

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).

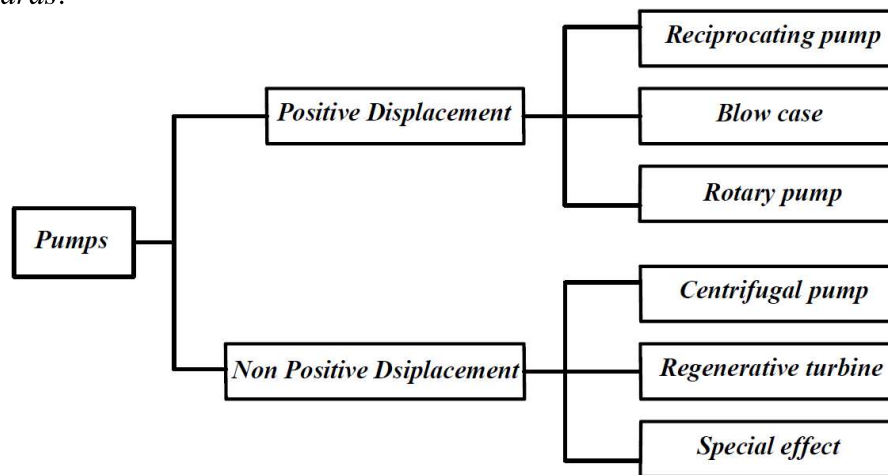
Secara umum pompa memiliki beberapa kegunaan utama yaitu sebagai berikut :

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

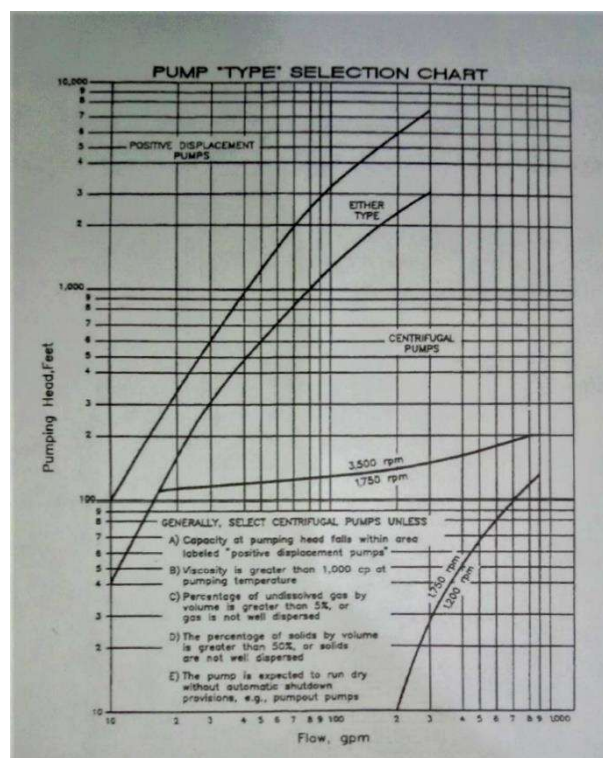
2.1.2.1. Pompa Jenis Perpindahan Positif

Pompa perpindahan positif merupakan pompa yang menghasilkan kapasitas sama dengan silkus 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.

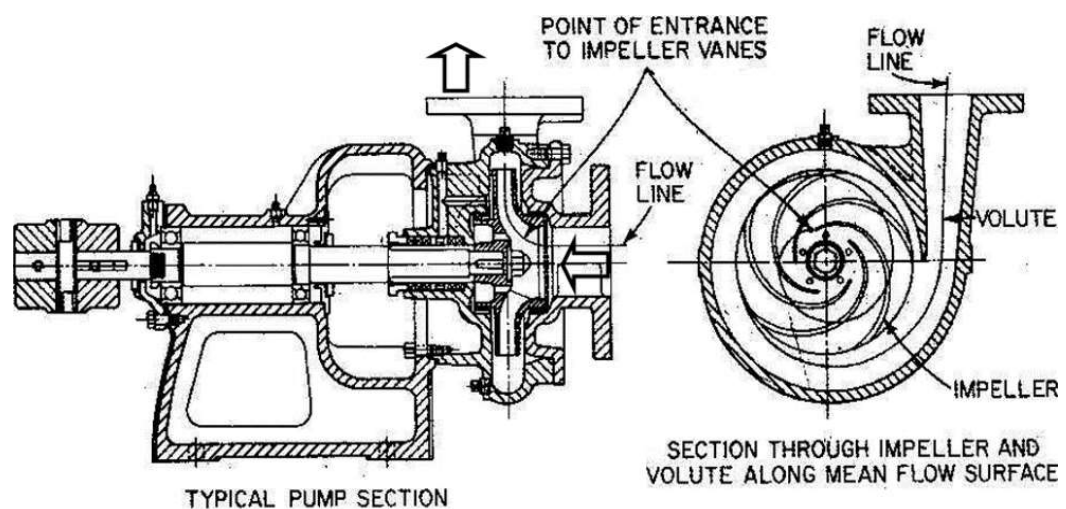


Gambar 2.2 Diagram Pemilihan Jenis Tipe Pompa

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

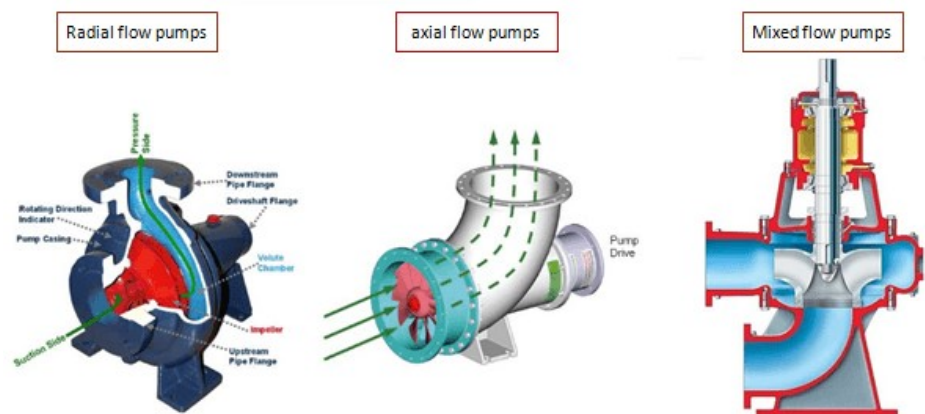
Pada pompa ini, arah aliran saat keluar dari impeler mengarah tegak lurus terhadap poros pompa

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

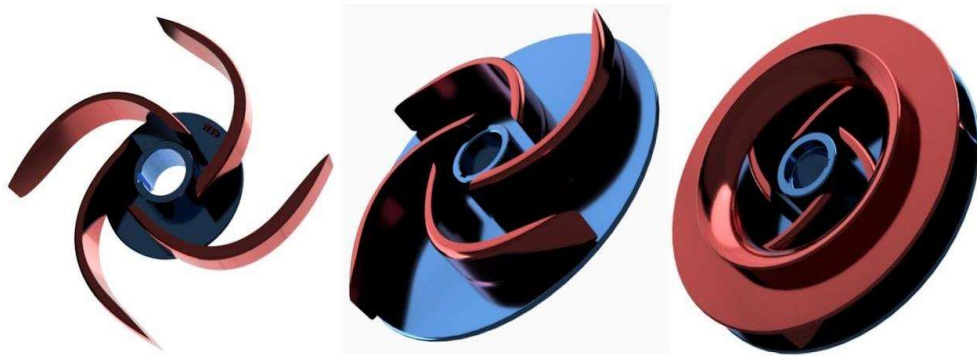
Pada impeler jenis ini, sisi bagian sudu-sudu tertutup diantara dua dinding yang menjadi satu kesatuan. Tipe impeler ini sangat cocok digunakan untuk cairan yang benar-benar bersih dan tidak memiliki zat padat.

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

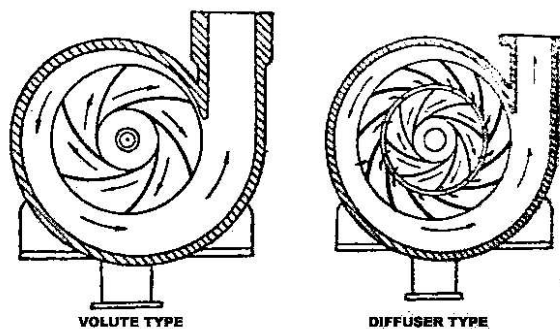
Jenis Rumah pompa diklasifikasi berdasarkan bentuknya dan dibagi menjadi 2 macam seperti berikut:

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

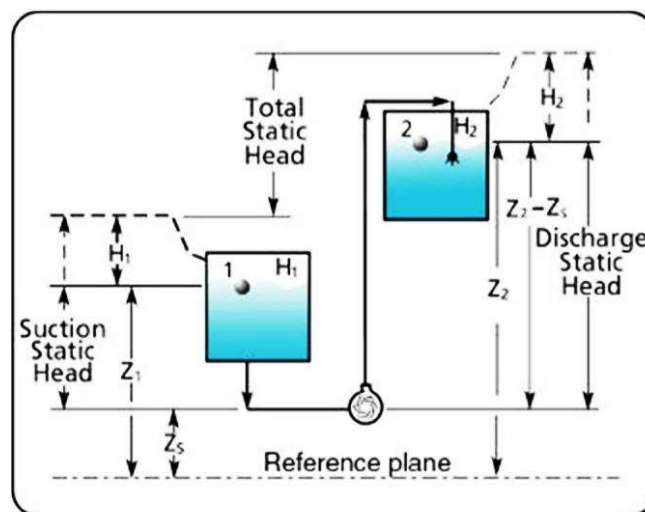
Pompa tipe ini hanya memiliki satu buah impeler sehingga tekanan yang dihasilkan relatif lebih rendah.

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

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

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:

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

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:

$$\Delta h_p =$$

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

Dimana :

$$\Delta h_p = \text{Head tekanan (m)}$$

$$P_d = \text{Tekanan sisi tekan / discharge (m)}$$

$$P_s = \text{Tekanan pada sisi hisap / suction (m)}$$

$$\gamma = \text{Berat jenis air (N/m}^3\text{)}$$

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 :

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

Dimana :

$$H_l = \text{major headloss (m)}$$

$$f = \text{koefisien faktor gesekan (m)}$$

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 :

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

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.

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

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 impeller 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) = $2\pi n$

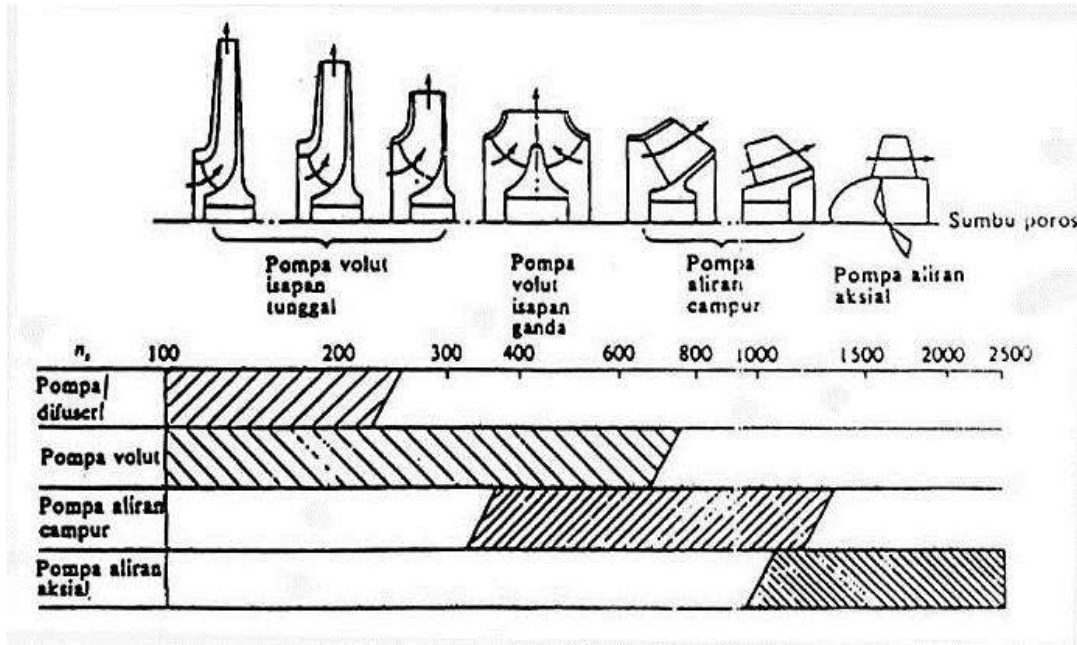
Q = Kapasitas fluida (m^3/s)

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 <i>francis</i>	36- 80
<i>Impeller</i> tipe campuran	80- 160
<i>Impeller</i> tipe aksial	160- 400

Gambar dibawah merupakan penentu 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)

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

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:

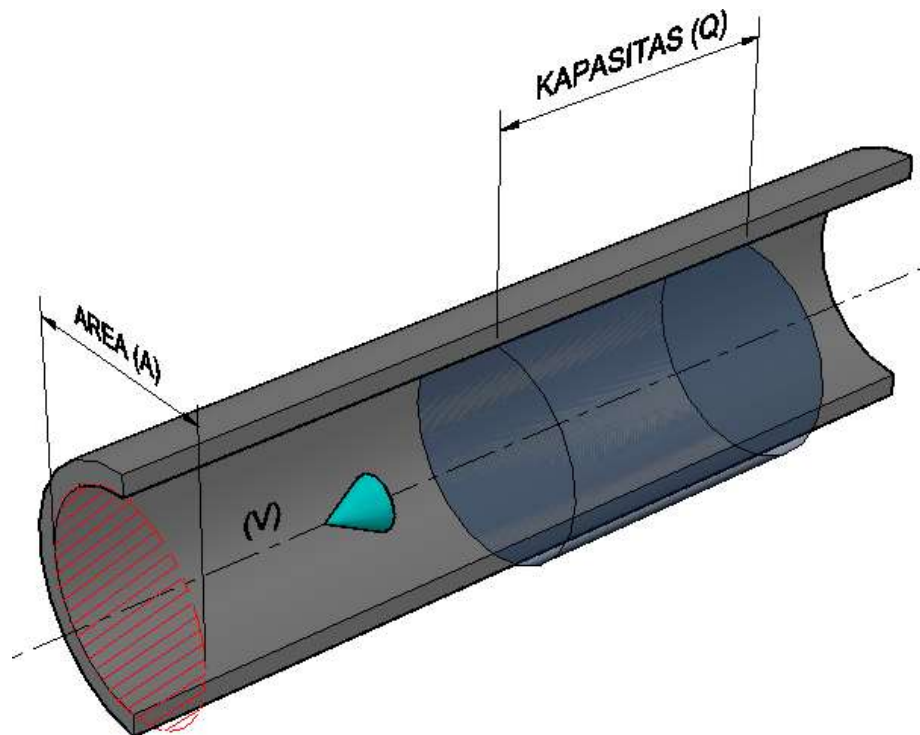
$$Q = V \times A \dots \dots \dots \text{Rumus 2.11 Persamaan Kontinuitas}$$

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 -Sambungannya 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

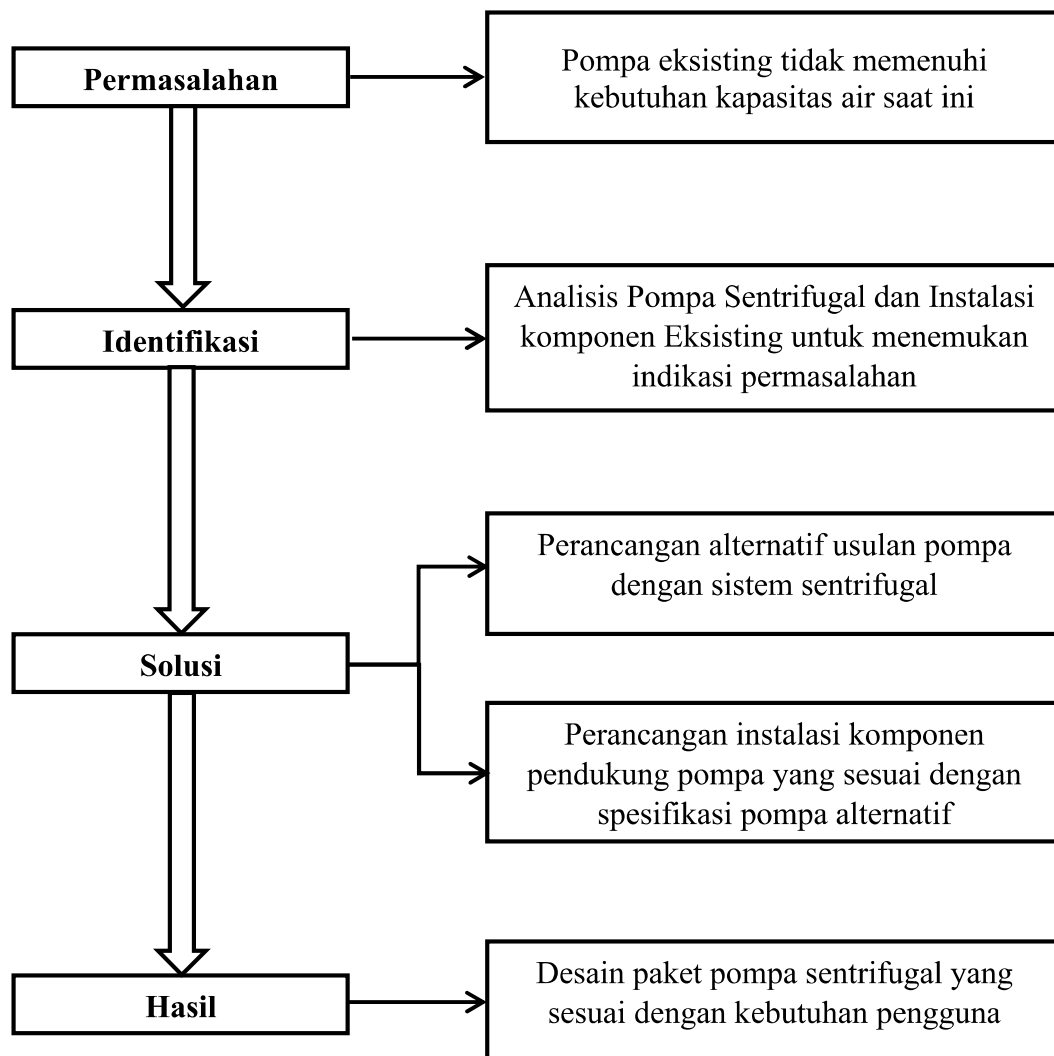
1	Judul Penelitian	Perancangan Pompa Sentrifugal Untuk <i>Water Treatment Plant</i> Kapasitas 0.25 m ³ /s Pada Kawasan Industri Karawang
	Nama Peneliti	Sorimuda Harahap & Muhammad Iqbal Fakhrudin (2018)
	Metode	<i>French</i>
	Hasil Penelitian	Menghasilkan pompa sentrifugal dengan spesifikasi Kapasitas 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 <i>head</i> 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