}}$$

$$r^2 = 2,32 \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{2,32}$$

$$r = 1,52 \text{ m}$$

$$V_{\text{silinder}} = \Pi \times r^2 \times h$$

$$= 3,14 \times (1,52 \text{ m})^2 \times 4 \text{ m}$$

$$= 29,02 \text{ m}^3$$

Jadi, volume reaktor adalah = $29,02 \text{ m}^3$

Jadi tinggi reaktor (h) = 4 m

Diameter reaktor (D) = 3,04 m

» Effluent UASB

- Kontrol Beban Organik (OL)

$$\begin{aligned} &= \text{BOD} \times \frac{Q_{ab}}{\text{Volume}} \\ &= 77 \text{ mg/L} \times \left(\frac{116,333 \text{ m}^3/\text{hari}}{29,1 \text{ m}^3} \right) \\ &= 77 \text{ mg/L} \times 3,99 / \text{hari} \\ &= 307,23 \text{ mg/L/hri} \\ &= 3,0723 \times 10^{-4} \text{ gr/m}^3/\text{hri} \end{aligned}$$

- BOD / COD = 0,68

$$\begin{aligned} \text{COD} &= 0,68 \times \text{BOD} \\ &= 0,68 \times 77 \text{ mg/L} \\ &= 52,36 \text{ mg/L} \\ &= 52,36 \cdot 10^{-8} \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- Produksi Metan

$$\begin{aligned} \text{Gas Metan} &= 0,4 \text{ m}^3/\text{kg} \times \text{COD} \\ &= 0,4 \text{ m}^3/\text{kg} \times 52,36 \cdot 10^{-8} \text{ kg/m}^3 \\ &= 2,0944 \cdot 10^{-8} \text{ kg} \end{aligned}$$

» Effluent TSS dari prasedimentasi = 140 mg/L dengan efisiensi removal pada UASB = 60%, maka effluent dari UASB = 140 mg/L x 60% = 84 mg/L.

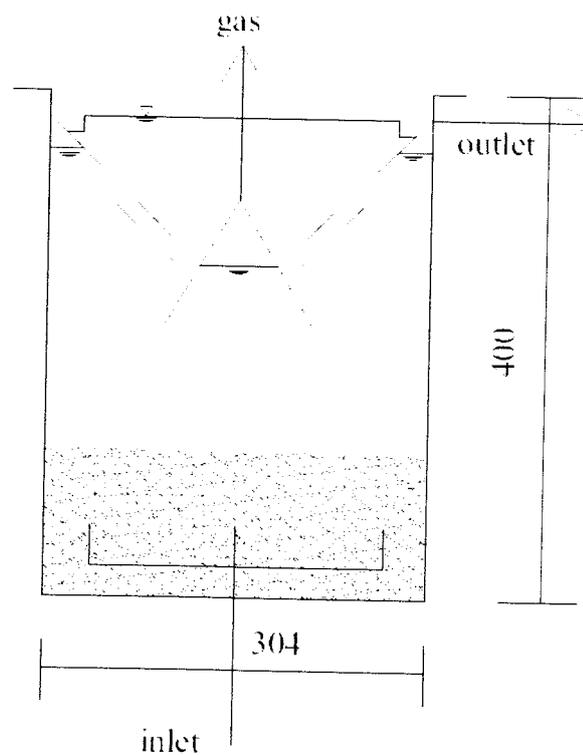
- Berat Lumpur = Removal TSS x Q
= 84 mg/L x 0,116 L/hri
= 9,744 mg/hri

- $$\begin{aligned} \text{Volume lumpur} &= \frac{\text{Berat Lumpur}}{\text{Bj Lumpur}} \\ &= \frac{9,744 \cdot 10^{-6} \text{ kg/hri}}{1005 \text{ kg/m}^3} \\ &= 9,696 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{hri} \end{aligned}$$

Lumpur diasumsikan mengandung 95% air dan 5% solid

- $$\begin{aligned} \text{Berat Solid} &= 5\% \times \text{Berat Lumpur} \\ &= 5\% \times 9,744 \cdot 10^{-6} \text{ kg/hri} \\ &= 4,872 \cdot 10^{-7} \text{ kg/hri} \end{aligned}$$

- $$\begin{aligned} \text{Volume Solid} &= \frac{\text{Berat Solid}}{\text{Bj Solid}} \\ &= \frac{4,872 \cdot 10^{-7} \text{ kg/hri}}{1025 \text{ kg/m}^3} \\ &= 4,753 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3/\text{hri} \end{aligned}$$



Gbr. 5.9. Tampak Samping UASB

b. Aerasi

1. Data Perencanaan

- $Q_{\text{air buangan}} = 0,0014 \text{ m}^3/\text{dtk}$
- Waktu tinggal = 2 jam
- Efisien penurunan BOD = 85 %
- Efisiensi penurunan COD = 80%
- Panjang : Lebar = 2 : 1
- Umur Lumpur (θ) = 5 hari
- Suhu (T) = 25°C
- Yield teoritis (Y) = 0,5
- Berat jenis udara = 1,827 kg/m³
- Prosentase O₂ dalam udara = 21 %
- Koefisien transfer O₂ = 8 %

2. Perhitungan

Volume kolam

$$\begin{aligned} V &= Q \times dt \\ &= 116,333 \text{ m}^3/\text{hari} \times 2 \text{ jam} \\ &= (116,333 \text{ m}^3/24 \text{ jam}) \times 2 \text{ jam} \\ &= 9,7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

BOD effluen dengan efisiensi penurunan 85 %

$$\text{BOD masuk} = 15,4 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD removal} &= 15,4 \text{ mg/L} \times 85 \% \\ &= 13,09 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BOD effluen} &= \text{BOD masuk} - \text{BOD removal} \\
 &= 15,4 \text{ mg/L} - 13,09 \text{ mg/L} \\
 &= 2,31 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

COD effluen dengan efisiensi penurunan 80 %

$$\text{COD masuk} = 33,75 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned}
 \text{COD removal} &= 33,75 \text{ mg/L} \times 80 \% \\
 &= 27 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{COD effluen} &= \text{BOD masuk} - \text{BOD removal} \\
 &= 33,75 \text{ mg/L} - 27 \text{ mg/L} \\
 &= 6,75 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Luas penampang bak (A)

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{\text{volume bak}}{\text{kedalaman bak}} \\
 A &= \frac{9,7 \text{ m}^3}{2 \text{ m}} \\
 A &= 4,85 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Bentuk bak persegi panjang dimana :

$$\begin{aligned}
 P \div L &= 2 \div 1 \\
 P &= 2L \\
 A &= 2L \times L \\
 4,85 \text{ m}^2 &= 2L^2 \\
 L^2 &= \frac{4,85 \text{ m}^2}{2} \\
 L &= \sqrt{2,425} \\
 L &= 1,6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

maka :

$$P = 2L$$

$$P = 2 \times 1,6 \text{ m}$$

$$P = 3,2 \text{ m}$$

Dimensi bak Aerasi :

$$P = 3,2 \text{ m}$$

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

$$H = 2 + 0,5 \text{ (freeboard)}$$

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

Sumber Metcalf and Eddy, 2003

Produksi Lumpur (Px)

$$P_x = Y_{\text{obs}} \times Q(S_0 - S) \times (10^3 \text{ gr/kg})^{-1}$$

$$Y_{\text{obs}} = \frac{Y}{1 + 0,06 / \text{hari} \times 5 \text{ hari}}$$

$$Y_{\text{obs}} = \frac{0,5}{1 + 0,3}$$

$$Y_{\text{obs}} = 0,38$$

$$P_x = \frac{0,38 \times 116,333 \text{ m}^3/\text{hri} \times (15,4 - 2,31) \text{ gr/m}^3}{1000 \text{ gr/kg}}$$

$$P_x = \frac{0,38 \times 116,333 \text{ m}^3/\text{hri} \times 13,09 \text{ gr/m}^3}{1000 \text{ gr/kg}}$$

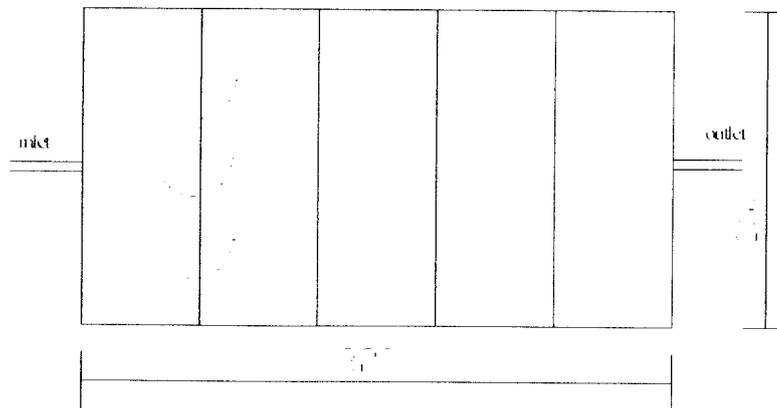
$$P_x = 0,579 \text{ kg/hri}$$

Lumpur yang akan dibuang dari kolam aerasi :

$$Q_{\text{wr}} = \frac{V}{\theta_c}$$

$$= \frac{9,7 \text{ m}^3}{5 \text{ hari}}$$

$$= 1,94 \text{ m}^3/\text{hri}$$



Gbr.5.10. Tampak atas bak Aerasi

c. Sedimentasi

1. Data Perencanaan

- Q air buangan = 0,0014 m³/dtk
- Beban permukaan = 30 m³/m².L
- Waktu detensi (td) = 2 jam
- Lebar ruang limpahan = 0,4 m
- SS masuk = 50,4 mg/L
- Kedalaman ruang limpahan = 0,25 m
- Pemisahan SS = 90 %
- Kerapatan air (Pw) = 1000 kg/m³
- Spesifik gravity (Ssi) = 1,02
- Kandungan bahan padat lumpur (Ps) = 5 %

2. Perhitungan

- SS yang mengendap (SS removal) :

$$\begin{aligned} &= \% \text{ pemisahan SS } \times \text{ SS masuk} \\ &= 90\% \times 113,4 \text{ mg/L} \\ &= 102,06 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- SS yang keluar dari bak pengendap (SS effluen) :

$$\begin{aligned} &= \text{SS masuk} - \text{SS removal} \\ &= 113,4 \text{ mg/L} - 102,06 \text{ mg/L} \\ &= 11,34 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Volume bak pengendap

- Luas penampang bak

$$\begin{aligned} &= \frac{Q_{ab}}{\text{Beban Permukaan}} \\ &= \frac{116,333 \text{ m}^3/\text{hri}}{30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hri}} \\ &= 3,88 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Volume bak

$$\begin{aligned} V &= Q \times td \\ &= (116,333 \text{ m}^3/\text{hri} \div 24 \text{ jam}) \times 2 \text{ jam} \\ &= 9,695 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Kedalaman bak

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Luas Permukaan Bak}} \\ &= \frac{9,695 \text{ m}^3}{3,88 \text{ m}^2} \\ &= 2,5 \text{ m} \end{aligned}$$

- Dimensi pengendap

- Panjang : Lebar = $\sqrt{3,88}$
= 1,97 m \approx 2 m
- Keliling pelimpahan = $4 \times$ Panjang Bak
= 4×2 m
= 8 m
- Tinggi ruang pelimpahan = $\frac{\text{Panjang Bak}}{\text{Keliling Ruang Pelimpahan}}$
= $\frac{2 \text{ m}}{8 \text{ m}}$
= 0,25 m
- Laju ruang pelimpahan = $\frac{Q_{ab}}{\text{Keliling Ruang Pelimpahan}}$
= $\frac{116,333 \text{ m}^3/\text{hri}}{8 \text{ m}}$
= 14,54 m²/hri

- Dimensi ruang lumpur :

Lumpur yang ada dalam sedimentasi :

Kadar Air = 95 %

Kadar Solid = 5 %

Spesific Gravity = 1,02

Massa padat dari bak pengendap primer (MP) :

$$\begin{aligned} \text{MP} &= \text{SS yang mengendap} \times Q \\ &= 113,4 \text{ mg/L} \times 1,4 \text{ L/dtk} \\ &= 0,1134 \text{ kg/m}^3 \times 116,333 \text{ m}^3/\text{hri} \\ &= 13,19 \text{ kg/hri} \end{aligned}$$

Volume lumpur :

$$\begin{aligned} V &= \frac{MS}{\rho_w \times SSI \times Ps} \\ &= \frac{13,19 \text{ kg/hri}}{1000 \text{ kg/m}^3 \times 1,02 \times 0,05} \\ &= 0,259 \text{ m}^3/\text{hri} \end{aligned}$$

MS= massa lumpur kering (kg/hr)

V = volume lumpur (m³/hri)

ρ_w = kerapatan air 1000 kg/ m³

SSI= spesifik gravity

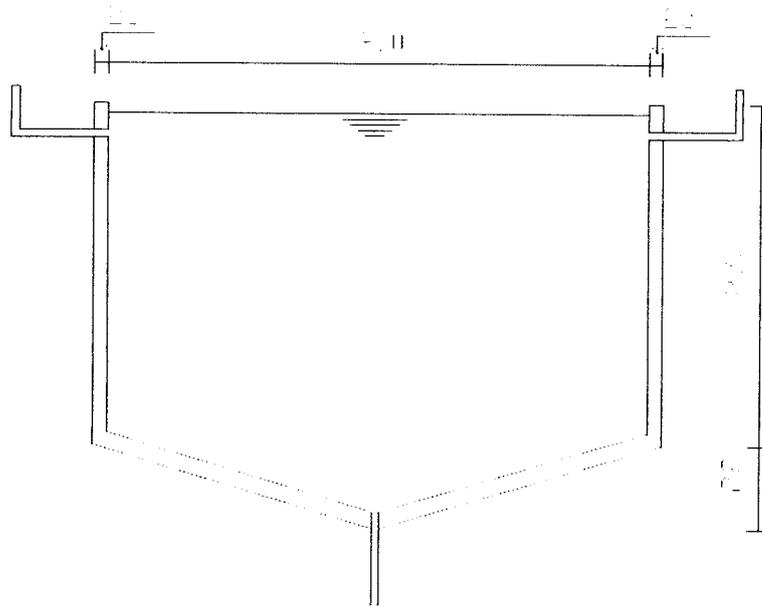
Ps = kandungan bahan padat lumpur

Sumber Metcalf and Eddy, 2003

Ruang lumpur berbentuk limas terbalik

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{1}{3} \times \text{luas alas} \times \text{tinggi (h)} \\ 0,259 \text{ m}^3/\text{hri} &= \frac{1}{3} \times 3,88 \text{ m}^2 \times h \\ h &= \frac{0,777 \text{ m}^3}{3,88 \text{ m}^2} \\ &= 0,2 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi tinggi ruang lumpur = 0,2 m



Gbr.5.11. Bak Sedimentasi

d. Bak Pengering Lumpur

1. Data Perencanaan

- Periode pengeringan = 30 hari.
- Tebal lapisan pasir = 25 cm.
- Tebal lapisan kerikil = 30 cm
- Tebal lapisan lumpur = 20 – 30 cm.

2. Perhitungan

Lumpur yang terjadi = 5 %

Spesifik gravity = 1,02

$$\begin{aligned}
\text{Massa padat yang dihilangkan} &= \text{SS removal} \times Q_{ab} \times 1,02 \\
&= 102,06 \text{ mg/L} \times 116,333 \text{ m}^3/\text{hri} \times 1,02 \\
&= 0,10206 \text{ kg/m}^3 \times 116,333 \text{ m}^3/\text{hri} \times 1,02 \\
&= 12,1104 \text{ kg/hri.}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V &= \frac{M_s}{P_w \times S_{Si} \times P_s} \\
&= \frac{12,1104 \text{ kg/hri}}{1000 \text{ kg/m}^3 \times 1,02 \times 0,05} \\
&= \frac{12,1104 \text{ kg/hri}}{51 \text{ kg/m}^3} \\
&= 0,2375 \text{ m}^3/\text{hri.}
\end{aligned}$$

Dimensi bak pengering lumpur :

Volume lumpur selama pengeringan $0,314 \text{ m}^3/\text{hari}$.

$$\begin{aligned}
\text{Volume bak} &= \text{volume lumpur} \times \text{lama waktu pengeringan} \\
&= 0,2375 \text{ m}^3/\text{hri} \times 30 \text{ hari} \\
&= 7,125 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tinggi bak total} &= h_{\text{pasir}} + h_{\text{kerikil}} + h_{\text{lumpur}} + \text{toleransi} \\
&= 25 \text{ cm} + 30 \text{ cm} + 30 \text{ cm} + 25 \text{ cm} \\
&= 110 \text{ cm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Luas permukaan bak} &= \text{Volume bak} : \text{tinggi total bak} \\
&= 7,125 \text{ m}^3 : 1,1 \text{ m} \\
&= 6,477 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Dimensi bak

$$\text{Panjang} : \text{Lebar} = 2 : 1$$

$$\text{Panjang} : \text{Lebar} = \frac{1}{2} \times \text{Luas Bak}$$

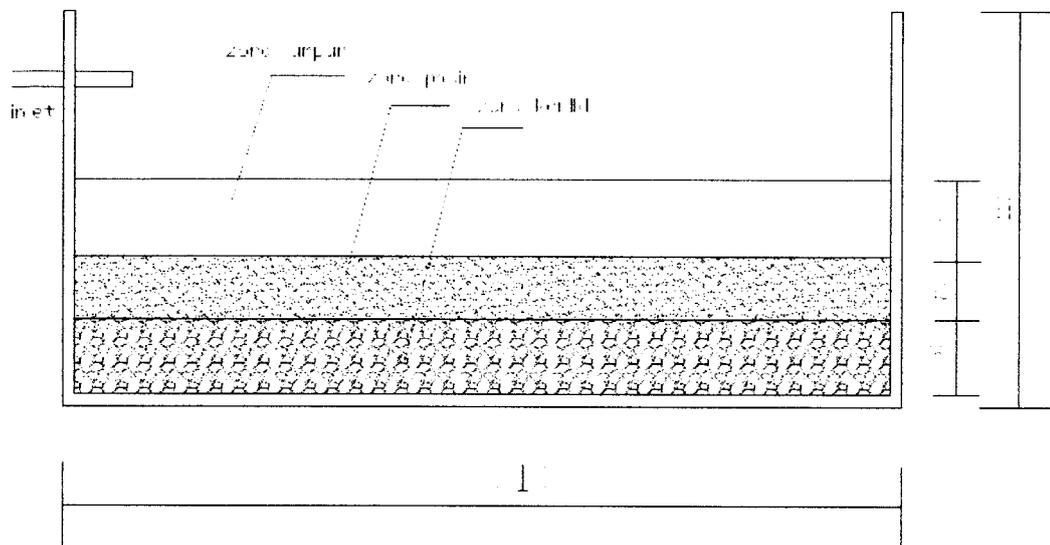
$$2L^2 = \frac{1}{2} \times 6,477 \text{ m}^2$$

$$L = \sqrt{6,477 \text{ m}^2}$$

$$L = 2,55 \text{ m}$$

Dengan $L = 2,55 \text{ m}$,

maka : $P = 2 L = 2 \times 2,55 \text{ m} = 5,1 \text{ m}$



Gbr.5.12. Bak Pengering lumpur

5.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Tabel 5.1. Analisa RAB

No.	Pekerjaan		Harga Satuan (Rp)	Upah (Rp)	Bahan (Rp)	Jumlah (Rp)
	Pekerjaan Tanah					
1	Galian Tanah					
		0,735	Pekerja	32.500	23.887,5	
		0,073	Mandor	40.000	2.920	
				26.807,5	0	26.807,5
2	Urugan Tanah Kembali					
		0,192	Pekerja	32.500	6.240	
		0,019	Mandor	40.000	760	
				7.000	0	7.000
3	Urugan Tanah dipadatkan					
		0,5	Pekerja	32.500	16.250	
		0,05	Mandor	40.000	2.000	
		1	Alat	10.000	10.000	
		1	Tanah Urug	32.000	32.000	
				60.250		60.250
	Pekerjaan Beton					
1	Pas.Batu Bata 1/2 Bata					
		100	Batu Bata	175	17.500	
		0,23	Zak Semen	70.000	16.100	
		0.043	Pasir Beton	46.000	1.978	
		0,01	Kepala Tukang	45.000	450	
		0,1	Tukang Batu	40.000	4.000	
		0,32	Pekerja	32.500	10.400	
		0,015	Mandor	40.000	600	
				15.450	35.578	51.028

No.	Pekerjaan		Harga Satuan (Rp)	Upah (Rp)	Bahan (Rp)	Jumlah (Rp)
2	Beton Bertulang Plat					
	1	Beton 1:2:3	232.000		232.000	
	150	Besi Tulangan	6.900		1.035.000	
	2,5	Bekisting	92.057		230.142,5	
	0,025	Kepala Tukang	45.000		1.125	
	0,25	Tukang Batu	40.000		10.000	
	1,65	Pekerja	32.500		53.625	
	0,08	Mandor	40.000		3.200	
					1.565.093	1.565.093

5.2.1 Activated Sludge

Tabel 5.2. Rencana Anggaran Biaya AS

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	BarScreen				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	0,424	m ³	26.807,5	11.366,38
2	Urugan Tanah Kembali	0,096	m ³	7.000	672
3	Urugan Tanah dipadatkan	0,096	m ³	60.250	5.784
					17.822,38
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	1,374	m ³	51.028	70.112,472
2	Beton Bertulang Plat	0,484	m ³	1.565.092,5	757.504,77
					827.617,242
					845.439,622

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	Bak Prasedimentasi				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	19,284	m ³	26.807,5	516.955,83
2	Urugan Tanah Kembali	0,214	m ³	7.000	1.498
3	Urugan Tanah dipadatkan	0,214	m ³	60.250	12.893,5
					531.347,33
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	6,32	m ³	5.1028	322.496,96
2	Beton Bertulang Plat	5,51	m ³	1.565.092,5	8.623.659,675
					8.946.156,635
					9.477.503,965
	Bak Aerasi				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	11,84	m ³	26.807,5	317.400,8
2	Urugan Tanah Kembali	0,528	m ³	7.000	3.696
3	Urugan Tanah dipadatkan	0,528	m ³	60.250	31.812
					352908,8
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	5,736	m ³	51.028	292.696,608
2	Beton Bertulang Plat	4,848	m ³	1.565.092,5	7.587.568,44
					7.880.265,048
					8.233.173,848

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	Bak Sedimentasi				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	18,627	m ³	26.807,5	499.343,3025
2	Urugan Tanah Kembali	0,281	m ³	7.000	1.967
3	Urugan Tanah dipadatkan	0,281	m ³	60.250	16.930,25
					518.240,5525
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	7,242	m ³	51.028	369.544,776
2	Beton Bertulang Plat	6,91	m ³	1.565.092,5	10.814.789,18
					11.184.333,95
					11.702.574,5
	Bak Indikator				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	14,712	m ³	26.807,5	394.391,94
2	Urugan Tanah Kembali	0,5585	m ³	7.000	3.909,5
3	Urugan Tanah dipadatkan	0,5585	m ³	60.250	33.649,625
					431.951,065
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	4,352	m ³	51.028	222.073,856
2	Beton Bertulang Plat	3,704	m ³	1.565.092,5	5.797.102,62
					6.019.176,476
					6.451.127,541



No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	Bak Klorinasi				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	4,453	m ³	26.807,5	119.373,7975
2	Urugan Tanah Kembali	0,643	m ³	7.000	4.501
3	Urugan Tanah dipadatkan	0,643	m ³	60.250	38.740,75
					162.615,5475
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	3,328	m ³	51.028	169.821,184
2	Beton Bertulang Plat	2,478	m ³	1.565.092,5	3.878.299,215
					4.048.120,399
					4.210.735,947
	Bak Pengering Lumpur				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	59,174	m ³	26.807,5	1.586.307,005
2	Urugan Tanah Kembali	3,956	m ³	7.000	27.692
3	Urugan Tanah dipadatkan	3,956	m ³	60.250	238.349
					1.852.348,005
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	12,32	m ³	51.028	628.664,96
2	Beton Bertulang Plat	11,85	m ³	1.565.092,5	18.546.346,13
					19.175.011,09
					21.027.359,09

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	Lain-lain				
I	Pekerjaan Persiapan				
	1. Pembersihan Lahan		Ls	250.000	250.000
	2. Pengukuran Lahan		Ls	500.000	500.000
	3. Urugan Pasir/Bongkar		Ls	700.000	700.000
					1.450.000
II	Perpipaan				
	1. Pipa Diameter 4"	1,5	m ³	323.000	484.500
III	Blower	4	Buah	15.500.000	62.000.000
IV	Pompa Lumpur	1	buah	2.000.000	2.000.000
V	Ruang Kontrol	1	Buah	15.000.000	15.000.000
					84.161.733,05

Tabel 5.3. Total Rencana Anggaran Biaya

No.	Pekerjaan	Jumlah Harga (Rp)
1	BarScreen	845.439,622
2	Bak Prasedimentasi	9.477.503,965
3	Bak Aerasi	8.233.173,848
4	Bak Sedimentasi	11.702.574,5
5	Bak Indikator	6.451.127,541
6	Bak Klorinasi	4.210.735,947
7	Bak Pengering Lumpur	21.027.359,09
8	Lain-lain	84.161.733,05
	Jumlah Total	143.678.124,8

5.2.2 UASB System

Tabel 5.4. Rencana Anggaran Biaya UASB

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	BarScreen				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	0,424	m ³	26.807,5	11.366,38
2	Urugan Tanah Kembali	0,096	m ³	7.000	672
3	Urugan Tanah dipadatkan	0,096	m ³	60.250	5.784
					17.822,38
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	1,374	m ³	51.028	70.112,472
2	Beton Bertulang Plat	0,484	m ³	1.565.092,5	757.504,77
					827.617,242
					845.439,622
	Bak UASB				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	49,614	m ³	26.807,5	1.330.027,305
2	Urugan Tanah Kembali	4,014	m ³	7.000	28.098
3	Urugan Tanah dipadatkan	4,014	m ³	60.250	241.843,5
					1.599.968,805
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	37,11	m ³	51.028	1.893.649,08
2	Beton Bertulang Plat	36,83	m ³	1.565.092,5	57.642.356,78
					59.536.005,86
					61.135.974,66

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	Bak Aerasi				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	11,84	m ³	26.807,5	317.400,8
2	Urugan Tanah Kembali	0,528	m ³	7.000	3.696
3	Urugan Tanah dipadatkan	0,528	m ³	60.250	31.812
					352.908,8
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	18,12	m ³	51.028	924.627,36
2	Beton Bertulang Plat	17,64	m ³	1.565.092,5	27.608.231,7
					28.532.859,06
					28.885.767,86
	Bak Sedimentasi				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	18,627	m ³	26.807,5	499.343,3025
2	Urugan Tanah Kembali	0,281	m ³	7.000	1.967
3	Urugan Tanah dipadatkan	0,281	m ³	60.250	16.930,25
					518.240,5525
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	7,242	m ³	51.028	369.544,776
2	Beton Bertulang Plat	6,91	m ³	1.565.092,5	10.814.789,18
					11.184.333,95
					11.702.574,5

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	Bak Indikator				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	14,712	m ³	26.807,5	394.391,94
2	Urugan Tanah Kembali	0,5585	m ³	7.000	3.909,5
3	Urugan Tanah dipadatkan	0,5585	m ³	60.250	33.649,625
					43.1951,065
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	4,352	m ³	51.028	222.073,856
2	Beton Bertulang Plat	3,704	m ³	1.565.092,5	5.797.102,62
					6.019.176,476
					6.451.127,541
	Bak Klorinasi				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	4,453	m ³	26.807,5	119.373,7975
2	Urugan Tanah Kembali	0,643	m ³	7.000	4.501
3	Urugan Tanah dipadatkan	0,643	m ³	60.250	38.740,75
					162.615,5475
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	3,328	m ³	51.028	169.821,184
2	Beton Bertulang Plat	2,478	m ³	1.565.092,5	3.878.299,215
					4.048.120,399
					4.210.735,947

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	Bak Pengering Lumpur				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	22,634	m ³	26.807,5	606.760,955
2	Urugan Tanah Kembali	1,521	m ³	7.000	10.647
3	Urugan Tanah dipadatkan	1,521	m ³	60.250	91.640,25
					709.048,205
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	6,758	m ³	51.028	344.847,224
2	Beton Bertulang Plat	5,424	m ³	1.565.092,5	8.489.061,72
					8.833.908,944
					9.542.957,149
	Lain-lain				
I	Pekerjaan Persiapan				
	1. Pembersihan Lahan		Ls	250.000	250.000
	2. Pengukuran Lahan		Ls	500.000	500.000
	3. Urugan Pasir/Bongkar		Ls	700.000	700.000
					1.450.000
II	Perpipaan				
	1. Pipa Diameter 4"	2,05	m ³	323.000	662.150
III	Pompa Lumpur	1	buah	2.000.000	2.000.000
					4.112.150

Tabel 5.5. Total Rencana Anggaran Biaya

No.	Pekerjaan	Jumlah Harga (Rp)
1	BarScreen	845.439,622
2	Bak Prasedimentasi	9.477.503,965
3	Bak UASB	61.135.974,66
4	Bak Aerasi	28.885.767,86
5	Bak Sedimentasi	11.702.574,5
6	Bak Indikator	6.451.127,541
7	Bak Klorinasi	4.210.735,947
8	Bak Pengering Lumpur	9.542.957,149
9	Lain-lain	4.112.150
Jumlah Total		126.886.727,3

5.3 Pembahasan

Limbah cair Rumah Sakit Risa Sentra Medika Mataram merupakan salah satu hasil samping dari berbagai kegiatan di rumah sakit, sehingga kualitasnya harus memenuhi persyaratan tertentu bagi kesehatan sebelum dibuang ke badan air penerima. Parameter utama dari limbah cair domestic yaitu BOD, COD dan TSS, dimana ketiga parameter ini harus memenuhi standar baku mutu air buangan golongan II. Hal ini dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut, sehingga direncanakan suatu bangunan instalasi pengolahan limbah cair yang dihasilkan oleh rumah sakit.

Pengolahan limbah cair domestik Rumah Sakit Risa Sentra Medika Mataram dalam perencanaan ini terdapat dua alternatif pengolahan biologis yaitu

dengan proses lumpur aktif dan proses anaerobik (UASB). Pengolahan biologis ini dilakukan untuk menurunkan konsentrasi parameter pencemar utama yang terdapat dalam limbah cair domestik.

5.3.1 Lumpur Aktif (*Activated Sludge*)

Pada proses Lumpur Aktif terdiri dari unit-unit pengolahan yaitu : barscreen, bak prasedimentasi, bak aerasi, bak sedimentasi, bak indikator, bak klorinasi dan bak pengering Lumpur. Pada proses ini dua bak yang utama yaitu bak aerasi dan bak sedimentasi. Dimana bak aerasi ini berfungsi untuk mengontakkan limbah cair dengan udara, hal ini dimaksudkan agar kandungan oksigen dalam air meningkat. Penambahan oksigen secara terus menerus adalah salah satu usaha untuk meningkatkan kualitas yang baik dalam degradasi bahan organik.

Bak sedimentasi dalam proses Lumpur aktif ini berfungsi untuk memisahkan Lumpur aktif dalam air limbah yaitu padatan dan cairan dengan menggunakan gaya gravitasi. Pada bak aerasi zat padat tersuspensi dipertahankan sehingga diperlukan bak pengendap setelah bak aerasi. Dari hasil perhitungan pada table 4.1. tentang efisiensi penurunan parameter pencemar pada proses Lumpur aktif dapat diperoleh hasil sebagai berikut : TSS effluent sebesar 12.6 mg/L, COD effluent sebesar 40.5 mg/L, BOD effluent sebesar 8.085 mg/L. Sehingga effluent dari proses Lumpur aktif ini telah memenuhi standar baku mutu yang telah ditentukan.

Sedangkan besarnya Rencana Anggaran Biaya yang diperlukan untuk bangunan instalasi pengolahan limbah cair domestik dengan menggunakan sistem Lumpur aktif ini yaitu **143.678.124,8** rupiah.

5.3.2 Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)

Pada proses anaerobik ini mempunyai unit-unit pengolahan fisik dan kimia yang sama dengan proses lumpur aktif, dimana yang membedakan yaitu tidak terdapat unit prasedimentasi karena pada sistem pengolahan ini dilakukan penambahan reaktor anaerobik (UASB) dalam unit pengolahan biologisnya. UASB yang lebih dikenal dengan istilah “selimut Lumpur” adalah suatu reaktor pengolahan limbah dengan proses anaerobik yaitu dengan penguraian senyawa organik secara biologi menjadi gas metan (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) tanpa kehadiran molekul oksigen. Dimana reaktor UASB ini terdiri dari bak dengan sistem aliran ke atas dimana air limbah masuk dari bawah ke bagian atas reaktor melalui *sludge blanket* yang terbentuk di bagian bawah reaktor tersebut.

Dalam perencanaan dengan reaktor UASB ini dilengkapi dengan alat *Gas Liquid Solid* (GLS) yang berfungsi sebagai pemisah antara gas, lumpur dan air bersih yang diletakkan di bagian atas reaktor. Karena di dalam reaktor ini di dalamnya terjadi dekomposisi yang terdiri dari dua tahap yaitu yang pertama hidrolisa asam organik sederhana seperti asam asetat dan asam propionate oleh bakteri pembentuk asam, dan kemudian perubahan senyawa organik menjadi gas (CH_4) dan (CO_2).

Selain menghasilkan gas metan dan karbondioksida, reaktor UASB ini juga dapat menurunkan kadar pencemar yaitu 80% BOD dan 85% COD. Oleh karena reaktor ini tidak bisa menurunkan kadar TSS yang tinggi, maka setelah pengolahan limbah cair pada reaktor UASB akan terendapkan secara gravitasi pada unit pengolahan sedimentasi. Dari hasil perhitungan pada table 4.2 tentang efisiensi penurunan parameter pencemar pada proses Anaerobik (UASB) dapat diperoleh hasil sebagai berikut yaitu : TSS sebesar 28,35 mg/L, COD sebesar 6,75 mg/L, dan BOD sebesar 2,31 mg/L.

Sedangkan besarnya Rencana Anggaran Biaya yang diperlukan untuk bangunan instalasi pengolahan limbah cair domestik dengan menggunakan sistem Anaerobik (UASB) ini yaitu **126.886.727,3** rupiah.

Tabel 5.6. Perbandingan AS dan UASB dengan pertimbangan beberapa Aspek

Lumpur Aktif (<i>Activated Sludge</i>)	<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i> (UASB)
<p>1. Aspek Teknis :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan pada proses ini mempunyai efektivitas yang cukup tinggi, karena mampu mereduksi atau menurunkan kandungan organik yang menjadi parameter utama yaitu BOD sebesar 92,65%, COD sebesar 83,8%, dan TSS sebesar 96,4%. - Dari segi konstruksi, teknis pelaksanaan di lapangan harus diperhatikan karena itu dalam proses ini membutuhkan tenaga ahli dalam pelaksanaannya. Material konstruksi yang digunakan untuk konstruksi sistem pengolahan ini mudah didapatkan. Bahan-bahan konstruksi yang diperlukan dijual di pasaran. - Dari segi operasi dan pemeliharaan, dalam proses ini memerlukan tenaga ahli untuk pengoperasian dan pemeliharaan unit bangunan Lumpur Aktif. 	<p>1. Aspek Teknis :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan pada proses ini juga mempunyai efektivitas yang tinggi, karena mampu mereduksi atau menurunkan kandungan organik yang menjadi parameter utama yaitu BOD sebesar 97,9%, COD sebesar 97,3%, dan TSS sebesar 91,9%. - Dari segi konstruksi, teknis pelaksanaan di lapangan harus diperhatikan karena itu dalam proses ini membutuhkan tenaga ahli dalam pelaksanaannya. Material konstruksi yang digunakan untuk konstruksi sistem pengolahan ini mudah didapatkan. Bahan-bahan konstruksi yang diperlukan dijual di pasaran. - Dari segi operasi dan pemeliharaan, dalam proses ini memerlukan tenaga ahli untuk pengoperasian dan pemeliharaan unit bangunan UASB.
<p>2. Aspek Ekonomis Pada proses ini pembiayaan konstruksi bangunan sebesar 143.678.124,8 rupiah</p>	<p>2. Aspek Ekonomis Pada proses ini pembiayaan konstruksi bangunan sebesar 126.886.727,3 rupiah</p>
<p>3. Aspek Lingkungan Penggunaan lahan bangunan IPAL yang mencukupi sebagai tempat pembangunan setiap unit-unit IPAL, dimana effluen yang dihasilkan tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan dan tidak mengganggu keseimbangan biologis.</p>	<p>3. Aspek Lingkungan Penggunaan lahan bangunan IPAL yang mencukupi sebagai tempat pembangunan setiap unit-unit IPAL, dimana effluen yang dihasilkan tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan dan tidak mengganggu keseimbangan biologis.</p>

Berdasarkan tabel 5.6. dapat dicermati bahwa perbandingan antara sistem Aerob dalam hal ini *Activated Sludge* (AS) dengan sistem Anaerob dalam hal ini *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB), tidak memiliki perbedaan yang sangat signifikan baik dari segi teknis maupun lingkungan. Karena kedua sistem tersebut sama-sama memiliki kelebihan dalam segi teknis baik itu dalam hal konstruksi dan efektifitas bangunan IPAL.

Dari hasil perhitungan efisiensi removal air limbah pada tabel 4.1, dimana sistem *Activated Sludge* (AS) mampu menghasilkan efisiensi removal pada BOD sebesar 92,65%, COD sebesar 83,8%, dan TSS sebesar 96,4%. Sedangkan pada sistem pengolahan yang menggunakan *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) mampu menghasilkan efisiensi removal pada BOD sebesar 97,9%, COD sebesar 97,3%, dan TSS sebesar 91,9%.

Begitupun juga pada segi lingkungan, kedua sistem tersebut tidak menimbulkan gangguan terhadap keseimbangan ekologis dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan. Lahan yang tersedia mencukupi untuk pembangunan perencanaan IPAL baik dengan sistem AS ataupun UASB.

Tetapi perbedaan yang paling signifikan adalah dari segi ekonomi. Pada sistem AS total Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebesar 143.678.124,8 rupiah, sedangkan pada sistem UASB total RAB sebesar 126.886.727,3 rupiah. Sehingga sistem UASB menjadi lebih ekonomis daripada AS. Hal ini disebabkan karena pada sistem *Activated Sludge* menggunakan aerasi mekanik yang memerlukan aerator, yaitu blower. Sedangkan pada UASB menggunakan aerasi manual yaitu *Cascade Aeration* yang lebih ekonomis karena tanpa aerator.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Hasil pembahasan mengenai perencanaan instalasi pengolahan air limbah Rumah Sakit Umum Risa Sentra Medika Mataram, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Rangkaian Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Umum Risa Sentra Medika Mataram direncanakan memiliki dua alternatif yaitu dengan sistem Lumpur Aktif (*Activated Sludge*) dan anaerobik sistem (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*).
2. Alternatif yang cocok untuk digunakan pada Rumah Sakit Risa Sentra Medika Mataram adalah dengan sistem Anaerobik (UASB), selain karena biayanya lebih murah juga parameter pencemar utama yaitu TSS effluent sebesar 28,35 mg/L, COD effluent sebesar 6,75 mg/L, BOD effluent sebesar 2,31 mg/L telah memenuhi syarat baku mutu limbah cair menurut Kep. Men. LH No. 58/Men.LH/XII/1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi kegiatan Rumah Sakit.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Risa Sentra Medika Mataram dapat diajukan saran-saran sebagai berikut :

1. Dengan perencanaan bangunan instalasi pengolahan air limbah yang baik diharapkan dapat menurunkan beban pencemar utama yang terkandung dalam air limbah.
2. Perlu adanya sarana bangunan pengolahan air limbah di Rumah Sakit Risa Sentra Medika Mataram, sehingga air limbah yang dihasilkan bisa diolah dengan semestinya.
3. Perlu adanya monitoring beban pencemar pada efluen agar kualitas air limbah hasil pengolahan selalu terkontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts,G., & Sumestri,S..1987, Metode Penelitian Air, Usaha Nasional, Surabaya.
- Anonim, 1987, Buku Petunjuk Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran Limbah Padat dan Cair, UI Press, Jakarta.
- Anonim, 1989, Rencana Pembangunan Lima Tahun Kelima Bidang Kesehatan 1989/1990-1993/1994, Departemen Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- Anonim, 1993, Pedoman Pemeliharaan Instalasi Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit, Departemen Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- Anonim, 1994, Pedoman Sanitasi Rumah Sakit Di Indonesia, Departemen Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- Anonim, 2006, Dokumen Upaya Pengelolaan Lingkungan dan Upaya Pemantauan Lingkungan (UKL – UPL). Rumah Sakit Risa Sentra Medika Kotamadya Mataram.
- Benfield, L.D., & Randall,CW., 1980, Biological Process Design For Wastewater Treatment. Prentice - Hall Inc. USA.
- Darmanto, 1995, Rancang Bangun Berbagai Sistem IPAL Rumah Sakit, Universitas Gajah Mada.
- Davis & Corn Well, 1991, Introduction to Environmental Engineering, Mc. Graw-Hill International Edition, Chemical Engineering Series, New Delhi.

- Djajadiningrat,A.H., 1992, Pengendalian Pencemaran Limbah Industri, Teknik Lingkungan ITB, Bandung.
- Ediarti dan Sutyasmi, 1990, “Pengolahan Sekunder” Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Kulit, Karet dan Plastik, Yogyakarta.
- Kusumanta, H., 1992, Pengolahan Limbah Rumah Sakit, Kumpulan Makalah, PPLH Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Linsey & Franzini, 1991, Teknik Sumber Daya Air, Jilid 2, Edisi 3, Erlangga, Jakarta.
- Malina, J.F., et al, 1992, Design of Anaerobic Process for The Treatment of Industrial and Munipical Wastes, Technomic Publishing Company, Inc, Pensylvenia, USA.
- Metcalf and Eddy, 2003, Wastewater Engineering Treatment and Reuse. Mc. Graw-Hill International Fourth Edition Publishing Co. Ltd, New York.
- Reynolds, T.d., 1982, Unit Operation and Process in Environmental Engineering, A & W University, Texas.
- Soufyan, M.N., Takeo M., 2000, Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Srijatno, 1995, Instalasi Pengolahan Air Kotor/Limbah Rumah Tangga Individual. Yogyakarta.
- Sugiharto, 1997, Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah, UI Press, Jakarta.
- Suriawiria, U., 1986, Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan secara Biologis, IKAPI, Bandung.
- Tjokrokusumo, 1995, Pengantar Konsep Teknologi Bersih, STTL”YLH” Yogyakarta.

LAMPIRAN I

PROFIL HIDROLIS

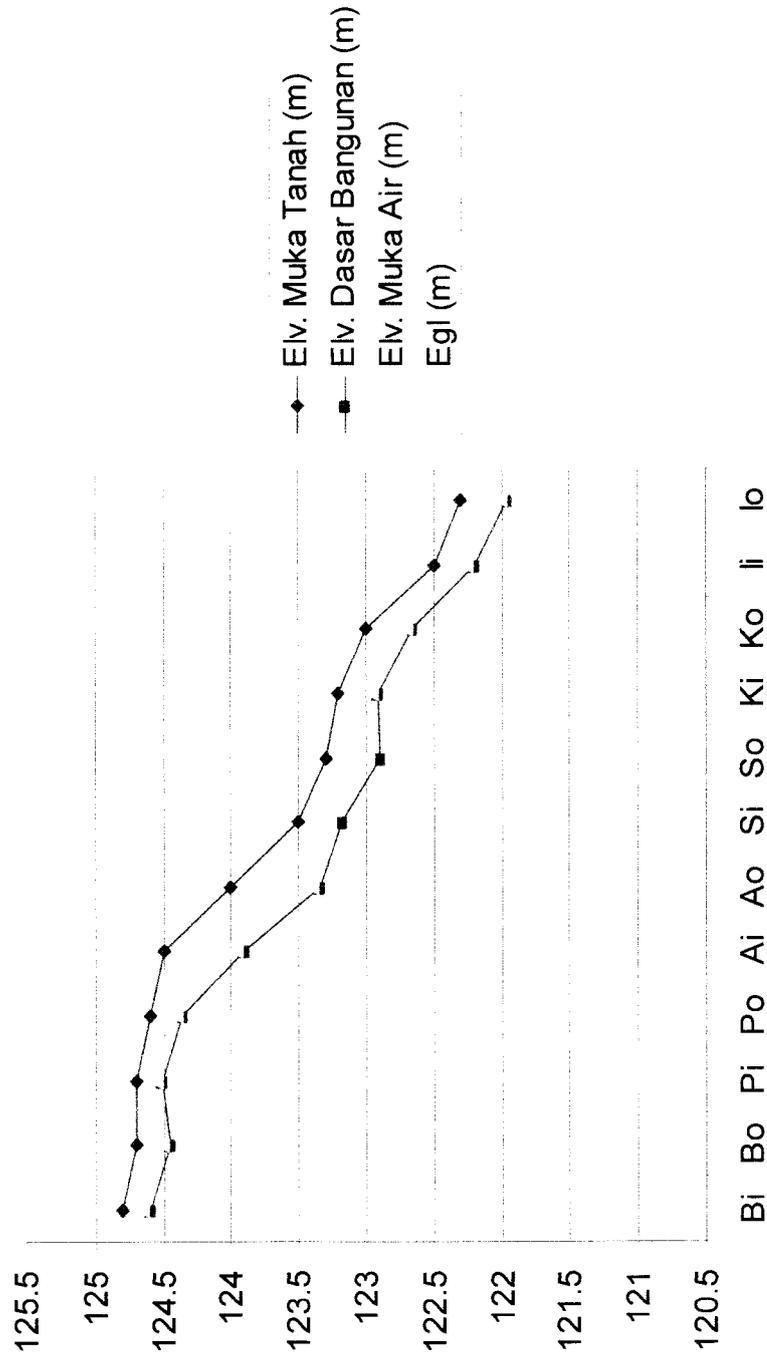
Profil Hidrolis Sistem AS

Saluran	Ld (m)	Elv. Muka Tanah (m)		Sd (m)	H (m)	Fb (m)	Hf (m)	Elv. Dsr Saluran (m)		Elv. Muka Air (m)		Egl (m)	
		Awal	Akhir					Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
Barscreen	100	124.8	124.7	0.001	0.05323	0.09788	0.1	124.602	124.449	124.655	124.502	124.6553	124.60212
Prasedimentasi	174	124.7	124.6	0.0005	0.04872	0.09364	0.1	124.506	124.358	124.555	124.406	124.5551	124.45507
Aerasi	320	124.5	124	0.0015	0.0585	0.10261	0.5	123.897	123.339	123.956	123.397	123.9559	123.45588
Sedimentasi	200	123.5	123.3	0.001	0.08247	0.12183	0.2	123.178	122.896	123.261	122.978	123.2606	123.06063
Klorinasi	280	123.2	123	0.00071	0.04692	0.09189	0.2	122.908	122.661	122.955	122.708	122.955	122.75502
Indikator	270	122.5	122.3	0.00074	0.04705	0.09203	0.2	122.208	121.961	122.255	122.008	122.255	122.05502

Profil Hidrolis Sistem Anaerobik (UASB)

Saluran	Ld (m)	Elv. Muka Tanah (m)		Sd (m)	H (m)	Fb (m)	Hf (m)	Elv. Dsr Saluran (m)		Elv. Muka Air (m)		Egl (m)	
		Awal	Akhir					Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
Barscreen	100	124.8	124.7	0.001	0.05323	0.09788	0.1	124.602	124.449	124.655	124.502	124.6553	124.60212
UASB	304	124.7	124.6	0.00032	0.03952	0.08434	0.1	124.516	124.376	124.555	124.416	124.5552	124.45518
Aerasi	320	124.5	124	0.0015	0.0585	0.10261	0.5	123.897	123.339	123.956	123.397	123.9559	123.45588
Sedimentasi	200	123.5	123.3	0.001	0.08247	0.12183	0.2	123.178	122.896	123.261	122.978	123.2606	123.06063
Klorinasi	280	123.2	123	0.00071	0.04692	0.09189	0.2	122.908	122.661	122.955	122.708	122.955	122.75502
Indikator	270	122.5	122.3	0.00074	0.04705	0.09203	0.2	122.208	121.961	122.255	122.008	122.255	122.05502

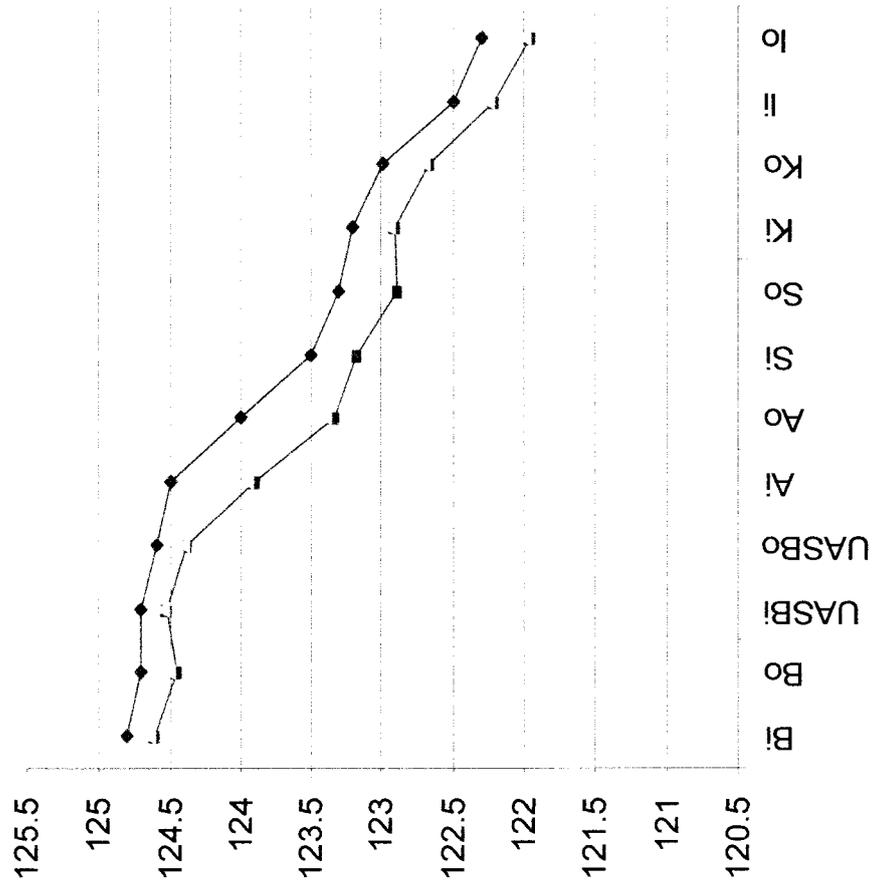
Profil Hidrolis Sistem Activated Sludge



Keterangan :

- Bi : Barscreen Inlet
- Bo : Barscreen Outlet
- Pi : Prasedimentasi Inlet
- Po : Prasedimentasi Outlet
- Ai : Aerasi Inlet
- Ao : Aerasi Outlet
- Si : Sedimentasi Inlet
- So : Sedimentasi Outlet
- Ki : Klorinasi Inlet
- Ko : Klorinasi Outlet
- Ii : Indikator Inlet
- Io : Indikator Outlet

Profil Hidrolis Sistem Anaerobik (UASB)



Keterangan :

- Bi : Barscreen Inlet
- Bo : Barscreen Outlet
- UASBi : UASB Inlet
- UASBo : UASB Outlet
- Ai : Aerasi Inlet
- Ao : Aerasi Outlet
- Si : Sedimentasi Inlet
- So : Sedimentasi Outlet
- Ki : Klorinasi Inlet
- Ko : Klorinasi Outlet
- Ii : Indikator Inlet
- Io : Indikator Outlet

LAMPIRAN II

**STANDAR NASIONAL INDONESIA TENTANG KUMPULAN
ANALISA BIAYA KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG DAN
PERUMAHAN.**

SNI

SNI 03-2835 -2002

Standar Nasional Indonesia

Analisa biaya konstruksi (ABK)
bangunan gedung dan perumahan
pekerjaan persiapan

ICS

Badan Standardisasi Nasional

BSN

6.4 1 m³ Pengukuran dan pemasangan bouwplank

6.4.1 Bahan

- Kayu 5/7	0,012 M ³
- Paku biasa 2" – 5"	0,020 Kg
- Kayu papan 3/20	0,007 M ³

6.4.2 Tenaga

- Tukang kayu	0,100 Oh
- Pekerja	0,100 Oh
- Kepala tukang	0,010 Oh
- Mandor	0,005 Oh

6.5 1 m² Pembuatan kantor sederhana, dengan lantai plesteran

6.5.1 Bahan

- Dolken kayu Ø 8-10/400 cm	1,250 Btg
- Kayu	0,180 M ³
- ^{Paku} Kayu biasa	0,850 Kg
- Besi strip	1,100 Kg
- Semen Portland	35.000 Kg
- Pasir pasang	0,150 M ³
- Pasir beton	0,100 M ³
- Koral beton	0,150 M ³
- Bata merah	30.000 Bh
- Seng plat	0,250 Lbr
- Jendela nako	2,000 Bh
- Kaca polos	0,080 M ²
- Kunci tanam	0,150 Bh
- Plywood 4 mm	0,060 Lmb

- Tukang kayu	2,000 Oh
- Tukang batu	1,000 Oh
- Pekerja	2,000 Oh
- Kepala tukang	0,300 Oh
- Mandor	0,050 Oh

6.6 1 m² Pembuatan gudang semen dan aiat-aiat

6.6.1 Bahan

- Dolken kayu Ø 8-10/400 cm	1,700 Btg
- Kayu	0,210 M ³
- Paku biasa	0,300 Kg
- Semen Portland	10.500 Kg
- Pasir beton	0,030 M ³
- Korai beton	0,050 M ³
- Seng gelombang bljs 32	1,500 Lbr

6.6.2 Tenaga

- Tukang kayu	2,000 Oh
- Pekerja	1,000 Oh
- Kepala tukang	0,200 Oh
- Mandor	0,050 Oh

6.7 1 m² Pembuatan rumah jaga/konstruksi kayu

6.7.1 Bahan

- Dolken kayu Ø 8-10/400 cm	3,000 Btg
- Kayu	0,276 M ³
- Paku biasa	0,700 Kg
- Seng gelombang bljs 32	1,500 Lbr

6.10 1 m² Pembuatan bak adukan ukuran (40 x 50 x 20) cm

6.10.1 Bahan

- Kayu terentang	0,036 M ³
- Paku biasa	0,080 Kg
- Kaso 5/7	1.000 Btg

6.10.2 Tenaga

- Tukang kayu	0,300 Oh
- Mandor	0,0015 Oh

6.11 1 m² Pembuatan Stegger dari bambu, ukuran (40 x 50 x 20) cm

6.11.1 Bahan

- Bambu Ø 6 – 8 /600 cm	1,000 Btg
- Tali ijuk	0,250 Kg

6.11.2 Tenaga

- Tukang kayu	0,017 Oh
- Kepala tukang	0,002 Oh
- Pekerja	0,250 Oh
- Mandor	0,013 Oh

6.12 1 m² Pembuatan jalan sementara

6.12.1 Bahan

- Batu belah 15/20	0,150 M ³
- Batu pecah 5/7	0,090 M ³
- Pasir pasang	0,010 M ³

NI

ar Nasional Indonesia

Analisa biaya konstruksi (ABK)
bangunan gedung dan perumahan
pekerjaan tanah

Badan Standardisasi Nasional

BSN

5 Contoh pengisian

5.1 1 m³ Galian tanah biasa sedalam 1 meter

5.1.1 Tenaga

- Pekerja	0,400	Oh x	Rp.15.000,-	=	Rp. 6.000,-
- Tukang gali	0	Oh x	Rp.20.000,-	=	Rp. 0,-
- Kepala tukang	0	Oh x	Rp.25.000,-	=	Rp. 0,-
- Mandor	0,040	Oh x	Rp.30.000,-	=	Rp. 1.200,-

Jumlah = Rp. 7.200,-

6 Analisa biaya konstruksi pekerjaan tanah

6.1 1 m³ Galian tanah biasa sedalam 1 meter.

6.1.1 Tenaga

- Pekerja	0,400	Oh
- Tukang gali	--	-
- Kepala Tukang	--	-
- Mandor	0,040	Oh

6.2. 1 m³ Galian tanah biasa sedalam 2 meter.

6.2.1 Tenaga

- Pekerja	0,526	Oh
- Tukang gali	--	-
- Kepala Tukang	--	-
- Mandor	0,052	Oh

6.3 1 m³ Galian tanah biasa sedalam 3 meter.

6.3.1 Tenaga

- Pekerja	0,735 Oh
- Tukang gali	--
- Kepala Tukang	--
- Mandor	0,073 Oh

6.4 1 m³ Galian tanah keras sedalam 1 meter.

6.4.1 Tenaga

- Pekerja	0,625 Oh
- Tukang gali	--
- Kepala Tukang	--
- Mandor	0,062 Oh

6.5 1 m³ Galian tanah cadas sedalam 1 meter.

6.5.1 Tenaga

- Pekerja	1,250 Oh
- Tukang gali	--
- Kepala Tukang	--
- Mandor	0,125 Oh

6.6 1 m³ Galian tanah lumpur sedalam 1 meter.

6.6.1 Tenaga

- Pekerja	0,823 Oh
- Tukang gali	--
- Kepala Tukang	--
- Mandor	0,083 Oh

6.7 1 m² Pekerjaan stripping setinggi 1 meter.

6.7.1 Tenaga

- Pekerja	0,050 Oh
- Tukang gali	--
- Kepala Tukang	--
- Mandor	0,005 Oh

6.8 1 m³ Pembuangan tanah sejauh 150 meter.

6.8.1 Tenaga

- Pekerja	0,516 Oh
- Tukang gali	--
- Kepala Tukang	--
- Mandor	0,050 Oh

6.9 1 m³ Urugan kembali.

6.9.1 Tenaga

- Pekerja	0,192 Oh
- Tukang gali	--
- Kepala Tukang	--
- Mandor	0,019 Oh

6.10 1 m³ Pemasatan Tanah.

6.10.1 Tenaga

- Pekerja	0,500 Oh
- Tukang gali	--
- Kepala Tukang	--
- Mandor	0,050 Oh

6.11 1 m³ Urugan pasir.

6.11.1 Bahan

- Pasir urug 1,200 M³

6.11.2 Tenaga

- Pekerja 0,300 Oh
- Tukang gali --
- Kepala Tukang --
- Mandor 0,010 Oh

6.12 1 m³ Lapisan pudel campuran 1 Kp : 3 Ps : 7 TL.

6.12.1 Bahan

- Pasir urug 0,330 M³
- Kapur padam 0,109 M²
- Tanah liat 0,763 M³

6.12.2 Tenaga

- Pekerja 0,833 Oh
- Tukang batu 0,416 Oh
- Kepala tukang 0,040 Oh
- Mandor 0,083 Oh

6.13 1 m³ Lapisan pudel campuran 1 Kp: 5 TL.

6.13.1 Bahan

- Kapur padam 0,200 M³
- Tanah liat 1,000 M³

3.13.2 Tenaga

- Pekerja	0,833 Oh
- Tukang batu	0,416 Oh
- Kepala tukang	0,041 Oh
- Mandor	0,081 Oh

6.14 1 m³ Pemasangan lapisan ijuk.

6.14.1 Bahan

- Ijuk	1,200 M ³
--------	----------------------

6.14.2 Tenaga

- Pekerja	0,150 Oh
- Tukang gali	--
- Kepala Tukang	--
- Mandor	0,015 Oh

6.15 1 m³ Urugan sirtu.

6.15.1 Bahan

- Sirtu	1,200 M ³
---------	----------------------

6.15.2 Tenaga

- Pekerja	0,250 Oh
- Tukang gali	--
- Kepala Tukang	--
- Mandor	0,025 Oh

6.16 1 m² pembuatan jalan sementara, tebal 25 cm.

6.16.1 Bahan

- Batu belah	0,275 M ³
- Kerikil	0,030 M ³
- Pasir	0,050 M ³

6.16.2 Tenaga

- Pekerja	1,000 Oh
- Tukang gali	--
- Kepala Tukang	--
- Mandor	0,100 Oh

SNI

SNI 03-2836 -2002

Standar Nasional Indonesia

Analisa biaya konstruksi (ABK)
bangunan gedung dan perumahan
pekerjaan pondasi

ICS

Badan Standardisasi Nasional

BSN

6.2.2 Tenaga	1,500 Oh
- Pekerja	0,600 Oh
- Tukang batu	0,060 Oh
- Kepala tukang	0,075 Oh
- Mandor	

6.3 1 m³ Pasang pondasi batu kali, 1 Pc : 2,5 Ps.

6.3.1 Bahan	
- Batu belah 15/20 cm	1,100 M ³
- Semen portland	392,000 Kg
- Pasir pasang	0,314 M ³

6.3.2 Tenaga	
- Pekerja	1,500 Oh
- Tukang batu	0,600 Oh
- Kepala tukang	0,060 Oh
- Mandor	0,075 Oh

6.4 1 m³ Pasang pondasi batu kali, 1 Pc : 3 Ps

6.4.1 Bahan	
- Batu belah 15/20 cm	1,100 M ³
- Semen portland	202,000 Kg
- Pasir pasang	0,485 M ³

6.4.2 Tenaga	
- Pekerja	1,500 Oh
- Tukang batu	0,600 Oh
- Kepala tukang	0,060 Oh
- Mandor	0,075 Oh

6.5 1 m³ Pasang pondasi batu kali, 1 Pc : 4 Ps.

6.5.1 Bahan

- Batu belah 15/20 cm	1,100 M ³
- Semen portland	163,000 Kg
- Pasir pasang	0,520 M ³

6.5.2 Tenaga

- Pekerja	1,500 Oh
- Tukang batu	0,600 Oh
- Kepala tukang	0,060 Oh
- Mandor	0,075 Oh

6.6 1 m³ Pasang pondasi batu kali, 1 Pc : 5 Ps.

6.6.1 Bahan

- Batu belah 15/20 cm	1,100 M ³
- Semen portland	136,000 Kg
- Pasir pasang	0,544 M ³

6.6.2 Tenaga

- Pekerja	1,500 Oh
- Tukang batu	0,600 Oh
- Kepala tukang	0,060 Oh
- Mandor	0,075 Oh

7 1 m³ Pasang pondasi batu kali, 1 Pc : 6 Ps.

7.1 Bahan	
- Batu belah 15/20 cm	1,100 M ³
- Semen portland	117,000 Kg
- Pasir pasang	0,561 M ³
7.2 Tenaga	
- Pekerja	1,500 Oh
- Tukang batu	0,600 Oh
- Kepala tukang	0,060 Oh
- Mandor	0,075 Oh

8 1 m³ Pasang pondasi batu kali, 1 Pc : 8 Ps.

8.1 Bahan	
- Batu belah 15/20 cm	1,100 M ³
- Semen portland	91,000 Kg
- Pasir pasang	0,561 M ³
8.2 Tenaga	
- Pekerja	1,500 Oh
- Tukang batu	0,600 Oh
- Kepala tukang	0,060 Oh
- Mandor	0,075 Oh

6.9 1 m³ Pasang pondasi batu kali, 1 Kp : 1 Sm : 1 Ps.

6.9.1 Bahan	1,100 M ³
- Batu belah 15/20 cm	0,229 Kg
- Kapur pasang	0,229 M ³
- Semen merah	0,544 M ³
- Pasir pasang	

6.9.2 Tenaga	1,500 Oh
- Pekerja	0,600 Oh
- Tukang batu	0,060 Oh
- Kepala tukang	0,075 Oh
- Mandor	

6.10 1 m³ Pasang pondasi batu kali, 1 Kp : 1 SM : 2 Ps.

6.10.1 Bahan	1,100 M ³
- Batu belah 15/20 cm	0,170 Kg
- Kapur pasang	0,170 M ³
- Semen merah	0,340 M ³
- Pasir pasang	

6.10.2 Tenaga	1,500 Oh
- Pekerja	0,600 Oh
- Tukang batu	0,060 Oh
- Kepala tukang	0,075 Oh
- Mandor	

6.11 1 m³ Pasang pondasi batu kali, 1 Pc : ¼ Kp : 4 Ps.

6.11.1 Bahan

- Batu belah 15/20 cm	1,100 M ³
- Semen portland	156,000 Kg
- Kapur pasang	0,032 M ³
- Pasir pasang	0,584 M ³

6.11.2 Tenaga

- Pekerja	1,500 Oh
- Tukang batu	0,600 Oh
- Kepala tukang	0,060 Oh
- Mandor	0,075 Oh

6.12 1 m³ Pasang pondasi batu kali, 1 Pc : 3 Kp : 10 Ps.

6.12.1 Bahan

- Batu belah 15/20 cm	1,100 M ³
- Semen portland	31,000 Kg
- Kapur pasang	0,147 M ³
- Pasir pasang	0,492 M ³

6.12.2 Tenaga

- Pekerja	1,500 Oh
- Tukang batu	0,600 Oh
- Kepala tukang	0,060 Oh
- Mandor	0,075 Oh

6.13 1 m³ Pasang pondasi batu kali, ¼ Pc : 1 Kp : 4 Ps.

6.13.1 Bahan

- Batu belah 15/20 cm	1,100 M ³
- Semen portland	41,000 Kg
- Kapur pasang	0,131 M ³
- Pasir pasang	0,523 M ³

6.13.2 Tenaga

- Pekerja	1,500 Oh
- Tukang batu	0,600 Oh
- Kepala tukang	0,060 Oh
- Mandor	0,075 Oh

6.14 1 m³ Pasang pondasi batu kosong

6.14.1 Bahan

- Batu belah 15/20 cm	1,200 M ³
- Pasir urug	0,300 M ³

6.14.2 Tenaga

- Pekerja	0,780 Oh
- Tukang batu	0,390 Oh
- Kepala tukang	0,039 Oh
- Mandor	0,039 Oh

6.15 1 m³ Pasang pondasi siklop 40% batu kali

6.15.1 Bahan

- Besi beton	75,000	Kg
- Semen portland	202,00	Kg
- Pasir beton	0,320	M ³
- Korai beton	0,490	M ³
- Kawat beton	0,800	Kg

6.15.2 Tenaga

-Pekerja	3,000	Oh
-Tukang batu	0,850	Oh
-Kepala tukang	0,085	Oh
-Mandor	0,150	Oh

6.16 1 m³ Pasang pondasi sumuran diameter 100 Cm.

6.16.1 Bahan

- Batu belah 15/20 cm	0,450	M ³
- Semen portland	280,00	Kg
- Pasir beton	0,450	M ³
- Korai beton	0,670	M ³

6.16.2 Tenaga

- Pekerja	2,380	Oh
- Tukang batu	0,300	Oh
- Kepala tukang	0,030	Oh
- Mandor	0,030	Oh

6.17 1 m³ Pembuatan tiang pancang (40 X 40) Cm , beton bertulang

6.18

6.17.1 Bahan

6.18

-Pasir urug darat	0,019	M ³
-Pasir beton	0,094	M ³
-Koral beton	0,150	M ³
-Semen portland	60,50	Kg
-Besi beton	45,00	Kg
-Kawat beton	0,900	Kg
-Kayu Kaso 5/7	0,032	M ³
-Paku	0,120	Kg
-Minyak bekisting	0,090	Lt
-Plamuur tembok	0,240	Kg

. P

. P

. K

. S

. E

. K

. K

. F

. M

. F

6.17.2 Tenaga

6.18

- Pekerja	1,000	Oh
- Tukang batu	0,670	Oh
- Kepala tukang	0,067	Oh
- Mandor	0,050	Oh

. I

. I

. I

. I

6.18 1 m' Pembuatan tiang pancang (35 X 35) Cm , beton bertulang

6.18.1 Bahan

- Pasir urug darat	0,016	M ³
- Pasir beton	0,080	M ³
- Korol beton	0,125	M ³
- Semen portland	49,00	Kg
- Besi beton	34,50	Kg
- Kawat beton	0,700	Kg
- Kayu kaso 5/7	0,027	M ³
- Paku	0,120	Kg
- Minyak bekisting	0,090	Lt
- Plamuur tembok	0,200	Kg

6.18.2 Tenaga

- Pekerja	0,800	Oh
- Tukang batu	0,500	Oh
- Kepala tukang	0,050	Oh
- Mandor	0,040	Oh

SNI

SNI 03-2837 -2002

Standar Nasional Indonesia

Analisa biaya konstruksi (ABK)
bangunan gedung dan perumahan
pekerjaan dinding

ICS

Badan Standardisasi Nasional

BSN

6.1.2 Tenaga

- Pekerja	0,650 Oh
- Tukang batu	0,200 Oh
- Kepala tukang	0,020 Oh
- Mandor	0,030 Oh

6.2 1 m² Pasangan bata merah tebal 1 bata, 1 Pc : 2 Ps.

6.2.1 Bahan

- Bata merah 5 x 11 x 22 cm	140,000 Bh
- Semen portland	43,500 Kg
- Pasir pasang	0,080 M ³

6.2.2 Tenaga

- Pekerja	0,650 Oh
- Tukang batu	0,200 Oh
- Kepala tukang	0,020 Oh
- Mandor	0,030 Oh

6.3 1 m² Pasangan bata merah tebal 1 bata, 1 Pc : 3 Ps

6.3.1 Bahan

- Bata merah 5 x 11 x 22 cm	140,000 Bh
- Semen portland	32,950 Kg
- Pasir pasang	0,091 M ³

6.3.2 Tenaga

- Pekerja	0,650 Oh
- Tukang batu	0,200 Oh
- Kepala tukang	0,020 Oh
- Mandor	0,030 Oh

6.4 1 m² Pasangan bata merah tebal 1 bata, 1 Pc : 4 Ps

6.6

6.4.1 Bahan

- Bata merah 5 x 11 x 22 cm	140,000 Bh
- Semen portland	26,550 Kg
- Pasir pasang	0,093 M ³

6.6.

- f

- s

- f

6.4.2 Tenaga

- Pekerja	0,650 Oh
- Tukang batu	0,200 Oh
- Kepala tukang	0,020 Oh
- Mandor	0,030 Oh

6.6

- f

-

- f

- f

6.5 1 m² Pasangan bata merah tebal 1 bata, 1 Pc : 5 Ps

6.7

6.5.1 Bahan

- Bata merah 5 x 11 x 22 cm	140,000 Bh
- Semen portland	22,200 Kg
- Pasir pasang	0,102 M ³

6.7

-

-

-

-

6.5.2 Tenaga

- Pekerja	0,650 Oh
- Tukang batu	0,200 Oh
- Kepala tukang	0,020 Oh
- Mandor	0,030 Oh

6.7

-

-

-

-

6.6 1 m² Pasangan bata merah tebal 1 bata, 1 Pc : 6 Ps

6.6.1 Bahan

- Bata merah 5 x 11 x 22 cm	140,000 Bh
- Semen portland	22,200 Kg
- Pasir pasang	0,102 M ³

6.6.2 Tenaga

- Pekerja	0,650 Oh
- Tukang batu	0,200 Oh
- Kepala tukang	0,020 Oh
- Mandor	0,030 Oh

6.7 1 m² Pasangan bata merah tebal 1 bata, 1 Pc : 3 Kp : 10 Ps

6.7.1 Bahan

- Bata merah 5 x 11 x 22 cm	140,000 Bh
- Semen portland	10,080 Kg
- Pasir pasang	0,0925 M ³
- Kapur pasang	0,0275 M ³

6.7.2 Tenaga

- Pekerja	0,650 Oh
- Tukang batu	0,200 Oh
- Kepala tukang	0,020 Oh
- Mandor	0,030 Oh

6.8 1 m² Pasangan bata merah tebal ½ bata, 1 Pc : 1 Ps

6.10.1

6.8.1 Bahan

6.10.1

- Bata merah 5 x 11 x 22 cm 70,000 Bh
- Semen portland 27,800 Kg
- Pasir pasang 0,028 M³

- Bata
- Sem
- Pas

6.8.2 Tenaga

6.10.2

- Pekerja 0,320 Oh
- Tukang batu 0,100 Oh
- Kepala tukang 0,010 Oh
- Mandor 0,015 Oh

- Peka
- Tuka
- Kepa
- Man

6.9 1 m² Pasangan bata merah tebal ½ bata, 1 Pc : 2 Ps

6.11.1

6.9.1 Bahan

6.11.1

- Bata merah 5 x 11 x 22 cm 70,000 Bh
- Semen portland 18,950 Kg
- Pasir pasang 0,038 M³

- Bata
- Sem
- Pasir

6.9.2 Tenaga

6.11.2

- Pekerja 0,320 Oh
- Tukang batu 0,100 Oh
- Kepala tukang 0,010 Oh
- Mandor 0,015 Oh

- Peka
- Tuka
- Kepa
- Man

6.10 1 m² Pasangan bata merah tebal ½ bata, 1 Pc : 3 Ps

6.10.1 Bahan

- Bata merah 5 x 11 x 22 cm	70,000 Bh
- Semen portland	14,370 Kg
- Pasir pasang	0,040 m ³

6.10.2 Tenaga

- Pekerja	0,320 Oh
- Tukang batu	0,100 Oh
- Kepala tukang	0,010 Oh
- Mandor	0,015 Oh

6.11 1 m² Pasangan bata merah tebal ½ bata, 1 Pc : 4 Ps

6.11.1 Bahan

- Bata merah 5 x 11 x 22 cm	70,000 Bh
- Semen portland	11,500 Kg
- Pasir pasang	0,043 M ³

6.11.2 Tenaga

- Pekerja	0,320 Oh
- Tukang batu	0,100 Oh
- Kepala tukang	0,010 Oh
- Mandor	0,015 Oh

6.12 1 m² Pasangan bata merah tebal ½ bata, 1 PC : 5 Ps

6.12.1 Bahan

- Bata merah 5 x 11 x 22 cm	70,000 Bh
- Semen portland	9,680 Kg
- Pasir pasang	0,045 M ³

6.12.2 Tenaga

- Pekerja	0,320 Oh
- Tukang batu	0,100 Oh
- Kepala tukang	0,010 Oh
- Mandor	0,015 Oh

6.13 1 m² Pasangan bata merah tebal ½ bata, 1 Pc : 6 Ps

6.13.1 Bahan

- Bata merah 5 x 11 x 22 cm	70,000 Bh
- Semen portland	8,320 Kg
- Pasir pasang	0,049 M ³

6.13.2 Tenaga

- Pekerja	0,320 Oh
- Tukang batu	0,100 Oh
- Kepala tukang	0,010 Oh
- Mandor	0,015 Oh

6.16 1 m² Pasangan bata merah tebal ½ bata, 1 Kp : 1 Sm : 1 Ps

6.16.1 Bahan

- Bata merah 5 x 11 x 22 cm	70,000 Bh
- Semen merah / bata merah tumbuk	0,018 M ³
- Pasir pasang	0,018 M ³
- Kapur padam	0,018 M ³

6.16.2 Tenaga

- Pekerja	0,320 Oh
- Tukang batu	0,100 Oh
- Kepala tukang	0,010 Oh
- Mandor	0,015 Oh

6.17 1 m² Pasangan bata merah tebal ½ bata, 1 Kp : 1 Sm : 2 Ps

6.17.1 Bahan

- Bata merah 5 x 11 x 22 cm	70,000 Bh
- Semen merah	0,014 Kg
- Pasir pasang	0,028 M ³
- Kapur padam	0,014 M ³

6.17.2 Tenaga

- Pekerja	0,320 Oh
- Tukang batu	0,100 Oh
- Kepala tukang	0,010 Oh
- Mandor	0,015 Oh

6.18 1 m² Pasangan dinding hollowblock (HB. 20)

6.18.1 Bahan

- Hollow block (HB. 20)	12,500 Bh
- Semen portland	13,500 Kg
- Pasir pasang	0,048 M ³
- Besi beton polos	1,950 Kg

6.18.1 Tenaga

- Pekerja	0,350 Oh
- Tukang batu	0,150 Oh
- Kepala tukang	0,015 Oh
- Mandor	0,017 Oh

6.19 1 m² Pasangan dinding hollowblock (HB. 15).

6.19.1 Bahan

- Hollow block (HB. 15)	12,500 Bh
- Semen portland	10,450 Kg
- Pasir pasang	0,038 M ³
- Besi beton polos	1,950 Kg

6.19.2 Tenaga

- Pekerja	0,320 Oh
- Tukang batu	0,120 Oh
- Kepala tukang	0,012 Oh
- Mandor	0,015 Oh

SNI

Standar Nasional Indonesia

Analisa biaya konstruksi (ABK)
bangunan gedung dan perumahan
pekerjaan beton

ICS

Badan Standardisasi Nasional

BSN

6.4 1 m³ Membuat lantai kerja beton tumbuk, 1 Pc : 3 Ps : 5 Kr,
tebal 5 cm

6.4.1 Bahan

- Semen portland	10,000 Kg
- Pasir beton	0,026 M ³
- Koral beton	0,044 M ³

6.4.2 Tenaga

- Pekerja	1,150 Oh
- Tukang batu	0,020 Oh
- Kepala tukang	0,002 Oh
- Mandor	0,006 Oh

6.5 1 m³ Membuat beton bertulang 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr.

6.5.1 Bahan

- Semen portland	232,000 Kg
- Pasir beton	0,520 M ³
- Koral beton	0,780 M ³

6.5.2 Tenaga

- Pekerja	1,650 Oh
- Tukang batu	0,250 Oh
- Kepala tukang	0,025 Oh
- Mandor	0,020 Oh

6.6 1 m³ Membuat beton bertulang, 1 Pc : 2 Ps : 4 Kr.

6.6.1 Bahan

- Semen portland	280,000 Kg
- Pasir beton	0,450 M ³
- Koral beton	0,900 M ³

6.6.2 Tenaga

- Pekerja	1,650 Oh
- Tukang batu	0,250 Oh
- Kepala tukang	0,025 Oh
- Mandor	0,080 Oh

6.7 1 m³ Membuat beton bertulang, 1 Pc : 2 Ps : 2,5 Kr.

6.7.1 Bahan

- Semen portland	352,000 Kg
- Pasir beton	0,560 M ³
- Koral beton	0,700 M ³

6.7.2 Tenaga

- Pekerja	1,650 Oh
- Tukang batu	0,250 Oh
- Kepala tukang	0,025 Oh
- Mandor	0,080 Oh

6.8 1 m³ Membuat beton bertulang, 1 Pc : 1,5 Ps : 3 Kr.

6.8.1 Bahan

- Semen portland	357,000 Kg
- Pasir beton	0,420 M ³
- Koral beton	0,540 M ³

6.8.2 Tenaga

- Pekerja	1,650 Oh
- Tukang batu	0,250 Oh
- Kepala tukang	0,025 Oh
- Mandor	0,080 Oh

6.9 1 m³ Membuat beton bertulang, 1 Pc : 1,5 Ps : 2,5 Kr.

6.9.1 Bahan

- Semen portland	386,000 Kg
- Pasir beton	0,470 M ³
- Koral beton	0,780 M ³

6.9.2 Tenaga

- Pekerja	1,650 Oh
- Tukang batu	0,250 Oh
- Kepala tukang	0,025 Oh
- Mandor	0,080 Oh

6.10 1 m³ Membuat beton bertulang, 1 Pc : 1 Ps : 2 Kr.

6.10.1 Bahan

- Semen portland	479,000	Kg
- Pasir beton	0,370	M ³
- Koral beton	0,740	M ³

6.10.2 Tenaga

- Pekerja	1,650	Oh
- Tukang batu	0,250	Oh
- Kepala tukang	0,025	Oh
- Mandor	0,080	Oh

6.11 1 m³ Membuat tiang pancang prestressed beton

6.11.1 Bahan

- Semen portland	440,000	Kg
- Pasir beton	0,500	M ³
- Koral beton	0,800	M ³
- Rapidrant	2,460	Gln

6.11.2 Tenaga

- Pekerja	1,650	Oh
- Tukang batu	0,250	Oh
- Kepala tukang	0,025	Oh
- Mandor	0,080	Oh

6.12 1 m³ Membuat beton dengan puzzdith -100 XR

6.12.1 Bahan

- Semen portland	336,000	Kg
- Pasir beton	0,540	M ³
- Koral beton	0,810	M ³
- Puzzdith - 100 XR	1,000	Ltr

6.12.2 Tenaga

- Pekerja	1,650	Oh
- Tukang batu	0,250	Oh
- Kepala tukang	0,025	Oh
- Mandor	0,080	Oh

6.13 1 m³ Membuat beton bertulang 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr.

6.13.1 Bahan

- Semen portland	336,000	Kg
- Pasir beton	0,540	M ³
- Koral beton	0,810	M ³

6.13.2 Tenaga

- Pekerja	2,000	Oh
- Tukang batu	0,350	Oh
- Kepala tukang	0,035	Oh
- Mandor	1,000	Oh

6.14 1 m³ Membuat beton bertulang 1 Pc : 2 Ps : 4 Kr.

6.14.1 Bahan

- Semen portland	291,000	Kg
- Pasir beton	0,470	M ³
- Korai beton	0,930	M ³

6.14.2 Tenaga

- Pekerja	2,000	Oh
- Tukang batu	0,350	Oh
- Kepala tukang	0,035	Oh
- Mandor	1,000	Oh

6.15 1 m³ Membuat beton bertulang 1 Pc : 1,5 Ps : 3 Kr.

6.15.1 Bahan

- Semen portland	367,000	Kg
- Pasir beton	0,440	M ³
- Korai beton 2/3	0,880	M ³

6.15.2 Tenaga

- Pekerja	2,000	Oh
- Tukang batu	0,350	Oh
- Kepala tukang	0,035	Oh
- Mandor	1,000	Oh

6.16 1 m³ Membuat beton bertulang 1 Pc : 1,5 Ps : 2,5 Kr.

6.16.1 Bahan

- Semen portland	400,000 Kg
- Pasir beton	0,480 M ³
- Koral beton 2/3	0,800 M ³

6.16.2 Tenaga

- Pekerja	2,000 Oh
- Tukang batu	0,350 Oh
- Kepala tukang	0,035 Oh
- Mandor	1,000 Oh

6.17 1 m³ Membuat beton bertulang 1 Pc : 1 Ps : 1 Kr.

6.17.1 Bahan

- Semen portland	615,000 Kg
- Pasir beton	0,520 M ³
- Koral beton	0,520 M ³

6.17.2 Tenaga

- Pekerja	2,000 Oh
- Tukang batu	0,350 Oh
- Kepala tukang	0,035 Oh
- Mandor	1,000 Oh

6.18 1 m³ Membuat beton kedap air dengan strorox - 100.

6.18.1 Bahan

- Semen portland	400,000	Kg
- Pasir beton	0,480	M ³
- Korol beton 2/3	0,800	M ³
- Strorox - 100.	1,200	Kg

6.18.2 Tenaga

- Pekerja	2,000	Oh
- Tukang batu	0,350	Oh
- Kepala tukang	0,035	Oh
- Mandor	1,000	Oh

6.19 1 m' Memasang PVC Waterstop lebar 150 mm.

6.19.1 Bahan

- Waterstop lebar 150 mm	1,050	M'
--------------------------	-------	----

6.19.2 Tenaga

- Pekerja	0,050	Oh
- Tukang batu	0,030	Oh
- Kepala tukang	0,003	Oh
- Mandor	0,002	Oh

6.20 1 m' Memasang PVC Waterstop lebar 200 mm.

6.20.1 Bahan

- Waterstop lebar 200 mm	1,050	M'
--------------------------	-------	----

6.20.2 Tenaga

- Pekerja	0,050 Oh
- Tukang batu	0,035 Oh
- Kepala tukang	0,0035 Oh
- Mandor	0,002 Oh

6.21 1 m² Memasang PVC Waterstop lebar 230 mm.

6.21.1 Bahan

- Waterstop lebar 230 mm	1,050 M ²
--------------------------	----------------------

6.21.2 Tenaga

- Pekerja	0,550 Oh
- Tukang batu	0,035 Oh
- Mandor	0,003 Oh

6.22 1 m² Memasang PVC Waterstop lebar 250 mm.

6.22.1 Bahan

- Waterstop lebar 250 mm	1,050 M ²
--------------------------	----------------------

6.22.2 Tenaga

- Pekerja	0,550 Oh
- Tukang batu	0,035 Oh
- Mandor	0,003 Oh

6.23 1 m² Memasang PVC Waterstop lebar 300 mm.

6.23.1 Bahan

- Waterstop lebar 300 mm	1,050 M ²
--------------------------	----------------------

6.26 1 Kg Kabel prestressed polos /strands

6.26.1 Bahan

- Besi prestressed polos	1,050 Kg
- Kawat beton	0,010 Kg

6.26.2 Tenaga

- Pekerja	0,005 Oh
- Tukang besi	0,005 Oh
- Kepala Tukang	0,0005 Oh
- Mandor	0,0003 Oh

6.27 1 Kg Jaring kawat baja

6.27.1 Bahan

- Besi jaring kawat baja	1,020 Kg
- Kawat beton	0,805 Kg

6.27.2 Tenaga

- Pekerja	0,025 Oh
- Tukang besi	0,025 Oh
- Kepala Tukang	0,0025 Oh
- Mandor	0,0015 Oh

6.28 1 m² Pasang bekisting untuk pondasi

6.28.1 Bahan

- Kayu terentang	0,040 M ³
- Paku biasa 2' – 5"	0,300 Kg
- Minyak bekisting	0,100 Lt

6.28.2 Tenaga

- Pekerja	0,300 Oh
- Tukang kayu	0,260 Oh
- Kepala Tukang	0,026 Oh
- Mandor	0,005 Oh

6.29 1 m² Pasang bekisting untuk sioof

6.29.1 Bahan

- Kayu terentang	0,045 M ³
- Paku biasa 2' – 5"	0,300 Kg
- Minyak bekisting	0,100 Lt

6.29.2 Tenaga

- Pekerja	0,300 Oh
- Tukang kayu	0,260 Oh
- Kepala Tukang	0,026 Oh
- Mandor	0,005 Oh

6.30 1 m² Pasang bekisting untuk kolom

6.30.1 Bahan

- Kayu terentang	0,040 M ³
- Paku biasa 2' – 5"	0,400 Kg
- Minyak bekisting	0,200 Lt
- Balok kayu borneo	0,015 M ³
- Plywood tebal 9 mm	0,350 Lbr
- Dolken kayu galam Ø-8-10/4 m	2,000 Btg

6.30.2 Tenaga

- Pekerja	0,300 Oh
- Tukang kayu	0,330 Oh
- Kepala Tukang	0,033 Oh
- Mandor	0,006 Oh

6.31 1 m² Pasang bekisting untuk balok

6.31.1 Bahan

- Kayu terentang	0,040 M ³
- Paku biasa 2' – 5"	0,400 Kg
- Minyak bekisting	0,200 Lt
- Balok kayu borneo	0,018 M ³
- Plywood tebal 9 mm	0,350 Lbr
- Dolken kayu galam Ø-8-10/4 m	2,000 Btg

6.31.2 Tenaga

- Pekerja	0,320 Oh
- Tukang kayu	0,330 Oh
- Kepala Tukang	0,033 Oh
- Mandor	0,006 Oh

6.32 1 m² Pasang bekisting untuk lantai

6.32.1 Bahan

- Kayu terentang	0,040 M ³
- Paku biasa 2' – 5"	0,400 Kg
- Minyak bekisting	0,200 Lt
- Balok kayu borneo	0,015 M ³
- Plywood tebal 9 mm	0,350 Lbr
- Dolken kayu galam Ø-8-10/4 m	6,000 Btg

LAMPIRAN III

STANDAR BAKU MUTU LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT

LAMPIRAN B
KEPUTUSAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP
NO. 58 TAHUN 1995 TANGGAL 21 DESEMBER 1995

BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI KEGIATAN RUMAH SAKIT

PARAMETER	KADAR MAKSIMUM
FISIKA	
Suhu	30°C
KIMIA	
pH	6 - 9
BOD ₅	50 mg/L
COD	80 mg/L
TSS	30 mg/L
NH ₃ Bebas	10 mg/L
PO ₄	12 mg/L
MIKROBIOLOGIK	
MEN - Kuman Golongan Koli/100 ml	10.000
RADIOAKTIVITAS	
³² P	7 x 10 ⁻³ Bq/L
³⁵ S	2 x 10 ³ Bq/L
⁴⁰ Ka	3 x 10 ³ Bq/L
⁵¹ Cr	7 x 10 ³ Bq/L
⁶⁷ Ga	1 x 10 ³ Bq/L
⁸⁵ Sr	4 x 10 ³ Bq/L
⁹⁹ Tc	7 x 10 ³ Bq/L
¹¹³ Sn	3 x 10 ³ Bq/L
¹²⁵ I	1 x 10 ³ Bq/L
¹³¹ I	7 x 10 ³ Bq/L
¹³⁷ Cs	1 x 10 ³ Bq/L
²⁰¹ Tl	1 x 10 ³ Bq/L

Menteri Negara Lingkungan Hidup,

Ttd.

Sarwono Kusumaatmadja

Salinan sesuai aslinya
 Asisten IV Menteri Negara Lingkungan Hidup
 Bidang Pengembangan Pengawasan dan Pengendalian

Hambar Martono

LAMPIRAN IV

**STANDAR HARGA SATUAN UPAH DAN BAHAN UNTUK
PEKERJAAN BIDANG PU DI WILAYAH KOTA MATARAM**

DIPAKAI

Juyun '06

STANDAR HARGA SATUAN UPAH DAN BAHAN
UNTUK PEKERJAAN BIDANG PU DI WILAYAH KOTA MATARAM
PERIODE BULAN JANUARI S/D MARET 2006

Harga-harga yang tercantum dalam tabel-tabel berikut di bawah ini merupakan Harga tertinggi dan belum termasuk PPN, PPh dan Pajak-pajak serta Retribusi Daerah lainnya kecuali Retribusi Bahan Galian Golongan C

A. HARGA UPAH

NO	URAIAN	HARGA (Rp)	SATUAN
1	2	3	4
1	Pekerja (Buruh tak Terampil)	20,000.00	OH
2	Buruh Semi Terampil	21,000.00	OH
3	Buruh Terampil	22,000.00	OH
4	Mandor	40,000.00	OH
5	Tukang Batu	40,000.00	OH
6	Kepala Tukang Batu	45,000.00	OH
7	Tukang kayu	45,000.00	OH
8	Kepala Tukang Kayu	50,000.00	OH
9	Tukang besi	40,000.00	OH
10	Kepala Tukang Besi	45,000.00	OH
11	Tukang las	40,000.00	OH
12	Kepala tukang las	45,000.00	OH
13	Tukang politur	40,000.00	OH
14	Tukang cat	40,000.00	OH
15	Kepala tukang cat	45,000.00	OH
16	Jaga malam	25,000.00	OH
17	Penganyam bronjong	40,000.00	OH
18	Kepala penganyam bronjong	45,000.00	OH
19	Pemasak aspal	31,000.00	OH
20	Sopir	36,000.00	OH
21	Mekanik	40,000.00	OH
22	Mekanik Semi terampil	21,000.00	OH
23	Pembantu Mekanik	32,000.00	OH
24	Operator alat ringan (Operator Semi Terampil)	38,000.00	OH
25	Operator Alat Berat (Operator Terampil)	43,000.00	OH
25	Pembantu Operator	34,000.00	OH
27	Juru ukur	48,000.00	OH
28	Tukang gali	32,500.00	OH
29	Kepala tukang gali	42,500.00	OH
30	Tukang bongkar	32,500.00	OH

B.1. HARGA BAHAN PASANGAN

NO	URAIAN	HARGA (Rp)	SATUAN
1	2	3	4
1	Batu quari/kali alam/gunung	60,000.00	/m3 ✓
2	Batu kail belah	68,000.00	/m3 67.500
3	Batu kali tempel/ keping	100,000.00	/m3
4	Batu alam 5-7cm	65,000.00	/m3
5	Batu pecah 5-7cm	85,000.00	/m3
6	Batu/kerikil alam 3-5 cm	65,000.00	/m3
7	Batu/kerikil alam 2-3 cm	75,000.00	/m3 74.500
8	Batu Kerikil Alam Maximal 0.5 cm	180,000.00	/m3
9	Batu/kerikil pecah 0,5-1cm	180,000.00	/m3
10	Batu Pecah :		
	- Split:	140,000.00	/m3
	- Batu Pecah 1-2 cm	120,000.00	/m3
	- Batu Pecah 2-3 Cm	100,000.00	/m3 98.000
	- Batu Pecah 3-5 Cm	90,000.00	/m3
11	Kerikil berpasiran alami/Sirtu	40,000.00	/m3
12	Pasir cor/ pasir ayak untuk beton	70,000.00	/m3 69.000
13	Pasir pasangan	46,000.00	/m3 45.500
14	Pasir urug	36,000.00	/m3 35.500
15	Tanah urug	32,000.00	/m3 31.000
16	Tanah urug pilihan	38,000.00	/m3 34.000
17	Kapur pasangan	265,000.00	/m3
18	Batu bata klas I	175.00	/buah
19	Batu bata klas II	165.00	/buah
20	Batu alam palmanan (ukuran kecil 20x30)	100,000.00	/m2
21	Batu alam palmanan (ukuran besar 30x40)	110,000.00	/m2
22	Batu alam pilah Sukabumi	110,000.00	/m2
23	Batu alam Marmo (ukuran kecil 5x20)	100,000.00	/m2
24	Batu alam Marmo (ukuran besar 10x20)	85,000.00	/m2
25	PC @ 50 kg (Pengerasan Cepat)	38,000.00	/zak
26	PC @ 50 kg (Pengerasan lambat)	35,000.00	/zak
27	Kapur gamping/ labur	4,150.00	/kg
28	Semen warna	3,500.00	/kg
29	Sirtu Royalti	14,000.00	/m3
30	Kerikil Royalti	24,000.00	/m3

R
A
K
R
R



