

**PERANCANGAN POMPA AIR DENGAN SISTEM
SENTRIFUGAL DI PERKEBUNAN MARINA BATAM**

SKRIPSI



**Oleh:
Reno Reza Gumilang
180410102**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK DAN KOMPUTER
UNIVERSITAS PUTERA BATAM
TAHUN 2023**

**PERANCANGAN POMPA AIR DENGAN SISTEM
SENTRIFUGAL DI PERKEBUNAN MARINA BATAM**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana**



**Oleh:
Reno Reza Gumilang
180410102**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK DAN KOMPUTER
UNIVERSITAS PUTERA BATAM
TAHUN 2023**

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini saya:

Nama : Reno Reza Gumilang
NPM : 180410102
Fakultas : Teknik dan Komputer
Program Studi : Teknik Industri

Menyatakan bahwa “Skripsi” yang saya buat dengan judul:

PERANCANGAN POMPA AIR DENGAN SISTEM SENTRIFUGAL DI PERKEBUNAN MARINA BATAM.

Adalah hasil karya sendiri dan bukan “duplikasi” dari karya orang lain. Sepengetahuan saya, di dalam naskah Skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip di dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia naskah Skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang saya peroleh dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada paksaan dari siapapun.

Batam, 28 Januari 2023



Reno Reza Gumilang
180410102

**PERANCANGAN POMPA AIR DENGAN SISTEM
SENTRIFUGAL DI PERKEBUNAN MARINA BATAM**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana**

**Oleh:
Reno Reza Gumilang
180410102**

**Telah disetujui oleh Pembimbing pada tanggal
seperti tertera di bawah ini**

Batam, 27 Januari 2023



**Citra Indah Asmarawati, S.T., M.T.
Pembimbing**

ABSTRAK

Perkebunan Marina di Kota Batam merupakan salah satu kawasan dengan sebagian besar penduduknya bekerja pada sektor budidaya tanaman dan peternakan. Sepanjang tahun kebutuhan air terus kian meningkat, salah satu faktor penyebabnya adalah penambahan kuantitas pada suatu entitas sekitar 6% pertahun, hal tersebut menyebabkan penurunan tekanan pada pompa sehingga pompa tidak mampu menyalurkan air sesuai dengan kebutuhan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah DFMA disertai metode perancangan analisis French sebagai pendukung dalam proses analisa dan validasi. diketahui bahwa pada kondisi head tertinggi 13 m pompa hanya mampu menghasilkan kapasitas sebesar 4 m³/h, sementara kapasitas yang dibutuhkan saat ini adalah 10,314 m³/h pada head 19 m. Pada spesifikasi desain alternatif diketahui bahwa kemampuan kapasitas tertinggi yang dapat dihasilkan pompa adalah 13,32 m³/h pada head 19 m. Dapat diketahui waktu yang diperlukan untuk merakit komponen pada desain eksisting adalah 101.952 detik dan total biaya Rp1.060.301, Pada perancangan desain alternatif dapat diketahui bahwa estimasi waktu yang diperlukan dalam perakitan komponen adalah 46.488 detik dengan total biaya Rp483.475. Semakin tinggi indeks efisiensi desain maka semakin baik suatu perakitan, pada penelitian ini indeks efisiensi DFA mengalami kenaikan dari 0,30% menjadi 0,77%. Berdasarkan hasil analisis didapatkan spesifikasi pompa sentrifugal dengan kapasitas yang dihasilkan sebesar 13,14 m³/h dan tekanan pada setiap masing-masing pompa 1,9 barg, untuk mengoperasikan peralatan ini dibutuhkan total daya penggerak sebesar 1,1 kW dengan masing-masing motor listrik memiliki daya 0,55 kW pada putaran 3000 Rpm. Efisiensi pompa yang didapatkan sebesar 78,6%.

Kata Kunci: Pompa Sentrifugal; Kerugian Tekanan; Perancangan.

ABSTRACT

Marina Plantation in Batam City is one of the areas where the majority of the population works in the crop cultivation and animal husbandry sectors. Throughout the year the demand for water continues to increase, one of the contributing factors is the increase in quantity in an entity of around 6% per year, this causes a decrease in pressure at the pump so that the pump is unable to distribute water as needed. The method used in this research is DFMA accompanied by the French analysis design method as a support in the analysis and validation process. It is known that at the highest head condition of 13 m the pump is only capable of producing a capacity of 4 m³/h, while the current required capacity is 10.314 m³/h at a head of 19 m. In the alternative design specifications it is known that the highest capacity that can be produced by the pump is 13.32 m³/h at a head of 19 m. It can be seen that the time required to assemble components in the existing design is 101,952 seconds and a total cost of Rp. 1,060,301. In alternative designs, it can be seen that the estimated time required in assembling components is 46,488 seconds with a total cost of Rp. 483,475. The higher the design efficiency index, the better the assembly. In this study, the DFA efficiency index increased from 0.30% to 0.77%. Based on the results of the analysis, it was found that the centrifugal pump specifications produced a capacity of 13.14 m³/h and a pressure at each pump of 1.9 barg. To operate this equipment, a total driving force of 1.1 kW is needed with each electric motor. has a power of 0.55 kW at 3000 Rpm rotation. The pump efficiency obtained is 78.6%.

Keywords: Centrifugal Pump; Pressure Losses; Design.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Tuhan YME yang telah melimpahkan segala Rahmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) pada Program Studi Teknik Industri Universitas Putera Batam.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Karena itu, kritik dan saran akan senantiasa penulis terima dengan senang hati. Dengan segala keterbatasan, penulis menyadari pula bahwa skripsi ini takkan terwujud tanpa bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Nur Elfi Husda, S.Kom, M.SI. selaku Rektor Universitas Putera Batam
2. Bapak Welly Sugianto, S.T., M.M. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Komputer, Universitas Putera Batam;
3. Ibu Nofriani Fajrah, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri;
4. Ibu Citra Indah Asmarawati, S.T., M.T. selaku pembimbing Skripsi pada Program Studi Teknik Industri Universitas Putera Batam yang telah membantu penulis dalam penulisan skripsi;
5. Dosen dan Staff Univeristas Putera Batam yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan serta bimbingan kepada penulis
6. Keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan kepada penulis;
7. Seluruh teman-teman penulis yang telah banyak memberi bantuan semangat dan masukan kepada penulis;

Semoga Tuhan YME membalas kebaikan dan selalu diberikan kesehatan dan rezeki yang melimpah, Amin.

Batam, 28 Januari 2023

Reno Reza Gumilang

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR RUMUS	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Rumusan Masalah.....	4
1.5. Tujuan Penelitian	5
1.6. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Teori Dasar.....	7
2.1.1. Pengertian Pompa	7
2.1.2. Klasifikasi Pompa	8
2.1.3. Pompa Sentrifugal.....	10
2.1.4. Klasifikasi Pompa Sentrifugal	12
2.1.5. <i>Head</i> Total Pompa	15
2.1.6. Komponen Perpipaan Pompa.....	21
2.1.6.1. Pemilihan Ukuran dan Bahan Pipa	22
2.1.6.2. Pemilihan Katup (<i>Valve</i>).....	25
2.1.7. Metode Perancangan <i>French</i>	25
2.1.8. Metode <i>Design for Manufacturing and Assembly</i> (DFMA)	26
2.1.8.1. <i>Design for Manufacture</i> (DFM).....	28
2.1.8.2. <i>Design for Assembly</i> (DFA).....	28
2.2. Penelitian Terdahulu	29
2.3. Kerangka Pemikiran.....	32
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1. Desain Penelitian	33
3.2. Variabel Penelitian.....	34
3.3. Populasi dan Sampel	34
3.3.1. Populasi.....	34
3.3.2. Sampel.....	34
3.4. Teknik Pengumpulan Data.....	34
3.5. Teknik Analisis Data.....	35
3.6. Lokasi dan Jadwal Penelitian.....	36

3.6.1.	Lokasi Penelitian.....	36
3.6.2.	Jadwal Penelitian	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1.	Hasil Penelitian	39
4.1.1.	Pengumpulan Data	39
4.1.2.	Sistem Perpipaan.....	40
4.1.3.	Perhitungan Total <i>Head</i> Pompa.....	41
4.1.3.1.	Perhitungan <i>Major Head Loss</i>	42
4.1.3.2.	Perhitungan <i>Minor Head Loss</i>	43
4.1.4.	Kecepatan Spesifik Dan Tipe <i>Impeller</i>	44
4.1.5.	Efisiensi Pompa	46
4.1.5.1.	Efisiensi Volumetris.....	47
4.1.5.2.	Efisiensi Hidrolis	47
4.1.5.3.	Efisiensi Mekanis	48
4.1.6.	Daya Pompa dan Daya Penggerak.....	48
4.1.7.	Spesifikasi Hasil perencanaan Pompa Sentrifugal.....	49
4.1.8.	Desain <i>Impeller</i>	49
4.1.8.1.	Desain Sudu <i>Impeller</i>	50
4.1.9.	Desain Rumah Pompa.....	52
4.1.10.	Hasil Desain Eksisting	54
4.1.10.1.	Analisis DFA Desain Eksisting.....	58
4.1.11.	Perbaikan Desain	61
4.1.11.1.	Analisis komponen perpipaan desain Alternatif	63
4.1.11.2.	Analisis komponen struktural desain Alternatif.....	68
4.1.11.3.	Analisis DFA Desain Alternatif	71
4.2.	Pembahasan.....	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1.	Kesimpulan	79
5.2.	Saran	80
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		
Lampiran 1. Pendukung Penelitian		
Lampiran 2. Daftar Riwayat Hidup		
Lampiran 3. Surat Keterangan Penelitian		

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Diagram Klasifikasi Pompa.....	8
Gambar 2.2. Diagram Pemilihan Jenis Tipe Pompa	9
Gambar 2.3. Pompa Sentrifugal.....	10
Gambar 2.4. Jenis Aliran Pompa Sentrifugal.....	13
Gambar 2.5. Jenis-Jenis <i>Impeller</i>	14
Gambar 2.6. Jenis-Jenis Rumah Pompa	14
Gambar 2.7. <i>Head</i> Pompa	15
Gambar 2.8. Penentuan Bentuk <i>Impeller</i> Berdasarkan Kecepatan Spesifik	20
Gambar 2.9. Simulasi Persamaan Kontinuitas.....	23
Gambar 2.10. Kerangka Berpikir	32
Gambar 3.1. <i>Layout</i> Lokasi Penelitian.....	37
Gambar 4.1. Diagram Sistem Perpipaan	40
Gambar 4.2. Tampilan Masukan Parameter CPD	49
Gambar 4.3. Hasil Perancangan <i>Impeller</i>	51
Gambar 4.4. Geometri Desain <i>Volute</i>	53
Gambar 4.5. Detail Pompa Sentrifugal Eksisting.....	54
Gambar 4.6. Pompa Sentrifugal Desain Alternatif	62
Gambar 4.7. <i>Explode View Suction & Discharge Pump</i>	63
Gambar 4.8. Komponen pipa 2” <i>Schedule Standard</i> ASME B36.10	65
Gambar 4.9. Komponen <i>Flange</i> . 2” <i>Class 150</i> ASME B16.5.....	66
Gambar 4.10. Desain Struktural	68
Gambar 4.11. Total Beban Struktural	69
Gambar 4.12. Total Beban Pompa	69
Gambar 4.13. Hasil Analisis Tegangan Desain Struktural	70

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Catatan data Perkebunan Marina Batam	3
Tabel 2.1. Range nilai ns tipe <i>impeller</i> pompa <i>non positive displacement</i>	19
Tabel 2.2. Jenis beserta keuntungan dan dan kelemahan bahan pipa	23
Tabel 2.3. Jenis dan fungsi katup	25
Tabel 2.4. Analisis DFA	28
Tabel 2.5. Penelitian Terdahulu	29
Tabel 3.1. Jadwal Penelitian	38
Tabel 4.1. Parameter Acuan Perancangan Pompa Sentrifugal	39
Tabel 4.2. Komponen Sistem Perpipaan <i>Suction & Discharge</i>	40
Tabel 4.3. Perhitungan Total <i>Major Head Loss Suction & Discharge</i>	42
Tabel 4.4. Perhitungan Total <i>Minor Head Loss Suction & discharge</i>	43
Tabel 4.5. Hubungan Putaran Spesifik Dengan Efisiensi Volumetri	47
Tabel 4.6. Hubungan Putaran Spesifik Dengan Efisiensi Hidrolis	47
Tabel 4.7. Spesifikasi Pompa Sentrifugal Alternatif	49
Tabel 4.8. Dimensi Utama <i>Impeller</i>	50
Tabel 4.9. Perhitungan Nilai R Sudu <i>Impeller</i>	51
Tabel 4.10. Perhitungan Dimensi <i>Volute</i>	52
Tabel 4.11. <i>Bill of Material</i> Desain Eksisting	54
Tabel 4.12. Estimasi Harga Komponen Desain Eksisting	56
Tabel 4.13. Analisis DFA Desain Eksisting	58
Tabel 4.14. Identifikasi Hasil Analisis DFA Eksisting	60
Tabel 4.15. Tuntutan Spesifikasi <i>Demand and Wishes</i>	61
Tabel 4.16. <i>Bill of Material</i> Desain Alternatif	71
Tabel 4.17. Estimasi Harga Komponen Desain Alternatif	72
Tabel 4.18. Analisis DFA Desain Alternatif	74
Tabel 4.19. Identifikasi Hasil Analisis DFA Alternatif.....	75
Tabel 4.20. Perbandingan Spesifikasi Desain Pompa Sentrifugal	76
Tabel 4.21. Identifikasi Perbandingan Analisis DFA	77

DAFTAR RUMUS

	Halaman
Rumus 2.1. <i>Head Pompa</i>	16
Rumus 2.2. <i>Head Statis Total</i>	16
Rumus 2.3. <i>Head Tekanan</i>	17
Rumus 2.4. <i>Major Headloss</i>	17
Rumus 2.5. <i>Minor Headloss</i>	18
Rumus 2.6. <i>Daya Pompa</i>	18
Rumus 2.7. <i>Kecepatan spesifik</i>	19
Rumus 2.8. <i>NPSHa</i>	20
Rumus 2.9. <i>NPSHr</i>	21
Rumus 2.10. <i>Ketebalan pipa</i>	22
Rumus 2.11. <i>Persamaan Kontinuitas</i>	22
Rumus 2.12. <i>DFA Indeks</i>	27

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Saat ini, pompa telah banyak dimanfaatkan untuk berbagai aspek dalam kehidupan seperti pada aktivitas industri dan aktivitas rumah tangga, salah satu tipe pompa yang paling umum digunakan adalah pompa dinamis (pompa sentrifugal) karena harganya yang relatif murah dan mempunyai bentuk yang lebih sederhana (Saputra et al., 2020). Pompa sentrifugal merupakan salah satu tipe pompa tekan yang bekerja dengan cara mengkonversi energi mekanis menjadi energi hidrolis melalui gaya sentrifugal untuk memindahkan fluida (Permana, 2017). Pompa sentrifugal terdiri dari beberapa komponen utama seperti *Impeller*, rumah pompa, motor, poros penghubung, dan komponen pendukung lainnya.

Pada era sekarang terlihat bahwa banyak perusahaan pompa yang terus mengembangkan produknya untuk memenuhi kebutuhan penyaluran fluida baik cair maupun gas dengan menciptakan produk pompa yang adaptif, seperti pompa sentrifugal merek *Grundfos*, *Ebara*, *Shimizu*, *Venezia* dan merek lainnya. Masing-masing perusahaan pompa memiliki keunggulan yang berbeda-beda dalam produknya, contohnya seperti jenis material yang digunakan, fitur *selfpriming*, saklar hidup dan mati otomatis. Walaupun jarang beberapa perusahaan juga menerima pesanan pompa *custom* yang biasanya digunakan pada kondisi yang kritis, mudah terbakar, mudah meledak misalnya seperti pada area pengeboran minyak kilang, dan daerah yang memiliki suhu sangat ekstrem. Parameter utama dalam

menentukan jenis pompa sentrifugal adalah *Head* dan kapasitas. Secara umum beberapa komponen yang tidak mungkin terlepas dari proses pengoprasian pompa sentrifugal adalah pipa yang berfungsi sebagai media transfer fluida, pengukur tekanan dan *valve* yang berperan sebagai alat pengontrol fluida (Lukas et al., 2020).

Perkebunan Marina di Kota Batam merupakan salah satu Kawasan dengan sebagian besar penduduknya bekerja pada sektor budidaya tanaman dan peternakan. Air memiliki peranan yang sangat penting dan harus tetap dijaga ketersediaan jumlahnya, hal tersebut bertujuan untuk mendukung kehidupan manusia dalam memenuhi kebutuhan masa sekarang dan di masa yang akan datang (Afriyanda et al., 2019). Dalam kehidupan sehari-hari air telah menjadi kebutuhan primer dalam upaya membantu proses percepatan aktivitas hidup pada Kawasan tersebut, sepanjang tahun kebutuhan air terus kian meningkat, salah satu faktor penyebabnya adalah penambahan kuantitas pada suatu entitas sekitar 6% pertahun yang menyebabkan penurunan tekanan pada pompa utama sehingga pompa tidak mampu menyalurkan air sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Ketersediaan air yang tidak tercukupi tentu akan menghambat aktivitas dalam berbagai aspek, seperti air bersih untuk kebutuhan penyiraman tanaman, kebutuhan peternakan, tempat tinggal, air minum dan utilitas lainnya. Penggunaan pompa sentrifugal telah menjadi peranan yang sangat penting dalam proses pendistribusian air baik pada saluran utama bahkan pada bagian hilir distribusi. Berikut dibawah ini merupakan catatan data kebutuhan pasokan air pada wilayah perkebunan Marina Kota Batam.

Tabel 1.1 : Catatan data Perkebunan Marina Batam

Kebutuhan kapasitas air bersih perkebunan Marina Batam tahun 2022			
No	Penggunaan	pemakaian air rata-rata	Satuan
1	Kebutuhan kebun	111.375	L/hari
2	Kebutuhan kolam ikan	108.000	L/hari
3	Kebutuhan ternak sapi	1.485	L/hari
4	Kebutuhan ternak kambing	375	L/hari
5	Kebutuhan Rumah tinggal	22.752	L/hari
6	kebutuhan Mushola	3.555	L/hari
Total kapasitas pemakaian air 2022		247.542	L/hari
		10.314	L/jam

Sumber : Data Penelitian, 2022

Dalam upaya penggantian pompa untuk memenuhi kebutuhan pasokan air akan menjadi hal yang sangat dipertimbangkan pada wilayah tersebut, hal ini dikarenakan semakin tinggi kapasitas dan *head* pompa yang dibutuhkan maka semakin tinggi pula harga beserta biaya operasionalnya.

Berkaitan dengan permasalahan yang terjadi yaitu ketidakcapaian kebutuhan kapasitas air bersih yang dihasilkan pompa sentrifugal pada Kawasan Perkebunan Marina Batam, disini peneliti tertarik ingin melakukan sebuah perancangan pompa jenis sentrifugal untuk memenuhi kapasitas dengan estimasi umur produk diatas 5 tahun. Metode yang digunakan adalah *Design for Manufacture and Assembly (DFMA)* guna mengurangi biaya proses perakitan elemen pendukung dan perpipaan disertai metode perancangan analisis *French* sebagai pendukung dalam proses analisa dan validasi desain pompa sentrifugal alternatif.

1.2. Identifikasi Masalah

Dari latar belakang diatas maka didapatkan beberapa identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Debit air yang dihasilkan pompa sentrifugal eksisting tidak dapat memenuhi kebutuhan pasokan air bersih saat ini.
2. Semakin tinggi *head* dan kapasitas pompa semakin tinggi pula harga dan biaya operasionalnya.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang terdapat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perancangan hanya menggunakan perancangan *French* dan *DFMA*
2. Perancangan pompa sentrifugal hanya memenuhi kebutuhan pada lokasi perkebunan Marina Kota Batam.
3. Hasil perancangan hanya sebatas gambar kerja dan *bill of material*.

1.4. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana spesifikasi perancangan pompa sentrifugal yang sesuai dengan kebutuhan pada lokasi perkebunan Marina Kota Batam?
2. Bagaimana konsep produk rancangan pompa sentrifugal menggunakan *French* dan *DFMA*?

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Mendapatkan konsep rancangan pompa sentrifugal menggunakan metode *DFMA* dan *French*.
2. Menghasilkan sebuah perancangan pompa sentrifugal dengan spesifikasi sesuai kebutuhan.

1.6. Manfaat Penelitian

1. Aspek teoritis

Adapun manfaat teoritis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menambahkan dan menerapkan ilmu yang diperoleh dari kampus khususnya pada bidang perancangan.
- b. Pengembangan konsep mengenai metode *Design for Manufactur and Asembly (DFMA) & French*.

2. Aspek praktis

Terdapat 2 manfaat pada aspek praktis, yaitu bagi objek penelitian dan bagi Universitas Putera Batam. Adapun beberapa manfaat praktis tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Memberikan usulan kepada pihak pemilik wilayah perkebunan mengenai kondisi pompa sentrifugal eksisting saat ini berdasarkan usulan perancangan pompa sentrifugal yang diberikan.
- b. bahan masukan bagi pihak pengelola wilayah perkebunan untuk dapat melakukan optimasi terhadap sistem instalasi distribusi air bersih.

- c. Menjadi referensi metodologi bagi mahasiswa Universitas Putera Batam dalam melakukan penelitian dengan topik yang sama.
- d. Menjadi penelitian terdahulu bagi mahasiswa Universitas Putera Batam dalam melakukan penelitian dengan topik yang sama.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Teori Dasar

2.1.1. Pengertian Pompa

Pompa merupakan sebuah mesin yang mengeluarkan energi untuk menaikkan tekanan air dan memindahkannya dari satu titik ke titik lain (Jilani & Razali, 2018). Dalam bukunya yang berjudul “Perancangan dan Pompa Manufaktur Sentrifugal” (Muslim Mahardika, 2018) mengartikan bahwa pompa merupakan peralatan mekanis yang digunakan untuk meningkatkan energi pada fluida dengan cara menaikkan tekanan sehingga fluida bisa berpindah dari suatu titik ke titik lainnya atau dari titik yang bertekanan rendah ke titik yang bertekanan tinggi. Kenaikan energi tekanan yang diberikan akan dimanfaatkan untuk mengatasi hambatan yang terjadi pada proses pengaliran fluida. Hal yang menyebabkan terjadinya hambatan pada pengaliran yaitu berupa perbedaan tekanan maupun gaya gesek pada suatu penampang seperti pipa, sambungan, katup dan komponen lainnya. Sumber umum mengenai istilah, definisi, aturan dan standar pompa adalah *Hydraulic Institute Standards* yang telah di setujui oleh badan standarisasi *American National Standards Institute* (Permana, 2017).

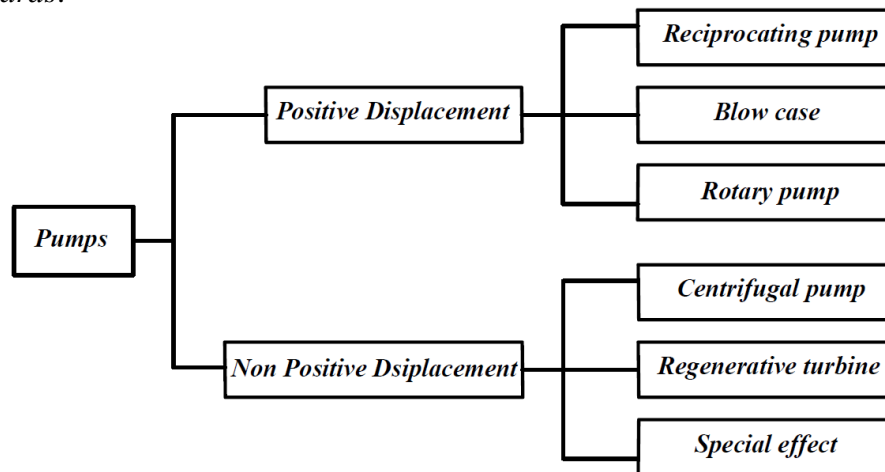
Secara umum pompa memiliki beberapa kegunaan utama yaitu sebagai berikut :

1. Memindahkan fluida dari suatu titik ke titik lainnya (misalnya air dari reservoir dialirkan menuju tangki penyimpanan atau pelayanan).

2. Proses sirkulasi cairan pada sebuah peralatan khusus (misalnya air pendingin/air pemanas pada sebuah mesin pendingin ataupun bejana tekan/*heat exchanger*).

2.1.2. Klasifikasi Pompa

Klasifikasi umum pompa berdasarkan definisi *Hydraulic Institute Standards*.



Gambar 2.1 Diagram Klasifikasi Pompa

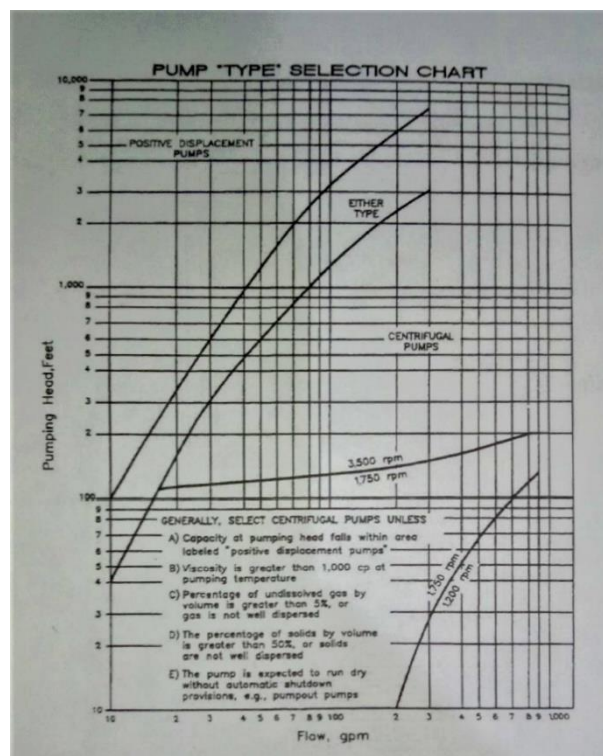
2.1.2.1. Pompa Jenis Perpindahan Positif

Pompa perpindahan positif merupakan pompa yang menghasilkan kapasitas sama dengan siklus putaran elemen bolak-balik atau berputar dengan volume yang berubah-ubah secara periodik dari kecil ke besar ataupun sebaliknya (Lubis et al., 2020). Energi yang ditransfer kepada fluida adalah energi potensial. Pompa tipe perpindahan positif cocok digunakan pada kondisi fluida viskositas tinggi yang membutuhkan tekanan lebih tinggi dengan kapasitas yang rendah.

2.1.2.2. Pompa Jenis Non Perpindahan Positif

Pompa tipe non perpindahan positif merupakan pompa yang cara kerjanya dengan menghasilkan aliran berkelanjutan dimana energi kinetik ditambahkan ke fluida dengan meningkatkan kecepatan pada aliran. Pompa jenis ini lebih cocok digunakan pada kondisi fluida viskositas rendah dan membutuhkan tekanan rendah tetapi membutuhkan kapasitas air yang tinggi (Muslim Mahardika, 2018).

Secara umum fluida tidak hanya berwujud pada fasa air, seperti wujud gas, minyak, lumpur ataupun bahan kimia juga termasuk dalam kategori fluida. Oleh sebab itu sebelum merancang pompa sebaiknya diperlukan pengklasifikasian dengan mengacu pada parameter utama kebutuhan agar fluida yang akan di alirkan dapat bekerja secara efektif dan efisien. Menurut (Muslim Mahardika, 2018) Dasar pemilihan pompa dapat dibantu dengan gambar dibawah ini.

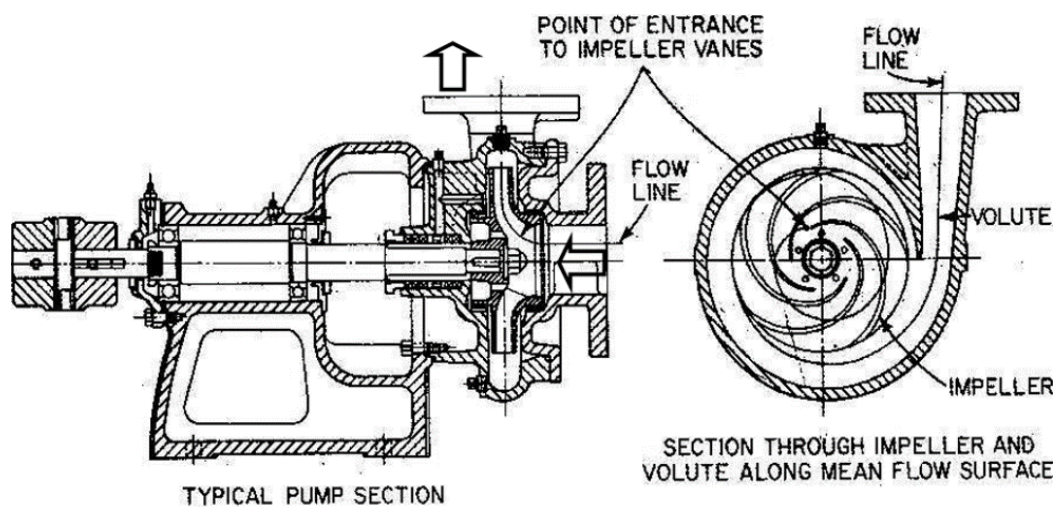


Gambar 2.2 Diagram Pemilihan Jenis Tipe Pompa

Parameter utama dalam menentukan jenis pompa adalah kapasitas yang dibutuhkan dan *head* instalasi. Kapasitas yang dibutuhkan akan selalu bervariasi tergantung pada kondisi penggunaannya begitu juga dengan *head* instalasi, semakin banyak hambatan pada sistem instalasi perpipaan, maka akan semakin tinggi pula *head* yang terjadi (Permana, 2017) sehingga diperlukan pertimbangan dan analisa yang akurat dalam tahapan pemilihan jenis tipe pompa.

2.1.3. Pompa Sentrifugal

Secara umum pompa sentrifugal merupakan peralatan mekanis yang prinsip pemindahan fluidanya dilakukan dengan cara memanfaatkan gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh putaran impeler. Pompa sentrifugal termasuk dalam kategori non perpindahan positif atau dikenal juga sebagai *rotodynamic pump* (Suharto, 2016). Dengan energi kecepatan putaran yang diubah menjadi energi tekanan, lalu tekanan yang dihasilkan akan mendorong fluida keluar dari sisi *outlet* pompa. Semakin laju putaran pada impeler maka tekanan yang dihasilkan pompa juga semakin tinggi.



Gambar 2.3 Pompa Sentrifugal

Prinsip kerja pompa sentrifugal menurut (Andi Saidah, 2017) mula-mula motor pada pompa berputar, lalu daya yang dihasilkan motor di lanjutkan pada poros untuk memutar impeler yang berada pada ujung poros tersebut, lalu fluida yang berada didalam impeler akan berputar karena disebabkan oleh dorongan sudu-sudu. Gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh putaran impeler menyebabkan mengalirnya fluida dari mata impeler lalu keluar melalui saluran yang berada diantara sudu-sudu pompa dan meninggalkan impeler menuju keluaran rumah pompa.

Menurut Suharto, 2016) dalam bukunya yang berjudul “Pompa Sentrifugal” keuntungan dan kerugian dalam menggunakan jenis pompa sentrifugal sebagai berikut:

1. Keuntungannya:

- tipe pompa yang sangat umum dan banyak digunakan di berbagai kalangan.
- Kontruksi pompa lebih sederhana.
- Operasinya andal.
- Harganya pembelian relatif lebih murah.
- Komponen mudah di dapat di pasaran.
- Debit yang dihasilkan besar.
- Efisiensinya tergolong bagus.
- Dapat digunakan pada kondisi temperatur tinggi.

2. Kerugiannya:

- Cocok digunakan untuk cairan yang viskositasnya rendah.

- Kurang cocok untuk cairan dengan viskositas yang tinggi.
- Tidak mampu memancing air sendiri.
- Tidak cocok untuk kapasitas yang kecil.

2.1.4. Klasifikasi Pompa Sentrifugal

Dalam perancangan dan pemilihan pompa perlu dilakukan sebuah klasifikasi agar pompa yang digunakan kompatibel sesuai parameter kebutuhan, berikut dibawah merupakan beberapa klasifikasi pompa sentrifugal secara umum:

2.1.4.1. Menurut Arah Aliran Dalam Impeler

Arah aliran dalam Impeler pada pompa sentrifugal terbagi menjadi 3 yaitu sebagai berikut:

a) Pompa Aliran Radial

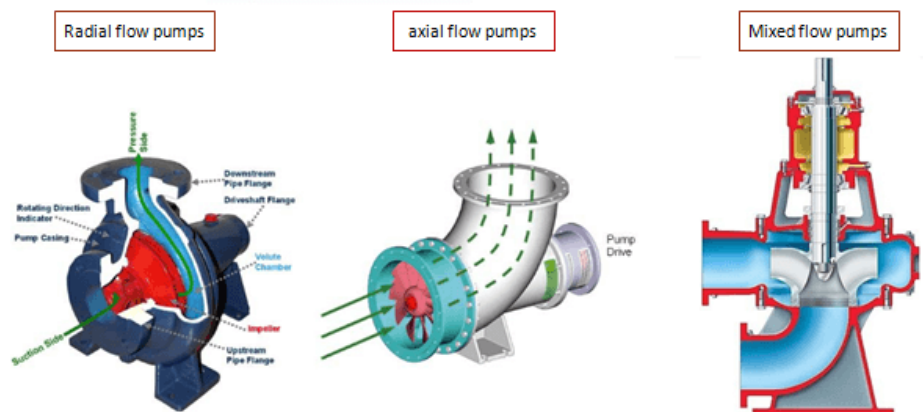
Pada pompa ini, arah aliran saat keluar dari impeler mengarah tegak lurus terhadap poros pompa

b) Pompa Aliran Aksial

Pada pompa ini, aliran fluida saat keluar dari *impeller* akan bergerak sepanjang permukaan penampang silinder, searah dengan sumbu poros pompa.

c) Pompa Aliran Campur

Pada pompa tipe ini, fluida meninggalkan impeler bergerak sepanjang permukaan kerucut, sehingga mengalami kecepatan dengan arah radial dan aksial.



Gambar 2.4 Jenis Aliran Pompa Sentrifugal

2.1.4.2. Menurut Tipe *Impeller*

Impeller pada pompa sentrifugal terbagi menjadi 3 tipe yaitu sebagai berikut:

a) *Impeller* tertutup

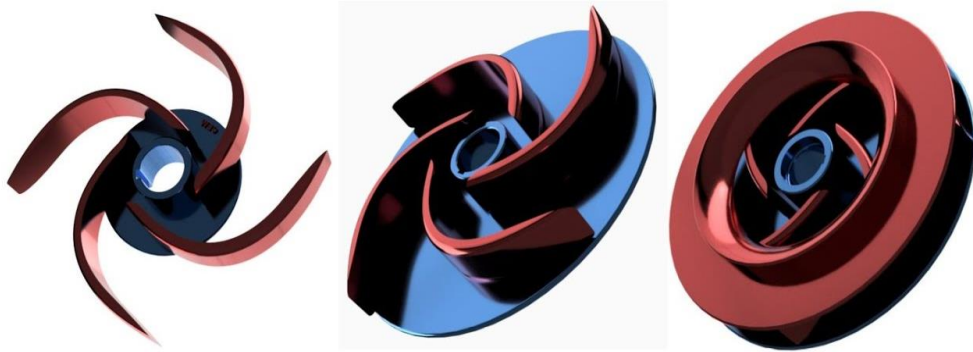
Pada impeler jenis ini, sisi bagian sudu-sudu tertutup diantara dua dinding yang menjadi satu kesatuan. Tipe impeler ini sangat cocok digunakan untuk cairan yang benar-benar bersih dan tidak memiliki zat padat.

b) *Impeller* setengah terbuka

Pada jenis ini, sisi masuk pada impeler merupakan bagian yang terbuka dan bagian yang tertutup merupakan sisi belakang Impeler. Tipe ini kompatibel digunakan pada fluida mengandung sedikit zat padat.

c) *Impeller* terbuka

Impeler jenis ini banyak ditemukan pada pompa aliran aksial. Ciri-ciri nya adalah bagian depan dan belakang pada impeler tidak terdapat dinding. Tipe Impeler ini lebih cocok digunakan pada cairan yang lebih banyak mengandung zat padat.



Gambar 2.5 Jenis-Jenis *Impeller*

2.1.4.3. Menurut Bentuk Rumah

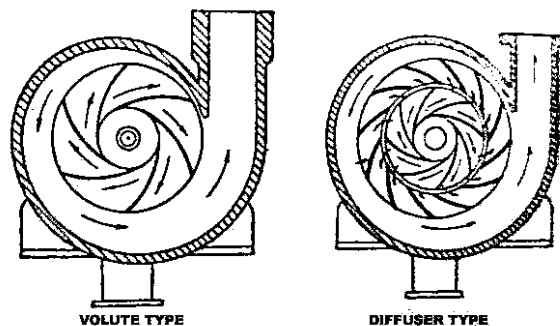
Jenis Rumah pompa diklasifikasi berdasarkan bentuknya dan dibagi menjadi 2 macam seperti berikut:

a) Pompa Rumah *Volute*

Karakteristik dari rumah pompa jenis ini yaitu bentuknya menyerupai rumah keong sehingga dapat mengurangi aliran yang keluar dan memperoleh kenaikan tekanan.

b) Pompa Rumah *Diffuser*

Karakteristik dari rumah pompa jenis ini yaitu pada bagian sisi sekeliling terluar Impeler dipasang sudu-sudu *diffuser* dan berfungsi menjadi rumah pompa.



Gambar 2.6 Jenis-Jenis Rumah Pompa

2.1.4.4. Menurut Jumlah Tingkat

Jumlah tingkat pada pompa diklasifikasi menjadi beberapa bagian sebagai berikut:

a) Pompa dengan satu tingkat

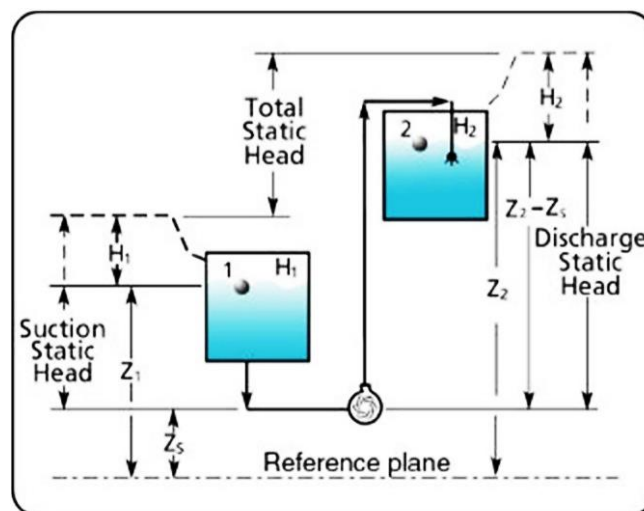
Pompa tipe ini hanya memiliki satu buah impeler sehingga tekanan yang dihasilkan relatif lebih rendah.

b) Pompa lebih dari satu tingkat

Banyaknya impeler yang tersusun pada pompa ini menghasilkan tekanan yang relatif lebih tinggi.

2.1.5. Head Total Pompa

Head total pompa adalah besarnya energi persatuan berat fluida yang pompa berikan sehingga fluida bisa mengalir dari sisi hisap menuju sisi buang (*delivery*) yang umumnya dinyatakan dengan satuan Panjang (Firmansyah & Suhendra, 2018). *Head* total pompa dihitung menggunakan persamaan energi yang diturunkan yaitu seperti berikut:



Gambar 2.7 Head Pompa

$$H_p = H_a + \Delta H_p + \Sigma H_f + \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots \text{Rumus 2.1 Head Pompa}$$

Dimana : H_p = *Total Dynamic Head* (m)

H_a = *head statis total* (m)

ΔH_p = perbedaan tekanan diantara kedua permukaan (m)

ΣH_f = *headlosses* pada pipa, fitting dan lain-lain. (m)

v = laju aliran (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

2.1.5.1 *Head Statis Total*

Head statis total merupakan total jarak vertikal antara puncak permukaan pada sumber cairan sampai titik tekan atau pada permukaan cairan tekan (Riki Candra Putra, 2018). Besarnya jumlah *head* ini tidak dipengaruhi oleh kecepatan aliran (Prihadi Nikosai TBS, 2015). Berikut dibawah merupakan persamaan total *head* statis:

$$h_a = Z_d - Z_s \dots\dots\dots \text{Rumus 2.2 Head Statis Total}$$

Dimana :

h_a = *Head* statis total tekan (m)

Z_d = *Head* statis pada sisi buang (m)

Z_s = *Head* statis pada sisi hisap (m)

2.1.5.2 *Perbedaan Head Tekanan*

Perbedaan *head* tekanan adalah perbedaan tekanan pada zat cair yang bekerja pada permukaan sisi tekan (*discharge*) dan permukaan sisi hisap pompa

(*suction*) (Antonius Edy Kristiyono, 2018). *Head* tekanan dapat diselesaikan dengan rumus berikut:

$$\Delta h_p =$$

$$\frac{P_d - P_s}{\gamma} \dots\dots\dots \mathbf{Rumus\ 2.3\ Head\ Tekanan}$$

Dimana :

Δh_p = *Head* tekanan (m)

P_d = Tekanan sisi tekan / *discharge* (m)

P_s = Tekanan pada sisi hisap / *suction* (m)

γ = Berat jenis air (N/m³)

2.1.5.3 Total *Headloss*

Total *Headloss* terbagi menjadi 2 yaitu *major headloss* dan *minor headloss* sebagai berikut:

1. *Major Headloss*

Major headloss merupakan kerugian energi yang disebabkan oleh fenomena gesekan antara fluida dengan permukaan dinding penampang (Antonius Edy Kristiyono, 2018). *Major headloss* dapat diselesaikan dengan persamaan *darcy weisbach* sebagai berikut :

$$H_l = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots \mathbf{Rumus\ 2.4\ Major\ Headloss}$$

Dimana :

H_l = *major headloss* (m)

f = koefisien faktor gesekan (m)

D = diameter pipe (m)

L = Panjang pipa (m)

V = kecepatan rata-rata aliran fluida (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

2. *Minor Headloss*

Minor head loss adalah kerugian energi yang berlaku pada saat fluida mengalir melewati saluran pipa yang mengalami perubahan diameter, perubahan arah, melewati katup dan lain sebagainya (Lubis et al., 2020). *Minor headloss* dapat diselesaikan dengan persamaan *darcy weisbach* seperti berikut :

$$H_{lm} = k \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots \mathbf{Rumus\ 2.5\ Minor\ Headloss}$$

Dimana :

H_{lm} = *minor headloss* (m)

k = koefisien hambatan untuk katup, fitting, dan flens (m)

V = laju aliran fluida (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

2.1.5.4 Perhitungan Daya Pompa

Daya pompa merupakan daya yang dibutuhkan poros untuk menggerakkan *impeller* dalam hal memindahkan fluida sesuai kebutuhan kondisi parameter debit. Berikut dibawah ini merupakan persamaan untuk mencari daya pompa.

$$N_p = \frac{Q H \rho g}{\eta_p} \dots\dots\dots \mathbf{Rumus\ 2.6\ Daya\ Pompa}$$

Dimana :

N_p = Daya pompa (watt)

Q = Kapasitas Pompa (m^3/s)

ρ = densitas air (kg/m^3)

H = Tinggi total pompa (m)

η_p = Effisiensi Pompa

2.1.5.5 Perhitungan Kecepatan Spesifik Pompa

Hal utama yang perlu diperhatikan dalam perancangan pompa sentrifugal adalah kecepatan spesifik, karena besarnya kecepatan spesifik akan dijadikan acuan parameter dalam penentuan jenis impeler pada pompa. persamaan kecepatan spesifik pompa dinyatakan sebagai berikut:

$$\eta_s = \eta \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} \dots\dots\dots \text{Rumus 2.7 Kecepatan spesifik}$$

Dimana :

η_s = Kecepatan spesifik

η = Kecepatan *impeller* (rp) = $2\pi n$

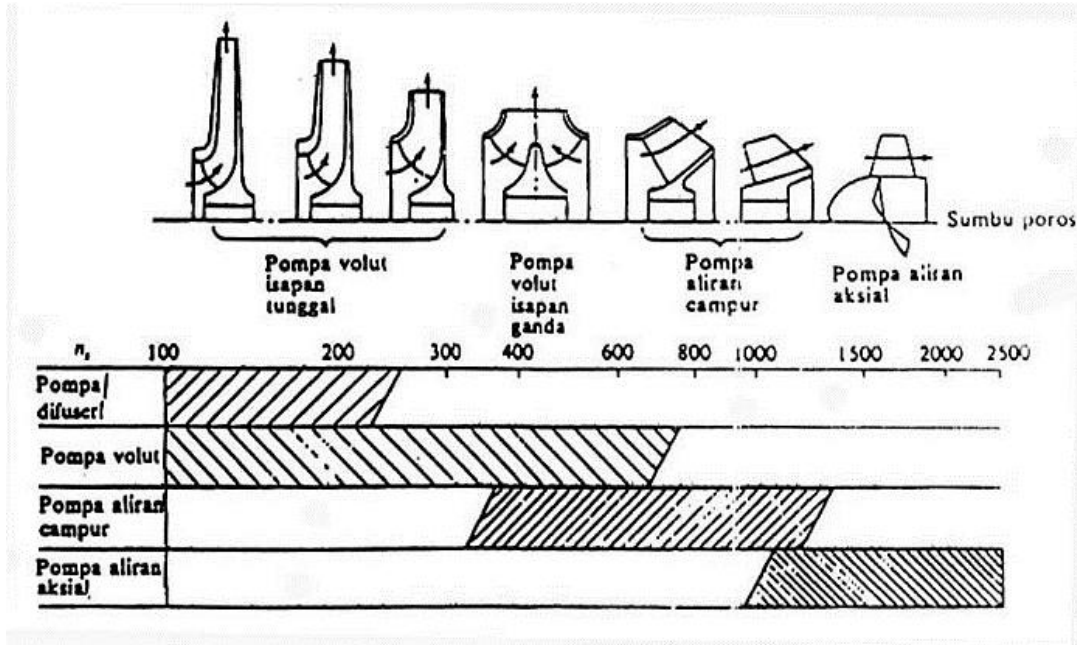
Q = Kapasitas fluida (m^3/s)

H = Tinggi total pompa (m)

Tabel 2.1 Range nilai n_s tipe *impeller* pompa *non positive displacement*

Tipe Kecepatan <i>Impeller</i> Pompa Sentrifugal	η_s
<i>Impeller</i> tipe radial	12- 35
<i>Impeller</i> tipe francis	36- 80
<i>Impeller</i> tipe campuran	80- 160
<i>Impeller</i> tipe aksial	160- 400

Gambar dibawah merupakan penentuk bentuk impeler berdasarkan nilai kecepatan spesifik.



Gambar 2.8 Penentuan Bentuk *Impeller* Berdasarkan Kecepatan Spesifik

2.1.5.6 Perhitungan *Net Positive Suction Head* (NPSH)

NPSH merupakan acuan yang menjadi ukuran titik aman pompa terhadap kavitasi. Kavitasi merupakan fenomena dimana timbulnya gelembung pada aliran fluida yang disebabkan oleh penurunan tekanan sehingga tekanan tersebut berada dibawah tekanan uap jenuh. NPSH terbagi menjadi dua bagian seperti berikut :

1. *Net Positive Suction Head available* (NPSHa)

$$NPSHa = \frac{P_s \cdot 10.197}{\gamma} - \frac{P_v \cdot 10.197}{\gamma} + Z - H_{ls} \dots\dots\dots \mathbf{Rumus\ 2.8\ NPSHa}$$

Dimana :

P_s = Tekanan absolut (m)

P_v = Tekanan uap jenuh (m)

γ = Berat jenis fluida pada temperature cairan *impeller*

2. *Net Positive Suction Head required* (NPSHr)

$$\text{NPSHr} = (0,3 \sim 0,5) \frac{n}{60} \sqrt{Q} \dots \dots \dots \text{Rumus 2.9 NPSHr}$$

Agar pompa dapat beroperasi tanpa kaviatsi, maka pada kondisi kerja pompa hasil NPSHa haruslah lebih besar daripada NPSHr.

2.1.6. Komponen Perpipaan Pompa

Sistem perpipaan merupakan bagian terpenting dalam paket komponen pompa yang berfungsi untuk mengalirkan fluida. Seluruh komponen dalam sistem instalasi distribusi fluida meliputi pipa, katup, sambungan, *nozzle*, tangka disebut komponen sistem perpipaan. Berikut ini adalah beberapa hal yang harus diperhatikan saat merencanakan perancangan komponen perpipaan.

1. bahan harus disesuaikan dengan kondisi operasi (tekanan internal atau eksternal, temperatur, dan korosi) yang dibutuhkan dari sistem instalasi komponen perpipaan pada pompa.
2. Standar dan kode yang kompatibel untuk digunakan pada perancangan perpipaan. Pemilihan standar dan kode yang sesuai akan menghasilkan hasil rancangan total, mendapatkan efisiensi biaya, reliabilitas, dan keamanan desain.
3. Pemilihan ketebalan pipa (*pipe schedule*) tidak bisa dilakukan tanpa hasil perhitungan dan pertimbangan. Ketebalan pipa harus memenuhi kriteria sesuai parameter, ketersediaan bahan baku dipasaran, dan aman digunakan.

2.1.6.1. Pemilihan Ukuran dan Bahan Pipa

Dalam pemilihan jenis bahan maupun ukuran pipa, karakteristik fluida dan tingkat korosivitasnya juga perlu di pertimbangkan, sebagai contoh pada bahan baja karbon, untuk meningkatkan ketahanannya dilakukan dengan cara menambah ketebalan pada material atau biasa disebut dengan *corrosion allowance*. Berikut merupakan rumus untuk menentukan ketebalan pada pipa berdasarkan (ASME B31.4, 2019):

$$t_m = \frac{P \cdot OD}{2 (S \cdot E \cdot W + P \cdot Y)} + C \dots \dots \dots \text{Rumus 2.10 Ketebalan pipa}$$

Dimana :

t_m = ketebalan minimum pipa yang dibutuhkan

P = Tekanan internal pipa (Mpa)

OD = Diameter luar pipa (mm)

S = Tegangan material yang diizinkan dari tabel A-1 (Mpa)

E = Faktor sambungan las longitudinal pipa dari tabel A-1A atau A-1B

W = Nilai faktor pengurangan kekuatan las dari tabel 302.3.5

Y = Koefisien dari tabel 304.1.1

C = *Corrosion allowance* (mm)

(Wawan Irawan & Ganda Sirait, 2021) Menjelaskan bahwa kecepatan aliran dan debit air dapat ditentukan dengan menggunakan alat seperti meteran air mekanis, meteran air magnetic, *Orifice Meter*, dan meteran air ultrasonik. Dalam suatu perencanaan sistem perpipaan, persamaan kontinuitas dapat dijadikan solusi untuk menentukan debit dan kecepatan aliran pada pipa cabang seperti berikut:

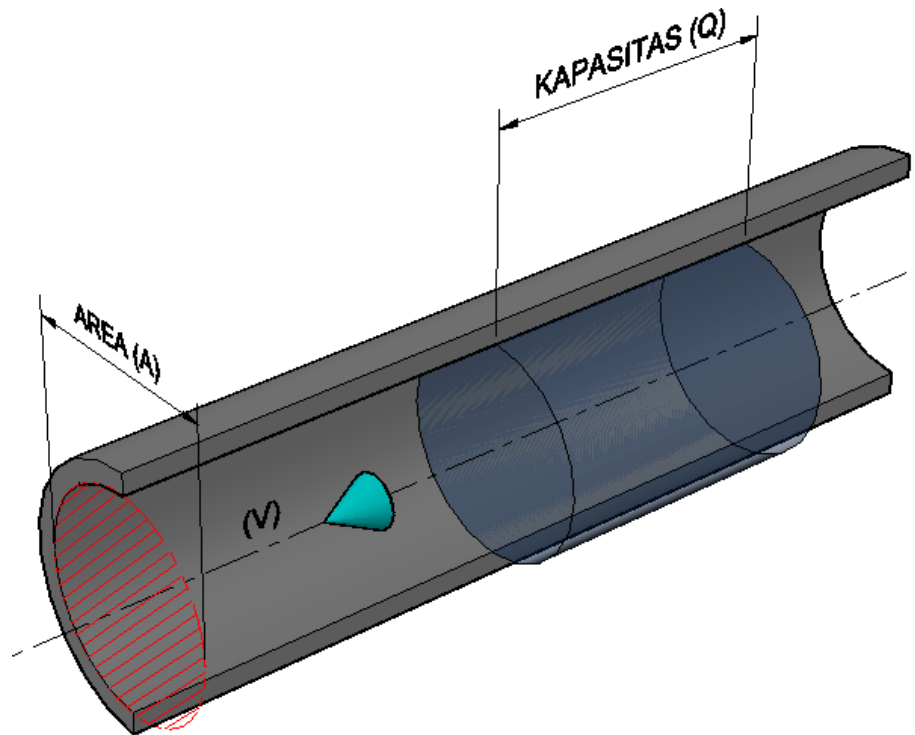
$$Q = V \times A \dots \dots \dots \text{Rumus 2.11 Persamaan Kontinuitas}$$

Dimana :

Q = Debit (m^3/s)

V = Kecepatan aliran fluida (m/s)

A = Luas penampang pipa (m^2)



Gambar 2.9 Simulasi Persamaan Kontinuitas

Berikut merupakan keuntungan dan kelemahan dari beberapa karakteristik spesifikasi pipa saluran air.

Tabel 2.2 Jenis beserta keuntungan dan dan kelemahan bahan pipa

Jenis pipa	Keuntungan	Kelemahan
CIP	<ul style="list-style-type: none"> - Tahan terhadap karat dan kuat - Mudah dipotong - Mudah kontruksi 	<ul style="list-style-type: none"> - Lemah pada tekanan tinggi - memiliki bahan yang berat - terjadi korosi pada sambungan

	- Tersedia diameter 75 mm – 1500 mm	
DCIP	-Tahan terhadap karat dan kuat -Mudah dalam instalasi -Sambunganya bervariasi -Tahan benturan -Tersedia diameter 75 mm – 1500 mm	- memiliki bahan yang berat - untuk ukuran pipa besar, sulit memperbaiki dari dalam - terjadi korosi pada sambungan jika terjadi oksidasi - relatif mahal
GIP	-Kuat, ringan dan tahan karat -Tersedia diameter 0,5 – 6” -Lebih Tahan terhadap tekanan dan benturan -Harga relatif murah -Tidak perlu dijaga terhadap lepasnya sambungan (jika menggunakan las)	- membutuhkan sambungan yang lebih lentur - Membutuhkan banyak waktu untuk menyambung karena umumnya menggunakan pengelasan.
PVC	-Tahan terhadap karat -Sambungan lentur -Ringan dan mudah instalasi -Kekasaran dalam tidak berubah -Harganya relatif murah -Tersedia diameter 0,5 – 16” -Defleksi yang besar	- Lemah terhadap benturan pada suhu yang rendah - Lemah pada panas sinar ultraviolet - Membutuhkan sambungan yang lebih lentur

beberapa jenis sambungan yang digunakan pada pipa seperti pada katup, nosel (*nozzle*), flens (*flange*), belokan (*elbow*), peralatan (*equipment*) dan lain-lain. Sambungan pada komponen prpipaan dapat diklasifikasi seperti berikut:

1. Sambungan dengan cara pengelasan.
2. Sambungan dengan menggunakan ulir

3. Sambungan dengan cara menggunakan flens.

2.1.6.2. Pemilihan Katup (*Valve*)

Katup merupakan komponen mekanik yang paling penting digunakan dalam sistem instalasi perpipaan. Dalam proses operasi distribusi katup mempunyai peranan sebagai pengatur tekanan, kecepatan aliran fluida dan menahan arus balik. Berikut merupakan beberapa jenis katup beserta fungsinya secara umum.

Tabel 2.3 Jenis dan fungsi katup

Jenis katup	Fungsi
<i>Gate valve</i>	Pengaturan dengan bukaan penuh dan tertutup penuh
<i>Ball valve</i>	Digunakan untuk pengaturan pada aliran fluida gas
<i>Check valve</i>	Berfungsi untuk mencegah arus balik, hanya satu arah aliran
<i>Safety valve</i>	Berfungsi sebagai pengaman tekanan fluida
<i>Globe valve</i>	Digunakan untuk pengaturan besar kecilnya aliran
<i>Plug valve</i>	Digunakan pada fluida yang lebih kental
<i>Butterfly valve</i>	Digunakan untuk pengaturan dengan fluida tekanan rendah
<i>Foot valve</i>	Untuk mencegah arus balik pada ujung pipa

2.1.7. Metode Perancangan *French*

Metode perancangan *French* pertama kali dikemukakan oleh *Michael J. French* tepatnya pada tahun 1971. dalam bukunya yang berjudul “*Conceptual Design for Engineers*” mendefinisikan bahwa desain merupakan semua proses konsep, visualisasi, kalkulasi, dan penyusunan. Menurut (Muhammad Zulkarnain

& Ganda Sirait, 2020) perancangan sebuah alat merupakan kegiatan menciptakan konsep desain hingga tahapan pembuatan rakitan yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Metode *French* dinilai mampu menyediakan pilihan variasi desain yang lebih efisien pada perancangan produk yang memiliki Batasan terhadap setiap variasinya. Berikut adalah tahapan perancangan dengan metode (French, 1999).

1. Analisis masalah

Pada fase analisis masalah dilakukan identifikasi masalah dan kebutuhan yang diinginkan. Terdapat 3 elemen penting pada pernyataan masalah yaitu permasalahan desain, Batasan persyaratan desain, dan solusi yang di berikan.

2. Konsep desain

Bagian ini menghasilkan solusi yang lebih luas dan mengidentifikasi kebutuhan yang harus dipenuhi pada sebuah konsep desain.

3. Penegasan konsep

Fase ini merupakan perwujudan skema desain (*embodiment of schemes*) yang terpilih dari beberapa variasi konsep dan dijabarkan secara detail.

4. Pendetailan konsep

Pada bagian terakhir menghasilkan gambar kerja dan *bill of material* yang dilakukan menggunakan komputer untuk mengurangi kemungkinan kesalahan.

2.1.8. Metode *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA)

DFMA merupakan metode desain perancangan dengan tujuan utama memudahkan proses manufaktur dan proses perakitan beberapa komponen untuk menjadi satu kesatuan produk. Metode DFMA dikembangkan untuk membantu

para insinyur dalam mengevaluasi perakitan dan kemampuan manufaktur untuk bantuan pengembangan produk (Naiju, 2016). Metode DFMA telah digunakan terutama untuk produk yang dibuat dari beberapa komponen dan dirakit dengan teknologi yang sama (yaitu, dibaut, dilas) (Giovanni Formentini et al., 2022). Metode ini dapat dikelompokkan ke dalam kategori yang berbeda yaitu kualitatif dan kuantitatif. Suatu metode dianggap kuantitatif ketika menyediakan angka dan indikasi untuk mengevaluasi hasil akhir suatu produk dari sudut pandang perakitan dan manufaktur. Pada metode kualitatif biasanya memberikan saran desain, aturan, dan pedoman tanpa mengadopsi metrik numerik.

Pada analisis DFMA input yang paling banyak digunakan untuk indeks DFMA adalah waktu perakitan, biaya material, dan jumlah suku cadang. Indeks skor pada DFMA khusus nya untuk metode kuantitatif memiliki dasar yang sama, yaitu memberikan skor berdasarkan parameter produk yang diidentifikasi (data input). Menurut jenis parameter dan metode yang dikembangkan, indeks DFMA dapat memiliki arti yang berbeda. Misalnya, pada indeks DFA paling populer dari pendekatan B&D (juga dikenal sebagai efisiensi desain) dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$E = 3 \times NM / TM \dots \dots \dots \text{Rumus 2.12 DFA Indeks}$$

Dimana :

NM = Jumlah total banyannya komponen yang dibutuhkan secara teoritis

TM = Jumlah total waktu operasi *handling* dan *insetion*

Tabel 2.4 Analisis DFA

Nomor komponen	Banyaknya komponen	Kode <i>handling</i>	Waktu <i>Handling</i>	Kode <i>insertion</i>	Waktu <i>insertion</i>	Waktu operasi (2)((4)+(6))	Biaya operasi	Komponen yang dibutuhkan secara	Nama Perakitan
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1									
2									
3									
N									
Jumlah						TM	CM	NM	$E = 3 \times NM/TM$

Sumber: Boothroyd G., Dewhurst D., dan Knight W., 1994

2.1.8.1. Design for Manufacture (DFM)

Design for Manufacture (DFM) adalah suatu proses perancangan dengan mempertimbangkan tahapan dan proses-proses yang akan digunakan dalam membuat suatu produk dan memastikan bahwa biaya manfktur nya diperkecil.

2.1.8.2. Design for Assembly (DFA)

Design for Assembly (DFA) merupakan suatu proses perancangan untuk menyederhanakan dan memperbaiki desain produk dengan tujuan agar biaya perakitanya lebih rendah dan mudah untuk dirakit tanpa mengurangi kualitas suatu produk.

2.2. Penelitian Terdahulu

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu

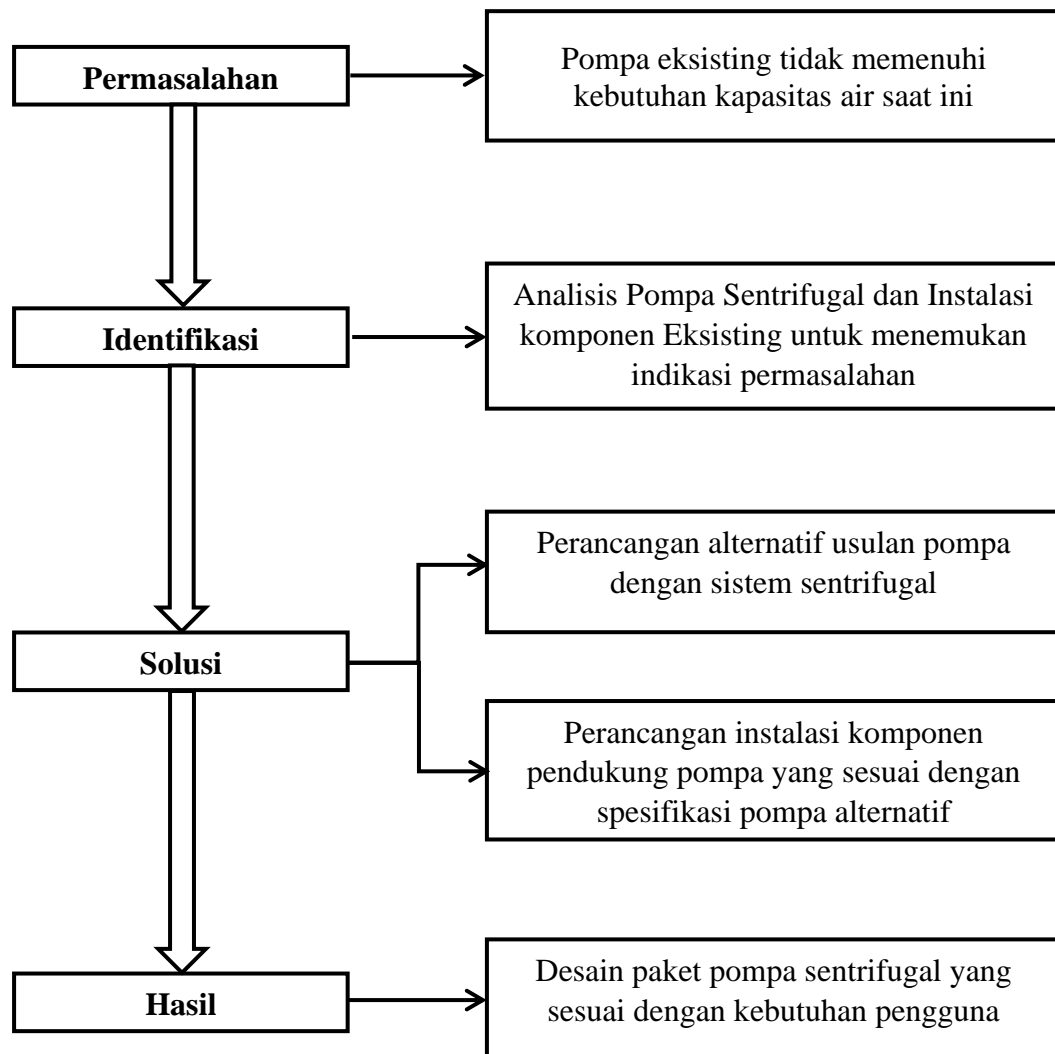
1	Judul Penelitian	Perancangan Pompa Sentrifugal Untuk <i>Water Treatment Plant Kapasitas 0.25 m³/s</i> Pada Kawasan Industri Karawang
	Nama Peneliti	Sorimuda Harahap & Muhammad Iqbal Fakhruddin (2018)
	Metode	<i>French</i>
	Hasil Penelitian	Menghasilkan pompa sentrifugal dengan spesifikasi Kapasitas 0.25 m ³ /s, <i>head</i> 90 m, Putaran 1450 rpm dan daya poros 245,25 kW. Kapasitas pompa berada pada titik 0 maka head pompa akan berada pada titik tertingginya, dan apabila kapasitas pompa semakin bertambah besar, maka <i>head</i> akan mengalami penurunan, dan daya yang digunakan cepat naik, dan apabila kapasitas melewati batas standar spesifikasi pompa yang sudah ditentukan tentu pompa akan mengalami penurunan efisiensi.
2	Judul Penelitian	<i>Review of Flow Distribution Network Analysis for Discharge Side of Centrifugal Pump</i>
	Nama Peneliti	Satish M. Rajmane & Dr. S. P. Kallurkar (2015)
	Metode	<i>Computational Fluid Dynamic (CFD)</i>
	Hasil Penelitian	Analisis <i>Computational Fluid Dynamics</i> digunakan untuk memperkirakan <i>headlosses</i> pada sambungan tee yang terdapat pada <i>manifold</i> . Koefisien kerugian sambungan yang dihasilkan telah menunjukkan ketergantungan yang kuat pada kecepatan aliran pada bilangan <i>Reynolds</i> yang rendah.
3	Judul Penelitian	<i>Centrifugal Pump Performance Characteristics For Domestic Application</i>
	Nama Peneliti	Aisyah Jilani & Akhtar Razali (2018)
	Metode	Kuantitatif
	Hasil Penelitian	Pengamatan eksperimental menunjukkan bahwa pompa berkecepatan konstan memiliki tekanan air yang tinggi terutama untuk kebutuhan air yang rendah dan menurunkan umur pompa karena terlalu banyak bekerja dan menyebabkan kebocoran pipa karena tekanan berlebih yang disebabkan oleh permintaan air yang berfluktuasi di dalam rumah. Sistem kecepatan

		konstan telah melayani area industri dan perumahan dengan baik selama bertahun-tahun, tetapi peningkatan teknologi meningkat seperti halnya tagihan utilitas energi konsumen. Oleh karena itu, diperlukan lebih banyak eksperimen untuk memperpanjang umur pompa.
4	Judul Penelitian	<i>The Manufacturing Planning of Installation Series-Parallel Combination Centrifugal Pump Testing Equipment</i>
	Nama Peneliti	Rizky Dwi Jayanto, Edi Widodo, Rachmat Firdaus & Ali Akbar (2021)
	Metode	Kuantitatif
	Hasil Penelitian	Hasil dari perubahan mekanisme pompa sentrifugal yang didapatkan dinyatakan baik, hal tersebut telah dibuktikan dari hasil yang didapatkan dari pengamatan proses uji eksperimen serta hasil perhitungan analisis pada penilitan. Didapatkan perolehan desain yang lebih mudah dalam proses pemindahan dari rangkaian seri ke paralel atau sebaliknya.
5	Judul Penelitian	<i>Design of Water Hammer Shock Absorber</i>
	Nama Peneliti	Sarah Mugbil Aldossary, Malak Abdullah Alnowaiser & Ghadeer Khalid AlMuslim (2021)
	Metode	Kuantitatif
	Hasil Penelitian	Desain ini memiliki banyak keuntungan dalam hal keamanan dan ekonomi karena ekonomis dalam pembuatan dan perawatannya. Secara keseluruhan, tujuan dari sistem telah tercapai dengan sukses. Dalam proyek ini, kami melakukan perhitungan matematis untuk mengukur kerugian gesekan pada pipa PVC, siku, bagian tee untuk memperkirakan panjang dan jumlah lilitan pada kumparan. Sistem melakukan empat pengujian untuk mengamati perbedaan tekanan yang disebabkan oleh efek palu air.
6	Judul Penelitian	<i>Design Process Of DME Storage System As Assembly Parts Or Maintenance Spare Parts Inventory In Offshore Oil Drilling Piping System</i>
	Nama Peneliti	Sally Cahyati & Daniel Rizky Mahendra (2021)
	Metode	French & DFMA
	Hasil Penelitian	- Dalam perancangan sistem penyimpanan Discharge Manifold `Equipment (DME), terdapat beberapa

		<p>kesimpulan. Pertama, proses desain telah menghasilkan desain penyimpanan DME dengan sistem rak jenis DME semi-otomatis. Penempatan DME dikelompokkan menurut jenis DME di setiap rak. Penyimpanan ini memiliki dimensi rak 2000 mm x 2000 mm x 1720 mm dari bahan berongga persegi 80 x 80 x 2,5 mm yang berukuran 10 kaki, sistem penyimpanan mampu menampung 1174 kg seperti daftar kebutuhan.</p> <p>- Kemudian, sistem penyimpanan DME menggunakan semi otomatis dengan piston hidrolik berdiameter 2 inci dengan tekanan 800 psi dan rel geser 4 buah dengan daya 1687 N/pasangan dan panjang lintasan 660 mm yang dikendalikan oleh katup pengarah yang digerakkan tuas. Sirkuit hidrolik dibatasi sesuai permintaan pelanggan dengan memanfaatkan sumber Powerpack yang memiliki tekanan minimal 3000 psi dan dapat diubah menjadi 1000 psi secara seri dengan pemasangan katup pelepas tekanan sehingga kompatibel untuk penyimpanan DME baik di lokasi dan di halaman</p>
7	Judul Penelitian	Pengembangan Produk <i>Wastafel Portable</i> Secara Manual Dengan Metode <i>Design For Manufacture And Assembly</i> (DFMA)
	Nama Peneliti	Moh Emil Nazarudin Fauzi & Akmal Suryadi (2021)
	Metode	DFMA
	Hasil Penelitian	Berdasarkan penelitian ini didapatkan pengembangan produk <i>wastafel portabel</i> _alternatif terbukti memiliki harga yang lebih murah daripada produk eksisting. Harga produk eksisting adalah Rp. 645.000,00 dan produk <i>wastafel portabel</i> alternatif adalah Rp. 570.000,00 dengan selisih harga Rp. 75.000,00. Pada produk eksisting diperlukan listrik untuk menghidupkan pompa air dan tidak <i>portable</i> sedangkan pada produk alternatif bisa diletakan diluar ruangan, hemat listrik dan <i>adjustable</i> . Total waktu pembuatan produk <i>wastafel portabel</i> alternatif ini yaitu 65 menit dengan rincian 59 menit digunakan pada proses operasi dan waktu 6 menit sisanya digunakan pada proses inspeksi.

2.3. Kerangka Pemikiran

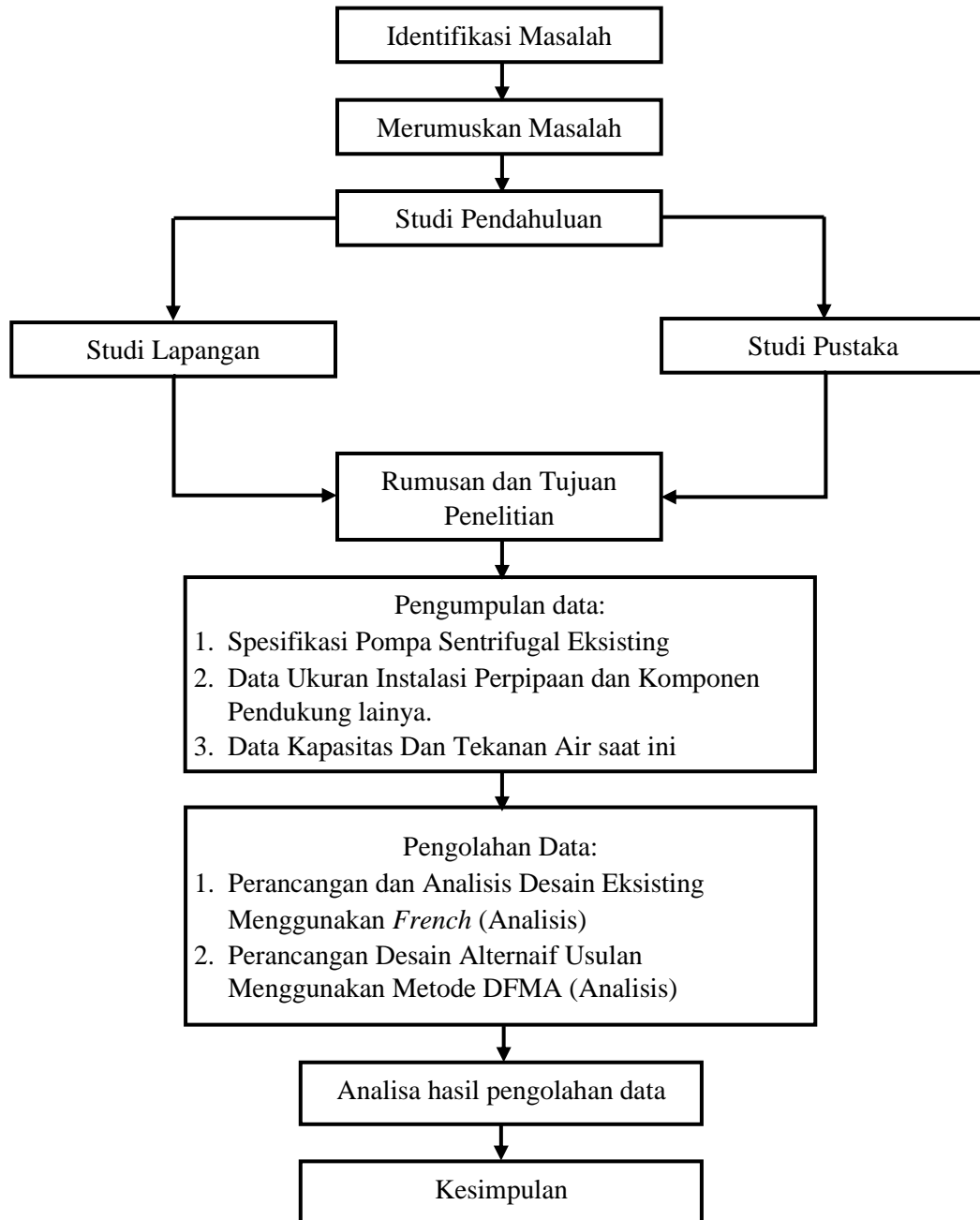
Untuk memperjelas penelitian ini, peneliti mengembangkan kerangka pemikiran. Berikut ini adalah bentuk kerangka berpikir yang dapat dilihat dari bagan di bawah ini:



Gambar 2.10 Kerangka Berpikir

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Desain Penelitian



Gambar 3.1 Desain Penelitian

3.2. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel bebas (independen) dan variabel terikat (dependen). Adapun variable independen dalam penelitian ini adalah sistem instalasi distribusi air dan variable dependen dari penelitian ini adalah paket pompa sentrifugal.

3.3. Populasi dan Sampel

3.3.1 Populasi

Populasi adalah jumlah lengkap unit atau orang yang kualitasnya akan dieksplorasi. Populasi dari penelitian ini adalah Debit air pada setiap cabang pipa keluaran.

3.3.2 Sampel

Sampel adalah teladan sangat penting bagi masyarakat yang kualitasnya akan dieksplorasi. Teknik pengambilan sampel dari penelitian ini adalah *purposive sampling*, yaitu sampel dipilih sesuai dengan kebutuhan dalam perancangan pompa sentrifugal.

3.4. Teknik Pengumpulan Data

Pemilahan informasi merupakan cara dan upaya untuk mengumpulkan informasi yang dapat digunakan sebagai data mengenai subjek. Strategi pada berbagai informasi yang akan digunakan dalam siklus eksplorasi pada penelitian ini adalah:

1. Wawancara

Wawancara dilakukan untuk mendapatkan informasi terkait indikasi bertambahnya kebutuhan kapasitas air seperti data pertambahan jumlah penduduk, perluasan wilayah perkebunan dan entitas lainnya. Wawancara ini ditujukan langsung kepada pemilik perkebunan serta penduduk setempat.

2. Observasi

Observasi ini bertujuan untuk mengetahui dan memahami kondisi aktual eksisting pompa dan instalasi menggunakan flow meter dan divalidasi dengan menggunakan persamaan *Darcy Weibach*. Berikut merupakan data instalasi dan spesifikasi pompa sentrifugal eksisting:

3.5. Teknik Analisis Data

Selanjutnya data yang telah didapatkan dari hasil wawancara dan observasi akan dijadikan dasar perancangan, oleh sebab itu diperlukan prosedur tahapan-tahapan dalam menganalisis data seperti berikut:

1. Menentukan parameter dasar perancangan

Pada tahap ini akan dilakukan penentuan parameter dasar melalui perhitungan dengan menggunakan persamaan untuk menghasilkan data-data perencanaan lanjutan.

2. Analisis dan perancangan metode *French* desain alternatif

Berdasarkan hasil parameter yang sudah ditentukan, kemudian nilai-nilai tersebut akan digunakan sebagai dasar dalam menentukan suatu geometri desain yang sesuai spesifikasi kebutuhan.

3. Analisis DFMA desain eksisting

Pada fase ini dilakukan identifikasi komponen menggunakan *Bill of Material*. kemudian data yang didapatkan akan diolah menggunakan analisis *DFA* dengan tujuan mengetahui perkiraan jumlah komponen, waktu dan biaya *assembly*, sebagai parameter perhitungan indeks efisiensi desain.

4. Analisis DFMA desain alternatif

pada tahap analisis *DFA* pada desain alternatif terdapat langkah awal dalam pemilihan komponen yang dilandasi pada acuan kriteria perancangan, hal tersebut bertujuan untuk mengeliminasi dan mensubsitusikan komponen yang kurang tepat pada kondisi eksisting.

5. Analisis dan pemilihan desain

Setelah didapatkan hasil desain yang ditentukan berdasarkan analisis *French* dan DFMA, selanjutnya dilakukan perbandingan spesifikasi dan indeks efisiensi desain antara desain eksisting dan alternatif. Hal ini dilakukan bertujuan untuk mendapatkan hasil desain yang lebih optimal.

3.6. Lokasi dan Jadwal Penelitian

3.6.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di wilayah Perkebunan Marina yang berada pada kawasan perkebunan Tanjung Riau, Kecamatan Sekupang, Kota Batam, Kepulauan Riau dengan koordinat $1^{\circ}0,4'13''\text{U}$ $103^{\circ}56'41''\text{T}$. Berikut dibawah ini merupakan gambar denah lokasi penelitian.



Gambar 3.1 *Layout* Lokasi Penelitian

3.6.2. Jadwal Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan september 2022 sampai bulan januari 2023. Jadwal perencanaan dapat dilihat pada tabel berikut:

