

Feasibility Study Peralatan Pendukung Pada Pemanfaatan Limbah B3 Cair Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pada Tanur Di PT “X”

Fogot Endro Wibowo, Erma Yuniaty, Fauzhia Rahmasari, Agung Budiarto

Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya

**)Corresponding author : fogotendro71@gmail.com*

Abstract

The amount of coal used in industry today is very large. Alternative fuels are needed to minimize this, one of which is artificial liquid fuel obtained from processed industrial liquid B3 waste in the form of solvents, ink waste, resin and also slurry oil. The aim of this research is to determine the feasibility of processing Liquid B3 Waste into alternative fuel which can reduce the company's dependence on fossil fuels in the form of coal, as well as increase company profits by reducing production costs based on indicators of the number of calories that can be replaced by fuel use that alternative. Interview methods and also direct observation were carried out in this research, so that several variables were obtained which were used in this research, namely calories produced, volumetric requirements for the equipment used, and also pump capacity according to needs. Including observations on the influence of location selection, as well as flow losses in piping. From the results of calculations and analysis, it was found that the supporting equipment for the utilization and processing of liquid B3 waste was appropriate and appropriate. And you can choose a location for processing liquid B3 waste.

Abstrak

Jumlah pemakaian batu bara di industri saat ini sangat banyak. Perlu bahan bakar alternatif untuk meminimalkannya, salah satunya yaitu bahan bakar cair buatan yang didapat dari olahan Limbah B3 Cair industri berupa *solvent, ink waste, resin*, dan juga *slurry oil*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kelayakan dari proses pengolahan Limbah B3 Cair menjadi bahan bakar alternatif yang dapat mengurangi ketergantungan perusahaan terhadap bahan bakar fosil berupa batu bara, serta meningkatkan keuntungan perusahaan dengan mengurangi biaya produksi berdasarkan indikator jumlah kalori yang dapat digantikan dengan penggunaan bahan bakar alternatif tersebut. Metode wawancara dan juga observasi langsung dilakukan dalam penelitian ini, sehingga didapatkan beberapa *variable* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kalori yang dihasilkan, kebutuhan *volumetric* dari peralatan yang digunakan, dan juga kapasitas pompa yang sesuai dengan kebutuhan. Termasuk pengamatan pada pengaruh pemilihan lokasi, serta kerugian aliran pada pemipaan. Dari hasil perhitungan dan analisa didapatkan hasil bahwa peralatan pendukung terhadap pemanfaatan serta pengolahan limbah B3 Cair ini sudah sesuai dan tepat. Serta bisa didapatkan pemilihan lokasi untuk pengolahan limbah B3 Cair tersebut.

Kata kunci: *Bahan bakar alternatif, Kalori, Kapasitas Pompa, Limbah B3, Pemilihan Lokasi*

PENDAHULUAN

Seiring dengan pesatnya laju pertumbuhan jumlah industri di Indonesia sejak 10 tahun terakhir khususnya perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur, maka semakin besar pula jumlah kebutuhan pemakaian batu bara sebagai bahan bakar industri. Menurut data dari Badan Pusat Statistik, terdapat 29 ribu perusahaan di Indonesia yang bergerak di bidang manufaktur. Jumlah tersebut berkontribusi besar terhadap kebutuhan jumlah batu bara di Indonesia pada tahun 2023 yang mencapai 195,9 juta ton (ESDM). [1]

Proses pembentukan batu bara sangatlah kompleks dan membutuhkan waktu hingga berjuta-juta tahun lamanya. Batu bara terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan purba yang kemudian mengendap selama berjuta-juta tahun dan mengalami proses pembatubaraan (*coalification*) di bawah pengaruh fisika, kimia, maupun geologi. Oleh karena itu, batu bara termasuk dalam kategori bahan bakar fosil. Dengan sifatnya yang tidak terbarukan, maka jumlah batu bara akan semakin berkurang setiap tahunnya. Hal tersebut mempengaruhi harga perolehan batu bara yang setiap tahunnya mengalami kenaikan.

Pemerintah lewat Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menetapkan Harga Batu Bara Acuan (HBA) untuk periode Juli 2023. HBA ini terdapat tertuang dalam Keputusan Menteri (Kepmen) ESDM Nomor 183.K/MB.01/MEM.B/2023 tentang Harga Mineral Logam Acuan dan Harga Batubara Acuan untuk Bulan Juli tahun 2023 tertanggal 17 Juli 2023. Dari Kepmen tersebut, untuk HBA dengan kesetaran kalori 6.322 kcal/kg GAR, total moisture 12,58 persen, sulphur 0,71 persen, dan Ash 7,58 persen berada di harga US\$191,60 per ton. Di sisi lain, dengan meningkatnya jumlah industri di Indonesia maka jumlah limbah yang dihasilkan juga mengalami peningkatan. Limbah B3 atau bahan berbahaya dan beracun adalah bagian dari limbah anorganik yang turut berkontribusi menyebabkan pencemaran lingkungan. Indonesia menghasilkan timbunan limbah B3 mencapai 60 juta ton. Berdasarkan sumbernya, limbah B3 banyak berasal dari sektor manufaktur. [2]

Data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menunjukkan sebanyak 2.897 industri sektor manufaktur menghasilkan limbah B3 pada tahun lalu. Kemudian, sektor prasarana menghasilkan limbah B3 yang berasal dari 2.406 industri. Lalu, sebanyak 2.103 industri sektor pertanian (Agro Industri) menghasilkan limbah B3, dan sektor pertambangan energi dan migas menghasilkan limbah B3 sebanyak 947 industri. KLHK mencatat dari 60 juta ton limbah B3 yang dihasilkan, potensi yang dapat dimanfaatkan berdasarkan persetujuan teknis adalah sebesar 48,6 juta ton. Artinya, potensi pemanfaatan limbah B3 yang dihasilkan pada tahun lalu mencapai 80,93%.

Merujuk pada data –data tersebut, maka pada penelitian ini penulis mengambil topik “PEMANFAATAN LIMBAH B3 CAIR SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF PADA TANUR PEMBAKARAN” yang saat ini telah memiliki fasilitas pemanfaatan limbah yang bersertifikat ISO dan telah menjalin kerja sama dengan banyak industri untuk pemusnahan limbah hasil produksi dengan metode oksidasi atau proses pembakaran di dalam tanur dengan siklus tertutup.

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan kelayakan dari proses pengolahan Limbah B3 Cair dilihat dari kualitas serta konsep dari fasilitas yang digunakan, menentukan kapasitas peralatan yang dipakai pada proses pengolahan Limbah B3 Cair antara lain kapasitas tangki penampungan, *mixer* serta pompa yang digunakan, dan menentukan siklus waktu yang dibutuhkan dalam rangkaian proses pengolahan.

Dalam pembatasan masalah, perlu penulis gunakan untuk mempertegas masalah yang di bahas agar tidak terjadi penyimpangan dalam menyelesaikan perencanaan ini, yaitu :

1. Melakukan peninjauan jenis limbah, karakteristik serta dampak yang dapat ditimbulkan ketika dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif
2. Penentuan lokasi yang akan dijadikan area pengolahan limbah sebelum dijadikan sebagai

bahan bakar alternatif

3. Pemilihan konsep dari proses pengolahan limbah serta peralatan yang akan digunakan
4. Menentukan kapasitas komponen – komponen yang akan di gunakan seperti diameter pipa, kapasitas tangki, kapasitas *Mixer*, *head* total pada sistem pemipaan, serta kapasitas pompa
5. Limbah industri yang akan dimanfaatkan berupa Limbah B3 Cair dengan batasan nilai kalori serta kekentalan

METODE PENELITIAN

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan wawancara serta persiapan-persiapan lain dalam penelitian ini. Data ini diperoleh dari wawancara dan juga observasi lapangan di PT.”X” dengan melibatkan team *Engineering*, team Proses dan team *Safety*.

Adapun data hasil wawancara dan observasi awal adalah sebagai berikut :

1. *Feed Rate* : 5 ton/jam
2. Kapasitas 1 kali proses pencampuran : 3 ton
3. Kapasitas tangki penyimpanan : 18 ton (2 x 9 ton)
4. *Container* kedatangan material : Drum 200 liter, *IBC Tank*, *ISO Tank*
5. Titik pengumpulan produk : Tangki *Existing*, Tanur Pembakaran
6. Skema Operasi : *Batch*

Data tersebut menjadi acuan awal untuk menentukan konsep, *design engineering*, pemilihan lokasi, dan juga peralatan yang dibutuhkan untuk mencapai target yang diinginkan. Prosedur penyusunan hasil penelitian ini meliputi:

- a. Penentuan judul penelitian
- b. Studi pustaka
- c. Pengumpulan data

Metode Pengumpulan Data

Setelah persiapan telah selesai dilanjutkan pengumpulan data-data yang diperlukan untuk perencanaan konsep, *design engineering*, pemilihan lokasi, dan juga peralatan yang dibutuhkan. Metode pengumpulan data terdiri dari :

1. Penelitian lapangan

Penelitian lapangan yaitu metode yang digunakan untuk mendapatkan data dengan pengamatan langsung di lapangan. Cara pengumpulan data dengan metode penelitian lapangan diantaranya yaitu wawancara langsung dengan *team Engineering*, Proses, laboratorium, dan juga *safety*. Selain itu, pengumpulan data juga dilakukan dengan meninjau langsung area potensial, dan juga kondisi *existing* dari proses yang sudah dilakukan

Adapun data-data yang perlu untuk diambil atau dikumpulkan adalah sebagai berikut :

- a. Spesifikasi dan karakteristik dari Limbah B3 Cair yang akan diolah
 - b. Parameter Mutu yang menjadi acuan, misal : nilai kalori, Viscositas, pH serta kandungan S dan Cl [3]
 - c. Penetapan area penyimpanan awal *incoming* material
 - d. Ketetapan *mixing ratio*
 - e. Target pencapaian produksi
 - f. Opsi pemilihan lokasi pengolahan
 - g. Penentuan titik akhir pemanfaatan hasil olahan
 - h. Analisa resiko bahaya yang ditimbulkan dari proses pengolahan limbah B3 cair
2. Penelitian kepustakaan
- Penelitian kepustakaan merupakan metode yang digunakan untuk memperoleh literatur-literatur yang berhubungan dengan masalah yang sedang diteliti, sehingga diperoleh

gambaran secara teoritis sebagai dasar penerapan perancangan. Adapun data-data yang diperlukan sebagai berikut:

- Regulasi terkait pengolahan limbah B3 cair
- Regulasi terkait keselamatan dan kesehatan kerja
- Standar *design engineering*
- Acuan perhitungan terkait *volumetric*, *head losses*, dan kapasitas pompa
- Acuan pemilihan peralatan pengolahan limbah B3 cair
- Kondisi *existing* dari area yang akan dijadikan tempat pengolahan

Perhitungan

Perhitungan pada penelitian ini menggunakan metode perhitungan teoritis. [4] [5] Perhitungan yang dilakukan meliputi perhitungan kapasitas (Q), *Head loss* Mayor (H_f), *Head loss minor* (H_m), efisiensi pompa (η), serta perhitungan retention time dari 1 siklus proses pengolahan.

1. Tahapan Perhitungan *retention time*

Perhitungan retention time didapat berdasarkan data pengukuran jarak antara tempat penyimpanan awal dengan area pengolahan serta dipengaruhi oleh jenis dan jumlah kendaraan yang akan dipakai dan juga batas laju kecepatan aman.

2. Tahapan Perhitungan kapasitas dari fasilitas pengolahan

Perhitungan kapasitas dari fasilitas pengolahan limbah B3 cair ini didasari oleh penetapan target pencapaian produksi olahan, sehingga perlu dilakukan perhitungan mundur dengan mempertimbangkan efisiensi dari peralatan yang digunakan dan adanya kemungkinan kerugian selama proses pengolahan.

3. Tahap Perhitungan Kapasitas *Mixer / Homogenizer*

Perhitungan kapasitas *mixer* atau *homogenizer* ini didasari oleh besaran kapasitas minimal dari fasilitas pengolahan, serta mempertimbangkan efisiensi dari peralatan yang digunakan serta oleh besaran retention time yang ada.

4. Tahap Perhitungan tangki penampungan

Perhitungan kapasitas tangki penampungan pada fasilitas ini terbagi menjadi 2 bagian, yaitu tangki penampungan limbah B3 cair sebelum dilakukan proses mixing dan tangki penampungan limbah B3 cair hasil dari proses *mixing*.

5. Tahap Perhitungan *Head Loss*

Perhitungan *head loss* dibagi menjadi 2 yaitu *head loss major* dan *head loss minor*, dimana *head loss* yang dihitung yaitu pada bagian pipa *suction* dan pipa *discharge*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis limbah dan karakteristiknya

Jenis limbah yang akan diolah sebagai bahan bakar alternatif antara lain :

Tabel 1. *Incomming material*

Waste Name	GCV [Kcal/kg]	Viscosity [cP]	Sulphur [%]	Chlorine [%]	pH
Ink waste	5887	78,70	0,01	0,26	4 ke 5
Ink waste	5275	122,70	0,03	0,07	5 ke 6
Solvent base liquid	6583	15,60	0,04	0,13	5 ke 6
Solvent	9116	9,80	0,01	0,16	4 ke 5
Residu Resin	10104	3,60	0,02	0,04	4 ke 5
Solvent	9084	4,80	0,02	0,04	4 ke 5
Solvent bekas	6866	8,70	0,01	0,06	4 ke 5
Solvent sisa cucian	7467	11,30	0,03	0,04	5 ke 6
Resin	6498	9,60	0,03	0,02	4 ke 5
Solvent	5858	62,20	0,01	0,07	1 ke 2

Slurry oil	4752	13,20	0,28	0,02	6 ke 7
------------	------	-------	------	------	--------

Sumber limbah cair yang akan dimanfaatkan untuk bahan bakar alternatif berasal dari beberapa industri dengan kemasan drum baja ukuran 200 liter. Limbah cair tersebut memiliki karakteristik mudah terbakar, mudah meledak, dan beracun. Dengan resiko yang ada, maka harus diatur terkait dengan penempatan, pemantauan kondisi lingkungan, prosedur penanganan, dan juga alat pelindung diri yang harus digunakan antara lain *respirator* khusus untuk bahan kimia, kacamata *safety*, baju khusus bahan kimia (*Hazmat*), sepatu *safety* khusus bahan kimia (karet/*latex*), sarung tangan khusus bahan kimia (karet/*latex*), dan *helmet*.

Penentuan lokasi

Opsi lokasi yang diajukan untuk fasilitas pengolahan ini ada 3 titik, dimana dari masing – masing titik tersebut memiliki pertimbangan dari sisi biaya angkut, *safety*, dan juga resiko lingkungan. Dengan melakukan observasi langsung kelapangan, maka didapatlah data seperti pada table berikut. [6]

Tabel 2. Seleksi lokasi

	Lokasi 1	Lokasi 2	Lokasi 3
<i>Safety</i>	Akses kendaraan Opr lebih memadai dan aman Flooring sudah berupa concrete	Akses kendaraan Opr lebih memadai dan aman Jarak pemindahan drum ari storage lebih dekat	Resiko saat <i>project execution</i> lebih aman Luasan area yang tersedia masih sangat cukup untuk pengembangan alat dan penampungan kedepannya
<i>Cost</i>	Jarak pemindahan drum ari storage lebih dekat Posisi target pengumpanan lebih dekat	Posisi target pengumpanan lebih dekat <i>Fire suspension line</i> dapat digabung (<i>upgrade</i>) dengan <i>existing</i>	
<i>Pro</i>	<i>Fire suspension line</i> dapat digabung (<i>upgrade</i>) dengan <i>existing</i>		
<i>Enviro</i>			Ijin area sudah menjadi satu dengan <i>existing area</i> Tempat penampungan dan pengolahan material tumpahan lebih baik
<i>Safety</i>	Jalur transportasi kendaraan akan bersinggungan dengan bulk truck di area <i>existing</i> Resiko saat <i>project execution</i> cukup besar karena berdekatan dengan fasilitas <i>existing</i> Luas area yang tersedia terbatas untuk pengembangan alat dan penampungan kedepannya	Jalur transportasi kendaraan akan bersinggungan dengan <i>bulk truck</i> di area <i>existing</i> Resiko saat <i>project execution</i> besar karena berdekatan dengan fasilitas <i>existing</i> Luas area yang tersedia sangat terbatas untuk pengembangan alat dan penampungan kedepannya	Jalur transportasi kendaraan akan bersinggungan dengan Truck Opr <i>existing</i> Akses kendaraan Opr berisiko terkait medan yang curam Jarak pemindahan drum dari <i>storage</i> jauh
<i>Contra</i>		Penyesuaian <i>layout</i> bangunan <i>existing</i>	Target pengumpanan jauh
<i>Cost</i>			<i>Double handling</i> ketika proses <i>feeding</i> menuju <i>burner</i> <i>Land preparation (Cut/Fill)</i> dibutuhkan
<i>Enviro</i>	Terlalu dekat dengan jalur irigasi utama (resiko tumpahan material masuk ke drainase utama)	Terlalu dekat dengan jalur irigasi utama (resiko tumpahan material masuk ke drainase utama)	

Berdasarkan data tersebut diatas, maka didapat penilaian yang dijadikan acuan sebagai pemilihan lokasi yang paling cocok diantara 3 lokasi yang ada.

Tabel 3. Scoring pemilihan lokasi

		Lokasi 1	Lokasi 2	Lokasi 3
<i>Pro</i>	Safety	2	2	2
	Biaya angkut	8	6	2
	Lingkungan	0	0	4
<i>Pro Score</i>		10	8	8
<i>Contra</i>	Safety	2	2	2
	Biaya angkut	1	2	4
	Lingkungan	1	1	0
<i>Contra Score</i>		4	5	6
<i>Total Score (Pro - Con)</i>		6	3	2

Catatan : *Pro* : n x 2 , *Contra* : n x 1

Dengan demikian maka dipilihlah lokasi 1 sebagai tempat yang akan dijadikan fasilitas pengolahan limbah cair menjadi bahan bakar alternatif.

Pemilihan Konsep

Dilihat dari jenis limbah (cair) yang digunakan untuk bahan bakar alternatif dan karakteristik yang dimiliki dari masing-masing sumber limbahnya maka konsep pengolahan pencampuran dengan kecepatan pengadukan yang tinggi akan lebih baik dari sisi kualitas produk pencampuran dan juga waktu pencampuran. Peralatan yang diperlukan untuk memenuhi konsep yang dipilih antara lain *homogenizer mixer*, pompa suplai, dan tangki penyimpanan.

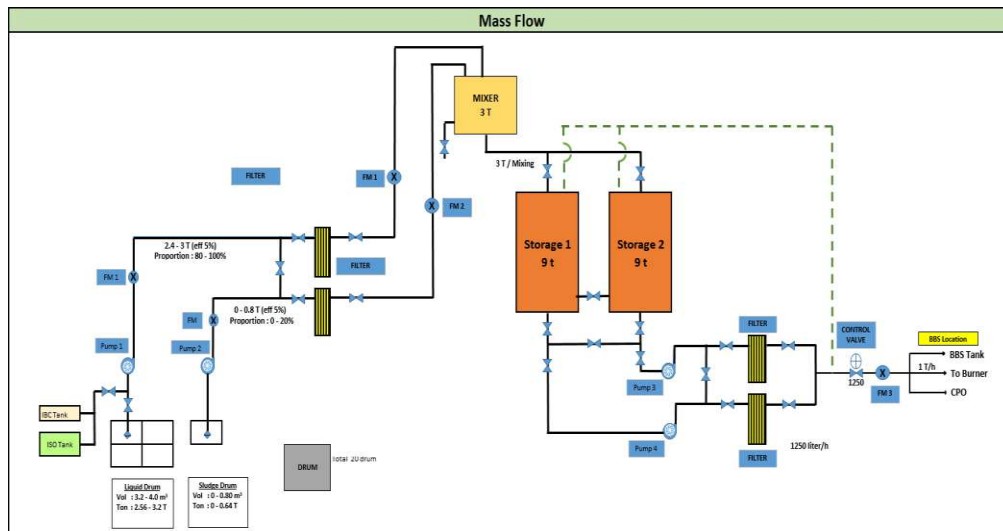
1. Disain Data

Data awal yang disepakati untuk dijadikan acuan untuk penentuan proses selanjutnya antara lain :

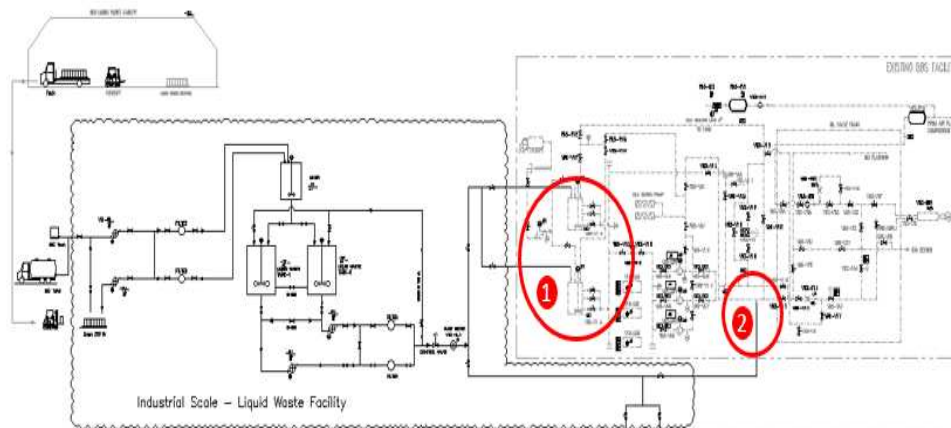
- Feed rate : 5 ton/jam
- Kapasitas 1 kali proses pencampuran : 3 ton
- Kapasitas tangki penyimpanan : 18 ton (2 x 9 ton)
- Container* kedatangan material : *Drum* 200 ltr, *IBC tank*, *ISO tank*
- Titik pengumpanan produk : Tangki *Existing*, Tanur Pembakaran
- Skema operasi : *Batch*

2. Diagram alur masa dan diagram alur proses

Berdasarkan pemilihan alat yang akan digunakan dan design data yang telah disepakati, maka diagram alur masa terkait dengan design fasilitas pengolahan limbah cair sebagai bahan bakar alternatif seperti dibawah ini : [7]



Gambar 4.1 Diagram alur masa



Gambar 4.2 Diagram Alur Proses

Diagram alur proses diatas meunjukkan bahwa fasilitas pengolahan limbah cair ini akan mensuplai menuju 2 titik yang berada di *existing* area, yaitu Tangki bahan bakar sintetis *existing* (lingkaran merah no 1), dan juga tanur pembakaran *existing* (lingkaran merah no 2).

Penentuan kapasitas dan dimensi peralatan

1. Dimensi Homogenizer Mixer

Kapasitas Mixer yang akan digunakan adalah 3 ton dengan efisiensi kapasitas mixer 80% dengan *speed homogenizer* 3600 rpm. Densitas dari limbah cair yang akan diolah adalah $0,8 \text{ ton/m}^3$.

Dimensi dari *homogenizer mixernya* adalah :

Volume yang dibutuhkan :

$$V = m / \rho$$

Keterangan :

V : Volume

m : Masa

ρ : Densitas

Jadi :

$$V = 3 / 0,8$$

$$V = 3,75 \text{ m}^3$$

$$V_{(t)} = 3,75 / 80\% \text{ (eff)}$$

$$V_{(t)} = 4,69 \text{ m}^3$$

Dari volume tersebut, bisa dihitung tinggi *homogenizer mixer* dengan ketentuan diameter sebesar 1,8 m.

$$V = LA \times t \Rightarrow LA \text{ lingkaran} = \pi \cdot r^2$$

Keterangan :

LA : Luas Alas

t : Tinggi

r : Jari – jari lingkaran

Jadi :

$$t = V / LA$$

$$t = 4,69 / (3,14 \times 0,9^2)$$

$$t = 1,84 \text{ m}$$

Dengan demikian, dimensi *homogenizer mixer* yang dibutuhkan adalah 1,8 m (diameter) x 1,84 m (tinggi).

2. Tangki Penampungan

Data spesifikasi dari kapasitas tangki penampungan yang dibutuhkan adalah :

- Kapasitas = 2 x 9 ton
- Jenis tangki = *atmosferik*
- Bahan = stainless steel SUS 316
- Kapasitas *maximum* = 80%.

Sedangkan dimensi dari tangki penampungan adalah :

Volume yang dibutuhkan :

$$V = m / \rho$$

Jadi :

$$V = 9 / 0,8$$

$$V = 11,25 \text{ m}^3$$

$$V_{(t)} = 11,25 / 80\% \text{ (eff)}$$

$$V_{(t)} = 14,06 \text{ m}^3$$

Dari volume tersebut, bisa dihitung tinggi tangki penampungan dengan ketentuan diameter sebesar 2,5 m.

$$V = LA \times t \Rightarrow LA \text{ lingkaran} = \pi \cdot r^2$$

jadi :

$$t = V / LA$$

$$t = 14,06 / (3,14 \times 1,25^2)$$

$$t = 2,86 \text{ m}$$

Dengan demikian, dimensi tangki penampungan yang dibutuhkan adalah 2,5 m (diameter) x 2,86 m (tinggi).

Menentukan tebal dinding tangki *atmosferik* berdasarkan API 650 dengan metode *1-foot methode* (metode perhitungan tebal plat untuk tangki penyimpanan) :

$$t_d = (4,9D (H-0,3)G/S_d) + CA$$

Keterangan :

t_d : Design ketebalan dinding (mm)

D : Diameter dinding (m)

H : Tinggi tangki (m)

G : *Specific gravity* (g/mL)

CA : *Corrosion allowance* (mm)

S_d : *Allowable stress for design cond* (MPa)

Corrosion allowance (ditentukan oleh fabrikator/*designer* dengan pertimbangan jenis

material yang akan ditampung dan lama waktu investasi tangki tersebut dimana untuk ketahanan 50 tahun dengan Corrosion allowance untuk material asam 0.06 mm/tahunnya) untuk dinding ditentukan 3 mm dengan S_d pada material *stainless steel* adalah 137 Mpa.

Jadi :

$$t_d = (4,9 \times 2,5 (2,86 - 0,3) 0,8 / 137) + 3$$

$$t_d = 3,2 \text{ mm}$$

dengan pertimbangan penambahan *safety factor* sebesar 20%, maka

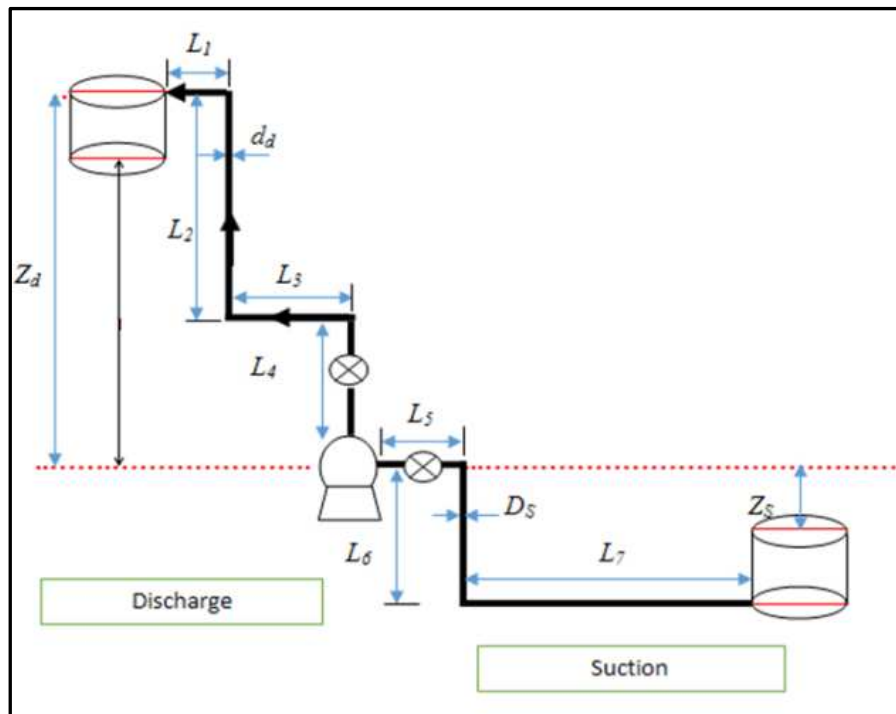
$$t_d = 3,2 + (3,2 \times 20\%)$$

$$t_d = 3.84 \text{ mm}$$

menyesuaikan tebal plat *stainless steel* yang ada, maka tebal dinding tangki dapat dibulatkan menjadi 5 mm.

3. Pompa

Skema instalasi pemipaan dan titik pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4.3: [4] [5]



Gambar 4.3 Instalasi Pemipaan

Z_s = Ketinggian isap = 1 m

Z_d = Ketinggian keluar = 30 m

P_1 = Tekanan isap

P_2 = Tekanan keluar

L = Panjang pipa

d_s = Diameter pipa isap = 1,5 in

d_d = Diameter pipa keluar = 2,5 in

L_1 = 80 m

L_2 = 25 m

L_3 = 60 m

L_4 = 5 m

L_5 = 2 m

L_6 = 1 m

L_7 = 10 m

Panjang total pipa isap, $L_{total \text{ suction pipe}}$ = 12 m

Panjang total pipa keluar, $L_{total \text{ discharge pipe}}$ = 140 m

Data Pompa dan motor yang digunakan :

Spesifikasi Pompa

Item number : ABEL
Rpm : 2950
Specific Gravity (SG) : 0,8 g/ml
Kapasitas : 10 m³/h

Spesifikasi Motor

Tegangan : 400 Volt
Frekuensi : 50 Hz
Arus listrik : 30 A
Rpm : 2920

Data Perhitungan

Data pengukuran pada pompa sebagai berikut :

Diameter pipa isap (*ds*) : 1,5 in = 0,038 m
 Diameter pipa buang (*dd*) : 2,5 in = 0,0635 m
 Tekanan isap (*P1*) : 2 bar = 2×10^5 N/m²
 Tekanan buang (*P2*) : 8 bar = 8×10^5 N/m²
 Panjang pipa isap (*LS*) : 12 m
 Panjang pipa buang (*Ld*) : 140m
 Ketinggian Pipa isap (*zs*) : 1 m
 Ketinggian pipa buang (*zd*) : 30 m
 Temperatur cairan di pompa : 32°C
 Voltase atau Tegangan Listrik (*V*) : 400 *Volt*
 Frekuensi (*F*) : 50 Hz
 Arus Listrik (*I*) : 10 *Ampere*
Cos θ : 0,85
Debit (Q) : 10 m³/h = 0,0028 m³/s

Kecepatan aliran Fluida pada pipa isap (Vs)

$$\begin{aligned}
 V_s &= Q / A \\
 &= 0,0028 / (3,14 \times 0,038^2 / 4) \\
 &= 0.154 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Kecepatan aliran Fluida pada pipa buang (Vd)

$$\begin{aligned}
 V_d &= Q / A \\
 &= 0,0028 / (3,14 \times 0,0635^2 / 4) \\
 &= 0,060 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Head losses pada pipa isap (h_{fs})

Viscositas kinematic untuk limbah cair (*oil base*) adalah $5,5 \times 10^{-6}$ m²/s

$$\begin{aligned}
 Re &= \frac{V_s d}{\nu} \\
 &= 0,154 \times 0,038 / (5,5 \times 10^{-6}) \\
 &= 1064
 \end{aligned}$$

Aliran fluida pipa isap (*suction pipe*) adalah **laminar** dengan *Reynolds number (Re)* = **1064**.

Berdasarkan diagram *moody*, nilai *f* pada angka tersebut adalah 0,06, maka :

$$\begin{aligned}
 h_{fs} &= f \frac{L V_s^2}{d 2g} \\
 &= 0,06 \times 12 \times (0,154^2)
 \end{aligned}$$

$$0,038 \times 2 \times 9,8$$

$$= 0,023 \text{ m}$$

Head losses pada pipa buang (h_{fd})

Viskositas kinematik untuk limbah cair (*oil base*) adalah $5,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

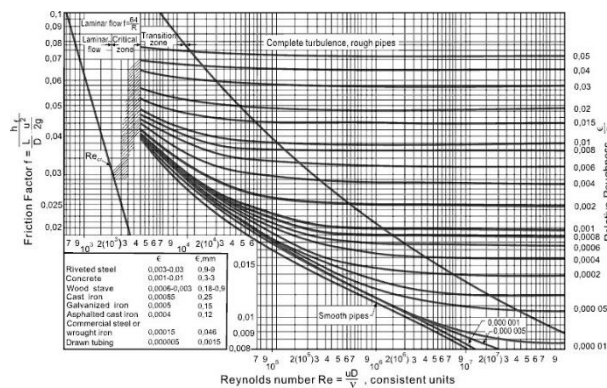
$$Re = \frac{V_s d}{\nu}$$

$$= 0,06 \times 0,0635 / (5,5 \times 10^{-6})$$

$$= 792$$

Aliran fluida pipa isap (*suction pipe*) adalah **laminar** dengan *Reynolds number* (Re) = 792

Berdasarkan diagram *moody* dibawah ini :



Gambar 4.4 Faktor gesekan untuk pipa (Diagram Moody)

Nilai f pada angka tersebut adalah 0,076, maka :

$$h_{fs} = f \frac{L V_s^2}{d 2g}$$

$$= \frac{0,076 \times 140 \times (0,06^2)}{0,0635 \times 2 \times 9,8}$$

$$= 0,031 \text{ m}$$

Head losses pada Katup (*Valve*) (h_g)

Katup yang digunakan berbentuk *globe (open full)* koefisien *losses* didapat $KL = 10$

Katup pada pipa isap (*suction pipe*) (h_{gs})

$$h_{gs} = K_L \frac{V_s^2}{2g}$$

$$= \frac{10 \times (0,154^2)}{2 \times 9,8}$$

$$= 0,012 \text{ m}$$

Katup pada pipa buang (*discharge pipe*) (h_{gd})

$$h_{gd} = K_L \frac{V_d^2}{2g}$$

$$= \frac{10 \times (0,06^2)}{2 \times 9,8}$$

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

Head Losses pada Belokan (*Elbow*) (h_c)

Elbow pada Pipa Isap (Suction Pipe) (h_{cs})

$$\begin{aligned}
 h_{cs} &= C_L \frac{V_s^2}{2g} \\
 &= \frac{1,5 \times (0,154^2)}{2 \times 9,8} \\
 &= \mathbf{0,02 \text{ m}}
 \end{aligned}$$

Terdapat 3 belokan setelah pompa dengan sudut 90° , sehingga nilai $h_{cs} = 3 \times 0,02 = \mathbf{0,06 \text{ m}}$.

Elbow pada Pipa Keluar (Discharge Pipe) (h_{cd})

$$\begin{aligned}
 h_{cd} &= C_L \frac{V_d^2}{2g} \\
 &= \frac{1,5 \times (0,06^2)}{2 \times 9,8} \\
 &= \mathbf{0,01 \text{ m}}
 \end{aligned}$$

Terdapat 3 belokan dengan sudut 90° , sehingga nilai $h_{cs} = 3 \times 0,01 = \mathbf{0,03 \text{ m}}$.

Head losses total (h_l)

$$\begin{aligned}
 \text{Hl suction} &= h_{fs} + h_{gs} + h_{cs} \\
 &= 0,023 \text{ m} + 0,012 \text{ m} + 0,06 \text{ m} = \mathbf{0,095 \text{ m}} \\
 \text{Hl discharge} &= h_{fd} + h_{gd} + h_{cd} \\
 &= 0,031 \text{ m} + 0,002 \text{ m} + 0,03 \text{ m} = \mathbf{0,063 \text{ m}} \\
 \text{Hl total} &= 0,095 \text{ m} + 0,063 \text{ m} = \mathbf{0,158 \text{ m}}
 \end{aligned}$$

Head Total Pompa ($H_{\text{total pump}}$)

$$P_1 = 2 \times 10^5 \text{ kg/m.s}^2$$

$$P_2 = 6 \times 10^5 \text{ kg/m.s}^2$$

$$V_1 = 0,154 \text{ m/s}$$

$$V_2 = 0,06 \text{ m/s}$$

$$P = \text{massa jenis} = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$h_a = z_1 + z_2 = 1 \text{ m} + 30 \text{ m} = 31 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + h_a + \sum h_{l\text{total}} \\
 &= \frac{6 \times 10^5 - 2 \times 10^5}{800 \times 9,8} + \frac{0,06^2 - 0,154^2}{2 \times 9,8} + 31 + 0,158 \\
 &= 51,02 + 0,001 + 31 + 0,158 \\
 &= \mathbf{82,169 \text{ m}}
 \end{aligned}$$

Daya**Daya Pompa (P_W)**

$$\begin{aligned}
 P_W &= \rho \times g \times Q \times H \\
 &= 800 \times 9,8 \times 0,0028 \times 82,169 \\
 &= 1803,77 \text{ J/s}
 \end{aligned}$$

$$P_W = \mathbf{1.804 \text{ kW}}$$

Daya Motor (P_M)

$$\begin{aligned}
 P_M &= V I \theta \\
 &= 400 \text{ Volt} \times 7 \text{ Ampere} \times 0,85 \\
 &= 2380 \text{ W}
 \end{aligned}$$

$$P_M = 2,38 \text{ kW}$$

Efisiensi Pompa (η_{pompa})

$$\begin{aligned}\eta_{pompa} &= \frac{P_W}{P_M} \times 100\% \\ &= \frac{1,804}{2,38} \times 100\% \\ &= 75,8 \%\end{aligned}$$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan :

- Incoming* material dari limbah cair yang ada saat ini, masih dimungkinkan secara proses dan *engineering* untuk dipergunakan sebagai bahan bakar alternatif dengan tetap memperhatikan penanganan resiko dari karakteristik materialnya.
- Lokasi yang paling ideal untuk dipilih sebagai area pengolahan limbah cair menjadi bahan bakar alternatif ini adalah lokasi 1, dengan mempertimbangkan aspek *Cost*, *Safety*, dan juga lingkungan.
- Dimensi *homogenizer mixer* dengan diameter 1,8 m, tinggi 1,84 m, dan tebal 5 mm serta tangki penampungan dengan diameter 2,5 m, tinggi 2,86 m, dan tebal 5 mm sesuai dengan *target rate* dan juga kapasitas yang diinginkan.
- Dari hasil perhitungan dan pembahasan yang dilakukan diperoleh nilai *head losses* total (hl) pada instalasi pipa sebesar 0,158 m, sedangkan nilai *head* total pompa (H) adalah sebesar 82,169 m dengan nilai efisiensi pompa sebesar 75,8 %.
Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa pompa ABEL Cocok untuk digunakan pada fasilitas pengolahan limbah cair menjadi bahan bakar alternatif.
- Analisa pengendalian bahaya perlu dilakukan untuk memastikan proses pengolahan limbah cair menjadi bahan bakar alternatif sesuai dengan batasan peraturan *safety* yang ada.
- Pemenuhan akan standar operasional prosedur (SOP) dan juga *Safe working* prosedur (SWP) harus dilakukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya kami ucapkan kepada :

- Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya
- PT. "X" sebagai tempat pengambilan data penelitian
- Semua pihak yang mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Siaran Pers Kementerian ESDM, 17 Januari 2024
- [2] Dinas Lingkungan Hidup : Pengertian limbah B3 (Bahan Berbahaya Beracun)
- [3] Farel, H N., : Nilai kalor Bahan Bakar Serabut dan Cangkang sebagai Bahan Ketel Uap di Pabrik Kelapa Sawit.
- [4] Sularso dan H. Tahara, POMPA & KOMPRESOR, Jakarta: Pradnya Paramita, 1991.
- [5] Sularso & Tahara (1985) . Pompa dan Kompresor : Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan: Pradnya Paramita

- [6] Achmad S. Ruky, : Manajemen Penggajian & Pengupahan Untuk Karyawan Perusahaan.
- [7] S. M. Noerbambang dan T. Morimura, PERANCANGAN DAN PEMELIHARAAN SISTEM PLAMBING, Jakarta: Pradnya Paramita, 2005.
- [8] M. Syamsul Ma'arif dan Hendri Tanjung : Manajemen Operasi.