

ANALISA KEBUTUHAN DAN SPESIFIKASI TEKNIS POMPA UMPAN HYDROLIZER PADA PUSRI EFFLUENT TREATMENT PLANT

Richard Marbun^{1)*}

¹⁾Departemen Rancang Bangun & Perencanaan, PT Pupuk Sriwidjaja Palembang,
Jl. May Zen, Sei Selayur, Palembang

*email korespondensi: richard_m@pusri.co.id

INFORMASI ARTIKEL

Received:
15/03/23

Accepted:
22/06/23

Online-Published:
27/06/23

ABSTRAK

PT Pupuk Sriwidjaja Palembang mempunyai fasilitas pengelolaan air limbah pabrik bernama Pusri Effluent Treatment (PET) Plant. Air limbah dari pabrik-pabrik Urea dan Ammonia Pusri ini dipompakan sebagai input ke fasilitas tersebut dengan menggunakan pompa umpan Hydrolizer GA-701. Tujuan Analisa ini adalah untuk mendapatkan kebutuhan teknis serta spesifikasi teknis pompa yang relevan dan optimal untuk mengakomodasi kebutuhan teknis dari pabrik. Dengan menggunakan metode penelitian literatur, penelitian lapangan dan diskusi teknis maka dapat ditentukan spesifikasi optimal dari pompa GA-701. Rated design point dari pompa tersebut adalah 55 m³/jam pada Head 260.8 m dengan efisiensi > 52.9% dan NPSHr < 9.6 m. Untuk kehandalan, tipe konstruksi pompa adalah jenis between bearing multistage dengan jenis material SS316 untuk komponen wetted part serta didukung dengan penggunaan mechanical seal dengan API Flush Plan 32.

Kata Kunci : Pompa Limbah, Pompa Sentrifugal, Spesifikasi Teknis, Pompa Industri, Pompa Bertingkat.

ABSTRACT

PT Pupuk Sriwidjaja Palembang has a plant effluent treatment facility called Pusri Effluent Treatment (PET) Plant. The effluent streams come from Urea and Ammonia plants and are fed to PET using Effluent Hydrolizer Feed Pump GA-701. The objective of this analysis is to obtain the relevant and optimum pump's technical requirements and specifications for accommodating the plant operating requirement. Using literature research, field research, and technical discussions, the optimal specifications of the GA-701 pump can be determined. The rated design point of the pump is 55 m³/hour at a head of 260.8 m, with an efficiency greater than 52.9% and an NPSHr less than 9.6 m. For reliability, the pump construction type is a between-bearing multistage type with SS316 material for the wetted parts and supported by the use of a mechanical seal with API Flush Plan 32.

Keywords : Effluent Pump, Centrifugal Pump, Technical Specification, Industrial Pump, Multistage Pump

©2023 The Authors. Published by
Machinery: Jurnal Teknologi Terapan
(Indexed in SINTA)

doi:
doi.org/10.5281/zenodo.8085547

1 PENDAHULUAN

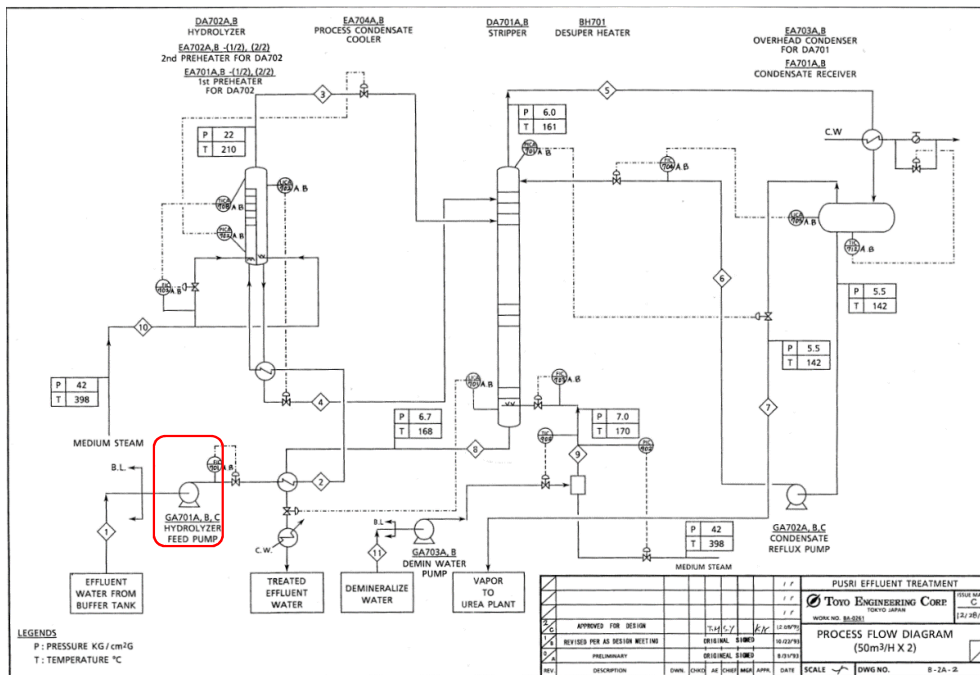
Sebagai bentuk tanggung jawab secara aktif untuk melestarikan lingkungan sesuai dengan *Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009* tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dimana mewajibkan setiap pelaku industri untuk mematuhi standar lingkungan hidup dalam kegiatannya, termasuk dalam pengelolaan air limbah, PT Pupuk Sriwidjaja Palembang mempunyai fasilitas pengolahan air limbah industri bernama PET agar memenuhi baku mutu air limbah sesuai dengan regulasi pemerintah *Permen KLH No.5, Tahun 2014* tentang baku mutu air limbah. Air limbah dari pabrik urea dan ammonia dikirim ke sebuah *Buffer Tank* dan kemudian diumpankan ke fasilitas PET menuju *Hydrolizer* (Toyo Engineering Corporation, 1993).

Sejak dibangun pertama kali pada 1994, PET Pusri-IV telah beroperasi selama 29 tahun telah mengalami perubahan parameter operasi dan beberapa kendala. Salah satu kendala yang paling signifikan adalah adanya kerusakan pada salah satu pompa *Effluent Feed Pump* GA-701 (Departemen Reliability Pusri, 2022), sehingga pada PET P-IV beroperasi tanpa ada pompa *standby* unit dan berisiko tinggi terhadap

pencemaran lingkungan apabila pompa satu-satunya tersebut mengalami kegagalan. Sehingga perlu dilakukan indentifikasi kebutuhan teknis yang sesuai dengan kondisi aktual serta spesifikasi teknis pompa yang sesuai dan optimal untuk menjaga kehandalan fasilitas PET P-IV tersebut.

Sebelumnya, pada waktu *project* PET P-IV, perencanaan pompa *effluent* hanya mempertimbangkan kesesuaian material dan kondisi operasi yang diinginkan saja. Untuk meningkatkan kehandalan, didalam penelitian ini selain hal-hal tersebut ada beberapa hal lain yang perlu dipertimbangkan untuk menentukan spesifikasi pompa yang sesuai, optimal dan handal yang menjadi tujuan penelitian ini.

Ruang lingkup yang akan di analisa adalah kondisi operasi aktual, kebutuhan teknis dan spesifikasi pompa.



Gambar 1. Process Flow Diagram PET Plant

1.1 Kondisi Operasi dan Kebutuhan Teknis

Kondisi operasi adalah parameter operasi aktual yang meliputi:

- Data aktual komposisi dari air limbah yang diumpankan ke fasilitas PET berupa PH, kandungan Urea dan *Ammonia*. Data ini diperlukan untuk menentukan material dari *casing* dan *impeller* pompa yang sesuai dan paling optimal. Selain itu juga data ini diperlukan untuk menentukan tipe *shaft seal* yang cocok untuk pemompaan fluida tersebut.
- Data *temperature* dari fluida *effluent* untuk mengetahui *Net Positive Suction Head available* (NPSHa) dan jenis *shaft seal* yang dipakai. NPSHa merupakan nilai total dari tekanan yang tersedia pada sistem hisap pompa di atas tekanan penguapan fluida pada kapasitas dan *temperature* tertentu (American Petroleum Institute, 2010).
- Data kapasitas pengumpanan sebagai basis penentuan ukuran dari pompa
- Data kondisi perpipaan *suction* dan *discharge* pompa untuk mengetahui *head loss* pada perpipaan *suction* dan *discharge* dan mengetahui NPSHa.
- Data tekanan *downstream* pompa untuk mengetahui total *developed head* yang diinginkan sehingga pompa mampu menyalurkan fluida sesuai dengan kapasitas desainnya.
- Historikal kerusakan pompa.

1.2 Spesifikasi Teknis Pompa

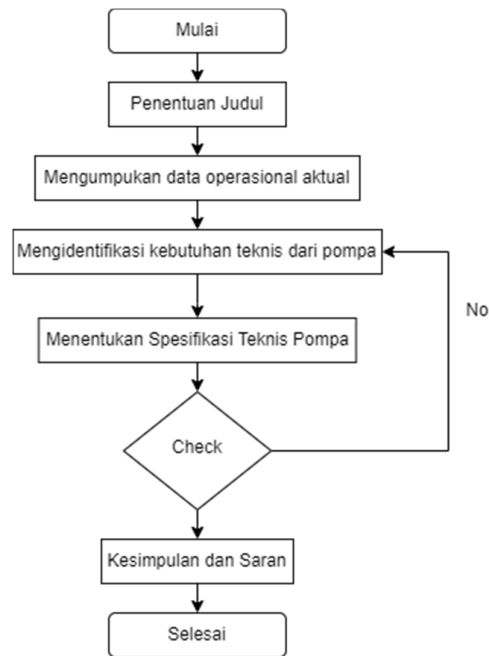
Spesifikasi pompa yang ditetapkan sebagai basis untuk pemilihan pompa meliputi:

- Jenis pompa
- Design *point* (*head* dan kapasitas desain),
- Karakteristik kurva kinerja,

- d. Net *Positive Suction Head* (NP_{HS} required),
- e. *Suction Specific Speed* (N_{SS}),
- f. Material,
- g. Spesifikasi *Seal*,
- h. Efisiensi.

2. BAHAN DAN METODA

Sistematika yang diterapkan pada penelitian ini adalah seperti digambarkan pada diagram alir berikut:



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.1 Metode Pengumpulan Data.

Pengumpulan data untuk penelitian ini menggunakan metode:

- a. Penelitian Literatur (*Literature Research*) dengan menggunakan referensi *literature* seperti buku yang membahas tentang pompa, Jurnal-jurnal Teknis, Dokumen Engineering PET Project dan Code/Standard terkait Pompa.
- b. Penelitian Lapangan (*Field Reseach*) berupa pengambilan data operasional di lapangan dan hasil pemeriksaan Laboratorium.
- c. Diskusi Teknis dengan pihak terkait seperti Departemen Operasi P-VI, Departemen Pemeliharaan Mekanik dan Departemen K3LH PT Pusri Palembang.

2.2 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan pada Pabrik Utilitas P-IV PT Pusri Palembang di bulan Februari – Maret 2023

2.3 Analisa Data

Analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan perhitungan teoritis dan *standard*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

3.1.1 Data Operasional Aktual

Berikut adalah data operasional aktual yang diperoleh dengan metode pengumpulan data seperti diterangkan sebagai berikut:

a. Data Aktual Komposisi Air Limbah

Menurut analisa laboratorium Departemen Laboratorium PT Pusri Palembang dari *sample* air limbah di *Buffer Tank* pada tanggal 6 Maret 2023, data konsentrasi **Ammonia 1.7%wt; Urea 0.05%wt; PH 10.5.**

b. Temperature

Dari hasil pengukuran di lapangan, *temperature* dari fluida *effluent* di *Buffer Tank* adalah **50°C.**

c. Kapasitas Pengumpanan

Kapasitas aliran *effluent* sebagai basis penentuan ukuran dari pompa ditetapkan **50 M³/Jam** berdasarkan Notulen Rapat pada tanggal 13 Februari 2023 antara Dept. K3LH, Dept. Operasi P-IV, Dept. Rendal Produksi, Dept. RBP dan Dept. Pemeliharaan Mekanik.

d. Kondisi Perpipaian Suction dan Discharge Pompa

Seperti diterangkan pada **Gambar 3**, Pompa GA701 ini disuplai dari *buffer tank* T-701 melalui *header pipe* berukuran 10" dan *distribution pipe* 8" dan memompakan *effluent* ke *Hydrolizer* melalui pipa *discharge* berukuran 6". Berikut data *piping* dan *fitting* dari *suction* dan *dischage piping* dari pompa tersebut.

Tabel 1. Kondisi Perpipaian

Piping & Fitting	Suction Piping	Discharge Piping
Material	<i>Stainless Steel 304</i>	<i>Stainless Steel 304</i>
Pipa 10"	2.2 Meter	-
Pipa 8"	1.8 Meter	-
Pipa 6"	-	~ 58 Meter
<i>Elbow 10"</i>	1 ea	-
<i>Elbow 45° 10"</i>	2 ea	-
<i>Elbow 6"</i>	-	24 ea
<i>Reducer 8x6</i>	1 ea	-
<i>Reducer 10x8</i>	1 ea	-
<i>Reducer 6x4</i>	-	1 ea
<i>Block Valve 8"</i>	1 ea	-
<i>Block Valve 6"</i>	-	3 ea
<i>Check Valve 6"</i>	-	1 ea
<i>Elbow 45° 6"</i>	-	1 ea
<i>Tee 10"</i>	1 ea	-
<i>Tee 6"</i>	-	1 ea
<i>Conical Strainer 8"</i>	1 ea	-

Dari data tersebut dapat diketahui rugi-rugi tekanan yang timbul saat fluida mengalir melalui sistem perpipaan baik *suction* maupun *discharge* pompa didapat melalui formula "*Darcy-Weisbach*" (Branan, 1994).

$$h_l = f \frac{L v^2}{D 2g} \tag{1}$$

dimana:

f = Friction factor

L = Panjang pipa (L)

D = Diameter dalam pipa (m)

v = Kecepatan alir normal (m/s)

g = Akselerasi gravitasi, 9,8 (m²/s)

Salah satu metode yang umum dan sederhana yang bisa dipakai untuk menghitung *h_l* pada *fitting* dan *valve* adalah dengan menggunakan metode *Equivalent Length*, di mana menggambarkan nilai empiris dari

tahanan hidrolis sebuah aliran fluida melalui *fitting* dan *valve* yang setara tahanan hidrolis pada pipa lurus dengan diameter yang sama dengan panjang ekuivalen(Crane, 1988). Nilai *Equivalent Length* untuk *fittings* dan *valves* yang terpasang pada pipa *suction* dan *discharge* pompa bisa didapat dari **Tabel 2**. Dengan menggunakan **Tabel 2**, nilai total *Equivalent Length* yang mewakili hambatan aliran yang melalui seluruh *fitting* dan *valve* untuk *Suction Discharge Piping line* dapat diketahui seperti tertera pada **Tabel 3**.

Selain pipa serta sejumlah *valve* dan *fitting*, pada *piping suction* pompa juga terdapat sebuah *Conical Strainer 40 Mesh* yang berukuran 8” yang mempunyai tahanan tekanan sebesar 0.12 psi atau **0.082 m.H₂O** pada *flow* 50 m³/jam (Keckley, 2021). Selanjutnya, seperti terlihat pada **Gambar 1**, aliran *discharge* pompa GA701 menuju ke *Hydrolizer DA-702* terlebih dahulu melalui 2 tingkat *pre-heater* EA-701 dan EA-702. Kedua peralatan tersebut memiliki spesifikasi identik dengan aliran *effluent* mengalir pada *tube side* dengan *pressure drop* sebesar **0.272 m.H₂O** pada *flow* 66 m³/jam dalam kondisi bersih. Diasumsikan nilai *pressure drop* tersebut masih relevan dipakai karena material tube dari *heat exchanger* adalah *stainless steel 304* dan belum ada tube yang di *plug*.

Untuk nilai *friction factor (f)* ditentukan dengan terlebih dahulu mengetahui *Reynolds Number (Re)* dari aliran di dalam pipa yang masing-masing bernilai; 1.44×10^5 pada pipa 6”; 1.08×10^5 pada pipa 8”; dan 8.63×10^4 pada pipa 10”. Dengan nilai-nilai tersebut > 4000 bisa disimpulkan bahwa semua aliran dalam perpipaan pompa tersebut beraliran *fully turbulent* (Branan, 1994). Untuk aliran *fully turbulent*, nilai *f* bisa didapat dari *Moody Chart* seperti terlihat pada **Gambar 3**. Dengan nilai *Absolute Roughness* $\epsilon = 0.046 \text{ mm}$ untuk pipa baja *standard* (Bidmus, Chau and Dechant, 2019), nilai *relative roughness* $r = \frac{\epsilon}{D}$ untuk masing-masing ukuran pipa adalah: 3.07×10^{-4} untuk pipa 6”; 2.3×10^{-4} untuk pipa 8”; dan 1.84×10^{-4} untuk pipa 10”. Kemudian didapat nilai *f* dengan memplotkan nilai *Re* dan *r* pada *Moody Chart* seperti terlihat di **Gambar 3**. Nilai *f* untuk masing-masing ukuran pipa diterangkan pada **Tabel 4**.

Table 2. *Equivalent Length* untuk Berbagai Ukuran *Fitting* dan *Valve*

Fittings													
Equivalent length in m													
Nominal pipe size in	45 deg elbow		Short radius elbow		Long radius elbow		Hard tee		Soft tee		90 deg miter bend		
	Welded	Threaded	Welded	Threaded	Welded	Threaded	Welded	Threaded	Welded	Threaded	2 miter	3 miter	4 miter
1.5	0.3	0.6	0.9	1.5	0.6	0.9	2.4	2.7	0.6	0.9			
2	0.6	0.9	1.2	1.5	0.9	1.2	3.0	3.4	0.9	1.2			
2.5	0.6	0.6	1.5	1.5	0.9	0.9	3.7	3.7	0.9	0.9			
3	0.6	0.6	1.8	1.8	1.2	1.2	4.3	4.3	1.2	1.2			
4	0.9	0.9	2.1	2.1	1.5	1.5	5.8	5.8	1.5	1.5			
6	1.2	1.2	3.4	3.4	2.4	2.4	8.5	8.5	2.4	2.4			
8	1.8	1.8	4.6	4.6	2.7	2.7	11.3	11.3	2.7	2.7			
10	2.1	2.1	5.5	5.5	3.7	3.7	14.3	14.3	3.7	3.7			

Nominal pipe size in	Enlargement					Contraction				
	Sudden		Standard reduction			Sudden		Standard reduction		
	Equivalent length in m in terms of small d									
	d/D = ¼	d/D = ½	d/D = ¾	d/D = ¾	d/D = ¾	d/D = ¾	d/D = ¾	d/D = ¾	d/D = ¾	d/D = ¾
1.5	1.5	0.9	0.3	1.2	0.3	0.9	0.6	0.3	0.3	
2	2.1	1.2	0.3	1.5	0.3	0.9	0.9	0.3	0.3	
2.5	2.4	1.5	0.6	1.8	0.6	1.2	0.9	0.6	0.6	
3	3.0	1.8	0.6	2.4	0.6	1.5	1.2	0.6	0.6	
4	3.7	2.4	0.9	3.0	0.9	1.8	1.5	0.9	0.9	
6	5.5	3.7	1.2	4.3	1.2	2.7	2.1	1.2	1.2	0.3
8	7.6	4.9	1.5	5.8	1.5	3.7	2.7	1.5	1.5	0.6
10	9.4	6.1	2.1	7.3	2.1	4.6	3.7	1.8	1.8	0.6

Valves						
Equivalent length in m						
Nominal pipe size in	Globe valve	Ball check valve	Angle valve	Swing check valve	Plug cock	Gate or ball valve
1.5	16.8	16.8	7.9	4.0	2.1	0.3
2	21.3	21.3	10.1	5.2	4.3	0.6
2.5	24.4	24.4	12.2	6.1	3.4	0.6
3	30.5	30.5	15.2	7.6	5.2	0.6
4	39.6	39.6	19.8	9.8	9.1	0.9
6	61.0	61.0	30.5	14.6	21.3	1.2
8	79.2	79.2	38.1	19.5	36.6	1.8
10	100.6	100.6	48.8	24.4	51.8	2.1

Tabel 3. Nilai *Equivalent Length*

Fittings & Valves	Suction Pipe Line			Discharge Pipe Line	
	Jumlah	Equivalent Length Pipa 8" (M)	Equivalent Length Pipa 10" (M)	Jumlah	Equivalent Length Pipa 6" (M)
Pipa 10"	2.2 Meter		2.2	-	
Pipa 8"	1.8 Meter	1.8		-	
Pipa 6"	-			~ 58 Meter	58
Elbow 10"	1 ea		5.5	-	
Elbow 45° 10"	1 ea		2.1	-	
Elbow 6"	-			24 ea	81.6
Reducer 10x8	1 ea	1.5			
Reducer 8x6	1 ea	1.2		-	
Expander 4x6	-			1 ea	0.9
Block Valve 8"	1 ea	79.2		-	
Block Valve 6"	-			3 ea	183
Check Valve 6"	-			1 ea	14.6
Elbow 45° 6"	-			2 ea	2.4
Tee 10"	1 ea		14.3	-	
Tee 6"	-			1 ea	8.5
Total Equivalent Length		83.7	24.1		349

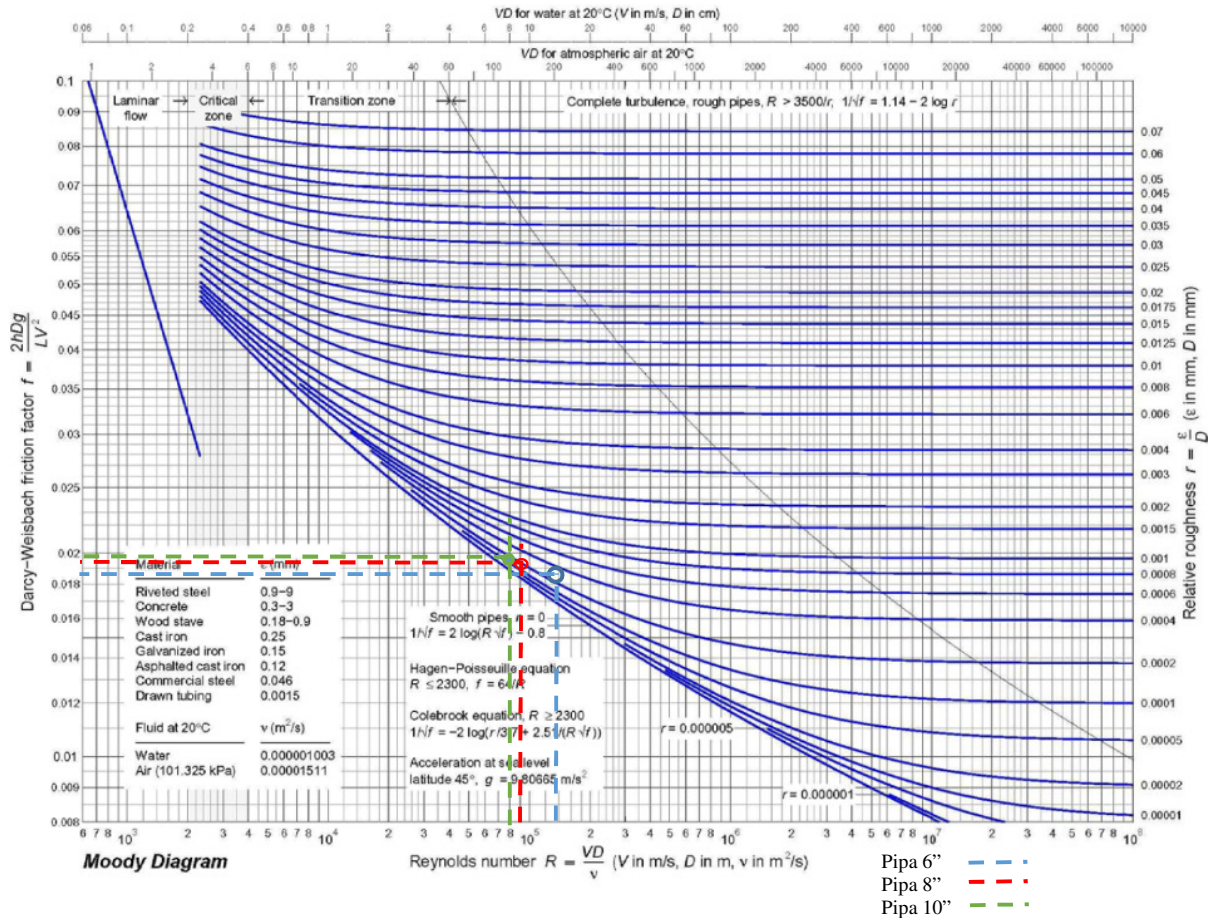
Tabel 4. Nilai friction factor

	Pipa 6"	Pipa 8"	Pipa 10"
Re	1.44×10^5	1.08×10^5	8.63×10^4
r	3.07×10^{-4}	2.3×10^{-4}	1.84×10^{-4}
f	0.019	0.0195	0.02

Dengan menggunakan formula **Persamaan 1**, maka nilai *Head Loss* (h_l) untuk masing-masing ukuran perpipaan seperti diterangkan pada **Tabel 5**. Selain *Head Loss* di perpipaan, *pressure drop* pada *strainer* dan *heat exchanger* EA-701 dan EA-702 juga berkontribusi menambah *Head Loss* pada sistem perpipaan, sehingga total *Head Loss* yang timbul akibat aliran pada masing-masing perpipaan merupakan total dari *Head Loss* (h_l) pada perpipaan dan *pressure drop* pada *strainer* dan *heat exchanger*.

Tabel 5. Nilai Head Loss

Pressure Drop	Suction Piping		Discharge Piping
	Perpipaan 8"	Perpipaan 10"	Perpipaan 6"
<i>Piping Head Loss, h_l</i> (m)	0,081	0,007	1,465
<i>Pressure Drop Conical Strainer 8"</i> (m)	0,082		
<i>Pressure Drop EA 701 dan EA 702</i> (m)			0,326
Total Head Loss (m)	0,163	0,007	1,791



Friction factors for any type and size of pipe. (From Pipe Friction Manual, 3rd ed., Hydraulic Institute, New York, 1961)

Gambar 3. Moody Chart (Memperlihatkan hubungan antara Reynolds Number (Re), Friction Factor (f) dan Surface Roughness (r)).

e. Tekanan Down Stream Pompa

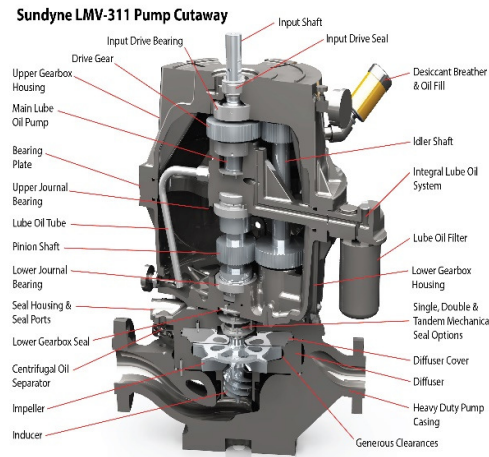
Tekanan operasional *downstream* pompa yaitu unit *Hydrolizer DA-702* adalah **26 kg/cm²G** sesuai dengan spesifikasi desain dari unit tersebut.

f. Historikal Kerusakan Pompa

Pada saat dibangun, unit pompa GA-701 pada awalnya mempunyai spesifikasi berikut:

1. Manufacturer: Sundyne-Nikisso
2. Type: Internal Geared High Speed Vertical Overhung Pump, OH-6 API 610.
3. Rated Capacity: 66 m3/jam
4. Rated Total Developed Head: 283 m
5. Efisiensi @Rated Cap.: 52.9%

Kerusakan yang dominan yang dialami oleh pompa ini adalah kerusakan pada *internal gear set* dan *bearing* pompa. Hal ini disebabkan adanya efektifitas lubrikasi yang buruk pada saat awal unit pompa *standby distart* dikarenakan pompa lubrikasi terintegrasi dan digerakkan oleh *internal gear set* dari pompa GA-701 selain itu *heat dissipation* yang berasal dari lubrikasi juga kurang efektif, sehingga tipe konstruksi pompa OH-6 tersebut dinilai kurang handal. Dari sisi *maintainability*, pompa ini sangat sulit untuk direparasi dikarenakan banyak komponen yang terdapat di pompa tersebut, terutama pada bagian *internal gearbox*. Apabila terjadi kerusakan pada komponen *gearbox*, penggantian komponen *gearbox* akan membutuhkan biaya yang relatif besar dan *downtime* yang lama karena komponen *gearbox* tersebut merupakan komponen dominan dari pompa tersebut.



Gambar 4. Cross Section Pompa OH-6 Sundyne

3.1.2 Kebutuhan Teknis Pompa

- Data aktual komposisi dari air limbah yang sudah didapat menunjukkan bahwa fluida yang dipompakan tersebut bersifat basa dan korosif sehingga dibutuhkan penggunaan material yang tahan terhadap kondisi *caustic* dan korosif. Lebih jauh lagi adanya kandungan urea, membutuhkan pemilihan *mechanical seal* dengan flushing plan yang sesuai.
- Dari data *temperature* dari fluida dan kondisi perpipaan pada *suction* pompa dapat ditentukan NPSHa pada *suction line* pompa (Karassik *et al.*, 2000).

$$NPSHa (m) = Absolute Press (m) - Vapor Press (m) - Line Loss (m) + Perbedaan Elevasi (m) \quad (2)$$

dimana:

- Absolute Press* = Tekanan absolut dari *Buffer Tank*, yang adalah tangki *atmosferik*, adalah 1 atm atau static head **10.3 m**.
- Vapor Press* = Tekanan penguapan dari fluida pada temperatur 50C, yaitu 0.123 kg/cm².A atau **1,23 m** (Perry, 1997)
- Line Loss* = *Total Head Loss* di sistem perpipaan hisap (**Tabel 5**) = 0.163 + 0.007 m = **0.17 m**.
- Perbedaan Elevasi = Perbedaan elevasi antara level permukaan nominal fluida di *Buffer Tank* dan Level *centreline* pompa = ~ **1.7 m** (hasil pengukuran di lapangan).
- Sehingga *NPSHa* = **10.6 m**

- Tekanan *downstream* pompa yang dibutuhkan untuk dihasilkan oleh pompa adalah lebih dari jumlah nilai tekanan operasional *Hydrolizer DA 702* dan *head loss* pada sistem perpipaan di *discharge* pompa, yaitu > 26 kg/cm² + 0.179 kg/cm² atau > **26.179 kg/cm²**. Dengan demikian *Total Developed Head* (TDH) yang dibutuhkan terkait pompa ini adalah > 261.79 – 1.7 m atau > **260.8 m**
- Tipe konstruksi pompa yang dibutuhkan adalah tipe pompa lebih *reliable* serta mempunyai efisiensi dan *maintainability* yang lebih baik dengan kata lain pompa dengan konstruksi yang lebih sederhana dan komponen yang lebih sedikit (Al-Shaye, Al-Shuhail and others, 2013). Tipe pompa tanpa adanya *gearbox intergral*, selain *maintenability* lebih baik, secara efisiensi mekanik lebih baik karena tidak ada rugi daya akibat transmisi lewat *gearbox* serta umur *bearing* yang lebih panjang karena beroperasi pada kecepatan putar yang relatif lebih rendah.

3.2 Spesifikasi Teknis Pompa.

Berdasar pada identifikasi kebutuhan teknis di atas, spesifikasi teknis yang sesuai dapat disusun untuk mengakomodasi kebutuhan tersebut.

3.2.1 Material Pompa

Mengacu pada *standard* API 610, untuk *service* air limbah yang korosif dengan temperatur di bawah 95 C disarankan untuk menggunakan klasifikasi material S-8 yaitu *wetted part* (*inner case part* dan *impeller*) menggunakan *austenitic stainless steel* 316 (American Petroleum Institute, 2010).

Dengan demikian jenis material pada spesifikasi pompa GA-701 ini adalah **SS 316** untuk *wetted part* pompa.

3.2.2 NPSHr (*Net Pressure Suction Head Required*)

Kavitasi adalah fenomena penguapan fluida yang dipompakan dikarenakan adanya penurunan tekanan dinamik sampai pada tekanan penguapan di dalam pompa yang menimbulkan kerusakan komponen pompa, vibrasi dan penurunan kinerja pompa. Untuk memitigasi risiko terjadinya fenomena ini, nilai NPSHr pompa harus berada dibawah NPSHa dan dianjurkan mempunyai margin yang aman karena NPSHr akan berubah apabila kapasitas dari pompa berubah sehingga pengorasan pompa dapat fleksibel tanpa terjadi kavitasi. Margin antara NPSHa dan NPSHr yang umum digunakan adalah minimal 1 meter atau 3 ft (Forsthofer, 2005). Dengan demikian sesuai dengan kebutuhan teknis dari pompa NPSHa = 10.6 M, maka batasan NPSHr yang menjadi bagian dari spesifikasi teknis pompa GA-701 adalah < **9.6 m**.

3.2.3 Suction Specific Speed (N_{SSS})

Suction Specific Speed (N_{SSS}) adalah *index* yang menunjukkan hubungan antara kecepatan putar (N), kapasitas (Q) dan *NPSHr*. Index ini digunakan untuk melihat tingkat potensi ketidak-stabilan hidrodinamik (separasi aliran) yang menyebabkan *pressure drop* pada *inlet* pompa dan pada tingkat tertentu menyebabkan kavitasi (Forsthofer, 2005). Semakin tinggi nilai N_{SSS} maka semakin tinggi potensi ketidak-stabilan hidrodinamik aliran *inlet* pompa. Nilai N_{SSS} yang dianggap aman secara umum untuk pompa sentrifugal adalah maksimum 11 000 (Hirschberger, James and others, 2009), sehingga nilai $N_{SSS} < 11\ 000$ dijadikan salah satu parameter spesifikasi teknis pompa.

$$N_{SSS} = \frac{N\sqrt{Q}}{(NPSHr)^{3/4}} \quad (3)$$

3.2.4 *Rated Design Point*

Sesuai dengan kebutuhan teknis pompa, kapasitas normal dan *head* yang dibutuhkan dari pompa ini adalah 50 m³/jam dan 260.8 m. Untuk *Rated Design Point*, kapasitas normal pompa diberikan margin untuk mengakomodir penurunan performa dari perubahan parameter operasi dan potensi penyebab lainnya. Margin ini biasanya diberikan sebesar 10% dari kapasitas normal menjadi kapasitas *Rated* (Raza, 2013). Sehingga *Rated Design Point* dari pompa adalah **55 m³/jam @ TDH 260.8 m**

3.2.5 Jenis Konstruksi Pompa

Kebutuhan teknis dari pompa ini adalah konstruksi pompa yang lebih sederhana dan komponen yang lebih sedikit tanpa integral *gearbox*, kemudian mempertimbangkan area operasi yang sesuai dengan RDP pompa, konstruksi yang paling sesuai menurut *standard* API 610-2010 adalah *Radially Split Between Bearing Multistage Pump* (BB-4) dan *Horizontally Split Between Bearing Multistage pump* (BB-3)

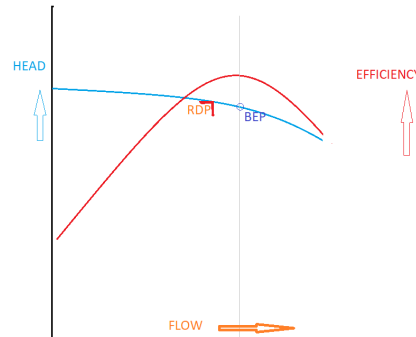


Gambar 6. (a) BB-4 Pump (*Between Bearing Radially Split Multistage*), (b) BB-3 Pump (*Between Bearing Horizontally Split Multistage*)

3.2.6 Karakteristik Kurva Kinerja

Kriteria karakteristik kurva kinerja pompa yang menjadi spesifikasi pompa ini adalah sebagai berikut:

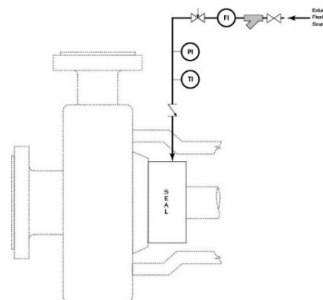
1. Kurva yang selalu meningkat dari *rated design point* ke *shut-off point* dengan peningkatan *head* dari *rated design point* ke *shut-off point* > 10%.
2. *Rated Design Point* harus berada di *range* 80% - 110% dari kapasitas efisiensi tertinggi *Best Efficiency Point* (BEP) (American Petroleum Institute, 2010)



Gambar 7. Kurva Kinerja Tipikal Pompa Sentrifugal (Memperlihatkan korelasi kapasitas aliran dengan *Head* dan kurva efisiensi hidrolik)

3.2.7 Jenis Seal Pompa

Adanya kandungan *ammonia* dan *urea* pada fluida *effluent* memerlukan pemilihan *seal* pompa yang sesuai. Untuk memitigasi adanya penumpukan deposit dari kandungan *urea* yang ada, pompa memerlukan *mechanical seal* dengan **API Flush Plan 32** yang mempunyai suplai fluida *flushing* eksternal sehingga deposit kontaminan tidak terbentuk di *seal chamber* (American Petroleum Institute, 2014)



Gambar 8. Skema Tipikal **API Flush Plan 32** (*Shaft sealing* dengan *flushing fluid* bersumber dari sumber yang bersih di luar)

3.2.8 Efisiensi Pompa

Spesifikasi yang tidak kalah penting adalah efisiensi pompa yang menunjukkan seberapa baik sebuah pompa untuk mengonversi daya mekanis yang ditransmisi dari penggerak menjadi daya hidrolik (Karassik *et al.*, 2000). Efisiensi pompa yang didesain harus lebih baik dari pada efisiensi pompa lama, sehingga spesifikasi pompa baru GA-701 harus mempunyai efisiensi > 52.9%

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa, spesifikasi teknis pompa yang optimal dan handal untuk servis pompa umpan *Hydrolizer* pada fasilitas *Pusri Effluent Treatment* adalah pompa dengan material baja tahan karat tipe SS316 untuk komponen *wetted part* dengan tipe *multistage between bearing radially* maupun *horizontally split*. Lebih jauh lagi pompa dibutuhkan untuk didesain pada *Rated Design Point* pada kapasitas 55 m³/jam pada TDH 260.8 m yang harus terletak diantara 80% - 100% dari kapasitas *BEP* dengan efisiensi > 52.9% serta mempunyai *NPSHr* < 9.6 m dan *N_{sss}* < 11,000 pada *Rated Design Point*. Selain itu juga kurva kinerja pompa juga harus memenuhi kriteria kurva *Head* yang selalu meningkat dari *Rated Design Point* ke *shut-off point* dengan peningkatan *head* dari *rated design point* ke *shut-off point* > 10%. Kemudian pompa ini juga harus didukung dengan penggunaan *mechanical seal* dengan **API Flush Plan 32** untuk mengakomodasi

pemompaan dengan kontaminan urea. Dengan spesifikasi yang optimal tersebut pompa yang dirancang akan beroperasi lebih handal dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Shaye, A., Al-Shuhail, Y. and others (2013) 'Exploring Alternative Designs to Integrally Geared High Speed Pumps-Case Study', in *Middle East Turbomachinery Symposia. 2013 Proceedings*.
- American Petroleum Institute (2010) *API 610: Centrifugal pumps for petroleum, petrochemical and natural gas industries*. 11th edn. Washington, D.C.: American Petroleum Institute.
- American Petroleum Institute (2014) *API 682: Shaft sealing systems for centrifugal and rotary pumps*. 5th edn. Washington, D.C.: American Petroleum Institute.
- Bidmus, H., Chau, J. and Dechant, K. (2019) 'Absolute roughness of pipes from different manufacturing and treatment methods and impact on pipeline design', in *PSIG Annual Meeting*.
- Branan, C. (1994) *Rules of Thumb for Chemical Engineers: A Manual of Quick, Accurate Solutions to Everyday Process Engineering Problems*. Gulf Publishing Company.
- Co, C. (1988) *Flow of fluids through valves, fittings, and pipe*. Crane Company.
- Company, K. (2021) 'Pressure Drop Chart; Fabricated Temporary Cone/Basket Strainers'. Available at: https://www.keckley.com/assets/files/3-5_fab-temp-strainers/TC-TB Pressure Drop Chart.pdf.
- Departemen Reliability Pusri (2022) *Laporan Pemeriksaan GA 701 PET-IV No. 455 /DD502.LA/2022*. Palembang.
- Forsthofer, W.E. (2005) *2. Forsthofer's Rotating Equipment Handbooks: Pumps*. Elsevier Science (Forsthofer's Rotating Equipment Handbooks). Available at: <https://books.google.co.id/books?id=XRkU0vc5osEC>.
- Hirschberger, M., James, I. and others (2009) 'A Review Of NSS Limitations: New Opportunities', in *Proceedings of the 25th International Pump Users Symposium*.
- Karassik, I. *et al.* (2000) *Pump Handbook*. McGraw-Hill Education (McGraw-Hill handbooks). Available at: <https://books.google.co.id/books?id=d29fFd0kiSgC>.
- Raza, A. (2013) 'Sizing, Specifying and Selecting Centrifugal Pumps', *Chemical Engineering*, 120(2), p. 43.
- Toyo Engineering Corporation (1993) *PET PRO TECHNICAL BOOK PET TEC NO OM-050001-01*. Chiba, Japan.
- Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Penegakan Hukum Lingkungan.
- Permen KLH No.5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah