

**TINJAUAN PEMILIHAN SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH
LUMPUR DENGAN MENGGUNAKAN MESIN DECANTER
SECARA TEKNO EKONOMI DI PT XYZ**

TUGAS AKHIR

Untuk Memenuhi Sebagian Syarat-Syarat Penyelesaian Program
Studi DIV Teknik Industri Otomotif
pada Politeknik STMI Jakarta

OLEH:

Nama : KATYUSHA ARRAZI
NIM : 1214013



**POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.
JAKARTA
2019**

**POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN**

TANDA PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL TUGAS AKHIR :

**“TINJAUAN PEMILIHAN SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH LUMPUR
DENGAN MENGGUNAKAN MESIN DECANTER SECARA TEKNO
EKONOMI DI PT XYZ”**

DISUSUN OLEH :

NAMA : KATYUSHA ARRAZI

NIM : 1214013

PROGRAM STUDI : TEKNIK INDUSTRI OTOMOTIF

Telah Diperiksa dan Disetujui Untuk Diajukan dan

Dipertahankan Dalam Ujian Tugas Akhir

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, September 2019

Dosen Pembimbing



(Taswir Syahfoeddin, SMI.,M.Si.)

NIP . 19541226 198903 1001

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL TUGAS AKHIR :

“TINJAUAN PEMILIHAN SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH LUMPUR DENGAN MENGGUNAKAN MESIN DECANTER SECARA TEKNO EKONOMI DI PT XYZ”

DISUSUN OLEH :

NAMA : KATYUSHA ARRAZI
NIM : 1214013
PROGRAM STUDI : TEKNIK INDUSTRI OTOMOTIF

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta pada hari Senin tanggal 26 Agustus 2019.

Jakarta, September 2019

Penguji 1,



Dr. Siti Aisyah, S.T., M.T.
NIP : 19771217 200212 2003

Penguji 2,



Dr. Ir. Hasan Sudrajat, M.M., M.H.
NIP : 19580409 197903 1002

Penguji 3,



Dr. Mustofa, S.T., M.T.
NIP : 19700924 200312 1001

Penguji 4,

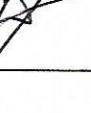
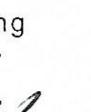
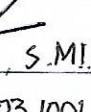


Taswir Syahfoeddin, S.MI., M.Si.
NIP : 19541226 198903 1001



LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Nama : Katyusha Arrazi
 NIM : 1214013
 Judul TA : Penggantian Sludge Drying Bed untuk Pengolahan Lumpur Limbah Produksi dengan Metode Sentrifugal Menggunakan Analisis Teknoekonomi di PT XYZ
 Pembimbing : Taswir Syahfoeddin
 Asisten Pembimbing : _____

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
07.02.19	Bab I	Revisi, perbaikan judul	
12.02.19	Bab I	Revisi susunan tataran belakang & Penulisan	
27.02.19	Bab I	Penyerahan, lanjut bab II	
	Bab II	Revisi, lengkap isi	
24.03.19	Bab II	Penyerahan, lanjut bab III	
	Bab III	Revisi isi dan kalimat, Perbaikan flowchart	
17.04.19	Bab III	Penyerahan, lanjut bab IV	
14.05.19	Bab IV	Revisi, cari data dari sumber yang ada, hitung semua parameter	
18.06.19	Bab IV	Revisi, lengkap sumber data	
15.07.19	Bab V	Penyerahan, lanjut bab V	
	Bab V	Revisi, bahas hasil perhitungan lebih lengkap	
23.07.19	Bab V	Penyerahan, lanjut bab VI	
	Bab VI	Revisi, jangan ada data atau tabel di kesimpulan	
26.07.19	Bab VI	Penyerahan,	
	Bab I - VI	Penyerahan	

Mengetahui,
Ka Prodi

Muhammad Agus, S.T. MT

NIP : 19700829 2002121001

Pembimbing

Taswir Syahfoeddin, S.M.I., M.Si.

NIP : 19541226 198903 1001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Katyusha Arrazi

NIM : 1214013

Berstatus sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Industri Otomotif Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI, dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang telah saya susun dengan judul “Tinjauan Pemilihan Sistem Pengolahan Limbah Lumpur Dengan Menggunakan Mesin Decanter Secara Tekno Ekonomi di PT XYZ” :

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survey lapangan, asistensi dengan dosen pembimbing, serta buku-buku maupun jurnal-jurnal kuliah yang menjadi bahan acuan yang tertera dalam referensi karya Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan hasil duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai sebelumnya di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali yang telah disebutkan sumbernya dan dicantumkan pada referensi karya Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan karya tulis hasil terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi karya Tugas Akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan di atas, maka saya bersedia menerima sanksi atas apa yang telah saya lakukan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Jakarta, September 2019

Yang Membuat Pernyataan



ABSTRAK

Pengolahan limbah adalah sesuatu yang penting yang harus diperhatikan dan dilakukan oleh semua perusahaan. Pengolahan limbah bertujuan supaya limbah produksi yang dihasilkan perusahaan tidak menyebabkan kerusakan dan berdampak negatif pada lingkungan sekitar perusahaan. Saat ini pengolahan limbah sudah diwajibkan untuk seluruh industri dan persyaratannya sudah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014. Pengolahan limbah yang dilakukan oleh perusahaan harus menggunakan metode pengolahan yang efektif dan andal agar limbah yang dihasilkan dapat terolah secara menyeluruh dan memberikan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan. Apabila metode yang digunakan tidak mampu bekerja secara efektif dan andal, salah satu cara penanggulangannya adalah dengan mengganti metode tersebut dengan metode lainnya. Proses penggantian metode tidak dapat dilakukan secara asal, harus memiliki dasar yang kuat dan memenuhi kriteria-kriteria yang ada. Selain itu metode baru juga diyakinkan harus mampu memberikan hasil yang diharapkan oleh perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk menilai dan memilih satu diantara tiga alternatif metode yang ada untuk digunakan pada unit pengolah lumpur di PT XYZ karena fasilitas pengolahan lumpur dan metode awal yang digunakan oleh perusahaan sudah tidak dapat memberikan hasil yang diharapkan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan aspek-aspek teknoeconomis yang menilai dari segi teknologi dan ekonomi dari masing-masing alternatif metode. Terdapat tiga alternatif yang dirumuskan yaitu tetap menggunakan metode awal, membangun fasilitas kedua yang kinerjanya sama dengan yang sudah ada, dan mengganti fasilitas pengolahan awal dengan metode baru yaitu metode sentrifugal menggunakan mesin *decanter*. Segi teknologi dinilai dengan menghitung nilai keefektifan dari masing-masing alternatif dan kelebihan dan kekurangan tiap alternatif seperti luas penggunaan lahan, efek positif dan negatif masing-masing alternatif pada lingkungan, kemudahan penggunaan alternatif, dan aspek alternatif di masa mendatang. Sementara segi ekonomi dinilai dengan menggunakan analisa kelayakan investasi menggunakan parameter-parameter ekonomi teknik yaitu *Net Present Value* (NPV), *Return of Investment* (RoI), *Profitability Index* (PI), dan *Internal Rate of Return* (IRR) yang dihitung menggunakan masa guna alternatif selama 10 tahun. Dari penelitian yang dilakukan, diperoleh alternatif terbaik yaitu mengganti fasilitas pengolahan awal dengan metode sentrifugal menggunakan mesin *decanter*. Alternatif ini memiliki nilai keefektifan sebesar 168,83% dan dari segi ekonomi memiliki nilai *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp 102.364.124.435, nilai *Return of Investment* (RoI) sebesar 443%, nilai *Profitability Index* (PI) sebesar 10,93, dan nilai *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 446,01%. Nilai-nilai yang dimiliki alternatif ketiga ini merupakan nilai yang paling besar diantara ketiga alternatif metode untuk masing-masing penilaian.

Kata kunci : Analisa teknoeconomis, nilai keefektifan, analisa kelayakan investasi, penggantian metode, pengolahan lumpur

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, yang atas kasih dan karunia-Nya penyusun berhasil menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan judul “TINJAUAN PEMILIHAN SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH LUMPUR DENGAN MENGGUNAKAN MESIN DECANTER SECARA TEKNO EKONOMI DI PT XYZ”. Terima kasih yang terdalam juga tidak lupa penyusun sampaikan kepada orang tua, mama Indah NurmalaSari, papa Budi Darmawan, dan mama Miya Susmiyanti serta adik-adik, Aldisal Farhantio dan Dimas Fauzan Ramadhan, yang tidak pernah berhenti memberikan dukungan baik moril maupun materil, yang tidak pernah bosan mendoakan dan memberi nasehat, yang tidak pernah berhenti memberikan kasih sayang dan mendidik, dan yang selalu siap dimintai tolong di saat-saat genting dan terdesak. Terima kasih juga tak lupa diberikan kepada seluruh keluarga dan kerabat yang membantu penyusunan laporan tugas akhir ini.

Pada kesempatan ini penyusun juga menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian laporan ini :

- Bapak Dr. Mustofa,S.T, M.T. selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
- Bapak Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom, M.T. selaku Pembantu Direktur I Bidang Akademik Politeknik STMI Jakarta.
- Bapak Muhamad Agus, S.T, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Otomotif Politeknik STMI Jakarta.
- Bapak Taswir Syahfoeddin SMI,M.Si., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah membimbing dan memberikan begitu banyak masukan, yang motivasinya tidak pernah terhenti, dan yang kesabarannya tiada tara.
- Kak Yuliati, kak Adhisty, Rini, kak Danna, kak Handi, kak Ros, Oban, Asep, dan seluruh teman-teman di kantor yang tidak pernah bosan memberikan dukungan, nasihat, bantuan, dan masukan kepada penyusun.
- Rekan satu bimbingan, Vania Emma Swasty, yang selalu sedia berbagi motivasi, yang selalu siap memberikan bantuan, masukan, dan dukungan yang tidak terkira kepada penyusun selama proses penyusunan tugas akhir.

- Partner terbaik selama berkuliah di Politeknik STMI Jakarta, Anindya Putri Kurniasari, atas seluruh bantuan, masukan, dukungan, dan dorongannya yang tak terkira, yang selalu sedia berbagi susah senang selama berkuliah.
- Teman-teman seperjuangan selama kuliah di Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI dan kakak tingkat yang sudah memberikan masukan atas penulisan tugas akhir ini.
- Semua pihak yang tidak bisa penyusun sebutkan namanya satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian laporan ini.

Akhir kata, penyusun berharap semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi para pembacanya

Jakarta, September 2019

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman:

LEMBAR JUDUL

LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

ABSTRAK

KATA PENGANTAR..... i

DAFTAR GAMBAR..... iii

DAFTAR TABEL iv

DAFTAR LAMPIRAN vi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Permasalahan	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Pembatasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Instalasi Pengolahan Air Bersih.....	6
2.2 Limbah	7
2.3 Limbah dari Instalasi Pengolahan Air	8
2.4 Sistem Produksi	12
2.5 Analisa Pengambilan Keputusan	14
2.6 Ekonomi Teknik	15
2.7 Konsep Tekno Ekonomi	16
2.8 Analisis Penggantian (<i>Replacement</i>)	20

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis dan Sumber Data.....	21
3.2 Metode Pengumpulan Data.....	21
3.3 Teknis Pelaksanaan Penelitian.....	22

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data.....	28
4.2 Pengolahan Data	42

BAB V PEMBAHASAN

5.1 Analisa Teknis Alternatif.....	69
5.2 Analisa Ekonomi Alternatif.....	72
5.3 Perbandingan Komponen Penilaian Alternatif	74

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan	76
6.2 Saran	77

DAFTAR PUSTAKA..... 78**LAMPIRAN**

DAFTAR GAMBAR

	Halaman:
Gambar 2.2.1 Proses penjernihan air	8
Gambar 2.3.1 <i>Sludge Drying Beds</i>	9
Gambar 2.3.2 Tangki endap gravitasi	10
Gambar 2.3.3 <i>Decanter</i> = Tangki endap gravitasi	11
Gambar 2.3.4 Proses operasi mesin <i>decanter</i>	11
Gambar 3.3.1 <i>Flowchart</i> pemecahan masalah	27
Gambar 4.1.1 Tahap penjernihan air PT XYZ.....	28
Gambar 4.1.2 Bagan instalasi penjernihan air PT XYZ	30
Gambar 4.1.3 Tampak atas unit pengolahan lumpur PT XYZ	31
Gambar 4.1.4 <i>Sludge Drying Beds</i> milik PT XYZ	31
Gambar 4.1.5 Input <i>Sludge Drying Beds</i>	32
Gambar 4.1.6 Desain <i>Sludge Drying Beds</i> milik PT XYZ	33
Gambar 4.1.7 Bagian-bagian mesin <i>decanter</i>	35
Gambar 4.1.8 <i>Layout</i> bangunan mesin <i>decanter</i>	37
Gambar 5.1.1 Perbandingan efektivitas seluruh alternatif	70

DAFTAR TABEL

	Halaman:
Tabel 4.1.1 Spesifikasi <i>Sludge Drying Beds</i>	32
Tabel 4.1.2 Spesifikasi Mesin <i>Decanter</i> Peralisi General Mammoth 570/3	37
Tabel 4.1.3 Jumlah Lumpur Perusahaan Bulan Juni 2018 – Mei 2019	39
Tabel 4.1.4 Rekapitulasi Jumlah Lumpur Perusahaan.....	42
Tabel 4.2.1 Efektivitas SDB Terhadap Lumpur Perusahaan	43
Tabel 4.2.2 Efektivitas Penambahan SDB Terhadap Lumpur Perusahaan.....	44
Tabel 4.2.3 Efektivitas Mesin <i>Decanter</i> Terhadap Lumpur Perusahaan	45
Tabel 4.2.4 <i>Fixed Cost</i> dan <i>Variabel Cost</i> Alternatif SDB.....	49
Tabel 4.2.5 Arus Kas Alternatif SDB	50
Tabel 4.2.6 <i>Fixed Cost</i> dan <i>Variabel Cost</i> Alternatif Penambahan SDB	51
Tabel 4.2.7 Arus Kas Alternatif Penambahan SDB	52
Tabel 4.2.8 <i>Fixed Cost</i> dan <i>Variable Cost</i> Alternatif <i>Decanter</i> Sentrifugal.....	53
Tabel 4.2.9 Arus Kas Alternatif <i>Decanter</i> Sentrifugal	54
Tabel 4.2.10 RoI Alternatif SDB	55
Tabel 4.2.11 RoI Alternatif Penambahan SDB	56
Tabel 4.2.12 RoI Alternatif <i>Decanter</i> Sentrifugal	56
Tabel 4.2.13 PV Alternatif SDB	57
Tabel 4.2.14 NPV Alternatif SDB	59
Tabel 4.2.15 PV Alternatif Penambahan SDB.....	59
Tabel 4.2.16 NPV Alternatif Penambahan SDB.....	61
Tabel 4.2.17 PV Alternatif <i>Decanter</i> Sentrifugal	61
Tabel 4.2.18 NPV Alternatif Penambahan SDB.....	63
Tabel 4.2.19 PI Alternatif SDB.....	64
Tabel 4.2.20 PI Alternatif Penambahan SDB	64
Tabel 4.2.21 PI Alternatif <i>Decanter</i> Sentrifugal.....	65
Tabel 4.2.22 IRR Alternatif SDB.....	66
Tabel 4.2.23 IRR Alternatif Penambahan SDB	67
Tabel 4.2.24 IRR Alternatif <i>Decanter</i> Sentrifugal.....	68
Tabel 5.1.1 Nilai Efektivitas Masing-masing Alternatif.....	69

Tabel 5.1.2 Tabel Kelebihan dan Kekurangan Masing-Masing Alternatif.....	71
Tabel 5.2.1 Nilai Analisa Ekonomi SDB	72
Tabel 5.2.2 Nilai Analisa Ekonomi Penambahan SDB	73
Tabel 5.2.3 Nilai Analisa Ekonomi <i>Decanter</i>	73
Tabel 5.2.4 Hasil Akhir Analisa Ekonomi Alternatif	74
Tabel 5.3.1 Perbandingan Nilai Seluruh Alternatif	74

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A: Daftar Harga Pipa *Sludge Drying Bed*
- Lampiran B: Dimensi Tangki Koagulan *Decanter*
- Lampiran C: Dimensi *Truck CDD Bak*
- Lampiran D: Harga Pendirian dan Perbaikan Bangunan
- Lampiran E: Harga Satuan Listrik

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Dunia industri saat ini sedang berkembang dengan sangat pesat. Setiap perusahaan harus selalu melakukan peningkatan secara berkelanjutan di setiap bagian agar mampu bersaing dan bertahan dalam era globalisasi. Salah satu cara perusahaan dalam menghadapi persaingan adalah dengan menambahkan nilai positif dari perusahaan yang dapat dilakukan dengan membuat dan menunjukkan kepedulian perusahaan terhadap lingkungan, kepedulian perusahaan terhadap masyarakat sekitar perusahaan, dan lain sebagainya.

PT XYZ merupakan perusahaan pengolah dan pendistribusi air bersih yang menangani kebutuhan air seluruh wilayah Jakarta Timur, Jakarta Utara, dan sebagian Jakarta Pusat. Dalam melakukan produksi air bersihnya, PT XYZ mengambil air baku dari Waduk Jatiluhur yang dikelola oleh Perum Jasa Tirta II yang dialirkan ke Jakarta melalui saluran terbuka Kanal Tarum Barat. PT XYZ menghasilkan sisa penjernihan air (limbah) berupa lumpur yang berasal dari air baku yang digunakan sebagai bahan baku produksi air bersih.

Pengolahan limbah merupakan hal penting yang harus ditinjau oleh perusahaan khususnya perusahaan-perusahaan besar yang produksinya sudah tidak sederhana dan skalanya tidak kecil lagi. Pengolahan limbah ditujukan supaya limbah hasil produksi diolah sedemikian rupa sehingga tidak menyebabkan kerusakan dan berdampak negatif pada lingkungan sekitar perusahaan. Saat ini pengolahan limbah sudah diwajibkan untuk seluruh industri dan persyaratannya sudah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

Dalam konteks pengolahan limbah tersebut, PT XYZ telah memiliki fasilitas *Sludge Drying Beds* (SDB) untuk pengolahan lumpur sisa produksi. SDB merupakan fasilitas yang banyak digunakan karena merupakan metode pengolahan lumpur dengan biaya investasi yang kecil dan tidak memerlukan

perhatian khusus dalam pengoperasiannya. Kelemahannya, SDB sangat bergantung pada cuaca dan memerlukan waktu yang cukup lama untuk mengolah lumpur. Kelemahan SDB tersebut menyebabkan tidak semua lumpur yang dihasilkan oleh PT XYZ dapat diolah pada hari yang sama dan berdampak pada timbulnya penumpukan lumpur di unit pengolahan lumpur. Selain itu, produksi yang semakin meningkat juga menyebabkan semakin meningkatnya jumlah lumpur yang dihasilkan oleh PT XYZ sehingga lumpur tersebut tidak dapat tertangani lagi oleh unit pengolahan lumpur dengan menggunakan fasilitas SDB.

Selain menimbulkan penumpukan lumpur, ketidakmampuan fasilitas SDB yang dimiliki PT XYZ untuk mengolah seluruh lumpur yang dihasilkan juga menimbulkan kerugian lain diantaranya pencemaran lingkungan oleh lumpur, pemborosan penggunaan lahan karena lumpur yang tak tertangani, kerusakan lingkungan karena tertutup oleh lumpur, dan merusak estetika lingkungan di perusahaan khususnya di unit pengolahan lumpur PT XYZ.

Masalah tersebut mendorong PT XYZ untuk segera melakukan upaya perbaikan berkenaan dengan permasalahan lumpur tersebut. Cara yang paling memungkinkan untuk dilakukan adalah dengan mengganti metode pengolahan lumpur yang digunakan dengan metode baru yang lebih efektif dan efisien. Tedapat satu metode pengolahan lumpur yang dinilai cukup mutakhir saat ini yaitu metode sentrifugal dimana lumpur diputar dalam wadah berbentuk tabung dengan kecepatan tinggi sehingga fase padat dan cairnya terpisah. Metode ini mampu mengolah lumpur tanpa bergantung pada cuaca.

Sebelum pengambilan keputusan akhir untuk pemilihan metode, analisis kelayakan diperlukan untuk mengetahui metode mana yang lebih layak digunakan dan mampu menyelesaikan permasalahan pengolahan lumpur di PT XYZ. Perusahaan dapat merumuskan beberapa alternatif dimana salah duanya adalah metode sentrifugal dan penggunaan fasilitas *Sludge Drying Beds*. Pendekatan dan analisis yang paling sesuai digunakan adalah analisis kelayakan investasi berdasarkan teknokonomi dan perbandingan tingkat efektivitas, kelebihan dan kekurangan, dan kapasitas dari kedua metode.

1.2. Permasalahan

Dari permasalahan yang dijelaskan diatas, maka dirumuskan permasalahan yang dihadapi adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan analisis kelayakan dalam menentukan metode yang paling cocok digunakan di perusahaan?
2. Bagaimana membandingkan kinerja dan pemenuhan nilai teknokonomi dari masing-masing alternatif?
3. Bagaimana menghitung tingkat efektivitas, kapasitas, dan nilai ekonomi dari masing-masing alternatif?
4. Metode apa yang paling layak digunakan perusahaan berdasarkan analisis yang telah dilakukan tersebut?

1.3. Tujuan Penelitian

Dari perumusan masalah yang sudah dijabarkan, maka tujuan yang ditentukan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan analisis kelayakan dalam menentukan metode yang paling cocok digunakan di perusahaan.
2. Membandingkan kinerja dan pemenuhan nilai teknokonomi dari masing-masing alternatif.
3. Menghitung tingkat efektivitas, kapasitas, dan nilai ekonomi dari masing-masing alternatif.
4. Menentukan metode yang paling layak digunakan perusahaan berdasarkan analisis yang telah dilakukan.

1.4. Pembatasan Masalah

Mengingat luasnya bidang penelitian dan keterbatasan kemampuan dan waktu peneliti, maka dilakukan pembatasan pada penelitian ini yaitu:

1. Penelitian dilakukan di unit pengolahan lumpur di PT XYZ.
2. Analisis keputusan hanya mencakup hal yang berkaitan dengan kinerja, tingkat efektivitas, kapasitas, dan nilai ekonomi di unit pengolahan lumpur.
3. Data yang ada diperoleh dari unit pengolahan lumpur PT XYZ.

4. Data-data yang berhubungan dengan biaya tidak dibatasi untuk digunakan dalam penelitian ini.
5. Penelitian hanya sampai kesimpulan kelayakan metode.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Bagi pihak perusahaan

Memberikan pertimbangan dan solusi untuk perusahaan terhadap masalah yang terjadi pada unit pengolahan lumpur.

2. Bagi pihak peneliti

Mendapatkan kesempatan untuk mengaplikasikan ilmu-ilmu yang telah diperoleh secara akademis, dan memperdalam materi mengenai analisis teknokonomi dan pertimbangan kelayakan.

3. Bagi orang lain

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah ilmu dan informasi untuk melakukan penelitian selanjutnya ke arah yang lebih baik, khususnya yang berkenaan dengan analisis untuk pengambilan keputusan.

1.6. Sistematika Penulisan

Penelitian ini disusun secara sistematis kedalam beberapa bab, dengan uraian sebagai berikut:

BAB I : Pendahuluan

Pada bab ini akan diuraikan mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : Landasan Teori

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai dasar-dasar teori pengolahan lumpur, perencanaan pembelian mesin, dan teknokonomi yang digunakan sebagai dasar pemikiran ilmiah untuk menjawab perumusan masalah yang ada, teori-teori tentang definisi atau pengertian analisis biaya dan teknokonomi serta beberapa teori pendukung lainnya.

- BAB III** : Metodologi Penelitian
Bab ini berisi langkah-langkah sistematis yang ditempuh untuk memecahkan masalah agar penelitian yang dilakukan lebih terarah. Langkah-langkah tersebut terdiri dari studi pendahuluan dan studi pustaka, identifikasi masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, pengumpulan data, pengolahan data, analisis hasil evaluasi, kesimpulan dan saran.
- BAB IV** : Pengumpulan dan Pengolahan Data
Pada bab ini akan dikumpulkan data-data yang didapat selama penelitian baik berdasarkan dokumen-dokumen yang didapat ataupun dari pengamatan langsung. Selanjutnya dilakukan pengolahan terhadap masalah yang diteliti, yaitu pengukuran dan penentuan faktor-faktor dan nilai-nilai yang telah disebutkan sebelumnya, sesuai dengan teori yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.
- BAB V** : Analisis Masalah dan Pembahasan
Pada bab ini berisi tentang analisis dan pembahasan dari hasil pengolahan data pengukuran, data-data lainnya, serta faktor-faktor yang menjadi dasar pertimbangan penggantian metode dan pembelian mesin.
- BAB VI** : Kesimpulan dan Penutup
Pada bab ini berisi mengenai kesimpulan yang didapat dari hasil analisis masalah yang telah dilakukan. Selain itu, bab ini juga berisi mengenai saran yang diberikan oleh penulis sebagai bahan pertimbangan yang mungkin berguna diwaktu yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Instalasi Pengolahan Air Bersih

Dengan pertumbuhan penduduk yang pesat, sumber-sumber air telah menjadi salah satu kekayaan yang sangat penting. Air tidak hanya menjadi hal pokok bagi konsumsi dan sanitasi umat manusia, tapi juga untuk produksi barang industri. Instalasi pengolahan air merupakan tempat pengolahan air bersih untuk konsumsi penduduk. Tujuan pengolahan air bersih merupakan upaya untuk mendapatkan air bersih dan sehat sesuai dengan standar mutu air. Proses pengolahan air bersih merupakan proses fisik, kimia, dan biologi air baku agar memenuhi syarat untuk digunakan sebagai air bersih sehari-hari.

Proses pengolahan air bersih pada umumnya melalui dua cara, yakni :

1. Pengolahan lengkap (*Complete Treatment Process*), yaitu air akan mengalami pengolahan lengkap baik fisika, kimiawi, dan bakteriologi. Pengolahan lengkap ini dibagi dalam 3 tingkatan pengolahan yaitu :
 - a. Pengolahan fisika, yaitu suatu tingkat pengolahan yang bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan kotoran, lumpur dan pasir serta mengurangi kadar zat organik yang ada dalam air yang diolah.
 - b. Pengolahan kimia, yaitu pengolahan dengan menggunakan zat-zat kimia untuk membantu proses pengolahan selanjutnya. Misalnya : dengan pembubuhan kapur dalam proses pelunakan dan sebagainya.
 - c. Pengolahan bakteriologis, yaitu suatu tingkat pengolahan untuk membunuh atau memusnahkan bakteri-bakteri yang terkandung didalam air yakni dengan cara membubuhkan zat desinfektan.
2. Pengolahan sebagian (*Partial Treatment Process*), yaitu pengolahan air sesuai dengan kebutuhan saja. Pada umumnya meliputi : penyaringan, desinfeksi dan neutralisasi. Dapat juga diartikan diadakannya pengolahan kimia dan/atau pengolahan bakteriologi saja, pengolahan ini pada lazimnya dilakukan untuk mata air bersih dan air dari sumur yang dangkal atau dalam (Sutrisno. T, 2006).

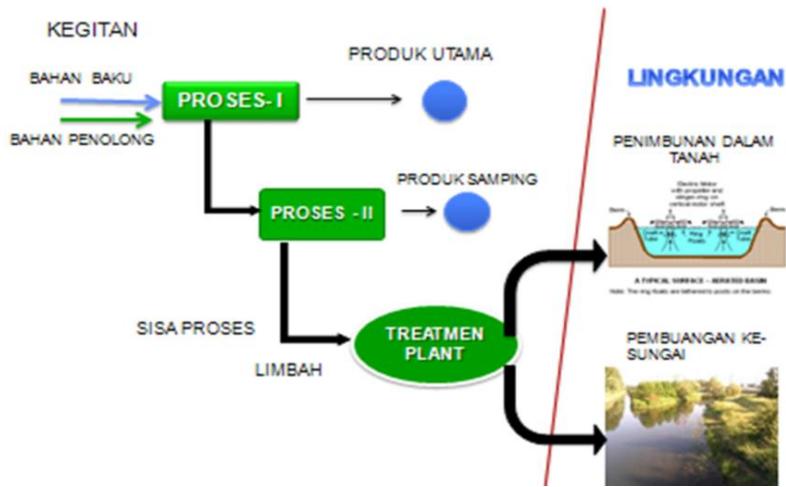
2.2. Limbah

Limbah adalah bahan yang terbuang atau dibuang dari suatu aktivitas manusia atau proses alam yang tidak atau belum mempunyai nilai ekonomi, tetapi justru memiliki dampak negatif. Dampak negatif yang dimaksud ialah proses penimbunan dan pembersihannya memerlukan biaya serta efeknya dapat mencemari lingkungan. (Wildan Djaja, 2008).

Limbah industri merupakan limbah yang bersumber dari kegiatan industri baik karena proses secara langsung maupun proses secara tidak langsung. Limbah langsung adalah limbah yang bersumber dari kegiatan industri, yaitu limbah yang terproduksi bersamaan dengan proses produksi sedang berlangsung, dimana produk dan limbah hadir pada saat yang sama. Sedangkan limbah tidak langsung terproduksi sebelum proses maupun sesudah proses produksi.

2.2.1. Konsep Dasar Pengolahan Limbah

Industrialisasi merupakan alternatif pilihan model pembangunan yang menjadi wajib dilakukan oleh berbagai negara untuk memacu pertumbuhan ekonomi. Terkait hal ini, di satu sisi industrialisasi memberikan percepatan terhadap pertumbuhan, meski di sisi lain dampak dari industrialisasi tetap harus diwaspadai. Dampak tersebut salah satunya adalah keberadaan limbah hasil industri. Limbah hasil industri menjadi salah satu persoalan serius di era industrialisasi. Regulasi tentang industrialisasi ramah lingkungan menjadi isu penting dikarenakan hal tersebut. Alasan yang mendasari pengolahan limbah tidak hanya dari proses produksi saja tapi juga dari kelangsungan hidup. Pengolahan limbah ditujukan supaya limbah hasil produksi diolah sedemikian rupa sehingga tidak berdampak negatif pada lingkungan. Saat ini pengolahan limbah sudah diwajibkan untuk seluruh industri dan peraturannya sudah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014.



Gambar 2.2.1 Proses penjernihan air

(Sumber : Julian, 2015)

2.3. Limbah dari Instalasi Pengolahan Air

Instalasi pengolahan air minum (IPA) menghasilkan lumpur (*sludges*) dalam proses pengolahannya, dimana volume lumpur yang dihasilkan akan meningkat sesuai dengan peningkatan kapasitas produksi serta *impurities* yang terkandung di badan air. Lumpur didefinisikan sebagai *solids* (padatan) yang dihilangkan dalam proses pengolahan air minum (maupun air limbah). Lumpur dari instalasi pengolahan air berasal dari air baku yang masih mengandung banyak endapan pengotor. Lumpur ini terpisahkan dari air bersihnya dengan penambahan bahan kimia penjernih yang membuatnya mengendap kebawah. (Julian, 2015)

2.3.1. Pengolahan Limbah Lumpur

Jika tujuan dari IPA adalah untuk menghilangkan partikel yang terkandung di dalam air, maka tujuan dari pengolahan lumpur adalah untuk menghilangkan kandungan air dari lumpur (*dewater*) dan selanjutnya membuang residu padatnya. Kuantitas lumpur yang dihasilkan IPA mempengaruhi besarnya biaya operasi IPA. Pengurangan volume lumpur yang dihasilkan dapat mengurangi biaya operasional terkait penanganan dan pembuangan lumpur. Selain itu, lumpur yang telah di *dewater* akan berbentuk *cake* sehingga lebih mudah ditangani dibandingkan lumpur berbentuk *liquid*. (Julian, 2015)

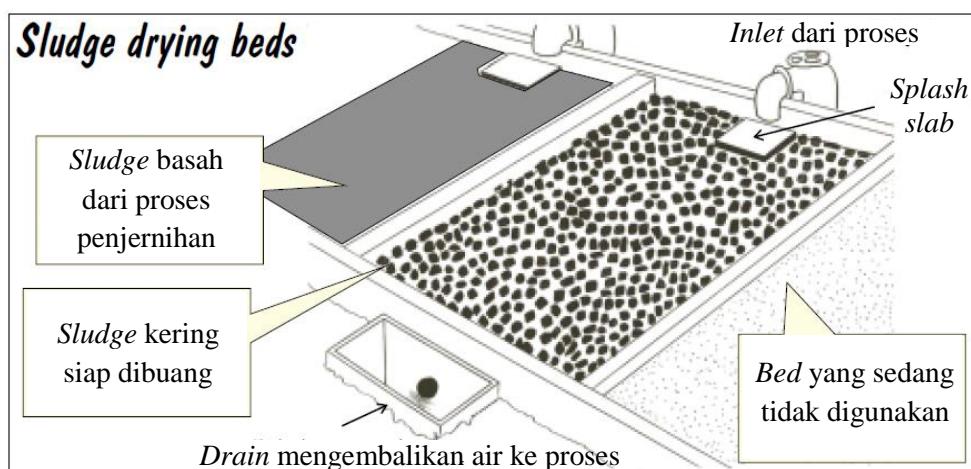
Menurut ASCE (1996), proses *dewatering* ini dapat digolongkan menjadi:

1. *Dewatering* alami, bergantung pada evaporasi alami dan perkolasi (gravitasi). Contohnya adalah *sludge drying bed*.
2. *Dewatering* mekanik, menggunakan peralatan mekanik dalam proses *dewatering*, sehingga berlangsung lebih cepat. Contohnya adalah *decanter*.

2.3.2. *Sludge Drying Bed*

Sludge drying bed (SDB) merupakan salah satu fasilitas pengeringan lumpur (*sludge dewatering*) yang cukup banyak digunakan. SDB berfungsi untuk menampung lumpur pengolahan baik dari proses kimia maupun proses biologi, dan memisahkan lumpur yang bercampur dengan air dengan cara penguapan menggunakan energi penyinaran matahari (Metcalf & Eddy, 1991).

Pada pengoperasiannya, lumpur diletakkan di atas *bed* dengan ketebalan lapisan lumpur tertentu lalu dibiarkan mengering. Sebagian air yang terkandung di dalam lumpur akan mengalir melalui pori – pori *bed* dan sebagian lagi akan menguap. Untuk menampung air yang mengalir ini dibuat suatu sistem drainase dengan menggunakan pipa berpori. Lumpur yang telah mengering pada bagian atas *bed* disisihkan dan dapat dibuang ke *landfill*.



Gambar 2.3.1 *Sludge Drying Beds*

(Sumber : Metcalf & Eddy, 1991)

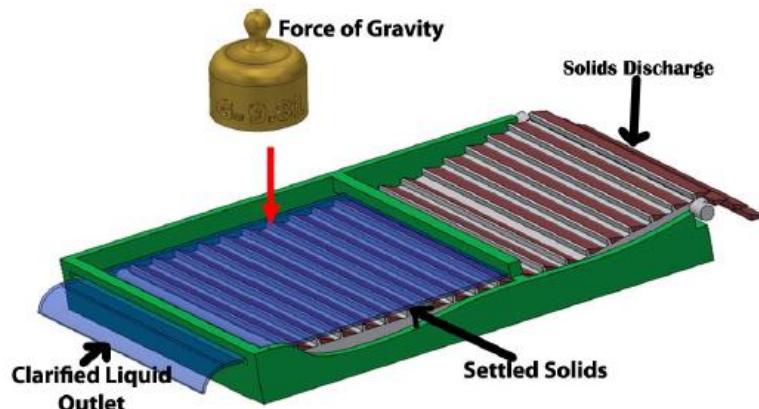
Lumpur yang berasal dari pengolahan air limbah secara langsung tanpa proses pemekatan terlebih dahulu dapat dikeringkan dengan *drying bed*. Pada instalasi pengolahan air, lumpur yang ditumpahkan ke bak pengering lumpur biasanya mengandung kadar air 90 %. Air yang meresap melewati lapisan

penyaring, masuk ke pipa *drain* dan sebagian lagi menguap. Waktu pengeringan lumpur bergantung dengan ketebalan lapisan lumpur dalam bak pengering. Keadaan cuaca juga sangat mempengaruhi lamanya waktu pengeringan lumpur.

Pada saat penyisihan lumpur yang telah kering, operator harus berhati-hati agar tidak ikut mengangkat lapisan pasir pada SDB. Kelebihan SDB adalah pengoperasian yang sangat sederhana, biaya operasional relatif rendah dan hasil olahan lumpur yang didapat kering. Sedangkan untuk kelemahannya, SDB membutuhkan lahan yang luas dan sangat tergantung cuaca dalam prosesnya.

2.3.3. *Decanter*

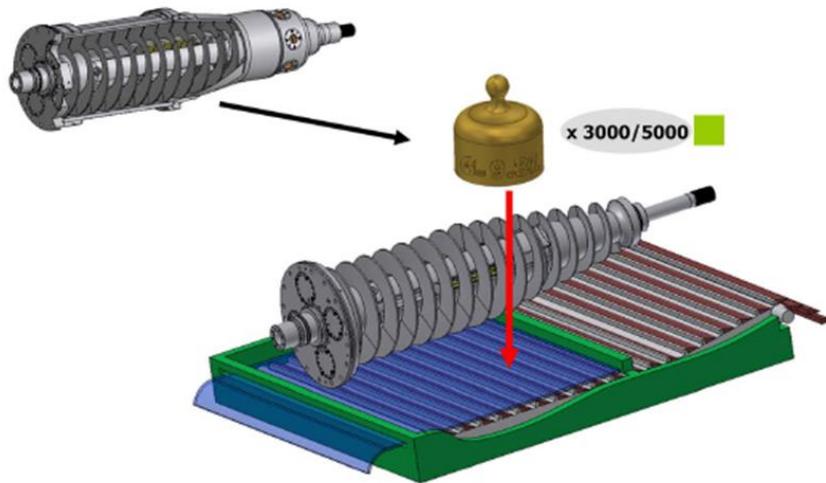
Decanter adalah alat pemisah berdasarkan perbedaan berat jenis dengan menggunakan prinsip sentrifugal. Prinsip kerja *decanter* sentrifugal sama seperti tangki endap gravitasi, perbedaannya adalah pada adanya gaya sentrifugal sehingga mengurangi waktu mengendap. (Vanderbeken, 2002).



Gambar 2.3.2 Tangki endap gravitasi

(Sumber : Vanderbeken, 2002)

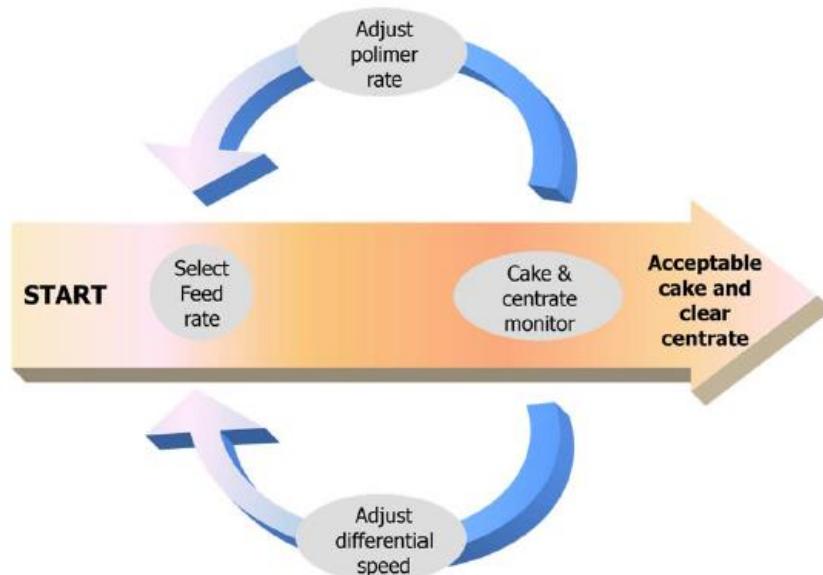
Decanter centrifuge bekerja seperti tangki endap gravitasi, hanya saja alih-alih beroperasi pada 1G, mesin ini beroperasi pada beberapa ribu G sehingga menurunkan waktu untuk mengendap secara drastis. Tabung *decanter* berputar pada kecepatan setara dengan 3.000 rpm, dan sekrup konveyor di dalamnya berputar pada kecepatan setara 3010 rpm, menciptakan perbedaan kecepatan sebesar 10 rpm. Padatan bergerak keluar dari *decanter* dengan kecepatan 10 rpm tersebut, sementara cairan hasil penyaringannya keluar dari ujung *decanter*, seperti pada tangki endap gravitasi.



Gambar 2.3.3 *Decanter* = Tangki endap gravitasi

(Sumber : Vanderbeken, 2002)

Vanderbeken (2002) mengatakan bahwa proses pengoperasian menggunakan *decanter* cenderung sederhana. Proses dimulai dengan menentukan tingkat besarnya *feed* ke dalam *decanter* kemudian dilakukan pengaturan perbedaan kecepatan antara tabung dan sekrup dan tingkat penambahan bahan polimer sambil dimonitor apakah *cake* dan *centrate* (cairan hasil *dewatering sludge*) telah sesuai dengan yang diharapkan. Jika belum, dilakukan pengaturan ulang hingga diperoleh *cake* dan *centrate* yang sesuai harapan dan dapat diterima.



Gambar 2.3.4 Proses operasi mesin *decanter*

(Sumber : Vanderbeken, 2002)

Untuk mengoptimasi kinerja *decanter*, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah tingkat masukan, proses flokulasi (bergantung pada jumlah dan jenis polimer yang digunakan), kekentalan *sludge*, rpm, perbedaan kecepatan tabung dan sekrup, dan kedalaman tabung.

2.4. Sistem Produksi

Menurut Nasution (2006), sistem produksi merupakan kumpulan dari subsistem-subsistem yang saling berinteraksi dengan tujuan mentransformasi *input* produksi menjadi *output* produksi. *Input* produksi ini dapat berupa bahan baku, mesin, tenaga kerja, modal, dan informasi, sedangkan *output* produksi merupakan produk yang dihasilkan berikut hasil sampingannya, seperti limbah, informasi, dan sebagainya. Subsistem-subsistem dari sistem produksi tersebut antara lain adalah perencanaan dan pengendalian produksi, pengendalian kualitas, perawatan fasilitas produksi, penentuan standar-standar operasi, penentuan fasilitas produksi dan penentuan harga pokok produksi.

2.4.1. Produktivitas

Produktivitas didefinisikan sebagai hubungan antara *input* dan *output* suatu sistem produksi. Hubungan ini sering lebih umum dinyatakan sebagai rasio *output* dibagi *input*. Jika lebih banyak *output* yang dihasilkan dengan *input* yang sama, maka disebut terjadi peningkatan produktivitas. Begitu juga jika *input* yang lebih rendah dapat menghasilkan *output* yang tetap, maka produktivitas dikatakan meningkat (Nasution, 2006).

Produktivitas juga diartikan sebagai tingkatan efisiensi dalam memproduksi barang atau jasa, produktivitas mengutarakan cara pemanfaatan secara baik terhadap sumber-sumber dalam produksi, dengan kata lain produktifitas merupakan ukuran untuk evaluasi dalam perusahaan apakah sesuai dengan kinerja atau justru tidak bekerja secara optimal karena beberapa hal yang menyangkut kebijakan perusahaan. Penilaian kinerja dalam suatu perusahaan dapat diukur hanya dengan mengevaluasi apakah perusahaan produktif dalam hal produksi dan peningkatan kinerja.

2.4.2. Kapasitas

Heizer (2001) mengartikan, kapasitas adalah hasil produksi (*output*) maksimal dari sistem pada suatu periode tertentu. Kapasitas biasanya dinyatakan dalam angka per satuan waktu. Ada 2 jenis kapasitas menurut Heizer (2001) yaitu:

1. Kapasitas efektif, merupakan presentase kapasitas desain yang benar-benar mampu secara operasional, atau dengan kata lain adalah kapasitas yang dapat diharapkan perusahaan untuk menghasilkan berbagai produk.
 2. Kapasitas yang dijadikan patokan (*rated capacity*), adalah ukuran kapasitas dimana fasilitas tertentu sudah digunakan dengan maksimal. Kapasitas yang dijadikan patokan akan selalu kurang atau sama dengan kapasitas riilnya.

2.4.3. Efektivitas dan Efisiensi

Efektivitas adalah hasil produksi maksimal dari sistem pada periode tertentu yang dapat diharapkan perusahaan untuk menghasilkan berbagai produk. Efisiensi adalah ukuran *output actual* (yang sebenarnya dihasilkan) dengan kapasitas efektif (Heizer, 2001).

Efektivitas merupakan karakter lain dari proses yang mengukur derajat pencapaian *output* dari sistem produksi. Hal ini dapat diukur berdasarkan rasio *output* aktual terhadap *output* yang direncanakan. Sedangkan efisiensi adalah ukuran yang menunjukkan sebagaimana baiknya sumber daya ekonomi digunakan dalam proses produksi untuk menghasilkan *output*. Biasanya efisiensi diwujudkan sebagai persentase kapasitas efektif. Efektivitas dan Efisiensi dapat ditunjukkan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$Efektivitas = \frac{Output\ aktual}{Output\ direncanakan} \times 100\% \quad \dots \dots \dots (1)$$

Efisiensi erat kaitannya dengan keuntungan suatu perusahaan, maka perusahaan akan berusaha semaksimal mungkin untuk melakukan efisiensi tanpa mengorbankan pelayanan terhadap konsumen.

2.5. Analisa Pengambilan Keputusan

Secara populer dapat dikatakan bahwa mengambil atau membuat keputusan berarti memilih satu diantara sekian banyak alternatif. Minimal ada dua alternatif atau lebih dimana pengambil keputusan harus memilih salah satu berdasarkan pertimbangan tertentu. Suatu keputusan pada umumnya dibuat dalam rangka untuk memecahkan permasalahan (*problem solving*). (Supranto, 2005)

Inti dari pengambilan keputusan terletak dalam perumusan berbagai alternatif tindakan sesuai dengan yang sedang dalam perhatian. Salah satu komponen terpenting dari proses pembuatan keputusan adalah kegiatan pegumpulan informasi dari mana suatu apresiasi mengenai keputusan dapat dibuat. Apabila informasi yang cukup dapat dikumpulkan guna memperoleh suatu spesifikasi yang lengkap dari semua alternatif, proses pembuatan atau pengambilan keputusan relatif mudah. Akan tetapi di dalam praktiknya, sangat tidak mungkin untuk mengumpulkan informasi secara lengkap, mengingat terbatasnya dana, waktu dan tenaga. (Supranto, 2005)

Menurut Supranto (2005), di dalam hal dimana data tidak lengkap atau merupakan suatu perkiraan saja, elemen ketidakpastian (*uncertainty*) kemudian muncul di dalam proses pembuatan keputusan. Elemen ketidakpastian ini akan menimbulkan resiko bagi pembuat keputusan. Ketidakpastian merupakan ciri situasi keputusan yang paling sering dijumpai oleh manajemen yang modern.

Terdapat empat kategori keputusan menurut Supranto (2005), yaitu:

1. Keputusan dalam keadaan ada kepastian (*certainty*)
2. Keputusan dalam keadaan ada resiko (*risk*)
3. Keputusan dalam keadaan ketidakpastian (*uncertainty*)
4. Keputusan dalam keadaan ada konflik (*conflict*)

2.5.1. Langkah-Langkah dalam Pengambilan Keputusan

Langkah-langkah pengambilan keputusan menurut Supranto (2005), yaitu:

1. Rumuskan/definisikan persoalan keputusan

Persoalan (*problem*) ialah sesuatu yang terjadi tidak sesuai dengan yang diharapkan. Mencari pemecahan yang baik haruslah bagi suatu persoalan yang tepat, sebab pemecahan terbaik bagi persoalan yang salah tidak ada gunanya.

2. Kumpulkan informasi yang relevan

Data dan informasi yang relevan perlu dikumpulkan karena dapat menunjukkan faktor-faktor yang menjadi penyebab timbulnya persoalan.

3. Cari alternatif tindakan

Seperti yang telah diketahui, memutuskan berarti memilih salah satu dari beberapa alternatif yang tersedia berdasarkan kriteria tertentu. Oleh karena itu, perlulah ditentukan alternatif-alternatif yang fisibel.

4. Analisis alternatif yang fisibel

Setiap alternatif harus dianalisis, harus dievaluasi baik berdasarkan suatu kriteria tertentu atau prioritas. Hasil analisis sangat memudahkan pengambil keputusan di dalam memilih alternatif yang terbaik.

5. Memilih alternatif terbaik

Pemilihan bisa didasarkan atas kriteria tertentu atau berdasarkan prioritas.

6. Lakukan keputusan dan evaluasi hasilnya

Pelaksanaan suatu rencana tindakan, merupakan tahap akhir dari proses pengambilan keputusan. Akan tetapi kegiatan tidak terhenti sampai disitu. Pengambil keputusan harus melakukan evaluasi hasil keputusan, apakah sudah sesuai dengan tujuan awal yang sudah digariskan sebagai suatu kebijaksanaan.

2.6. Ekonomi Teknik

Menurut Degarmo (1999), ilmu keteknikan ekonomi adalah salah satu disiplin ilmu yang berkaitan dengan aspek-aspek ekonomi dalam teknik, yang terdiri atas evaluasi sistematis dari biaya-biaya dan manfaat-manfaat usulan proyek teknik. Dikutip dari ASTM (1999), peranan ekonomi teknik adalah untuk meninjau kesesuaian dari proyek yang diberikan, memperkirakan nilainya dan menilai dari sudut pandang teknik.

Eva F. Karamah (2002) mengatakan bahwa ekonomi teknik berfungsi untuk mengetahui konsekuensi keuangan dari produk, proyek, dan proses-proses yang dirancang oleh insinyur dan membantu membuat keputusan rekayasa dengan membuat neraca pengeluaran dan pendapatan yang terjadi sekarang dan yang akan datang menggunakan konsep “nilai waktu dari uang”.

Prinsip fundamental dari ekonomi teknik yaitu (Degarmo, 1999):

1. Nilai mata uang yang dekat lebih berharga dari yang jauh (*A nearby dollar is worth more than a distant dollar*).
2. Yang paling penting/diperhitungkan adalah perbedaan diantara alternatif (*All it counts is the differences among alternatives*).
3. Penerimaan marjinal harus lebih besar dari biaya marjinal (*Marginal revenue must exceed marginal cost*).
4. Penambahan resiko tidak akan diambil tanpa adanya penambahan pengembalian yang diharapkan (*Additional risk is not taken without the expected additional return*).

2.7. Konsep Tekno Ekonomi

Tekno ekonomi memuat tentang bagaimana membuat sebuah keputusan (*decision making*) dimana dibatasi oleh ragam permasalahan yang berhubungan dengan seorang *engineer* sehingga menghasilkan pilihan yang terbaik dari berbagai alternatif pilihan. Keputusan yang diambil berdasarkan suatu proses analisa, teknik dan perhitungan ekonomi sehingga dapat dikatakan bahwa teknologi ekonomi sangat erat kaitannya dengan ekonomi teknik. *Engineering* (rekayasa) biasa dikatakan profesi dimana pengetahuan tentang matematika dan ilmu pengetahuan alam yang diperoleh dengan studi, pengalaman, dan praktik digunakan dengan bijaksana dalam mengembangkan cara-cara untuk penggunaan secara ekonomis bahan-bahan dan sumber alam untuk kepentingan manusia. Dari definisi ini aspek-aspek ekonomi dari *engineering* dititik beratkan pada aspek-aspek fisik. Jelas, bahwa pada dasarnya ekonomi merupakan bagian dari *engineering* yang dilaksanakan dengan baik (Giatman, 2006).

Alternatif-alternatif timbul karena adanya keterbatasan dari sumber daya (manusia, material, uang, mesin, kesempatan, dll). Dengan berbagai alternatif yang ada tersebut maka diperlukan sebuah perhitungan untuk mendapatkan pilihan yang terbaik secara ekonomi, baik ketika membandingkan berbagai alternatif rancangan, membuat keputusan investasi modal, mengevaluasi kesempatan finansial dan lain sebagainya. Secara sederhana, teknologi ekonomi adalah suatu metode teori analisa untuk menggabungkan analisa aspek teknik implementasi suatu teknologi dengan nilai ekonomisnya.

Analisa teknologi ekonomi melibatkan pembuatan keputusan terhadap berbagai penggunaan sumber daya yang terbatas. Konsekuensi terhadap hasil keputusan biasanya berdampak jauh ke masa yang akan datang, yang konsekuensinya itu tidak bisa diketahui secara pasti, merupakan pengambilan keputusan dibawah ketidakpastian. Sehingga dalam penerapan teknologi ekonomi sangatlah penting untuk mengetahui :

1. Prediksi kondisi masa yang akan datang.
2. Perkembangan teknologi.
3. Sinergi antara proyek-proyek yang didanai.

Karena penerapan kegiatan teknik pada umumnya memerlukan investasi yang relatif besar dan berdampak jangka panjang terhadap aktivitas pengikutnya, penerapan aktivitas tersebut menuntut adanya keputusan-keputusan strategis yang memerlukan pertimbangan-pertimbangan teknik maupun ekonomis yang baik dan rasional. Oleh karena itu, Ilmu Teknologi Ekonomi sering juga dianggap sebagai sarana pendukung keputusan (*Decision Making Support*) dan sering digunakan dalam analisa kelayakan (Sukirno, 2004).

2.7.1. Analisa Kelayakan Investasi

Investasi adalah semua hal yang mengandung unsur pengorbanan atau pengeluaran untuk suatu harapan di masa yang akan datang. Ada dua faktor yang terlibat dalam suatu investasi yakni waktu dan resiko. Istilah investasi hampir sama artinya dengan modal yang mengacu pada kekayaan dalam bentuk uang, ataupun barang yang dapat digunakan untuk menghasilkan keuntungan. Tujuan ditanamkannya suatu investasi adalah untuk memperoleh manfaat di masa yang datang (Pujawan, 2004).

Analisis kelayakan investasi adalah suatu penelitian yang dilakukan pada sebuah proyek apakah dapat dilaksanakan atau tidak untuk mencapai keberhasilan. Pengertian dari keberhasilan ini dapat lebih terbatas atau dapat juga diartikan yang lebih luas. Arti yang lebih terbatas adalah keberhasilan bagi perusahaan yaitu menambah keuntungan, sedangkan yang lebih luas adalah keberhasilan diluar perusahaan. Analisa kelayakan investasi merupakan bagian dari ekonomi manajerial yang merupakan aplikasi dari teori ekonomi dan

perangkat analisis ilmu keputusan untuk membahas bagaimana suatu organisasi dapat mencapai tujuan dengan cara yang paling efisien (Husnan, 1997).

Untuk melakukan analisis kelayakan investasi perlu diketahui jenis kelayakan investasi. Menurut Giatman (2006) jenis kelayakan investasi yaitu:

1. Kelayakan teknis adalah kelayakan yang hanya melihat atau mempertimbangkan satu aspek saja dari kelayakan investasi, misalnya hanya mempertimbangkan aspek pasar saja, atau aspek teknologi saja.
 2. Kelayakan finansial adalah kelayakan yang sudah memperhitungkan berbagai aspek terkait dengan kelayakan investasi, kecuali biaya oportunitas (biaya yang dikorbankan untuk menggunakan sumber daya bagi tujuan tertentu) akibat adanya investasi tersebut, misalnya aspek lingkungan dan eksternal lainnya.
 3. Kelayakan ekonomis, adalah kelayakan yang memperhitungkan seluruh aspek yang ada tanpa terkecuali. Kelayakan ini dapat dikatakan sebagai gabungan dari kelayakan teknis dan finansial dan merupakan jenis kelayakan yang paling efektif karena meliputi seluruh aspek yang terpengaruh.

2.7.2. Metode Analisis Kelayakan Investasi

Dalam menilai suatu investasi, diperlukan metode analisis untuk mengetahui apakah suatu investasi tersebut layak untuk dilaksanakan atau tidak. Penilaian tersebut mencakup berbagai aspek serta membutuhkan pertimbangan tertentu untuk memutuskan kelayakan sebuah investasi. Metode yang dapat digunakan untuk menilai kelayakan investasi antara lain (Prihastono, 2015):

- ## 1. Metode *Net Present Value* (NPV)

Metode ini menghitung selisih antara nilai sekarang investasi dengan nilai sekarang penerimaan-penerimaan kas bersih (operasional maupun *terminal cash flow*) di masa yang akan datang. Apabila nilai sekarang penerimaan-penerimaan kas bersih di masa yang akan datang lebih besar daripada nilai sekarang investasi, maka proyek ini dikatakan menguntungkan. Namun apabila lebih kecil (disebut NPV negatif atau $NPV < 0$) maka proyek ini ditolak karena dinilai tidak menguntungkan. Rumus yang digunakan adalah:

$$NPV = PV \text{ benefit} - PV \text{ cost} \quad (3)$$

PV benefit = Nilai sekarang dari penerimaan

PV cost = Nilai sekarang pengeluaran pengeluaran

2. Metode *Profitability Index* (PI)

Metode ini sering disamakan dengan metode *Benefit-Cost Ratio (B/C Ratio)*. Metode ini menghitung perbandingan antara nilai sekarang penerimaan-penerimaan kas bersih di masa yang akan datang dengan nilai sekarang investasi. Jika nilai *profitability index* lebih besar dari satu ($PI>1$), maka proyek dikatakan menguntungkan, tetapi jika $PI<1$ dikatakan tidak menguntungkan. Rumus yang digunakan adalah :

$$\text{Profitability Index} = \frac{\text{PV benefit}}{\text{PV cost}} \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

3. Metode *Return of Investment* (RoI)

Pengembalian atas investasi atau *Return of Investment* (RoI) adalah perbandingan antara pemasukan (*income*) per tahun terhadap dana investasi yang memberikan indikasi profitabilitas suatu investasi. RoI diartikan juga sebagai rasio uang yang diperoleh atau hilang pada suatu investasi, relatif terhadap jumlah uang yang diinvestasikan. Rumus yang digunakan adalah:

$$Return\ of\ Investment = \frac{Income}{Investment} \times 100\% \quad \dots \dots \dots (5)$$

4. Metode *Internal Rate of Return* (IRR)

Dalam konsep *time value of money*, dikenal dua nilai uang, yaitu *present value* dan *future value*. *Interest rate* ditentukan untuk dapat menghitung *present value* atau *future value*, tetapi pada proses analisis proyek, *rate* yang terjadi akibat keputusan investasi harus dicari sebagai pertimbangan dasar dalam menilai proyek yang dimaksud layak atau tidak layak.

Tolak ukur *rate* yang dapat diterima biasanya di atas *rate* bunga bank yang berlaku pada saat itu. Artinya, bila *rate* yang dihasilkan oleh kegiatan investasi proyek lebih besar dari bunga bank yang berlaku saat itu, investasi tersebut ditanyakan layak. *Rate* yang dihasilkan oleh kegiatan investasi tersebut disebut *internal rate of return* atau disingkat dengan IRR.

Secara sederhana, metode *internal rate of return* didefinisikan sebagai tingkat bunga yang akan menjadikan jumlah nilai sekarang dan *proceeds* yang diharapkan akan diterima sama dengan jumlah nilai sekarang dari pengeluaran modal ($NPV = 0$). Nilai sesungguhnya dapat dicari dengan metode *trial and error* (coba-coba), selanjutnya untuk menentukan besarnya *rate* yang dipakai dengan mempergunakan metode interpolasi. Rumus yang digunakan:

$r = \text{IRR}$ yang dicari

P1 = Tingkat bunga ke-1

P2 = Tingkat bunga ke-2

$$C1 = NPV \text{ ke-1}$$

$$C2 = NPV \text{ ke-2}$$

2.8. Analisis Penggantian (*Replacement*)

Semua alat (aset) yang dimiliki dan digunakan tentunya memiliki keterbatasan umur. Umur aset dalam ekonomi teknik dibedakan menjadi umur pakai dan umur ekonomis. Namun, dalam melakukan analisis penggantian (*replacement*), umur aset yang digunakan adalah umur ekonomis.

Giatman (2006), mengatakan bahwa analisis penggantian bertujuan untuk mengetahui kapan suatu aset harus diganti, alternatif mesin mana saja yang dapat dijadikan sebagai penggantinya, serta kapan penggantian tersebut harus dilakukan. Keputusan penggantian ini didasarkan pada *performance* ekonomi suatu aset dibandingkan dengan kriteria-kriteria fisik. Beberapa alasan yang mendasari dilakukannya penggantian suatu aset diantaranya adalah penambahan kapasitas, peningkatan ongkos produksi, penurunan produktifitas, dan keusangan alat.

Namun dalam aplikasinya sulit sekali mengambil keputusan penggantian suatu aset. Banyak hal yang menyebabkan keputusan penggantian tidak dapat dilaksanakan. Hal ini biasanya terjadi karena prediksi pengeluaran yang berkaitan dengan peralatan baru masih mengandung ketidakpastian dan resiko, sedangkan pengeluaran dari alat yang dimiliki saat ini relatif lebih pasti. Keterbatasan dana untuk membeli alat baru juga merupakan kendala dalam melakukan penggantian.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan garis besar tahapan penelitian yang harus diterapkan terlebih dahulu sebelum melakukan pemecahan masalah yang akan dibahas, sehingga memudahkan dalam menganalisis permasalahan yang ada dan terarah. Langkah-langkah yang dilakukan dalam upaya memecahkan permasalahan yang diteliti dijabarkan dalam bab ini.

3.1. Jenis dan Sumber Data

Data yang dikumpulkan untuk penelitian ini diperoleh dari PT XYZ dalam periode pengumpulan selama 6 bulan. Jenis-jenis data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jenis data primer dan sekunder.

1. Data primer merupakan data yang diperoleh dari pengamatan langsung.
2. Data sekunder merupakan data yang diperoleh melalui secara tidak langsung. Penelitian ini dilakukan pada unit pengolahan lumpur di PT XYZ, dimana data yang diperoleh hanya menggunakan data sekunder. Di dalam penelitian ini data sekunder didapatkan dari buku pedoman, dan lembar *check* harian. Adapun jenis data sekunder yang diperoleh dari penelitian ini, yaitu:
 - a. Data umum perusahaan.
 - b. Data hasil produksi tahun 2018.
 - c. Data jumlah lumpur.
 - d. Data biaya operasional pengolahan lumpur.
 - e. Data biaya pembangunan unit pengolahan lumpur.

3.2. Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data untuk penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian Lapangan

Penelitian lapangan ini dilakukan guna mencari data, mengumpulkan data serta mengolahnya dengan cara melakukan pengamatan secara langsung di lapangan, melakukan diskusi dengan *foreman*, staff produksi, dan operator

pada unit pengolahan lumpur dan produksi. Maksud dari penelitian lapangan yang dilakukan adalah untuk mengetahui kondisi aktual dan permasalahan yang terjadi secara akurat mengenai pengolahan lumpur di PT XYZ.

2. Penelitian Kepustakaan (*Library Research*)

Dalam penyusunan tugas akhir ini, dilakukan pada penelitian kepustakaan (*library research*) guna memenuhi dasar teori dalam menyusun tugas akhir ini. Penelitian kepustakaan ini dilakukan dengan cara mengumpulkan dan mempelajari data-data kepustakaan baik yang diperoleh melalui buku-buku, maupun jurnal yang berhubungan dengan permasalahan yang dihadapi sehingga dapat menunjang penulis dalam menyusun tugas akhir ini.

3.3. Teknis Pelaksanaan Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam metodologi penelitian ini dimulai dari studi pendahuluan sampai kesimpulan dan saran. Langkah-langkah metodologi secara rinci dijelaskan sebagai berikut:

3.3.1. Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan ini terbagi menjadi studi lapangan dan studi pustaka.

1. Studi Lapangan

Studi lapangan adalah kegiatan mengamati aktivitas yang terjadi di dalam unit pengolahan lumpur PT XYZ, dilakukan dengan cara terjun langsung ke lapangan. Kegiatan ini bertujuan untuk memahami proses pengolahan lumpur yang berlangsung dan mengetahui permasalahan yang terjadi.

2. Studi Pustaka

Studi pustaka adalah kegiatan yang menunjang penelitian. Pada tahap ini dilakukan kegiatan menelaah sumber-sumber yang berasal dari buku maupun jurnal yang berkaitan dengan permasalahan yang terjadi di lapangan.

3.3.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Identifikasi dan perumusan masalah merupakan suatu pengamatan yang dilakukan untuk menemukan masalah dengan meninjau proses produksi dan melakukan tanya jawab dengan pihak yang berkepentingan. Permasalahan yang terjadi pada PT XYZ terfokus pada fasilitas *Sludge Drying Beds* (SDB) yang dimiliki perusahaan untuk pengolahan lumpur sisa produksi. SDB sangat

bergantung pada cuaca dan memerlukan waktu yang cukup lama untuk mengolah lumpur. Kelemahan SDB tersebut menyebabkan tidak semua lumpur yang dihasilkan oleh PT XYZ dapat diolah pada hari yang sama dan berdampak pada timbulnya penumpukan lumpur di unit pengolahan lumpur. Produksi yang semakin meningkat juga menyebabkan semakin meningkatnya jumlah lumpur yang dihasilkan oleh PT XYZ sehingga lumpur tersebut tidak dapat tertangani lagi oleh unit pengolahan lumpur dengan menggunakan fasilitas SDB.

3.3.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ditetapkan sebagai pedoman, langkah-langkah apa yang akan dilakukan dan data apa saja yang diperlukan agar tujuan akhir pada penelitian yang dilakukan dapat tercapai. Maksud dan tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini harus diuraikan secara spesifik dan jelas. Adapun tujuan pada penelitian ini telah diuraikan pada Bab I dimana penelitian dilakukan di PT XYZ.

3.3.4. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian. Hasil dari data yang sudah dikumpulkan dan diolah akan digunakan untuk memberikan informasi dalam melakukan analisis dan pemecahan masalah. Pengolahan data didasarkan pada data yang telah didapat pada tahap pengumpulan data, dilakukan beberapa tahap pengolahan data untuk memperoleh tujuan penelitian.

Tujuan penelitian berfokus pada analisis kelayakan investasi karena hendak memilih metode pengolahan yang terbaik. Metode yang digunakan adalah perbandingan alternatif berbasis teknologi ekonomi dan analisis kelayakan investasi dengan perhitungan nilai NPV (*Net Present Value*), PI (*Profitability Index*), RoI (*Return of Investment*), dan IRR (*Internal Rate of Return*) yang memerlukan data berupa biaya-biaya pengeluaran dan pemasukan yang kemungkinan diperoleh dari unit pengolah lumpur perusahaan. Selain itu, dilakukan juga perbandingan teknis dalam hal kapasitas, efisiensi, efektifitas, dan kinerja yang dikonversi ke bentuk kuantitatif dari kedua hal yang dipertimbangkan tersebut dengan menggunakan data hasil produksi dan jumlah *input* dan *output* di unit pengolahan lumpur, dan waktu prosesnya.

1. Kapasitas, efisiensi, efektifitas, dan kinerja

Kapasitas adalah hasil produksi (*output*) maksimal dari sistem pada suatu periode tertentu. Kapasitas biasanya dinyatakan dalam angka per satuan waktu. Kapasitas dapat diketahui dari spesifikasi yang disediakan oleh supplier mesin atau dari pengukuran sendiri di lapangan. Efisiensi adalah ukuran *output* aktual dengan kapasitas efektif. Efektivitas adalah hasil produksi maksimal dari sistem pada periode tertentu yang dapat diharapkan perusahaan untuk menghasilkan berbagai produk. Kinerja adalah kemampuan alat yang dijadikan patokan seberapa besar kemampuan alat tersebut melakukan pekerjaannya.

2. *Net Present Value* (NPV)

Metode ini menghitung selisih antara nilai sekarang investasi dengan nilai sekarang penerimaan-penerimaan kas bersih (operasional maupun *terminal cash flow*) di masa yang akan datang.

3. *Profitability Index* (PI)

Metode ini menghitung perbandingan antara nilai sekarang penerimaan kas bersih di masa yang akan datang dengan nilai sekarang investasi.

4. *Return of Investment* (RoI)

RoI adalah perbandingan antara pemasukan (*income*) per tahun terhadap dana investasi yang memberikan indikasi profitabilitas suatu investasi.

5. *Internal Rate of Return* (IRR)

Metode *internal rate of return* didefinisikan sebagai tingkat bunga yang akan menjadikan jumlah nilai sekarang dan *proceeds* yang diharapkan akan diterima sama dengan jumlah nilai sekarang dari pengeluaran modal.

3.3.5. Pembahasan Hasil Analisis

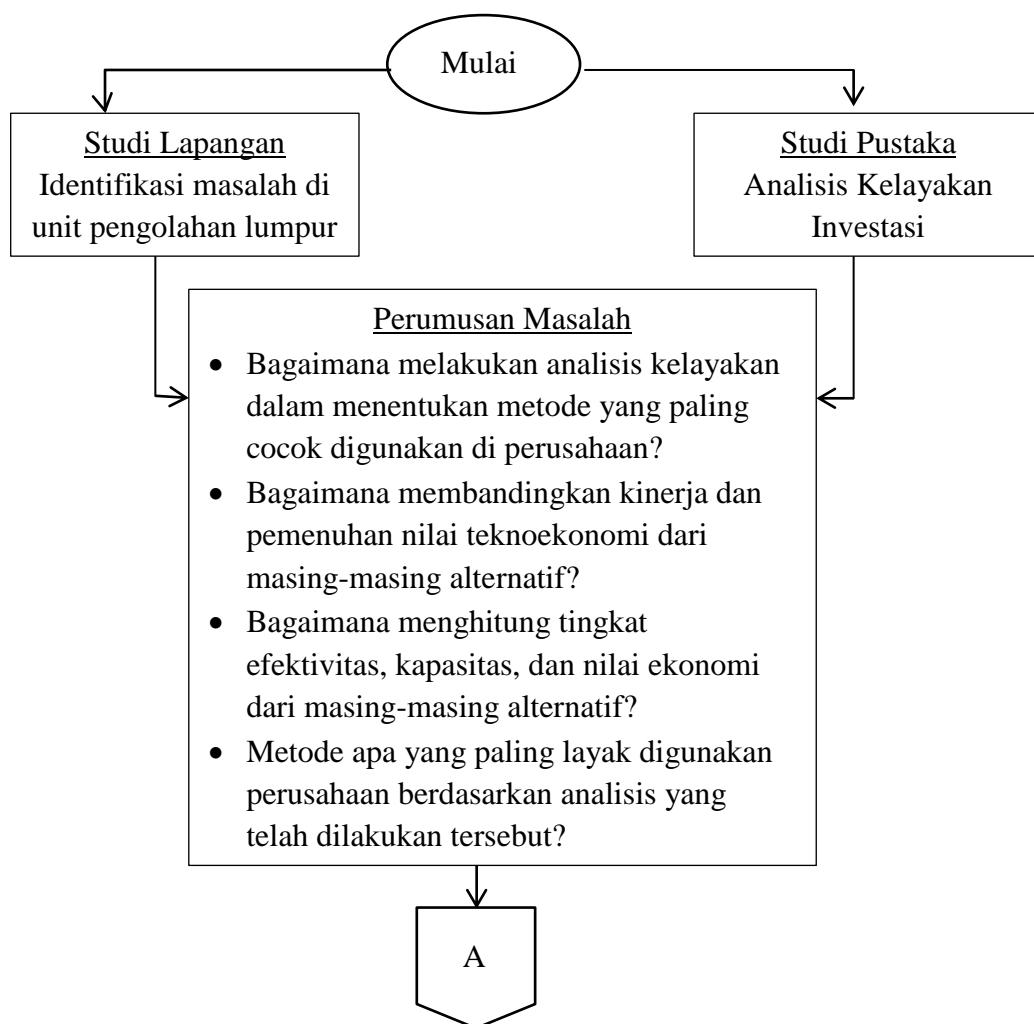
Bab pembahasan hasil analisis akan membahas hasil dari pengolahan data sebelumnya berdasarkan kondisi yang ada di perusahaan. Pada bab ini hasil-hasil pengolahan data yang telah diperoleh digunakan untuk mengevaluasi hasil penelitian di perusahaan. Pembahasan hasil penelitian merupakan jawaban, terhadap rumusan masalah penelitian. Jawaban tersebut diperoleh melalui hasil mengaitkan antara data hasil penelitian dengan kajian teori

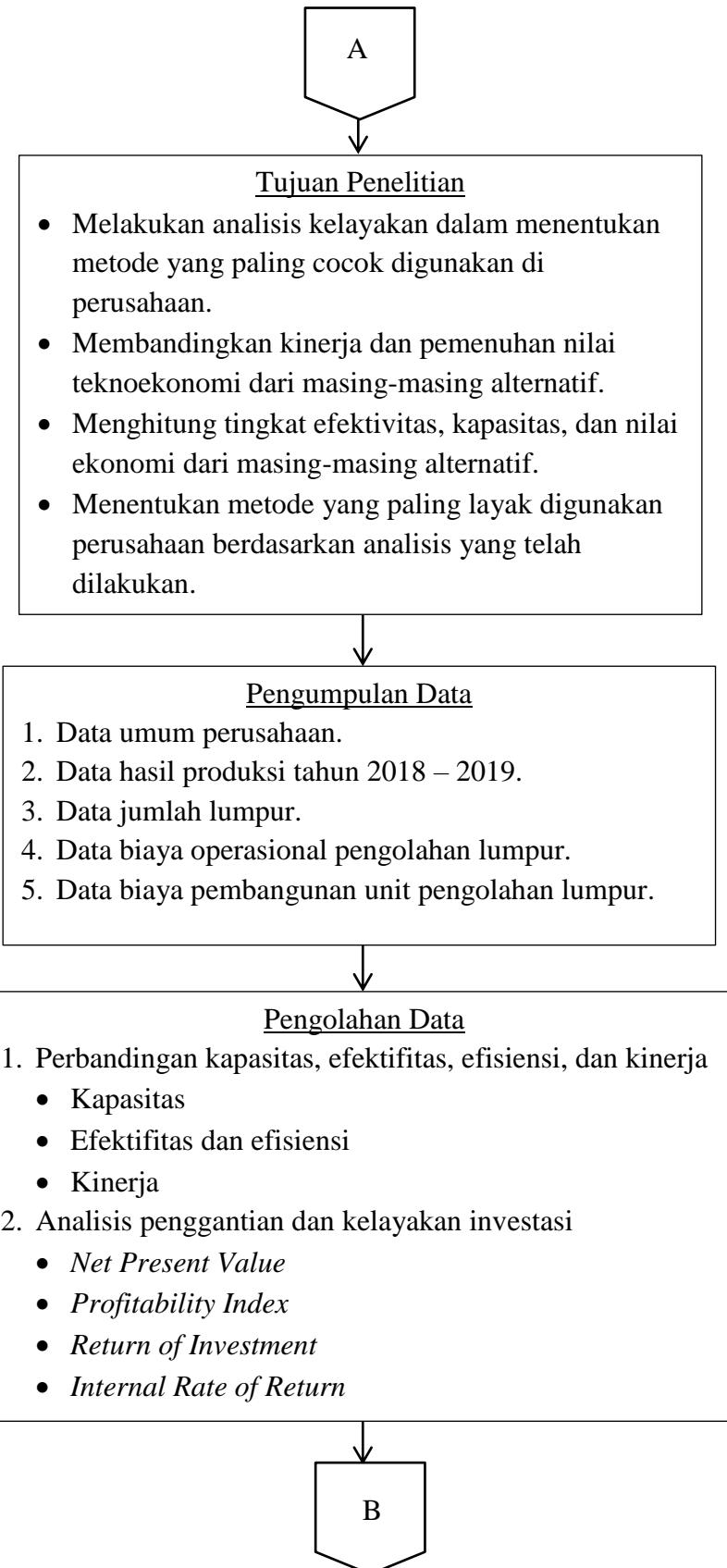
3.3.6. Kesimpulan dan Saran

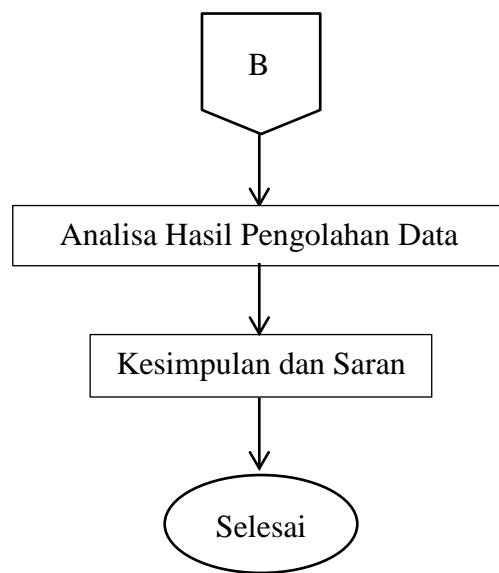
Kesimpulan diperoleh setelah memperoleh hasil pengolahan data dan analisis yang dilakukan terhadap data hasil penelitian yang telah diperoleh. Kesimpulan yang diambil sedapat mungkin harus dapat menjawab semua tujuan penelitian yang telah ditentukan sebelumnya. Kemudian atas dasar kesimpulan tersebut, penulis memberikan saran kepada perusahaan yang diharapkan dapat memberikan kontribusi kepada kemajuan perusahaan.

3.3.7. *Flowchart* Pemecahan Masalah

Flowchart pemecahan masalah menggambarkan langkah-langkah yang dilakukan dalam pemecahan masalah. *Flowchart* pemecahan masalah tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini:







Gambar 3.3.1 *Flowchart* pemecahan masalah
(Sumber : Metodologi penelitian)

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

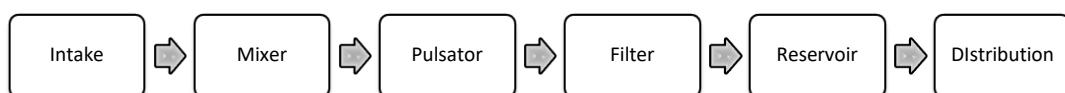
4.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan pengamatan langsung di lantai produksi dan unit pengolahan lumpur PT XYZ. Pengumpulan data meliputi data umum perusahaan, data jumlah limbah, data biaya operasional pengolahan lumpur, data biaya pembangunan unit pengolahan lumpur.

4.1.1. Data Umum Perusahaan

PT XYZ merupakan perusahaan yang mengolah dan menyuplai air bersih di beberapa area di Jakarta. PT XYZ memproduksi air bersih yang kualitasnya berpedoman pada standar Kualitas Air Minum dari Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/Menkes/PER/IV/2010. Untuk memenuhi pasokan air bersih bagi pelanggannya PT XYZ menggunakan sumber air baku berasal dari Waduk Jatiluhur yang dialirkan melalui saluran terbuka Kanal Tarum Barat/Kalimalang.

Proses produksi air di PT XYZ melalui beberapa tahap penjernihan. Tahap-tahap penjernihan tersebut diantaranya:



Gambar 4.1.1 Tahap penjernihan air PT XYZ

(Sumber : Pengumpulan data)

Pada unit intake, air baku dialirkan masuk dari sungai sumber air mengalir. Air yang masuk ke dalam intake kemudian melalui dua tahap penyaringan yaitu melalui *coarse screen* (saringan kasar) dan *fine screen* (saringan halus). Air baku yang telah disaring kemudian masuk ke unit selanjutnya yaitu unit *mixing basin*.

Sebelum masuk ke dalam *mixing basin*, air baku diberikan *treatment* terlebih dahulu yaitu dengan menambahkan gas klor atau disebut *pre-chlor* yang berfungsi untuk menghilangkan bakteri dari air baku dan karbon aktif yang berfungsi untuk menghilangkan bau. Begitu memasuki *mixing basin*, air baku diberikan zat penjernih air berupa koagulan seperti Al_2SO_4 dan *Poly Aluminium*

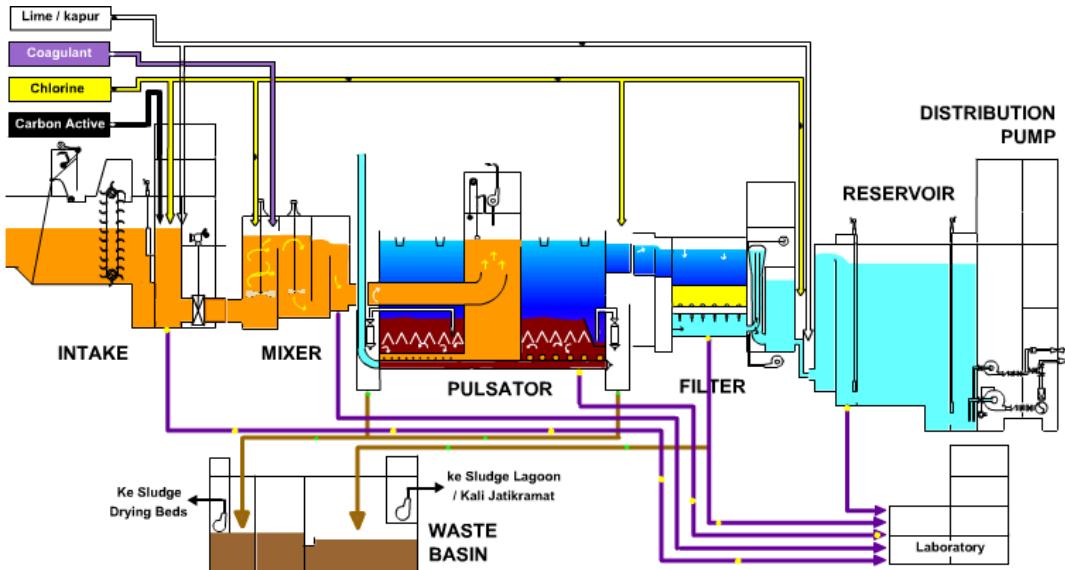
Chloride dalam dosis tertentu sesuai dengan tingkat kekeruhan dan pengotor dari air baku itu sendiri kemudian diaduk dengan baling-baling besar di dalam *mixing basin*. Setelah pengadukan ini, lumpur akan berikatan satu sama lain membentuk flok dan terpisah dari air bersih (proses flokulasi dan koagulasi).

Setelah dari *mixing basin*, air masuk ke bagian *pulsator* dimana lumpur ditekan di dalam ruang vakum udara untuk mempercepat proses flokulasi dan koagulasi dan memisahkan flok-flok lumpur dari air bersih. Air bersih akan naik dan lumpur turun karena flok yang terbentuk menjadi lebih berat. Air bersih kemudian bergerak masuk ke dalam celah-celah di dinding bagian atas *pulsator* untuk bergerak ke unit selanjutnya yaitu unit *filter*. Sebelum masuk ke dalam unit *filter*, air setengah jadi ini diberikan gas khlor kembali sebagai pengoksidasi.

Di unit *filter*, air setengah jadi yang hampir seluruh lumpurnya telah terpisah disaring dengan pasir khusus untuk penyaringan. PT XYZ menggunakan *filter* jenis *Aquazur V filter*. Untuk mengurangi waktu menguras atau mengganti *filter* digunakan teknik *backwashing* dimana air dalam *filter* dialirkan terbalik bukan dari atas ke bawah namun dari bawah ke atas selama beberapa waktu dalam periode yang telah ditentukan.

Setelah air disaring oleh *filter*, barulah air ditampung di dalam bak penampung dalam tanah (*ground tank reservoir*) sebelum dialirkan ke rumah-rumah konsumen dengan pompa distribusi melalui pipa-pipa bawah tanah. Sebelum masuk ke dalam *reservoir*, air yang telah jadi ini diberikan *treatment* kembali berupa gas khlor sebagai desinfektan dan *lime* sebagai pengatur pH.

Unit *pulsator* dan *filter* menghasilkan limbah produksi berupa lumpur yang dialirkan dari masing-masing unit ke unit pengolahan lumpur melalui pipa bawah tanah.



Gambar 4.1.2 Bagan instalasi penjernihan air PT XYZ

(Sumber : Pengumpulan data)

PT XYZ memiliki Instalasi Pengolahan Air (IPA) untuk memenuhi kebutuhan air pelanggannya yang memiliki kapasitas maksimal produksi hingga sebesar $10 \text{ m}^3/\text{detik}$ atau sekitar $25.920.000 \text{ m}^3$ per bulan. Besar kapasitas produksi PT XYZ adalah berdasarkan jumlah kebutuhan air pelanggan yang jumlahnya cukup besar dan terus meningkat setiap tahunnya. Jumlah pelanggan PT XYZ yang tercatat pada akhir tahun 2018 adalah hingga 439.791 sambungan dengan volume mencapai $14.495.621 \text{ m}^3$ per bulan (dokumen perusahaan, 2019).

4.1.2. Pengolahan Lumpur Perusahaan

PT XYZ saat ini menggunakan fasilitas *Sludge Drying Beds* (SDB) seluas 4.800 m^3 untuk mengolah lumpur sisa produksinya. Unit pengolahan lumpur melakukan proses yang disebut *dewatering* untuk menekan air dalam lumpur dan menyisakan padatan lumpur saja. Air hasil *dewatering* akan dialirkan kembali ke dalam proses penjernihan sebagai air baku yang disebut air *recycling* dan padatan yang telah dikeringkan airnya akan dikumpulkan di *landfill* kemudian dikeringkan sampai benar-benar kering. Lumpur yang diolah oleh unit pengolahan lumpur merupakan lumpur hasil sisa proses sedimentasi maupun filtrasi dan biasanya disebut lumpur baku (*raw sludge*). Karakteristik lumpur yang dihasilkan dari proses penjernihan bergantung pada kualitas air baku, jenis dan jumlah bahan

koagulan yang digunakan dalam pengolahan dan sangat cocok digunakan sebagai bahan baku material pembangunan seperti batako dan batu bata ringan.

4.1.3. *Sludge Drying Beds (SDB)*

SDB menampung lumpur dan memisahkan lumpur yang bercampur dengan air dengan gravitasi dan proses penguapan menggunakan penyinaran matahari sehingga sangat bergantung pada cuaca.

Pada pengoperasiannya, lumpur diletakkan di atas *bed* dengan ketebalan lapisan lumpur lalu dibiarkan hingga mengering. Sebagian air yang terkandung di dalam lumpur akan mengalir melalui pori – pori *bed* dan dikembalikan ke proses dan sebagian lagi akan menguap. Lumpur yang telah mengering pada bagian atas *bed* disisihkan dan dapat dikumpulkan ke *landfill*.



Gambar 4.1.3 Tampak atas unit pengolahan lumpur PT XYZ
(Sumber : Pengumpulan data)



Gambar 4.1.4 *Sludge Drying Beds* milik PT XYZ
(Sumber : Pengumpulan data)



Gambar 4.1.5 Input *Sludge Drying Beds*

(Sumber : Pengumpulan data)

Berikut adalah data-data yang berkenaan dengan fasilitas *sludge drying bed* (SDB) yang dimiliki oleh perusahaan :

1. Spesifikasi SDB perusahaan

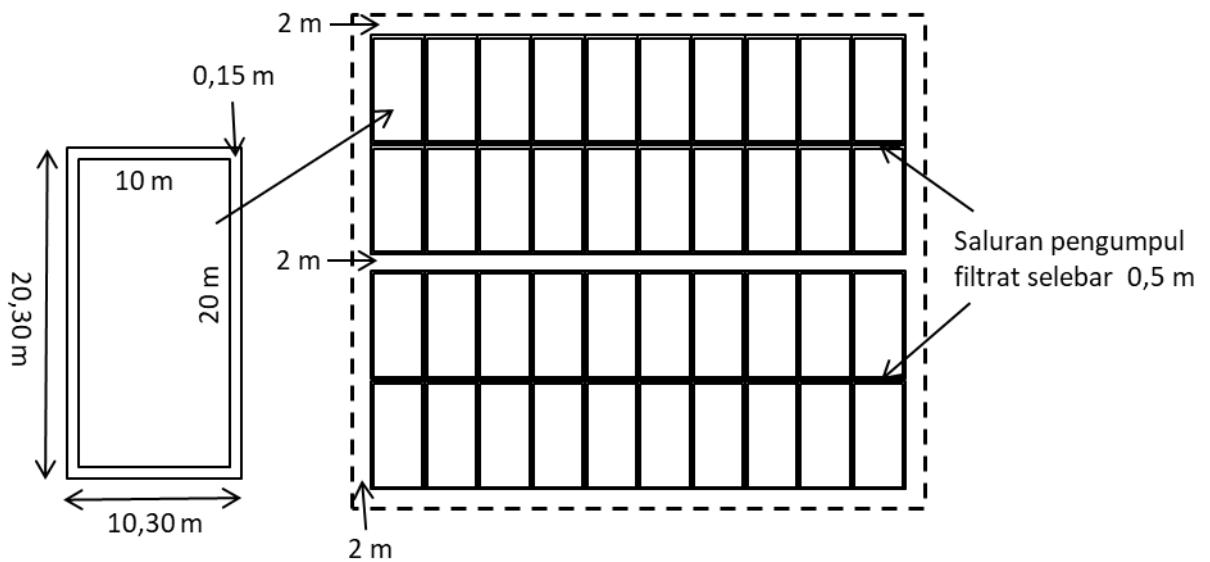
Tabel 4.1.1 Spesifikasi *Sludge Drying Beds*

Parameter	Nilai	Satuan
Periode pengeringan	10	Hari
<i>Solid capture</i>	95	%
<i>Specific gravity</i> lumpur	1,06	
Ketebalan lumpur	0,6	m

(Sumber : Pengumpulan data)

2. Dimensi unit SDB:

- Panjang *bed* = 20 m dan lebar *bed* = 10 m
- Jumlah *bed* perusahaan = 40 unit
- Daya tampung *bed* = $20 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} = 120 \text{ m}^3/\text{bed}$ SDB
- Total tampungan SDB = $120 \text{ m}^3 \times 40 \text{ unit} = 4.800 \text{ m}^3$
- Daya tampung/hari = $4.800 \text{ m}^3 / 10 \text{ hari pengeringan} = 480 \text{ m}^3/\text{hari}$



Gambar 4.1.6 Desain *Sludge Drying Beds* milik PT XYZ
 (Sumber : Pengumpulan data)

Saluran pengumpul filtrat terletak di tengah-tengah SDB. Filtrat akan mengalir ke saluran pengumpul melalui pipa pengumpul yang terdapat di setiap unit SDB. Filtrat kemudian dialirkan secara gravitasi ke bak pengumpul. Pipa pengumpul memiliki diameter 75 mm dengan kemiringan 3^0 . Untuk saluran pengumpul filtrat, digunakan saluran terbuka dengan lebar 0,5 m. Saluran pengumpul ini akan mengalirkan filtrat ke bak air *recycling*.

3. Karakteristik lapisan *bed*:

Lapisan pasir	<i>Fine sand</i>	= 100 mm
	<i>Coarse sand</i>	= 50 mm
	Total ketebalan	= 150 mm
Lapisan gravel	<i>Fine gravel</i>	= 75 mm
	<i>Medium gravel</i>	= 75 mm
	<i>Coarse gravel</i>	= 75 mm
	Total ketebalan	= 225 mm

$$\text{Total ketebalan lapisan } \textit{bed} = 150 \text{ mm} + 225 \text{ mm} = 375 \text{ mm} = 0,375 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman SDB} = 0,6 + 0,375 = 0,975 \text{ m} + \text{safety factor} \approx 1 \text{ m}$$

4. Konsentrasi lumpur

Lumpur yang masuk ke dalam SDB rata-rata memiliki konsentrasi sebesar 45%, setelah melalui proses *dewatering* konsentrasinya menjadi 90% - 95%.

5. *Total solid* yang dihasilkan per hari apabila kapasitas maksimal

$$\text{Volume } solid \text{ dalam lumpur} = (45\% - (100\% - 95\%)) \times 480 = 192 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Volume } solid \text{ dalam cake} = 95\% \times 192 \text{ m}^3 = 182,4 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Bobot lumpur} = \frac{480 \text{ m}^3 \times 1,06 \times 1 \text{ gr/cm}^3 \times 10^6 \text{ cm}^3/\text{m}^3}{1.000 \text{ g/kg}} = 508.800 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Bobot } solid \text{ pada lumpur} = (45\% - (100\% - 95\%)) \times 508.800 = 203.520 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Bobot } solid \text{ pada cake} = 95\% \times 203.520 \text{ kg} = 193.344 \text{ kg/hari}$$

6. Karakteristik filtrat:

$$\text{Debit filtrat saat kapasitas maksimal} = (480 - 192) \text{ m}^3/\text{hari} = 288 \text{ m}^3/\text{hari}$$

4.1.4. Pengolahan Lumpur Metode Sentrifugal

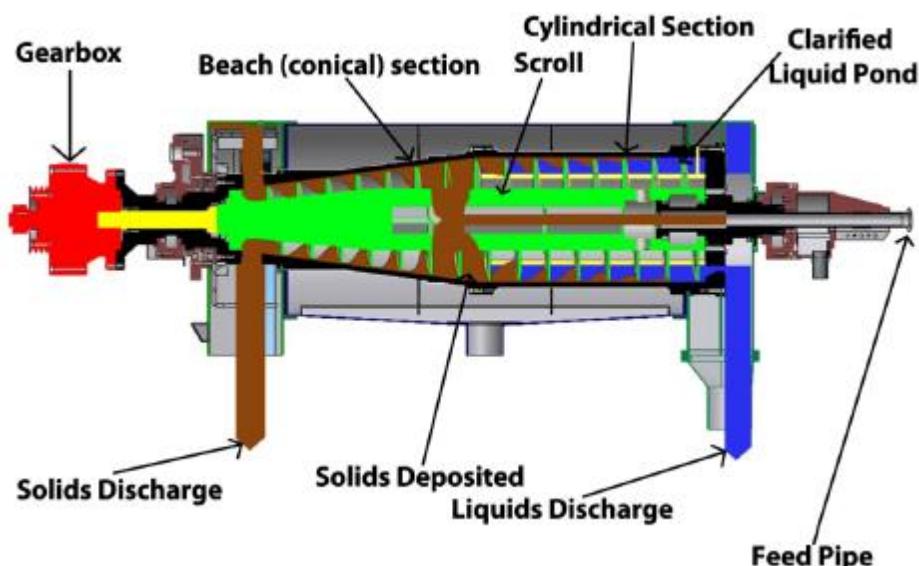
Metode sentrifugal yang digunakan untuk mengolah lumpur pada dasarnya menggunakan prinsip yang sama seperti tangki enap gravitasi, perbedaannya adalah pada adanya gaya sentrifugal sehingga mengurangi waktu mengendap dan meningkatkan efisiensi. Pada tangki enap gravitasi, proses pemisahan berlangsung pada percepatan gravitasi 1G yaitu $9,81 \text{ m/s}^2$. Pada metode sentrifugal, alih-alih bekerja pada 1G, metode ini memungkinkan pengoperasian pada beribu-ribu G sehingga menurunkan waktu padatan untuk mengendap secara drastis. Mesin yang bekerja menggunakan metode sentrifugal adalah mesin *decanter*.

Bagian utama pada mesin *decanter* adalah tabung pemisah dimana pada tabung ini proses pemisahan berlangsung. Tabung ini memisahkan padatan (*cake*) lumpur dengan cairannya dengan cara berputar pada kecepatan tinggi, menimbulkan gaya sentrifugal yang mendorong lumpur ke dinding dalam tabung kemudian menekan cairan dalam lumpur keluar dan terpisah dari padatannya. Semakin besar ukuran tabung *decanter*, maka semakin besar juga kapasitas lumpur maksimum yang dapat diolah oleh *decanter* dalam satu waktu.

Dalam melakukan pemisahan dengan *decanter*, koagulan diperlukan untuk melepas ikatan antara air dan padatan dalam lumpur sehingga air yang

dikeluarkan dari lumpur maksimal dan menghasilkan padatan lebih kering. Koagulan ditambahkan sebanyak 0,6% dari jumlah lumpur yang masuk ke dalam *decanter*, jumlah ini adalah kadar optimum yang diperoleh dari hasil percobaan di PT XYZ pada lumpur sisa pengolahannya.

Bagian-bagian *decanter* sentrifugal menurut Vanderbeken (2002) dalam manual alat penggunaan alat dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.1.7 Bagian-bagian mesin *decanter*

(Sumber : Pengumpulan data)

1. *Solids discharge*, adalah dimana padatan hasil proses dijatuhkan. Normalnya, sebuah baut konveyor dengan suatu katup berada dibawah pembuangan ini. Hal ini dikarenakan untuk beberapa detik setelah *start-up*, cairan akan keluar dari bagian ini.
2. *Solids deposited*, adalah padatan yang terdeposit. Padatan ini membentuk seperti cincin, 360 derajat, terbentuk di sekeliling tabung, dan didorong oleh sekrup *decanter* pada kecepatan yang tergantung pada perbedaan kecepatan antara tabung dan sekrup.
3. *Liquids discharge*, adalah pembuangan cairan pada bagian akhir *decanter*. Cairan ini masih kotor, dan dikirimkan kembali ke dalam proses.
4. *Feed pipe*, adalah dimana *sludge* atau lumpur dimasukkan, terletak di ujung lain dari *decanter*. *Sludge* dimasukkan hingga setengahnya melalui *feed pipe*,

dimana pada saat itu juga *sludge* tersebut dialirkan dan oleh gaya sentrifugal padatannya terpisah ke sepanjang bagian luar tabung. Bagian ini dapat diatur untuk memperoleh hasil yang optimal.

5. *Clarified liquid pond*, adalah bagian cairan yang terpisah di *decanter*. Begitu cairan mencapai level keluaran tertentu, cairan tersebut mulai mengalir keluar.
6. *Cylindrical section*, adalah bagian dimana 90% proses *dewatering* terjadi.
7. *Beach (Conical section)*, adalah bagian yang didesain untuk memberikan gaya tambahan pada padatan, menekan cairan terakhir pada *sludge* keluar dengan tidak hanya memberikan gaya *G-force* tapi juga menekan padatannya. Bagian ini juga didesain untuk mengangkat padatan keatas level air menuju ruang pembuangan.
8. *Gearbox*, adalah bagian *decanter* yang merupakan sistem pergerakan *decanter* yang terdiri atas motor elektrik, motor hidraulik, dan *cyclo gearbox*. Motor elektrik menyediakan tenaga yang dibutuhkan untuk memutar secara keseluruhan bagian-bagian *decanter*, mengendalikan tabung secara langsung, dan memutari hidraulik. Perbedaan kecepatan antara tabung dan sekrup dikontrol oleh PLC (*Programmable Logic Control*, sebuah rangkaian elektronik yang dapat mengerjakan berbagai fungsi-fungsi kontrol pada level-level yang kompleks). PLC mengontrol siklus kerja sekaligus menjaga mesin apabila terjadi torsi yang berlebihan.

Dalam pengoperasiannya, *decanter* dioperasikan melalui panel kendali yang terpasang di dinding ruangan dan tersambung dengan tangki koagulan. Dengan demikian, operator dapat mengatur kecepatan *decanter* dan memantau kinerjanya sekaligus mengatur jumlah koagulan yang akan dimasukkan ke dalam *decanter* bersamaan dengan lumpur.

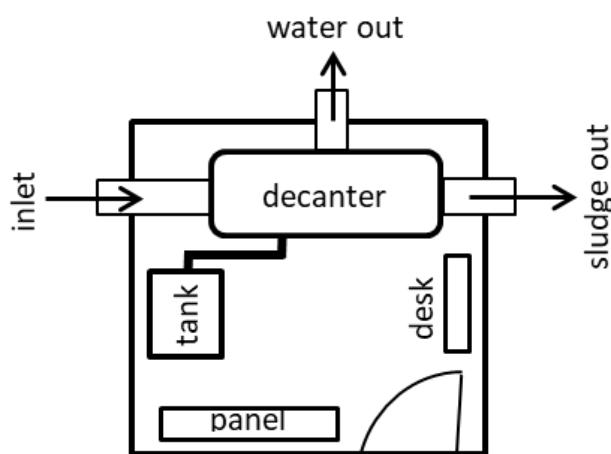
Decanter yang akan digunakan oleh PT XYZ adalah *decanter* dengan merek Pieralisi General Mammoth 570/3 yang mampu mengolah lumpur sebanyak 85.000 l/jam atau $85 \text{ m}^3/\text{jam}$. Dengan jam kerja *decanter* selama 12 jam per hari, maka kapasitas *decanter* ini adalah sebesar $1.020 \text{ m}^3/\text{hari}$. Berikut spesifikasi dari *decanter* Pieralisi General Mammoth 570/3.

Tabel 4.1.2 Spesifikasi Mesin *Decanter* Pierarchical General Mammoth 570/3

No	Spesifikasi	Nilai
1	Panjang	5,05 m
2	Lebar	1,92 m
3	Tinggi	1,97 m
4	Berat	6,5 ton
5	Kapasitas	85 m ³ /jam
6	Daya Mesin	90 kW
7	Diameter Tabung	0,57 m

(Sumber : Pengumpulan data)

Decanter akan dipasang dalam sebuah bangunan berukuran 10 x 10 m dengan ketinggian 4 m dan dinding bagian atas terbuka setengah di sisi dimana *decanter* diletakkan untuk memantau aliran padatan yang keluar. Air yang keluar dari *decanter* akan mengalir langsung ke bak air *recycling* yang mengarah kembali ke bagian intake untuk kembali diolah menjadi air bersih. Padatan yang dikeluarkan ditampung oleh truk *pick up* dan diletakkan di *landfill* supaya mengering sempurna dan menjadi tanah kering.



Gambar 4.1.8 Layout bangunan mesin *decanter*

(Sumber : Pengumpulan data)

Tangki koagulan digunakan untuk menampung koagulan yang telah dicairkan dan akan digunakan untuk mengolah lumpur. Tangki ini menggunakan bahan yang tahan bahan kimia ringan dan sistemnya terhubung dengan panel

decanter. Koagulan yang digunakan adalah LT-20 yang berbentuk serbuk, diencerkan hingga konsentrasi 50% untuk mempermudah pereaksian dengan lumpur. Kadar optimum koagulan yang digunakan adalah sebesar 0,6% dari jumlah lumpur yang masuk, angka ini merupakan rekomendasi dari supplier *decanter* dan telah di uji coba oleh PT XYZ pada lumpur yang dihasilkan perusahaan. Koagulan ini harus terus diaduk di dalam tangki dan dipastikan larut sempurna untuk mencegah penggumpalan yang dapat menyumbat saluran masuk.

4.1.5. Lumpur yang Dihasilkan Perusahaan

PT XYZ menghasilkan limbah berupa lumpur. Lumpur yang dihasilkan masih memiliki kadar air yang cukup tinggi yang dapat digunakan kembali sebagai bahan baku. Lumpur ini juga tidak boleh dibuang ke sungai karena dapat menimbulkan pencemaran sungai dan kenaikan dasar sungai sehingga menyebabkan air sungai meluap.

Pelanggaran pembuangan lumpur dapat menyebabkan perusahaan dikenai denda yang cukup besar hingga pencabutan izin produksi. Pada tahun 2017, pengurus daerah meminta PT XYZ membuat kesepakatan mengenai permasalahan lumpur ini. Perjanjian tersebut direkam dalam SK perusahaan No. 189 tahun 2017 dimana disebutkan apabila perusahaan membuang lumpur ke sungai maka perusahaan wajib membayar denda sebesar Rp 22.867 per m³ lumpur yang dibuang. Apabila perusahaan terbukti membuang lumpur secara ilegal, izin pengolahan air perusahaan akan dicabut hingga batas waktu yang tak ditentukan atau hingga perusahaan membayar sejumlah denda. Perusahaan juga wajib melaporkan hasil pengolahan lumpurnya kepada pengurus daerah setiap bulan.

Jumlah lumpur yang dihasilkan oleh perusahaan pada periode Juni 2018 sampai Mei 2019 adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1.3 Jumlah Lumpur Perusahaan Bulan Juni 2018 – Mei 2019

JUNI 2018

Tanggal	Lumpur (m ³)	Tanggal	Lumpur (m ³)	Tanggal	Lumpur (m ³)	Tanggal	Lumpur (m ³)
1	623	16	593	1	133	17	1.065
2	774	17	801	2	1.414	18	818
3	614	18	628	3	64	19	1.179
4	343	19	757	4	1.594	20	1.080
5	570	20	1.313	5	519	21	682
6	919	21	1.060	6	540	22	1.329
7	1.089	22	1.075	7	575	23	791
8	1.003	23	1.044	8	1.076	24	1.419
9	531	24	1.068	9	1.329	25	1.466
10	535	25	1.325	10	1.177	26	1.659
11	393	26	1.531	11	1.479	27	1.311
12	449	27	1.474	12	1.335	28	533
13	1.057	28	1.113	13	1.035	29	620
14	837	29	1.663	14	904	30	448
15	476	30	1.418	15	1.267	31	981
				16	861		
Jumlah			27.075	Jumlah			30.683

AGUSTUS 2018

SEPTEMBER 2018

Tanggal	Lumpur (m ³)	Tanggal	Lumpur (m ³)	Tanggal	Lumpur (m ³)	Tanggal	Lumpur (m ³)
1	695	17	1.758	1	458	16	754
2	895	18	331	2	744	17	195
3	829	19	1.783	3	743	18	831
4	804	20	991	4	687	19	1.687
5	925	21	818	5	1.166	20	1.499
6	758	22	184	6	925	21	1.255
7	740	23	61	7	435	22	854
8	923	24	2.032	8	586	23	875
9	967	25	2.128	9	864	24	345
10	859	26	1.220	10	650	25	1.089
11	659	27	1.058	11	432	26	731
12	1.033	28	1.422	12	701	27	1.724
13	776	29	700	13	753	28	1.469
14	1.095	30	960	14	697	29	1.255
15	741	31	907	15	659	30	1.769
Jumlah			29.863	Jumlah			26.836

OKTOBER 2018**NOVEMBER 2018**

Tanggal	Lumpur (m ³)						
1	1.011	17	1.057	1	2.178	16	1.420
2	1.136	18	1.397	2	1.625	17	1.937
3	1.038	19	1.835	3	2.056	18	33
4	659	20	622	4	2.140	19	1.973
5	273	21	1.014	5	2.322	20	1.489
6	1.261	22	841	6	2.092	21	1.159
7	1.051	23	959	7	1.789	22	1.770
8	346	24	727	8	838	23	1.261
9	851	25	1.736	9	1.865	24	1.488
10	104	26	1.326	10	1.173	25	1.276
11	707	27	507	11	1.181	26	1.683
12	781	28	399	12	1.716	27	1.751
13	115	29	124	13	1.402	28	1.457
14	1.208	30	659	14	513	29	994
15	1.602	31	266	15	1.097	30	2.355
16	1.931						
Jumlah		27.541		Jumlah		46.033	

DESEMBER 2018**JANUARI 2019**

Tanggal	Lumpur (m ³)						
1	1.061	17	2.342	1	773	17	1.280
2	705	18	658	2	1.066	18	1.031
3	1.023	19	981	3	590	19	1.173
4	1.683	20	2.132	4	694	20	1.840
5	266	21	1.765	5	920	21	938
6	1.433	22	1.987	6	712	22	509
7	751	23	1.346	7	855	23	512
8	544	24	1.532	8	368	24	1.080
9	628	25	2.317	9	1.467	25	926
10	76	26	1.889	10	395	26	1.162
11	697	27	2.161	11	1.002	27	1.297
12	595	28	2.266	12	1.770	28	441
13	1.167	29	1.657	13	988	29	746
14	819	30	695	14	869	30	733
15	1.277	31	765	15	1.088	31	455
16	882			16	1.004		
Jumlah		38.100		Jumlah		28.680	

FEBRUARI 2019**MARET 2019**

Tanggal	Lumpur (m ³)						
1	1.138	15	590	1	1.731	17	735
2	1.175	16	677	2	995	18	1.017
3	876	17	531	3	1.032	19	713
4	875	18	496	4	959	20	977
5	922	19	1.374	5	757	21	1.142
6	851	20	873	6	1.054	22	732
7	1.322	21	1.387	7	769	23	2.023
8	970	22	1.334	8	897	24	802
9	12	23	1.161	9	985	25	1.194
10	1.952	24	1.314	10	845	26	774
11	1.155	25	1.746	11	692	27	809
12	789	26	1.266	12	933	28	1.429
13	626	27	1.134	13	857	29	1.660
14	1.002	28	562	14	1.074	30	1.460
				15	861	31	223
				16	1.253		
Jumlah		28.107		Jumlah		31.380	

APRIL 2019**MEI 2019**

Tanggal	Lumpur (m ³)						
1	724	16	944	1	876	17	1.075
2	805	17	1.032	2	648	18	876
3	1.996	18	889	3	749	19	1.293
4	1.069	19	1.152	4	841	20	959
5	726	20	1.149	5	795	21	1.337
6	692	21	992	6	630	22	1.073
7	861	22	1.250	7	1.640	23	1.769
8	689	23	1.137	8	1.061	24	1.577
9	872	24	897	9	1.396	25	996
10	614	25	748	10	806	26	890
11	1.109	26	2.048	11	969	27	803
12	805	27	1.000	12	869	28	743
13	853	28	1.626	13	930	29	1.930
14	974	29	1.102	14	1.153	30	1.723
15	1.213	30	775	15	931	31	1.109
				16	1.008		
Jumlah		30.745		Jumlah		33.455	

(Sumber : Pengumpulan data)

Dengan demikian, rekapitulasi jumlah lumpur dari periode tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1.4 Rekapitulasi Jumlah Lumpur Perusahaan

Bulan	Debit/hari (m ³)			
	Jumlah	Rata-rata	Maks	Min
Juni	27.075	903	1.663	343
Juli	30.683	990	1.659	64
Agustus	29.863	963	2.128	61
September	26.836	895	1.769	195
Oktober	27.541	888	1.931	104
November	46.033	1.534	2.355	33
Desember	38.100	1.229	2.342	76
Januari	28.680	925	1.840	368
Februari	28.107	1.004	1.952	12
Maret	31.380	1.012	2.023	223
April	30.745	1.025	2.048	614
Mei	33.455	1.079	1.930	630
Jumlah	378.497			
Rata-rata	31.541	1.037	1.970	227

(Sumber : Pengumpulan data)

Dapat diketahui dari data diatas bahwa jumlah lumpur yang dihasilkan perusahaan dalam satu tahun adalah sebesar 378.497 m³ dan rata-rata setiap bulan sebesar 31.541 m³.

4.2. Pengolahan Data

Setelah semua data yang diperlukan dikumpulkan, selanjutnya data diolah untuk memperoleh hasil akhir berupa informasi yang diharapkan dapat menjadi pertimbangan pemilihan metode pengolahan lumpur perusahaan. Informasi tersebut meliputi angka keefektifan dan hasil analisa kelayakan. Pada pengolahan data ini akan dibandingkan tiga alternatif keputusan yaitu tetap menggunakan fasilitas SDB (SDB), menambah fasilitas SDB (+SDB), dan mengganti fasilitas SDB dengan *decanter* sentrifugal (*Decanter*).

4.2.1. Angka Keefektifan Metode

Dengan menganggap kapasitas metode sebagai *output* aktual, maka angka keefektifan dapat diperoleh untuk menunjukkan kemampuan metode tersebut menangani lumpur yang dihasilkan perusahaan.

$$\text{Efektivitas} = \frac{\text{Output aktual}}{\text{Output yg direncanakan}} \times 100\%$$

1. Fasilitas *Sludge Drying Beds* (SDB)

Alternatif pertama perusahaan adalah tetap menggunakan fasilitas SDB yang sudah dimiliki tanpa menambah apapun. Perusahaan hanya perlu melakukan penggantian pada beberapa bagian yang sudah rusak dan memperbaiki sistem perpipaan fasilitas. Kapasitas SDB yang ada diketahui sebesar 4.800 m^3 per 10 hari periode pengeringan. Dengan menggunakan data jumlah lumpur yang ada per 10 hari, maka angka keefektifan fasilitas :

Tabel 4.2.1 Efektivitas SDB Terhadap Lumpur Perusahaan

Periode	Jumlah lumpur	Maks terolah	Efektivitas	Periode	Jumlah lumpur	Maks terolah	Efektivitas
1	6.999	4.800	68,58%	20	9.027	4.800	53,18%
2	7.305	4.800	65,71%	21	16.767	4.800	28,63%
3	12.771	4.800	37,58%	22	10.138	4.800	47,35%
4	8.422	4.800	57,00%	23	9.804	4.800	48,96%
5	11.022	4.800	43,55%	24	10.451	4.800	45,93%
6	10.258	4.800	46,79%	25	8.656	4.800	55,45%
7	8.517	4.800	56,36%	26	9.267	4.800	51,80%
8	9.847	4.800	48,75%	27	10.891	4.800	44,07%
9	10.614	4.800	45,22%	28	10.259	4.800	46,79%
10	7.612	4.800	63,06%	29	9.130	4.800	52,57%
11	6.538	4.800	73,42%	30	10.182	4.800	47,14%
12	11.528	4.800	41,64%	31	10.784	4.800	44,51%
13	9.798	4.800	48,99%	32	8.935	4.800	53,72%
14	9.752	4.800	49,22%	33	11.295	4.800	42,50%
15	9.966	4.800	48,17%	34	9.043	4.800	53,08%
16	15.251	4.800	31,47%	35	10.763	4.800	44,60%
17	13.142	4.800	36,52%	36	11.845	4.800	40,52%
18	13.882	4.800	34,58%	37	6.307	4.800	76,10%
19	11.730	4.800	40,92%				
Rata-rata Efektivitas				49,04%			

(Sumber : Pengolahan data)

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa efektivitas fasilitas SDB yang telah dimiliki perusahaan hanya sebesar 49,04%.

2. Penambahan *Sludge Drying Beds* (+SDB)

Alternatif kedua perusahaan adalah membangun fasilitas SDB kedua yang spesifikasinya sama seperti fasilitas SDB yang sudah ada. Lahan yang diperlukan tersedia di dalam perusahaan sehingga perusahaan hanya perlu melakukan pembangunan saja. Penambahan fasilitas ini meningkatkan kapasitas pengolahan lumpur perusahaan menjadi 9.600 m^3 per 10 hari periode pengeringan. Angka keefektifan dari alternatif ini sebagai berikut :

Tabel 4.2.2 Efektivitas Penambahan SDB Terhadap Lumpur Perusahaan

Periode	Jumlah lumpur	Maks terolah	Efektivitas	Periode	Jumlah lumpur	Maks terolah	Efektivitas
1	6.999	9.600	137,15%	20	9.027	9.600	106,35%
2	7.305	9.600	131,42%	21	16.767	9.600	57,26%
3	12.771	9.600	75,17%	22	10.138	9.600	94,69%
4	8.422	9.600	113,99%	23	9.804	9.600	97,92%
5	11.022	9.600	87,10%	24	10.451	9.600	91,86%
6	10.258	9.600	93,59%	25	8.656	9.600	110,91%
7	8.517	9.600	112,72%	26	9.267	9.600	103,59%
8	9.847	9.600	97,49%	27	10.891	9.600	88,15%
9	10.614	9.600	90,44%	28	10.259	9.600	93,57%
10	7.612	9.600	126,12%	29	9.130	9.600	105,15%
11	6.538	9.600	146,84%	30	10.182	9.600	94,28%
12	11.528	9.600	83,27%	31	10.784	9.600	89,02%
13	9.798	9.600	97,98%	32	8.935	9.600	107,45%
14	9.752	9.600	98,44%	33	11.295	9.600	84,99%
15	9.966	9.600	96,33%	34	9.043	9.600	106,16%
16	15.251	9.600	62,95%	35	10.763	9.600	89,20%
17	13.142	9.600	73,05%	36	11.845	9.600	81,05%
18	13.882	9.600	69,16%	37	6.307	9.600	152,21%
19	11.730	9.600	81,84%				
Rata-rata Efektivitas				98,08%			

(Sumber : Pengolahan data)

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa efektivitas setelah penambahan fasilitas SDB sebesar 98,08%.

3. Decanter Sentrifugal (Decanter)

Alternatif terakhir yang dimiliki perusahaan adalah mengganti pengolahan lumpur yang telah ada menggunakan *decanter* sentrifugal. *Decanter* sentrifugal akan didirikan diatas lahan bekas fasilitas SDB. Kapasitas *decanter* sentrifugal adalah sebesar 85 m^3 per jam. Dengan jam kerja pengolahan lumpur selama 13 jam, maka besar kapasitas *decanter* sentrifugal per hari adalah 1.105 m^3 .

Angka keefektifan dari *decanter* sentrifugal dihitung per hari sebagai berikut :

Tabel 4.2.3 Efektivitas Mesin *Decanter* Terhadap Lumpur Perusahaan

JUNI 2018				JULI 2018							
Tgl	Lumpur (m^3)	Efektivitas	Tgl	Lumpur (m^3)	Efektivitas	Tgl	Lumpur (m^3)	Efektivitas	Tgl	Lumpur (m^3)	Efektivitas
1	623	1774%	16	593	186%	1	133	829%	17	1.065	104%
2	774	143%	17	801	138%	2	1.414	78%	18	818	135%
3	614	180%	18	628	176%	3	64	1732%	19	1.179	94%
4	343	323%	19	757	146%	4	1.594	69%	20	1.080	102%
5	570	194%	20	1.313	84%	5	519	213%	21	682	162%
6	919	120%	21	1.060	104%	6	540	205%	22	1.329	83%
7	1.089	101%	22	1.075	103%	7	575	192%	23	791	140%
8	1.003	110%	23	1.044	106%	8	1.076	103%	24	1.419	78%
9	531	208%	24	1.068	103%	9	1.329	83%	25	1.466	75%
10	535	207%	25	1.325	83%	10	1.177	94%	26	1.659	67%
11	393	282%	26	1.531	72%	11	1.479	75%	27	1.311	84%
12	449	246%	27	1.474	75%	12	1.335	83%	28	533	207%
13	1.057	105%	28	1.113	99%	13	1.035	107%	29	620	178%
14	837	132%	29	1.663	66%	14	904	122%	30	448	247%
15	476	232%	30	1.418	78%	15	1.267	87%	31	981	113%
Rata-rata				197%							

AGUSTUS 2018
SEPTEMBER 2018

Tgl	Lumpur (m ³)	Efektivitas	Tgl	Lumpur (m ³)	Efektivitas	Tgl	Lumpur (m ³)	Efektivitas	Tgl	Lumpur (m ³)	Efektivitas
1	695	1589%	17	1.758	63%	1	458	2410%	16	754	146%
2	895	124%	18	331	334%	2	744	148%	17	195	567%
3	829	133%	19	1.783	62%	3	743	149%	18	831	133%
4	804	137%	20	991	111%	4	687	161%	19	1.687	65%
5	925	119%	21	818	135%	5	1.166	95%	20	1.499	74%
6	758	146%	22	184	600%	6	925	119%	21	1.255	88%
7	740	149%	23	61	1811%	7	435	254%	22	854	129%
8	923	120%	24	2.032	54%	8	586	188%	23	875	126%
9	967	114%	25	2.128	52%	9	864	128%	24	345	320%
10	859	129%	26	1.220	91%	10	650	170%	25	1.089	101%
11	659	168%	27	1.058	104%	11	432	256%	26	731	151%
12	1.033	107%	28	1.422	78%	12	701	158%	27	1.724	64%
13	776	142%	29	700	158%	13	753	147%	28	1.469	75%
14	1.095	101%	30	960	115%	14	697	159%	29	1.255	88%
15	741	149%	31	907	122%	15	659	168%	30	1.769	62%
16	811	136%									
Rata-rata						235%					

OKTOBER 2018
NOVEMBER 2018

Tgl	Lumpur (m ³)	Efektivitas	Tgl	Lumpur (m ³)	Efektivitas	Tgl	Lumpur (m ³)	Efektivitas	Tgl	Lumpur (m ³)	Efektivitas
1	1.011	109%	17	1.057	105%	1	2.178	51%	16	1.420	78%
2	1.136	97%	18	1.397	79%	2	1.625	68%	17	1.937	57%
3	1.038	106%	19	1.835	60%	3	2.056	54%	18	33	3374%
4	659	168%	20	622	178%	4	2.140	52%	19	1.973	56%
5	273	405%	21	1.014	109%	5	2.322	48%	20	1.489	74%
6	1.261	88%	22	841	131%	6	2.092	53%	21	1.159	95%
7	1.051	105%	23	959	115%	7	1.789	62%	22	1.770	62%
8	346	319%	24	727	152%	8	838	132%	23	1.261	88%
9	851	130%	25	1.736	64%	9	1.865	59%	24	1.488	74%
10	104	1067%	26	1.326	83%	10	1.173	94%	25	1.276	87%
11	707	156%	27	507	218%	11	1.181	94%	26	1.683	66%
12	781	141%	28	399	277%	12	1.716	64%	27	1.751	63%
13	115	965%	29	124	890%	13	1.402	79%	28	1.457	76%
14	1.208	91%	30	659	168%	14	513	216%	29	994	111%
15	1.602	69%	31	266	415%	15	1.097	101%	30	2.355	47%
16	1931	57%									
Rata-rata						209%					

DESEMBER 2018**JANUARI 2019**

Tgl	Lumpur (m ³)	Efektivitas	Tgl	Lumpur (m ³)	Efektivitas	Tgl	Lumpur (m ³)	Efektivitas	Tgl	Lumpur (m ³)	Efektivitas
1	1.061	104%	17	2.342	47%	1	773	143%	17	1.280	86%
2	705	157%	18	658	168%	2	1.066	104%	18	1.031	107%
3	1.023	108%	19	981	113%	3	590	187%	19	1.173	94%
4	1.683	66%	20	2.132	52%	4	694	159%	20	1.840	60%
5	266	415%	21	1.765	63%	5	920	120%	21	938	118%
6	1.433	77%	22	1.987	56%	6	712	155%	22	509	217%
7	751	147%	23	1.346	82%	7	855	129%	23	512	216%
8	544	203%	24	1.532	72%	8	368	300%	24	1.080	102%
9	628	176%	25	2.317	48%	9	1.467	75%	25	926	119%
10	76	1445%	26	1.889	58%	10	395	280%	26	1.162	95%
11	697	159%	27	2.161	51%	11	1.002	110%	27	1.297	85%
12	595	186%	28	2.266	49%	12	1.770	62%	28	441	251%
13	1.167	95%	29	1.657	67%	13	988	112%	29	746	148%
14	819	135%	30	695	159%	14	869	127%	30	733	151%
15	1.277	87%	31	765	144%	15	1.088	102%	31	455	243%
16	882	125%				16	1.004	110%			
Rata-rata						150%					

FEBRUARI 2019**MARET 2019**

Tgl	Lumpur (m ³)	Efektivitas	Tgl	Lumpur (m ³)	Efektivitas	Tgl	Lumpur (m ³)	Efektivitas	Tgl	Lumpur (m ³)	Efektivitas
1	1.138	97%	15	590	187%	1	1.731	64%	17	735	150%
2	1.175	94%	16	677	163%	2	995	111%	18	1.017	109%
3	876	126%	17	531	208%	3	1.032	107%	19	713	155%
4	875	126%	18	496	223%	4	959	115%	20	977	113%
5	922	120%	19	1.374	80%	5	757	146%	21	1.142	97%
6	851	130%	20	873	127%	6	1.054	105%	22	732	151%
7	1.322	84%	21	1.387	80%	7	769	144%	23	2.023	55%
8	970	114%	22	1.334	83%	8	897	123%	24	802	138%
9	12	9170%	23	1.161	95%	9	985	112%	25	1.194	93%
10	1.952	57%	24	1.314	84%	10	845	131%	26	774	143%
11	1.155	96%	25	1.746	63%	11	692	160%	27	809	137%
12	789	140%	26	1.266	87%	12	933	118%	28	1.429	77%
13	626	177%	27	1.134	97%	13	857	129%	29	1.660	67%
14	1.002	110%	28	562	197%	14	1.074	103%	30	1.460	76%
						15	861	128%	31	223	496%
						16	1.253	88%			
Rata-rata						277%					

APRIL 2019						MEI 2019					
Tgl	Lumpur (m ³)	Efektivitas	Tgl	Lumpur (m ³)	Efektivitas	Tgl	Lumpur (m ³)	Efektivitas	Tgl	Lumpur (m ³)	Efektivitas
1	724	153%	16	944	117%	1	876	126%	17	1.075	103%
2	805	137%	17	1.032	107%	2	648	170%	18	876	126%
3	1.996	55%	18	889	124%	3	749	147%	19	1.293	85%
4	1.069	103%	19	1.152	96%	4	841	131%	20	959	115%
5	726	152%	20	1.149	96%	5	795	139%	21	1.337	83%
6	692	160%	21	992	111%	6	630	175%	22	1.073	103%
7	861	128%	22	1.250	88%	7	1.640	67%	23	1.769	62%
8	689	160%	23	1.137	97%	8	1.061	104%	24	1.577	70%
9	872	127%	24	897	123%	9	1.396	79%	25	996	111%
10	614	180%	25	748	148%	10	806	137%	26	890	124%
11	1.109	100%	26	2.048	54%	11	969	114%	27	803	138%
12	805	137%	27	1.000	110%	12	869	127%	28	743	149%
13	853	130%	28	1.626	68%	13	930	119%	29	1.930	57%
14	974	113%	29	1.102	100%	14	1.153	96%	30	1.723	64%
15	1.213	91%	30	775	143%	15	931	119%	31	1.109	100%
Rata-rata						114%					
Rata-rata Angka Keefektifan Decanter						175%					

(Sumber : Pengolahan data)

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa efektivitas *decanter* sentrifugal adalah sebesar 175%.

4.2.2. Arus Kas Metode

Arus kas menunjukkan aliran uang yang masuk dan keluar dan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan pemilihan alternatif yang paling cocok. Arus kas yang digunakan adalah dalam masa guna 10 tahun, mengacu pada pernyataan bahwa mesin *decanter* mengalami penurunan performa setelah 10 tahun dan bahwa fasilitas SDB memerlukan banyak perbaikan kembali setelah digunakan selama 10 tahun. Lumpur yang tidak terolah oleh PT XYZ dihargai sebesar Rp 22.867 per m³ sesuai dengan denda yang harus dibayar ke pemerintah daerah sebagai denda pembuangan lumpur karena perusahaan tidak dapat menumpuk lumpur yang tidak terolah di unit pengolahan lumpur. Jumlah lumpur yang dihasilkan perusahaan diasumsikan sama setiap tahunnya selama masa guna. Biaya variabel diperkirakan mengalami kenaikan 10% setiap tahunnya.

Lumpur kering yang berhasil diolah oleh perusahaan, dijual kepada pengrajin batako dan bata ringan karena dapat digunakan sebagai bahan dasar

pembuatan material tersebut seharga Rp 112.000/m³. Lumpur yang dihasilkan perusahaan memiliki kadar *solid* sebesar 45% pada awalnya dan menjadi 95% setelah melalui pengolahan. Jumlah solid yang dijual oleh perusahaan ke pengrajin dihitung berdasarkan informasi tersebut. Semisalkan perusahaan berhasil mengolah 850 m³ lumpur yang dihasilkan, maka besarnya lumpur yang dapat dijual adalah sebesar 323 m³ yang diperoleh dari perhitungan :

Jumlah lumpur 95% dari lumpur 45% = (45% - (100% - 95%)) x 850 m³ = 340 m³

Jumlah *solid* 100% dari lumpur 95% = 95% x 340 m³ = 323 m³

Lumpur dengan kadar 45% dihasilkan dari hasil penjernihan air yang mengalir masuk ke dalam unit pengolahan lumpur. Sedangkan lumpur dengan kadar 95% adalah lumpur yang telah melalui proses pengolahan dan dipindahkan ke *landfill* untuk mengeringkan sisa air di dalamnya menjadi 100% solid.

1. *Sludge Drying Beds (SDB)*

Biaya yang dikeluarkan apabila tetap mengandalkan SDB adalah :

Tabel 4.2.4 *Fixed Cost* dan *Variabel Cost* Alternatif SDB

A. *Fixed Cost*

No	Item	Harga Satuan	Jumlah	Satuan	Total Harga
1	Perbaikan bangunan	Rp 150.000	8000	m ²	Rp 1.200.000.000
2	Pemasangan kanopi	Rp 120.000	9851	m ²	Rp 1.182.120.000
3	Perbaikan perpipaan	-	-	pcs	Rp 95.000.000
4	Troli pasir	Rp 450.000	5	pcs	Rp 2.250.000
5	Sekop	Rp 150.000	5	pcs	Rp 750.000
TOTAL					Rp 2.480.120.000

B. *Variable Cost* /bulan

No	Item	Harga Satuan	Jumlah	Satuan	Total Harga
1	Lapisan <i>fine sand</i>	Rp 210.000	80	m ³	Rp 16.800.000
2	Lapisan <i>coarse sand</i>	Rp 155.000	40	m ³	Rp 6.200.000
3	Lapisan <i>fine gravel</i>	Rp 524.000	60	m ³	Rp 31.440.000
4	Lapisan <i>medium gravel</i>	Rp 555.000	60	m ³	Rp 33.300.000
5	Lapisan <i>coarse gravel</i>	Rp 574.000	60	m ³	Rp 34.440.000
6	<i>Hydrated lime</i>	Rp 2.500	20	kg	Rp 50.000
7	Operator	Rp 4.000.000	4	orang	Rp 16.000.000
TOTAL					Rp 138.230.000

(Sumber : Pengolahan data)

Arus kas apabila perusahaan mengandalkan fasilitas SDB yang telah dimiliki adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2.5 Arus Kas Alternatif SDB

Periode	Arus Kas		Keterangan
	Masuk	Keluar	
0	Rp -	Rp 2.480.120.000	Investasi awal perbaikan SDB
	Rp -	Rp 2.480.120.000	
	-Rp2.480.120.000		
1	-	Rp 1.658.760.000	Biaya variabel SDB
	-	Rp 4.430.732.787	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 7.456.512.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 7.456.512.000	Rp 6.089.492.787	
	Rp1.367.019.213		
2	-	Rp 1.824.636.000	Biaya variabel SDB
	-	Rp 4.430.732.787	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 7.456.512.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 7.456.512.000	Rp 6.255.368.787	
	Rp1.201.143.213		
3	-	Rp 2.007.099.600	Biaya variabel SDB
	-	Rp 4.430.732.787	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 7.456.512.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 7.456.512.000	Rp 6.437.832.387	
	Rp1.018.679.613		
4	-	Rp 2.207.809.560	Biaya variabel SDB
	-	Rp 4.430.732.787	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 7.456.512.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 7.456.512.000	Rp 6.638.542.347	
	Rp817.969.653		
5	-	Rp 2.428.590.516	Biaya variabel SDB
	-	Rp 4.430.732.787	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 7.456.512.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 7.456.512.000	Rp 6.859.323.303	
	Rp597.188.697		
6	-	Rp 2.671.449.568	Biaya variabel SDB
	-	Rp 4.430.732.787	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 7.456.512.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 7.456.512.000	Rp 7.102.182.355	
	Rp354.329.645		
7	-	Rp 2.938.594.524	Biaya variabel SDB
	-	Rp 4.430.732.787	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 7.456.512.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 7.456.512.000	Rp 7.369.327.311	
	Rp87.184.689		

Periode	Arus Kas		Keterangan
	Masuk	Keluar	
8	-	Rp 3.232.453.977	Biaya variabel SDB
	-	Rp 4.430.732.787	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 7.456.512.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 7.456.512.000	Rp 7.663.186.764	
	-Rp206.674.764		
9	-	Rp 3.555.699.374	Biaya variabel SDB
	-	Rp 4.430.732.787	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 7.456.512.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 7.456.512.000	Rp 7.986.432.161	
	-Rp529.920.161		
10	-	Rp 3.911.269.312	Biaya variabel SDB
	-	Rp 4.430.732.787	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 7.456.512.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 7.456.512.000	Rp 8.342.002.099	
	-Rp885.490.099		

(Sumber : Pengolahan data)

2. Penambahan SDB (+SDB)

Biaya yang dikeluarkan apabila membangun fasilitas SDB kedua adalah :

Tabel 4.2.6 *Fixed Cost* dan *Variabel Cost* Alternatif Penambahan SDB

A. *Fixed Cost*

No	Item	Harga Satuan	Jumlah	Satuan	Total Harga
1	Nilai bangunan DB	Rp 1.000.000	8000	m2	Rp 8.000.000.000
2	Perbaikan SDB pertama	-	40	unit	Rp 2.477.120.000
4	Pemasangan kanopi	Rp 120.000	9851	m2	Rp 1.182.120.000
5	Perpipaan & kran DB	-	-	pcs	Rp 95.000.000
6	Troli pasir	Rp 450.000	5	pcs	Rp 2.250.000
7	Sekop	Rp 150.000	5	pcs	Rp 750.000
TOTAL					Rp 11.757.240.000

B. *Variable Cost* /bulan

No	Item	Harga Satuan	Jumlah	Satuan	Total Harga
1	Lapisan <i>fine sand</i>	Rp 210.000	160	m3	Rp 33.600.000
2	Lapisan <i>coarse sand</i>	Rp 155.000	80	m3	Rp 12.400.000
3	Lapisan <i>fine gravel</i>	Rp 524.000	120	m3	Rp 62.880.000
4	Lapisan <i>medium gravel</i>	Rp 555.000	120	m3	Rp 66.600.000
5	Lapisan <i>coarse gravel</i>	Rp 574.000	120	m3	Rp 68.880.000
6	<i>Hydrated lime</i>	Rp 2.500	40	kg	Rp 100.000
7	Operator	Rp 4.000.000	8	orang	Rp 32.000.000
TOTAL					Rp 276.460.000

(Sumber : Pengolahan data)

Arus kas apabila perusahaan membangun fasilitas SDB kedua adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2.7 Arus Kas Alternatif Penambahan SDB

Periode	Arus Kas		Keterangan
	Masuk	Keluar	
0	Rp -	Rp 11.757.240.000	Investasi awal perbaikan SDB
	Rp -	Rp 11.757.240.000	
	-Rp11.757.240.000		
1	-	Rp 3.317.520.000	Biaya variabel SDB
	-	Rp 424.434.387	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 14.913.024.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 14.913.024.000	Rp 3.741.954.387	
	Rp11.171.069.613		
2	-	Rp 3.649.272.000	Biaya variabel SDB
	-	Rp 424.434.387	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 14.913.024.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 14.913.024.000	Rp 4.073.706.387	
	Rp10.839.317.613		
3	-	Rp 4.014.199.200	Biaya variabel SDB
	-	Rp 424.434.387	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 14.913.024.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 14.913.024.000	Rp 4.438.633.587	
	Rp10.474.390.413		
4	-	Rp 4.014.199.200	Biaya variabel SDB
	-	Rp 424.434.387	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 14.913.024.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 14.913.024.000	Rp 4.438.633.587	
	Rp10.474.390.413		
5	-	Rp 4.415.619.120	Biaya variabel SDB
	-	Rp 424.434.387	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 14.913.024.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 14.913.024.000	Rp 4.840.053.507	
	Rp10.072.970.493		
6	-	Rp 4.857.181.032	Biaya variabel SDB
	-	Rp 424.434.387	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 14.913.024.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 14.913.024.000	Rp 5.281.615.419	
	Rp9.631.408.581		
7	-	Rp 5.342.899.135	Biaya variabel SDB
	-	Rp 424.434.387	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 14.913.024.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 14.913.024.000	Rp 5.767.333.522	
	Rp9.145.690.478		

Periode	Arus Kas		Keterangan
	Masuk	Keluar	
8	-	Rp 5.877.189.049	Biaya variabel SDB
	-	Rp 424.434.387	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 14.913.024.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 14.913.024.000	Rp 6.301.623.436	
	Rp8.611.400.564		
9	-	Rp 6.464.907.954	Biaya variabel SDB
	-	Rp 424.434.387	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 14.913.024.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 14.913.024.000	Rp 6.889.342.341	
	Rp8.023.681.659		
10	-	Rp 7.111.398.749	Biaya variabel SDB
	-	Rp 424.434.387	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 14.913.024.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 14.913.024.000	Rp 7.535.833.136	
	Rp7.377.190.864		

(Sumber : Pengolahan data)

3. Penggantian dengan *Decanter* Sentrifugal (*Decanter*)

Biaya yang dikeluarkan apabila mengganti fasilitas SDB dengan *decanter* sentrifugal adalah :

Tabel 4.2.8 *Fixed Cost* dan *Variable Cost* Alternatif *Decanter* Sentrifugal

A. *Fixed Cost*

No	Item	Harga Satuan	Jumlah	Satuan	Total Harga
1	Unit <i>Decanter</i> & instalasi	Rp 2.500.000.000	1	unit	Rp 2.500.000.000
2	Nilai bangunan <i>decanter</i>	Rp 2.000.000	100	m ²	Rp 200.000.000
3	Tangki koagulan	Rp 110.000.000	1	pcs	Rp 110.000.000
4	<i>Dosing pipe</i>	Rp 150.000	12	m	Rp 1.800.000
5	Sekop	Rp 150.000	5	pcs	Rp 750.000
6	Truck <i>pick up</i>	Rp 508.000.000	1	unit	Rp 508.000.000
TOTAL					Rp 3.320.550.000

B. *Variable Cost* /bulan

No	Item	Harga Satuan	Jumlah	Satuan	Total Harga
1	Koagulan	Rp 15.000	268,8	kg	Rp 4.032.000
2	Listrik	Rp 1.467,28	32400	kW	Rp 47.539.872
3	Operator	Rp 4.500.000	3	orang	Rp 13.500.000
4	Driver truk	Rp 4.000.000	2	orang	Rp 8.000.000
TOTAL					Rp 73.071.872

(Sumber : Pengolahan data)

Arus kas apabila perusahaan mengganti fasilitas SDB dengan *decanter* sentrifugal adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2.9 Arus Kas Alternatif *Decanter* Sentrifugal

Periode	Arus Kas		Keterangan
	Masuk	Keluar	
0	-	Rp 3.320.550.000	Investasi pembangunan <i>decanter</i>
	Rp -	Rp 3.320.550.000	
	-Rp3.320.550.000		
1	-	Rp 876.862.464	Biaya variabel <i>decanter</i>
	Rp 15.702.980.160	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 15.702.980.160	Rp 876.862.464	
	Rp14.826.117.696		
2	-	Rp 964.548.710	Biaya variabel <i>decanter</i>
	Rp 15.702.980.160	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 15.702.980.160	Rp 964.548.710	
	Rp14.738.431.450		
3	-	Rp 1.061.003.581	Biaya variabel <i>decanter</i>
	Rp 15.702.980.160	-	Nilai lumpur yang terolah
	-	Rp 30.000.000	Biaya servis dan perawatan rutin
	Rp 15.702.980.160	Rp 1.091.003.581	
Rp14.611.976.579			
4	-	Rp 1.167.103.940	Biaya variabel <i>decanter</i>
	Rp 15.702.980.160	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 15.702.980.160	Rp 1.167.103.940	
	Rp14.535.876.220		
5	-	Rp 1.283.814.334	Biaya variabel <i>decanter</i>
	Rp 15.702.980.160	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 15.702.980.160	Rp 1.283.814.334	
	Rp14.419.165.826		
6	-	Rp 1.412.195.767	Biaya variabel <i>decanter</i>
	Rp 15.702.980.160	-	Nilai lumpur yang terolah
	-	Rp 30.000.000	Biaya servis dan perawatan rutin
	Rp 15.702.980.160	Rp 1.442.195.767	
Rp14.260.784.393			
7	-	Rp 1.553.415.344	Biaya variabel <i>decanter</i>
	Rp 15.702.980.160	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 15.702.980.160	Rp 1.553.415.344	
	Rp14.149.564.816		
8	-	Rp 1.708.756.878	Biaya variabel <i>decanter</i>
	Rp 15.702.980.160	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 15.702.980.160	Rp 1.708.756.878	
	Rp13.994.223.282		

Periode	Arus Kas		Keterangan
	Masuk	Keluar	
9	-	Rp 1.879.632.566	Biaya variabel <i>decanter</i>
	Rp 15.702.980.160	-	Nilai lumpur yang terolah
	-	Rp 30.000.000	Biaya servis dan perawatan rutin
	Rp 15.702.980.160	Rp 1.909.632.566	
	Rp13.793.347.594		
10	-	Rp 2.067.595.822	Biaya variabel <i>decanter</i>
	Rp 15.702.980.160	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 15.702.980.160	Rp 2.067.595.822	
	Rp13.635.384.338		

(Sumber : Pengolahan data)

4.2.3. *Return of Investment*

Return of Investment (RoI) adalah salah satu metode analisa kelayakan investasi. RoI menunjukkan rasio uang yang diperoleh atau hilang pada suatu investasi, relatif terhadap jumlah uang yang diinvestasikan. Nilai RoI tidak mempertimbangkan nilai uang terhadap waktu.

1. *Sludge Drying Beds*

Tabel 4.2.10 RoI Alternatif SDB

Periode	Cash Flow	
	Profit	Investment
0	-	Rp 2.480.120.000
1	Rp 1.367.019.213	-
2	Rp 1.201.143.213	-
3	Rp 1.018.679.613	-
4	Rp 817.969.653	-
5	Rp 597.188.697	-
6	Rp 354.329.645	-
7	Rp 87.184.689	-
8	-Rp 206.674.764	-
9	-Rp 529.920.161	-
10	-Rp 885.490.099	-
Rata-rata	Rp 382.142.970	Rp 2.480.120.000
RoI	15%	

(Sumber : Pengolahan data)

Perhitungan RoI untuk SDB hanya memberikan hasil sebesar 15%.

2. Penambahan *Sludge Drying Beds*

Tabel 4.2.11 RoI Alternatif Penambahan SDB

Periode	Cash Flow	
	Profit	Investment
0	-	Rp 11.757.240.000
1	Rp 11.171.069.613	-
2	Rp 10.839.317.613	-
3	Rp 10.474.390.413	-
4	Rp 10.474.390.413	-
5	Rp 10.072.970.493	-
6	Rp 9.631.408.581	-
7	Rp 9.145.690.478	-
8	Rp 8.611.400.564	-
9	Rp 8.023.681.659	-
10	Rp 7.377.190.864	-
Rata-rata	Rp 9.582.151.069	Rp 11.757.240.000
RoI	82%	

(Sumber : Pengolahan data)

Perhitungan RoI untuk penambahan SDB memberikan hasil sebesar 82%.

3. *Decanter* Sentrifugal

Tabel 4.2.12 RoI Alternatif *Decanter* Sentrifugal

Periode	Cash Flow	
	Profit	Investment
0	-	Rp 3.320.550.000
1	Rp 14.826.117.696	-
2	Rp 14.738.431.450	-
3	Rp 14.611.976.579	-
4	Rp 15.488.215.548	-
5	Rp 14.419.165.826	-
6	Rp 14.260.784.393	-
7	Rp 14.149.564.816	-
8	Rp 13.994.223.282	-
9	Rp 13.793.347.594	-
10	Rp 13.635.384.338	-
Rata-rata	Rp 14.391.721.152	Rp 3.320.550.000
RoI	433%	

(Sumber : Pengolahan data)

Perhitungan RoI untuk penggantian SDB dengan *decanter* sentrifugal memberikan hasil sebesar 433%.

4.2.4. *Net Present Value*

Net Present Value (NPV) mengubah seluruh nilai dalam arus kas menjadi nilai masa kini untuk melihat apakah suatu alternatif menguntungkan atau tidak. Tingkat bunga yang digunakan untuk menghitung nilai masa kini arus kas adalah sebesar 6% yang merupakan tingkat bunga dari BI untuk bulan Juli 2019.

1. *Sludge Drying Beds*

Arus kas dalam bentuk *Present Value* (PV) untuk SDB adalah :

Tabel 4.2.13 PV Alternatif SDB

Periode	Arus Kas		Keterangan
	Masuk	Keluar	
0	Rp -	Rp 2.480.120.000	Investasi awal perbaikan SDB
	Rp -	Rp 2.480.120.000	
	-Rp2.480.120.000		
1	-	Rp 1.658.760.000	Biaya variabel SDB
	-	Rp 4.430.732.787	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 7.456.512.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 7.034.473.421	Rp 5.744.827.495	
	Rp1.289.645.926		
2	-	Rp 1.824.636.000	Biaya variabel SDB
	-	Rp 4.430.732.787	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 7.456.512.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 6.636.295.680	Rp 5.567.278.220	
	Rp1.069.017.460		
3	-	Rp 2.007.099.600	Biaya variabel SDB
	-	Rp 4.430.732.787	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 7.456.512.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 6.260.487.475	Rp 5.405.204.072	
	Rp855.283.403		
4	-	Rp 2.207.809.560	Biaya variabel SDB
	-	Rp 4.430.732.787	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 7.456.512.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 5.906.303.155	Rp 5.258.389.393	
	Rp647.913.762		

Periode	Arus Kas		Keterangan
	Masuk	Keluar	
5	-	Rp 2.428.590.516	Biaya variabel SDB
	-	Rp 4.430.732.787	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 7.456.512.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 5.572.251.418	Rp 5.125.972.304	
	Rp446.279.113		
6	-	Rp 2.671.449.568	Biaya variabel SDB
	-	Rp 4.430.732.787	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 7.456.512.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 5.256.840.960	Rp 5.007.038.560	
	Rp249.802.400		
7	-	Rp 2.938.594.524	Biaya variabel SDB
	-	Rp 4.430.732.787	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 7.456.512.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 4.959.326.131	Rp 4.901.339.595	
	Rp57.986.536		
8	-	Rp 3.232.453.977	Biaya variabel SDB
	-	Rp 4.430.732.787	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 7.456.512.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 4.678.215.629	Rp 4.807.883.376	
	-Rp129.667.747		
9	-	Rp 3.555.699.374	Biaya variabel SDB
	-	Rp 4.430.732.787	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 7.456.512.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 4.413.509.453	Rp 4.727.169.196	
	-Rp313.659.744		
10	-	Rp 3.911.269.312	Biaya variabel SDB
	-	Rp 4.430.732.787	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 7.456.512.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 4.163.716.301	Rp 4.658.173.972	
	-Rp494.457.671		

(Sumber : Pengolahan data)

Angka *Net Present Value* (NPV) untuk SDB adalah :

Tabel 4.2.14 NPV Alternatif SDB

Periode	PV		NPV
	Income	Outcome	
0	Rp -	Rp 2.480.120.000	-Rp 2.480.120.000
1	Rp 7.034.473.421	Rp 5.744.827.495	Rp 1.289.645.926
2	Rp 6.636.295.680	Rp 5.567.278.220	Rp 1.069.017.460
3	Rp 6.260.487.475	Rp 5.405.204.072	Rp 855.283.403
4	Rp 5.906.303.155	Rp 5.258.389.393	Rp 647.913.762
5	Rp 5.572.251.418	Rp 5.125.972.304	Rp 446.279.113
6	Rp 5.256.840.960	Rp 5.007.038.560	Rp 249.802.400
7	Rp 4.959.326.131	Rp 4.901.339.595	Rp 57.986.536
8	Rp 4.678.215.629	Rp 4.807.883.376	-Rp 129.667.747
9	Rp 4.413.509.453	Rp 4.727.169.196	-Rp 313.659.744
10	Rp 4.163.716.301	Rp 4.658.173.972	-Rp 494.457.671
NPV			Rp 1.198.023.438

(Sumber : Pengolahan data)

Arus kas dari nilai masa kini (*present*) untuk masa guna selama 10 tahun menunjukkan nilai NPV yang positif.

2. Penambahan *Sludge Drying Beds*

Arus kas dalam bentuk *present value* (PV) untuk penambahan fasilitas SDB adalah :

Tabel 4.2.15 PV Alternatif Penambahan SDB

Periode	Arus Kas		Keterangan
	Masuk	Keluar	
0	Rp -	Rp 11.757.240.000	Investasi awal perbaikan SDB
	Rp -	Rp 11.757.240.000	
	-Rp11.757.240.000		
1	-	Rp 3.317.520.000	Biaya variabel SDB
	-	Rp 424.434.387	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 14.913.024.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 14.068.946.842	Rp 3.530.159.769	
	Rp10.538.787.073		
2	-	Rp 3.649.272.000	Biaya variabel SDB
	-	Rp 424.434.387	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 14.913.024.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 13.272.591.360	Rp 3.625.598.684	
	Rp9.646.992.676		

Periode	Arus Kas		Keterangan
	Masuk	Keluar	
3	-	Rp 4.014.199.200	Biaya variabel SDB
	-	Rp 424.434.387	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 14.913.024.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 12.520.974.950	Rp 3.726.676.760	
	Rp8.794.298.191		
4	-	Rp 4.014.199.200	Biaya variabel SDB
	-	Rp 424.434.387	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 14.913.024.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 11.812.606.310	Rp 3.515.841.664	
	Rp8.296.764.646		
5	-	Rp 4.415.619.120	Biaya variabel SDB
	-	Rp 424.434.387	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 14.913.024.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 11.144.502.835	Rp 3.616.971.986	
	Rp7.527.530.849		
6	-	Rp 4.857.181.032	Biaya variabel SDB
	-	Rp 424.434.387	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 14.913.024.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 10.513.681.920	Rp 3.723.538.870	
	Rp6.790.143.050		
7	-	Rp 5.342.899.135	Biaya variabel SDB
	-	Rp 424.434.387	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 14.913.024.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 9.918.652.262	Rp 3.835.853.526	
	Rp6.082.798.737		
8	-	Rp 5.877.189.049	Biaya variabel SDB
	-	Rp 424.434.387	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 14.913.024.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 9.356.431.258	Rp 3.953.638.544	
	Rp5.402.792.714		
9	-	Rp 6.464.907.954	Biaya variabel SDB
	-	Rp 424.434.387	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 14.913.024.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 8.827.018.906	Rp 4.077.801.731	
	Rp4.749.217.174		
10	-	Rp 7.111.398.749	Biaya variabel SDB
	-	Rp 424.434.387	Denda lumpur yang tidak terolah
	Rp 14.913.024.000	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 8.327.432.602	Rp 4.208.009.223	
	Rp4.119.423.378		

(Sumber : Pengolahan data)

Angka *Net Present Value* (NPV) untuk penambahan SDB adalah :

Tabel 4.2.16 NPV Alternatif Penambahan SDB

Periode	PV		NPV
	Income	Outcome	
0	Rp -	Rp 11.757.240.000	-Rp 11.757.240.000
1	Rp 14.068.946.842	Rp 3.530.159.769	Rp 10.538.787.073
2	Rp 13.272.591.360	Rp 3.625.598.684	Rp 9.646.992.676
3	Rp 12.520.974.950	Rp 3.726.676.760	Rp 8.794.298.191
4	Rp 11.812.606.310	Rp 3.515.841.664	Rp 8.296.764.646
5	Rp 11.144.502.835	Rp 3.616.971.986	Rp 7.527.530.849
6	Rp 10.513.681.920	Rp 3.723.538.870	Rp 6.790.143.050
7	Rp 9.918.652.262	Rp 3.835.853.526	Rp 6.082.798.737
8	Rp 9.356.431.258	Rp 3.953.638.544	Rp 5.402.792.714
9	Rp 8.827.018.906	Rp 4.077.801.731	Rp 4.749.217.174
10	Rp 8.327.432.602	Rp 4.208.009.223	Rp 4.119.423.378
NPV			Rp 60.191.508.488

(Sumber : Pengolahan data)

Arus kas dari nilai masa kini (*present*) untuk masa guna selama 10 tahun menunjukkan nilai NPV yang positif.

3. *Decanter* Sentrifugal

Arus kas dalam bentuk *present value* (PV) untuk penggantian fasilitas SDB dengan *decanter* sentrifugal adalah :

Tabel 4.2.17 PV Alternatif *Decanter* Sentrifugal

Periode	Arus Kas		Keterangan
	Masuk	Keluar	
0	-	Rp 3.320.550.000	Investasi pembangunan <i>decanter</i>
	Rp -	Rp 3.320.550.000	
	-Rp3.320.550.000		
1	-	Rp 876.862.464	Biaya variabel <i>decanter</i>
	Rp 15.702.980.160	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 14.814.191.483	Rp 827.232.049	
	Rp13.986.959.434		
2	-	Rp 964.548.710	Biaya variabel <i>decanter</i>
	Rp 15.702.980.160	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 13.975.652.342	Rp 858.448.352	
	Rp13.117.203.990		

Periode	Arus Kas		Keterangan
	Masuk	Keluar	
3	-	Rp 1.061.003.581	Biaya variabel <i>decanter</i>
	Rp 15.702.980.160	-	Nilai lumpur yang terolah
	-	Rp 30.000.000	Biaya servis dan perawatan rutin
	Rp 13.184.222.142	Rp 916.006.607	
Rp12.268.215.535			
4	-	Rp 1.167.103.940	Biaya variabel <i>decanter</i>
	Rp 15.702.980.160	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 12.438.330.585	Rp 924.463.031	
	Rp11.513.867.554		
5	-	Rp 1.283.814.334	Biaya variabel <i>decanter</i>
	Rp 15.702.980.160	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 11.734.837.074	Rp 959.394.451	
	Rp10.775.442.622		
6	-	Rp 1.412.195.767	Biaya variabel <i>decanter</i>
	Rp 15.702.980.160	-	Nilai lumpur yang terolah
	-	Rp 30.000.000	Biaya servis dan perawatan rutin
	Rp 11.070.601.013	Rp 1.016.748.016	
Rp10.053.852.997			
7	-	Rp 1.553.415.344	Biaya variabel <i>decanter</i>
	Rp 15.702.980.160	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 10.444.052.104	Rp 1.033.176.545	
	Rp9.410.875.559		
8	-	Rp 1.708.756.878	Biaya variabel <i>decanter</i>
	Rp 15.702.980.160	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 9.852.049.752	Rp 1.072.074.065	
	Rp8.779.975.687		
9	-	Rp 1.879.632.566	Biaya variabel <i>decanter</i>
	Rp 15.702.980.160	-	Nilai lumpur yang terolah
	-	Rp 30.000.000	Biaya servis dan perawatan rutin
	Rp 9.294.593.957	Rp 1.130.311.516	
Rp8.164.282.441			
10	-	Rp 2.067.595.822	Biaya variabel <i>decanter</i>
	Rp 15.702.980.160	-	Nilai lumpur yang terolah
	Rp 8.768.544.121	Rp 1.154.545.507	
	Rp7.613.998.614		

(Sumber : Pengolahan data)

Angka *Net Present Value* (NPV) untuk penggantian fasilitas SDB dengan *decanter* sentrifugal adalah :

Tabel 4.2.18 NPV Alternatif Penambahan SDB

Periode	PV		NPV
	Income	Outcome	
0	Rp -	Rp 3.320.550.000	-Rp 3.320.550.000
1	Rp 14.814.191.483	Rp 827.232.049	Rp 13.986.959.434
2	Rp 13.975.652.342	Rp 858.448.352	Rp 13.117.203.990
3	Rp 13.184.222.142	Rp 916.006.607	Rp 12.268.215.535
4	Rp 12.438.330.585	Rp 924.463.031	Rp 11.513.867.554
5	Rp 11.734.837.074	Rp 959.394.451	Rp 10.775.442.622
6	Rp 11.070.601.013	Rp 1.016.748.016	Rp 10.053.852.997
7	Rp 10.444.052.104	Rp 1.033.176.545	Rp 9.410.875.559
8	Rp 9.852.049.752	Rp 1.072.074.065	Rp 8.779.975.687
9	Rp 9.294.593.957	Rp 1.130.311.516	Rp 8.164.282.441
10	Rp 8.768.544.121	Rp 1.154.545.507	Rp 7.613.998.614
NPV			Rp 102.364.124.435

(Sumber : Pengolahan data)

Arus kas dari nilai masa kini (*present*) untuk masa guna selama 10 tahun menunjukkan nilai NPV yang positif.

4.2.5. *Profitability Index (PI)*

Profitability Index (PI) membandingkan *income* dan *outcome* sebuah arus kas dalam bentuk masa kini (*present*).

1. *Sludge Drying Beds*

Tabel 4.2.19 PI Alternatif SDB

Periode	PV		PI
	Income	Outcome	
0	Rp -	Rp 2.480.120.000	0,00
1	Rp 7.034.473.421	Rp 5.744.827.495	1,22
2	Rp 6.636.295.680	Rp 5.567.278.220	1,19
3	Rp 6.260.487.475	Rp 5.405.204.072	1,16
4	Rp 5.906.303.155	Rp 5.258.389.393	1,12
5	Rp 5.572.251.418	Rp 5.125.972.304	1,09
6	Rp 5.256.840.960	Rp 5.007.038.560	1,05
7	Rp 4.959.326.131	Rp 4.901.339.595	1,01
8	Rp 4.678.215.629	Rp 4.807.883.376	0,97
9	Rp 4.413.509.453	Rp 4.727.169.196	0,93
10	Rp 4.163.716.301	Rp 4.658.173.972	0,89
Rata-rata PI			0,97

(Sumber : Pengolahan data)

Profitability Index (PI) dari arus kas masa kini untuk fasilitas SDB menunjukkan PI < 1 pada 3 tahun terakhir selama masa guna 10 tahun.

2. Penambahan *Sludge Drying Beds*

Tabel 4.2.20 PI Alternatif Penambahan SDB

Periode	PV		PI
	Income	Outcome	
0	Rp -	Rp 11.757.240.000	0,00
1	Rp 14.068.946.842	Rp 3.530.159.769	3,99
2	Rp 13.272.591.360	Rp 3.625.598.684	3,66
3	Rp 12.520.974.950	Rp 3.726.676.760	3,36
4	Rp 11.812.606.310	Rp 3.515.841.664	3,36
5	Rp 11.144.502.835	Rp 3.616.971.986	3,08
6	Rp 10.513.681.920	Rp 3.723.538.870	2,82
7	Rp 9.918.652.262	Rp 3.835.853.526	2,59
8	Rp 9.356.431.258	Rp 3.953.638.544	2,37
9	Rp 8.827.018.906	Rp 4.077.801.731	2,16
10	Rp 8.327.432.602	Rp 4.208.009.223	1,98
Rata-rata PI			2,67

(Sumber : Pengolahan data)

Profitability Index (PI) dari arus kas masa kini untuk penambahan fasilitas SDB menunjukkan $PI > 1$ di sepanjang tahun selama masa guna 10 tahun.

3. *Decanter* Sentrifugal

Tabel 4.2.21 PI Alternatif *Decanter* Sentrifugal

Periode	PV		PI
	Income	Outcome	
0	Rp -	Rp 3.320.550.000	0,00
1	Rp 14.814.191.483	Rp 827.232.049	17,91
2	Rp 13.975.652.342	Rp 858.448.352	16,28
3	Rp 13.184.222.142	Rp 916.006.607	14,39
4	Rp 12.438.330.585	Rp 924.463.031	13,45
5	Rp 11.734.837.074	Rp 959.394.451	12,23
6	Rp 11.070.601.013	Rp 1.016.748.016	10,89
7	Rp 10.444.052.104	Rp 1.033.176.545	10,11
8	Rp 9.852.049.752	Rp 1.072.074.065	9,19
9	Rp 9.294.593.957	Rp 1.130.311.516	8,22
10	Rp 8.768.544.121	Rp 1.154.545.507	7,59
Rata-rata PI			10,93

(Sumber : Pengolahan data)

Profitability Index (PI) dari arus kas masa kini untuk penggantian fasilitas SDB dengan *decanter* sentrifugal menunjukkan $PI > 1$ di sepanjang tahun selama masa guna 10 tahun.

4.2.6. *Internal Rate of Return (IRR)*

Internal rate of return didefinisikan sebagai tingkat bunga yang akan menjadikan jumlah nilai sekarang dan *proceeds* yang diharapkan akan diterima sama dengan jumlah nilai sekarang dari pengeluaran modal. Dapat dikatakan IRR adalah nilai rate yang memberikan nilai $NPV = 0$. Nilai sesungguhnya dari IRR didapatkan melalui *trial and error* dan interpolasi.

1. Sludge Drying Beds

Tabel 4.2.22 IRR Alternatif SDB

Periode	Arus Kas Bersih	PV 35%		PV 30%	
		P/F	PV	P/F	PV
0	-Rp 2.480.120.000	1,0000	-Rp 2.480.120.000	1,0000	-Rp 2.480.120.000
1	Rp 1.367.019.213	0,7407	Rp 1.012.551.131	0,7692	Rp 1.051.511.179
2	Rp 1.201.143.213	0,5487	Rp 659.067.281	0,5917	Rp 710.716.439
3	Rp 1.018.679.613	0,4064	Rp 413.991.395	0,4552	Rp 463.702.960
4	Rp 817.969.653	0,3011	Rp 246.290.663	0,3501	Rp 286.371.176
5	Rp 597.188.697	0,2230	Rp 133.173.079	0,2693	Rp 160.822.916
6	Rp 354.329.645	0,1652	Rp 58.535.257	0,2072	Rp 73.417.103
7	Rp 87.184.689	0,1224	Rp 10.671.406	0,1594	Rp 13.897.239
8	-Rp 206.674.764	0,0906	-Rp 18.724.734	0,1226	-Rp 25.338.326
9	-Rp 529.920.161	0,0671	-Rp 35.557.643	0,0943	-Rp 49.971.471
10	-Rp 885.490.099	0,0497	-Rp 44.008.858	0,0725	-Rp 64.198.032
Jumlah			-Rp 44.131.022		Rp 140.811.182

(Sumber : Pengolahan data)

Tingkat bunga 30% masih memberikan NPV yang positif sementara 35% sudah memberikan NPV negatif sehingga IRR dari SDB berada diantara 30% - 35% dan dapat dihitung nilai pastinya dengan interpolasi.

$$i = i_1 + (i_2 - i_1) \left(\frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right)$$

$$i = 30\% + (35\% - 30\%) \left(\frac{140.811.182}{140.811.182 + 44.131.022} \right)$$

$$i = 30\% + 3,81\% = 33,81\%$$

2. Penambahan *Sludge Drying Beds*

Tabel 4.2.23 IRR Alternatif Penambahan SDB

Periode	Arus Kas Bersih	PV 90%	PV 95%
0	-Rp 11.757.240.000	-Rp 11.757.240.000	-Rp 11.757.240.000
1	Rp 11.171.069.613	Rp 5.879.510.323	Rp 5.728.753.648
2	Rp 10.839.317.613	Rp 3.002.581.056	Rp 2.850.576.624
3	Rp 10.474.390.413	Rp 1.527.101.679	Rp 1.412.618.610
4	Rp 10.474.390.413	Rp 803.737.726	Rp 724.419.800
5	Rp 10.072.970.493	Rp 406.808.068	Rp 357.260.091
6	Rp 9.631.408.581	Rp 204.723.737	Rp 175.179.039
7	Rp 9.145.690.478	Rp 102.315.467	Rp 85.304.947
8	Rp 8.611.400.564	Rp 50.704.322	Rp 41.190.484
9	Rp 8.023.681.659	Rp 24.865.161	Rp 19.681.681
10	Rp 7.377.190.864	Rp 12.032.476	Rp 9.279.934
Jumlah		Rp 257.140.015	-Rp 352.975.142

(Sumber : Pengolahan data)

Tingkat bunga 90% masih memberikan NPV yang positif sementara 95% sudah memberikan NPV negatif sehingga IRR dari penambahan SDB berada diantara 90% - 95% dan dapat dihitung nilai pastinya dengan interpolasi.

$$i = i_1 + (i_2 - i_1) \left(\frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right)$$

$$i = 90\% + (95\% - 90\%) \left(\frac{257.140.015}{257.140.015 + 352.975.142} \right)$$

$$i = 90\% + 2,11\% = 92,11\%$$

3. *Decanter* Sentrifugal

Tabel 4.2.24 IRR Alternatif *Decanter* Sentrifugal

Periode	Arus Kas Bersih		PV 60%		PV 100%	
0	-Rp	3.320.550.000	-Rp	3.320.550.000	-Rp	3.320.550.000
1	Rp	14.826.117.696	Rp	9.266.323.560	Rp	7.413.058.848
2	Rp	14.738.431.450	Rp	5.757.199.785	Rp	3.684.607.862
3	Rp	14.611.976.579	Rp	3.567.377.094	Rp	1.826.497.072
4	Rp	15.488.215.548	Rp	2.363.314.140	Rp	968.013.472
5	Rp	14.419.165.826	Rp	1.375.118.811	Rp	450.598.932
6	Rp	14.260.784.393	Rp	850.008.988	Rp	222.824.756
7	Rp	14.149.564.816	Rp	527.112.365	Rp	110.543.475
8	Rp	13.994.223.282	Rp	325.828.401	Rp	54.664.935
9	Rp	13.793.347.594	Rp	200.719.625	Rp	26.940.132
10	Rp	13.635.384.338	Rp	124.013.098	Rp	13.315.805
Jumlah		Rp 21.036.465.868		Rp 11.450.515.290		

(Sumber : Pengolahan data)

Tingkat bunga terbesar (100%) masih memberikan NPV yang positif. Pengukuran nilai IRR menggunakan Microsoft Excel memberikan tingkat bunga sebesar 446,01%.

BAB V

PEMBAHASAN

Data-data yang telah dikumpulkan dan diolah untuk mendapatkan hasil yang diharapkan dapat menjawab masalah-masalah yang telah dirumuskan pada bagian awal penelitian ini.

5.1. Analisa Teknis Alternatif

Penilaian aspek teknik alternatif meliputi tingkat kinerja dan kelebihan dan kekurangan masing-masing alternatif. Nilai masing-masing alternatif dibandingkan satu sama lain untuk memperoleh kesimpulan alternatif mana yang memiliki nilai teknis lebih baik dibandingkan alternatif yang lainnya.

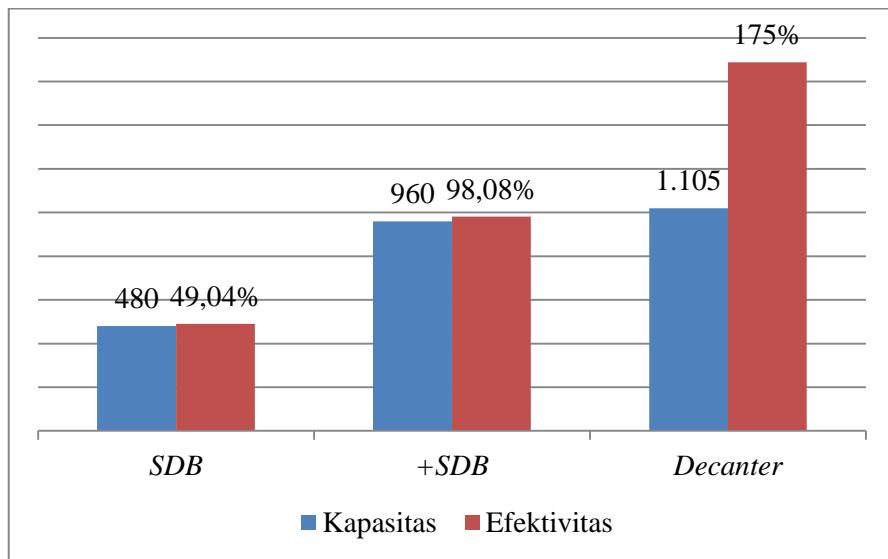
5.1.1. Perbandingan Kinerja Alternatif

Kinerja alternatif dapat dinilai dari besarnya kapasitas dan efektivitas yang dimiliki masing-masing alternatif. Kapasitas adalah batas kemampuan metode atau mesin untuk melakukan pekerjaannya dengan baik. Efektivitas adalah seberapa besar metode atau mesin mencapai hasil akhir yang diharapkan. Ketiga alternatif yang dimiliki PT XYZ memiliki kapasitas dan tingkat efektivitas yang berbeda. Kapasitas dan tingkat efektivitas ketiga alternatif tersebut diperoleh setelah pengolahan data dan dapat dilihat dari tabel dibawah ini.

Tabel 5.1.1 Nilai Efektivitas Masing-masing Alternatif

No	Alternatif	Kapasitas (m ³ /hari)	Efektivitas
1	<i>Sludge Drying Beds</i>	480	49,04%
2	Penambahan <i>Sludge Drying Beds</i>	960	98,08%
3	Penggantian dengan <i>Decanter Sentrifugal</i>	1.105	175%

(Sumber : Pembahasan)



Gambar 5.1.1 Perbandingan efektivitas seluruh alternatif

(Sumber : Pembahasan)

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa *decanter* sentrifugal adalah alternatif yang memiliki kapasitas terbesar dari seluruh alternatif yang ada. Dengan kapasitas tersebut, *decanter* sentrifugal mampu menghasilkan efektivitas diatas 100% yang berarti melebihi hasil akhir yang diharapkan.

Penggunaan *Sludge Drying Beds* yang telah ada saja jelas tidak dapat digunakan dilihat dari segi kapasitas dan efektivitasnya. *Sludge Drying Beds* memiliki kapasitas yang paling kecil dan efektivitas penggunaannya hanya sebesar 49,04%, hanya setengah dari hasil yang diharapkan. Sementara itu penambahan *Sludge Drying Beds* memiliki kapasitas diatas *Sludge Drying Beds* namun efektivitasnya tetap tidak mencapai 100% yang berarti penambahan *Sludge Drying Beds* juga belum mampu memenuhi hasil akhir yang diharapkan.

5.1.2. Kelebihan dan Kekurangan Alternatif

Kelebihan alternatif adalah sesuatu yang menjadikan suatu alternatif memiliki nilai yang unggul atau dapat diunggulkan sementara kekurangan alternatif adalah kebalikannya. Dalam hubungannya dengan menilai suatu alternatif, kelebihan adalah sesuatu yang selalu dicari sementara kekurangan lebih dihindari. Kelebihan dapat memberikan nilai tambah dalam penilaian suatu alternatif sementara kekurangan justru mengurangi nilai alternatif tersebut.

Untuk menjadikan kelebihan dan kekurangan alternatif sebagai dasar penilaian, masing-masing alternatif harus dibandingkan dengan parameter yang sama sehingga nilainya dapat dibandingkan antara satu dengan lainnya. Kelebihan dan kekurangan masing-masing alternatif dapat dilihat dari tabel berikut :

Tabel 5.1.2 Tabel Kelebihan dan Kekurangan Masing-Masing Alternatif

No	Parameter	SDB	Tambahan SDB	Decanter
1	Lahan yang digunakan	Butuh lahan luas sekitar 4.800 m ²	Butuh lahan yang sangat luas, sekitar 9.600 m ²	Butuh lahan yang kecil, hanya sekitar 100 m ²
2	Biaya operasional	Murah karena tidak ada bahan kimia tambahan	Murah karena tidak ada bahan kimia tambahan	Butuh bahan kimia koagulan berupa LT20
3	Kemudahan operasi	Sangat mudah, lumpur hanya dibiarkan hingga kering	Sangat mudah, lumpur hanya dibiarkan hingga kering	Lebih rumit, memerlukan pengaturan dan perhitungan terlebih dahulu sebelum dioperasikan
4	Perawatan	Penggantian lapisan pasir dan batu <i>gravel</i> yang lumayan banyak tiap bulan	Penggantian lapisan pasir dan batu <i>gravel</i> yang sangat banyak tiap bulan	Servis rutin dari penyedia mesin hanya setiap 3 tahun sekali
5	Operator	Butuh banyak tenaga tidak ahli untuk mengoperasikan fasilitas yang cukup luas	Butuh banyak tenaga tidak ahli untuk mengoperasikan fasilitas yang sangat luas	Hanya butuh 3-4 orang ahli untuk mengoperasikan mesin sekaligus memindahkan hasil proses

No	Parameter	SDB	Tambahan SDB	Decanter
6	Kapasitas	Terbatas dan perlu lahan yang sangat luas untuk pengembangan	Terbatas dan perlu lahan yang sangat luas untuk pengembangan	Cukup besar dan hanya memerlukan lahan kecil untuk pengembangan
7	Kecepatan proses	Cukup lama, butuh waktu 10 hari untuk satu kali proses	Cukup lama, butuh waktu 10 hari untuk satu kali proses	Sangat cepat, hanya butuh satu jam

Dari tabel kelebihan dan kekurangan di atas dapat dilihat bahwa alternatif ketiga, mengganti fasilitas SDB dengan mesin *decanter*, memiliki kelebihan yang paling banyak yaitu lima poin dari tujuh parameter penilaian dibandingkan dua alternatif lainnya yang hanya mendapatkan masing-masing dua poin sehingga dapat dikatakan bahwa alternatif ketiga ini yang paling unggul.

5.2. Analisa Ekonomi Alternatif

Parameter-parameter yang digunakan dalam menilai nilai ekonomi alternatif diantaranya *Return of Investment* (RoI), *Net Present Value* (NPV), *Profitability Index* (PI), dan *Internal Rate of Return* (IRR). Masing-masing parameter digunakan memiliki kriteria tersendiri yang digunakan untuk menentukan apakah suatu alternatif layak digunakan atau tidak. Hasil analisa kelayakan investasi tersebut sebagai berikut :

1. *Sludge Drying Beds* (SDB)

Tabel 5.2.1 Nilai Analisa Ekonomi SDB

Parameter Kelayakan	Kriteria	Hasil	Kesimpulan
<i>Return of Investment</i>	$RoI > 100\%$	15%	Tidak layak
<i>Net Present Value</i>	NPV positif	Rp 1.198.023.438	Layak
<i>Profitability Index</i>	$PI > 1$	0,97	Tidak layak
<i>Internal Rate of Return</i>	$IRR > \text{bunga bank}$	$33,81\% > 6\%$	Layak

(Sumber : Pembahasan)

Dilihat dari hasil perhitungan yang diperoleh, penggunaan fasilitas SDB yang sudah ada tidak memenuhi dua dari empat kriteria kelayakan. Arus kas SDB yang tercantum pada bagian pengolahan data menghasilkan angka yang negatif pada beberapa tahun terakhir selama masa guna 10 tahun. Arus kas yang negatif tersebut menyebabkan nilai RoI menjadi negatif walaupun nilai NPV tetap positif. Selain itu, beberapa arus kas yang negatif ini juga menyebabkan nilai PI menjadi kecil.

2. Penambahan *Sludge Drying Beds* (+SDB)

Tabel 5.2.2 Nilai Analisa Ekonomi Penambahan SDB

Parameter Kelayakan	Kriteria	Hasil	Kesimpulan
<i>Return of Investment</i>	$RoI > 100\%$	82%	Tidak layak
<i>Net Present Value</i>	NPV positif	Rp 60.191.508.488	Layak
<i>Profitability Index</i>	$PI > 1$	2,67	Layak
<i>Internal Rate of Return</i>	$IRR > \text{bunga bank}$	$92,11\% > 6\%$	Layak

(Sumber : Pembahasan)

Dilihat dari hasil perhitungan yang diperoleh, penambahan fasilitas SDB hampir memenuhi seluruh kriteria kelayakan kecuali satu yaitu RoI. Pada arus kas yang tercantum pada pengolahan data, terlihat bahwa investasi awal untuk penambahan SDB adalah yang paling besar diantara tiga alternatif sehingga menyebabkan nilai RoI menjadi kecil.

3. *Decanter* Sentrifugal

Tabel 5.2.3 Nilai Analisa Ekonomi *Decanter*

Parameter Kelayakan	Kriteria	Hasil	Kesimpulan
<i>Return of Investment</i>	$RoI > 100\%$	443%	Layak
<i>Net Present Value</i>	NPV positif	Rp 102.364.124.435	Layak
<i>Profitability Index</i>	$PI > 1$	10,93	Layak
<i>Internal Rate of Return</i>	$IRR > \text{bunga bank}$	$446,01\% > 6\%$	Layak

(Sumber : Pembahasan)

Dilihat dari hasil perhitungan yang diperoleh, penggantian *Sludge Drying Beds* dengan *decanter* sentrifugal memenuhi seluruh kriteria kelayakan. Pada

arus kas *decanter* yang tercantum pada pengolahan data, *decanter* sentrifugal menggunakan biaya investasi yang tidak jauh berbeda daripada SDB namun mampu memberikan kapasitas yang jauh lebih besar sehingga memberikan nilai pengembalian yang lebih besar. Dalam perhitungan nilai IRR, tingkat bunga terbesar yaitu 100%, tetapi memberikan nilai NPV yang positif sehingga nilai IRR kemudian dihitung menggunakan Microsoft Excel yang menghasilkan nilai 443,54%.

Hasil akhir dari seluruh analisa ekonomi yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.2.4 Hasil Akhir Analisa Ekonomi Alternatif

Alternatif	NPV	RoI	PI	IRR	Kesimpulan
SDB	Layak	Tidak layak	Tidak layak	Layak	Tidak layak
Tambah SDB	Layak	Tidak layak	Layak	Layak	Tidak layak
<i>Decanter</i>	Layak	Layak	Layak	Layak	Layak

5.3. Perbandingan Komponen Penilaian Alternatif

Seluruh hasil penilaian alternatif yang telah dilakukan dapat dibandingkan untuk melihat alternatif yang paling unggul diantara seluruh alternatif dan dapat dijadikan dijadikan keputusan terakhir dalam pengambilan keputusan.

Perbandingan nilai seluruh alternatif dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.3.1 Perbandingan Nilai Seluruh Alternatif

Penilaian	SDB	+SDB	<i>Decanter</i>
Efektivitas	49,04%	98,08%	175%
Kelebihan & Kekurangan	2 poin	2 poin	5 poin
RoI	15%	82%	443%
NPV	Rp 1.198.023.438	Rp 60.191.508.488	Rp 102.364.124.435
PI	0,97	2,67	10,93
IRR	33,81%	92,11%	446,01%
Ranking	3	2	1

(Sumber : Pembahasan)

Hasil perbandingan seluruh alternatif menunjukkan ranking atau peringkat dari masing-masing alternatif berdasarkan nilai yang dimiliki masing-masing alternatif. Alternatif yang paling unggul dan menduduki posisi pertama adalah **penggantian fasilitas *Sludge Drying Beds* yang telah dimiliki dengan *decanter sentrifugal*.**

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan pengumpulan dan pengolahan data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. PT XYZ merumuskan tiga alternatif untuk menangani masalah lumpur yang sedang dihadapi. Alternatif-alternatif tersebut yaitu yang pertama adalah tetap menggunakan fasilitas SDB yang ada, kedua adalah membangun fasilitas SDB kedua yang sama dengan yang sudah ada, dan yang terakhir adalah mengganti fasilitas SDB yang sudah ada dengan pengolahan lumpur metode sentrifugal menggunakan alat *decanter*. Pemilihan alternatif dilakukan dari segi teknis dan ekonomi menggunakan analisa kelayakan investasi dan penilaian kinerja dengan membandingkan kapasitas, keefektifan, dan kelebihan dan kekurangan dari alternatif.
2. Perbandingan teknis masing-masing alternatif dilakukan dengan membandingkan nilai kinerja alternatif yang dilakukan dengan mengukur nilai keefektifan alternatif dan kelebihan dan kekurangan alternatif, memberikan hasil akhir bahwa alternatif dengan kinerja terbaik adalah penggantian fasilitas SDB dengan metode sentrifugal menggunakan mesin *decanter* dengan kapasitas metode sebesar 1.105 m^3 per hari dan angka efektifitas sebesar 175%. Alternatif ini juga memiliki kelebihan yang lebih unggul dari alternatif lainnya yaitu sebesar lima poin dari total tujuh parameter yang dibandingkan.
3. Analisa ekonomi alternatif dilakukan menggunakan parameter analisa kelayakan investasi. Parameter yang digunakan adalah *Return of Investment* (RoI), *Net Present Value* (NPV), *Profitability Index* (PI), dan *Internal Rate of Return* (IRR) dengan masing-masing memiliki kriteria kelayakannya masing-masing. Dari seluruh hasil perhitungan analisa ekonomi yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa alternatif yang memenuhi seluruh kriteria kelayakan

- yang ada adalah penggantian SDB dengan metode sentrifugal menggunakan mesin *decanter* yang memiliki nilai RoI sebesar 443%, nilai NPV sebesar Rp 102.364.124.435, nilai PI sebesar 10,93, dan angka IRR sebesar 446,01%. Nilai ekonomi ini dihitung dengan menggunakan masa guna selama 10 tahun atas dasar informasi bahwa umur optimum mesin decanter adalah 10 tahun dan fasilitas SDB memerlukan regenerasi bangunan setelah 10 tahun.
4. Kesimpulan akhir dari penelitian yang telah dilakukan adalah bahwa penggantian fasilitas SDB (*Sludge Drying Beds*) dengan metode sentrifugal menggunakan mesin *decanter* merupakan alternatif terbaik untuk menyelesaikan permasalahan lumpur di PT XYZ. Penggunaan fasilitas SDB akan dihentikan dan bangunan mesin decanter akan didirikan diatas lahan bekas fasilitas tersebut.

6.2. Saran

Saran yang dapat diberikan kepada perusahaan setelah dilakukan penelitian mengenai kelayakan alternatif metode pengolahan lumpur diantaranya:

1. Untuk menangani lumpur yang tidak terolah dan menumpuk di unit pengolahan lumpur, perusahaan harus segera mengganti metode pengolahan lumpur yang digunakan dari fasilitas *sludge drying beds* menjadi menggunakan metode sentrifugal dengan mesin *decanter*. Fasilitas *sludge drying beds* terbukti tidak lagi mampu memenuhi kebutuhan perusahaan dalam mengolah lumpur dan justru memberikan kerugian karena besarnya denda yang harus dibayarkan perusahaan.
2. Perusahaan sebaiknya tetap memantau perkembangan metode pengolahan lumpur untuk ke depannya meskipun baru saja mengganti fasilitas SDB dengan metode terbaru dikarenakan perkembangan industri air yang semakin meningkat akan mengakibatkan lumpur yang dihasilkan pun semakin meningkat juga. Setelah 10 tahun, terdapat kemungkinan mesin *decanter* mengalami penurunan kinerja. Karena itu walaupun saat ini keefektifannya sangat besar, tidak menutup kemungkinan di masa yang akan datang mesin ini tidak dapat memenuhi kebutuhan perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASCE. 1986. *Design And Construction Of Sanitary And Storm Sewers (ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 37)*. New York: ASCE.
- ASTM E833. 1999. *Definitions of Terms Relating to Building Economics*, American Society for Testing and Materials. Conshohocken: PA.
- DA. Julian, et.al. *Studi Pengolahan Lumpur Instalasi Pengolahan Air Minum Taman Kota – Jakarta Barat*, Vol. 7 No. 2 Desember 2015, 75 – 80. Jakarta.
- Dinas PU Cipta Karya. 2010. *SK-SNI Air Minum*. Jakarta: Dinas PU.
- Eva F. Karamah. 2002. *Diktat Kuliah Ekonomi Teknik GP32021 Jurusan Teknik Gas Dan Petrokimia FTUI*. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Djarwanto, PS. 1996. *Capital Budgeting, Edisi kedua*. Yogyakarta: BPFE.
- Giatman. 2006. *Ekonomi Teknik*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Hantoro, S. 1993. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi, Edisi kedua*. Yogyakarta: UPP IKIP.
- Husnan, S., Suwarsono. 1994. *Studi Kelayakan Proyek, Edisi ketiga*. Yogyakarta: UPP AMP YKPN.
- Metcalf & Eddy. 1991. *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, and Reuse*. Singapore: Mc Graw Hill Book Co.
- Nasution, Arman Hakim. 2006. *Manajemen Industri. Edisi pertama*. Yogyakarta.
- Prihastono, E. *Jurnal Dinamika Teknik*, Vol. IX, No. 2 Juli 2015, 47 – 60. Semarang
- Records, Alan. 2001. *Decanter Centrifuge Handbook, First Edition*. UK: Elsevier Advanced Technology.
- Render, Bary dan Jay Heizer. 2001. *Prinsip-Prinsip Manajemen Operasi*. Bandung: Salemba Empat.
- Sinungan, Muchdarsyah. 2003. *Produktivitas, Apa dan Bagaimana*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Sutrisno, T. 2006. *Teknologi Penyediaan Air Bersih, Cetakan Keenam*. Jakarta: Rhineka Cipta.
- Vanderbeken. 2002. *Drycake, CBB Centrifuge explained*. USA: Vanderbeken Enterprise Ltd.

LAMPIRAN

Lampiran A: Daftar Harga Pipa Sludge Drying Bed

No	Jenis Pipa	Harga Satuan	Jumlah	Satuan	Total Harga
1	Pipa 8"	Rp 5.000.000	7	m	Rp 35.000.000
2	Valve	Rp 1.500.000	40	pcs	Rp 60.000.000
TOTAL					Rp 95.000.000

Daftar Harga Pipa dan Valve dari UD Bursa Baja Ringan

No	Jenis Pipa Baja	Ukuran	Harga
1	Pipa Hitam 4"	4,50 mm/7 m	Rp. 1.500.000
2	Pipa Hitam 6"	4,85 mm/7 m	Rp. 2.200.000
3	Pipa Hitam 8"	5,00 mm/7 m	Rp. 3.300.000
4	Pipa Galvanis 3"	4,00 mm/7 m	Rp. 1.200.000
5	Pipa Galvanis 4"	4,50 mm/7 m	Rp. 1.700.000
6	Pipa Galvanis 6"	4,85 mm/7 m	Rp. 2.800.000
7	Pipa Galvanis 8"	5,00 mm/7 m	Rp. 4.500.000
8	Pipa Hitam SCH40 3"	5,50 mm/7 m	Rp. 1.500.000
9	Pipa Hitam SCH40 4"	6,00 mm/7 m	Rp. 1.800.000
10	Pipa Hitam SCH40 6"	7,10 mm/7 m	Rp. 3.500.000
11	Pipa Hitam SCH40 8"	8,20 mm/7 m	Rp. 5.000.000
12	Pipa Galvanis SCH40 3"	5,50 mm/7 m	Rp. 2.200.000
13	Pipa Galvanis SCH40 4"	6,00 mm/7 m	Rp. 2.300.000
14	Pipa Galvanis SCH40 6"	7,10 mm/7 m	Rp. 4.000.000
15	Pipa Galvanis SCH40 8"	8,20 mm/7 m	Rp. 6.500.000

No	Jenis Valve Baja	Harga / unit
1	Butterfly Valve 10" Jis Kitz	5.550.000
2	Butterfly Valve 8" Jis 10k	1.500.000
3	Butterfly Valve 5" Jis 10k	650.000
4	Butterfly Valve 4" Jis Kitz	900.000
5	Butterfly Valve 3" Jis Kitz	1.300.000

Lampiran B : Dimensi Tangki Koagulan Decanter

Tangki Penguin seri TB 3000



Lampiran C : Dimensi Truck CDD Bak

Dimensi: 26 CBM
Berat Max: 7,5 Ton



Colt Diesel Double (CDD) Bak

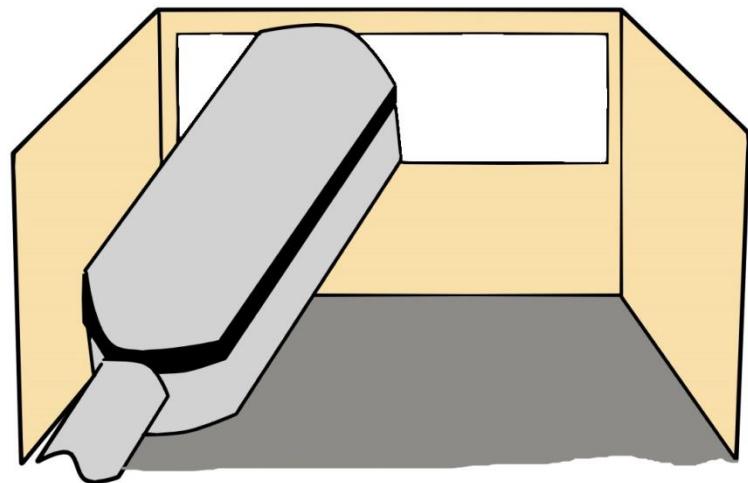
Berat	Ukuran Mobil	Mesin
Berat Kosong : 2,3 Ton	Panjang : 670 cm	Model : 4D34-2AT7
Berat Maksimal : 7,5 Ton	Lebar : 200 cm	Kapasitas Silinder : 3.908 CC
	Tinggi : 220 cm	Kecepatan Maksimum (Km/Jam) : 112
		Tenaga Maksimum (PS/rpm) : 136/2.900

Ukuran Karoseri	Roda dan Ban
Panjang : 560 cm	Ukuran Ban: -
Lebar : 200 cm	Ukuran Roda: 7.50-16-14PR
Tinggi : 220 cm	
Dimensi : 26 CBM	

Lampiran D : Harga Pendirian dan Perbaikan Bangunan

Harga Pendirian Bangunan Baru dari Kontraktor X

Tipe Bangunan	Harga Borong per m ²	Spesifikasi
Bangunan Kualitas Standar	Rp 2.000.000	<ul style="list-style-type: none"> • Pondasi batu kali • Dinding batu bata • Finishing plester aci • Lantai ubin • Platform gypsum • Rangka kayu atau hollow • Genteng rangka baja ringan atau kayu
Bangunan Kualitas Menengah	Rp 3.000.000	<ul style="list-style-type: none"> • Pondasi batu kali • Dinding batu bata • Finishing plester aci + cat • Lantai keramik • Platform gypsum • Rangka kayu • Genteng rangka baja ringan atau kayu
Bangunan Kualitas Atas	Rp 4.500.000	<ul style="list-style-type: none"> • Pondasi batu kali • Dinding batu bata ditempeli batu alam • Finishing plester aci, bisa dilapisi wallpaper • Lantai granit atau marmer • Platform gypsum • Rangka kayu • Genteng rangka baja ringan atau kayu • Hiasan ornamen kayu



Ilustrasi Ruangan Decanter

Bangunan Sludge Drying Bed hanya berupa pondasi dengan tembok setinggi 1 meter sehingga pendiriannya hanya dikenai harga sebesar Rp 1.000.000 / m² dan perbaikannya hanya dikenai harga sebesar Rp 150.000.



Bangunan Sludge Drying Bed

Lampiran E : Harga Satuan Listrik

Tarif Tenaga Listrik Berdasarkan pada PerMen ESDM RI No 41 tahun 2017



PT PLN (Persero)

Jalan Trunojoyo Blok M I/135 Kebayoran Baru – Jakarta 12160

Telepon : (021) 7261875, 7261122, 7262234
(021) 7251234, 7250550

Facsimile : (021) 7221330

Website : www.pln.co.id

PENETAPAN PENYESUAIAN TARIF TENAGA LISTRIK (TARIFF ADJUSTMENT)

BULAN FEBRUARI & MARET 2017

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVArh (Rp/kVArh)	
1.	R-1/TR	1.300 VA	*)	1.467,28	1.467,28
2.	R-1/TR	2.200 VA	*)	1.467,28	1.467,28
3.	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	*)	1.467,28	1.467,28
4.	R-3/TR	6.600 VA ke atas	*)	1.467,28	1.467,28
5.	B-2/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.467,28	1.467,28
6.	B-3/TM	di atas 200 kVA	**))	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
7.	I-3/TM	di atas 200 kVA	**))	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
8.	I-4/TT	30.000 kVA ke atas	***))	Blok WBP dan Blok LWBP = 996,74 kVArh = 996,74 ****)	-
9.	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.467,28	1.467,28
10.	P-2/TM	di atas 200 kVA	**))	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
11.	P-3/TR		*)	1.467,28	1.467,28
12.	L/TR, TM, TT		-	1.644,52	-

Catatan :

*) Diterapkan Rekening Minimum (RM):

RM1 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian.

**) Diterapkan Rekening Minimum (RM):

RM2 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian LWBP.

Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.

***) Diterapkan Rekening Minimum (RM):

RM3 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian WBP dan LWBP.

Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.

****) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus).

K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat ($1.4 \leq K \leq 2$), ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara.

WBP : Waktu Beban Puncak.

LWBP : Luar Waktu Beban Puncak.

**LEMBAR PERSETUJUAN
PERBAIKAN HASIL UJIAN TUGAS AKHIR/SKRIPSI**

NAMA

KATYUSHA APPAZI

NIM

1214013

JUDUL SKRIPSI

Tinjauan Pemilihan Sistem Pengolahan Limbah Lumpur
dengan Menggunakan Mesin Decanter Secara Tekno Ekonomi
dr PT XYZ

NO	PENGUJI / PEMBIMBING	SARAN PERBAIKAN	TANDA-TANGAN
1	PEMBIMBING / ASSISTEN : 1. <u>Taswir Syah Foeddin, S.MI, M.Si</u> 2.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pertandingan laju lahan ditambahkan sebagai kelebihan secara teknis 2. Perbaiki ukuran tabel sesuai margin 3. Lihat uraian Pedoman Penulisan TA 	<p style="text-align: right;">23/9/19</p> <p>1.</p> <p>2.</p>
2	PENGUJI : 1. <u>Dr. Siti Aisyah, ST, MT.</u> 2. <u>Dr. Ir. Hasan Sudrajat, MM, MH</u> 3. <u>Dr. Mustofa, S.T., M.T.</u> 4.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perbaiki format Penulisan Sesuai Pedoman TA 2. Tambahkan teori mengenai teknologi ekonomi 3. Urutkan rumus yang dicantumkan 4. Perbaiki rumus efektivitas <ol style="list-style-type: none"> 1. Abstrak harus mencakup ringkasan isi TA 2. Perbaiki format penulisan Sesuai Pedoman 3. Masukkan nilai kuantitatif di bagian Y1 4. Beberapa sumber belum masuk dalam daftar pustaka 5. Perjelas isi bagian IV dengan rinci <ol style="list-style-type: none"> 1. Judul TA kurang sesuai, ganti kalimat "kelayakan" dengan "tinjauan" 2. Pada flowchart tambahkan langkah analisa 3. Landasan teori sebaiknya maksimal 15 halaman, kurangi rumus yang tidak digunakan 4. Perbaiki perhitungan dan keefektifan yang tidak sesuai 	<p style="text-align: right;">1. 5/10/2019</p> <p>2.</p> <p>3.</p> <p>4.</p>

Menyatakan materi tersebut telah diperbaiki dan memenuhi syarat untuk yudisium dan wisuda.

Jakarta, 23 September 2019

Mengetahui,
Ketua Jurusan ... Teknik Industri Otomotif

(Muhammad Agus, ST. MT.)
NIP : 19700829 200212 1001