

ANALISIS UNJUK KERJA POMPA SENTRIFUGAL  
DENGAN VARIASI HEAD

Sunarno

<sup>1</sup> Dosen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Tama Jagakarsa, Jl. TB Simatupang No. 152  
Tanjung Barat – Jakarta Selatan , 12530

[5un2rn0@gmail.com](mailto:5un2rn0@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-5484-4052>

Matius Andri Yansen Jalus

<sup>2</sup> Mahasiswa Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Tama Jagakarsa, Jl. TB Simatupang No.  
152 Tanjung Barat – Jakarta Selatan , 12530

ABSTRAK

Pompa Sentrifugal merupakan salah satu jenis pompa yang mempunyai lingkup penggunaan yang sangat luas terkait dengan head dan kapasitas yang dihasilkan. Pada kesempatan ini penulis mencoba memaparkan hasil penelitian tentang unjuk kerja pompa sentrifugal bila dilakukan variasi sudut bukaan katup (*valve*) pada pompa sentrifugal akan menghasilkan head. Sudut bukaan katup (*valve*) dimaksudkan untuk mengetahui peningkatan performance pompa yang terjadi akibat pembukaan sudut katup (*valve*). Menambah bukaan katup (*valve*) pompa sangat berpengaruh terhadap kapasitas aliran air yang dihasilkan, hal ini juga akan mempengaruhi kerja pompa, kecepatan spesifik, daya dan efisiensi pompa. Sehingga dapat diperoleh titik kerja pompa sentrifugal dengan Kapasitas(Q) 0,017m<sup>3</sup>/s, Head (H) 16,1 m, Daya (P) 176 watt, hal ini dapat terlaksana bila diikuti penambahan daya dari motor penggerakannya. Hasil penelitian dari head pompa yang diperoleh cukup tinggi sehingga dapat menentukan daya yang dibutuhkan pompa dengan kapasitas yang tinggi, kecepatan aliran pada pipa hisap dan pipa tekan adalah berdasarkan kapasitas dan diameter pipa. sehingga dari hasil ini kita dapat menentukan kerugian – kerugian yang terjadi pada pipa.

**Kata kunci:** Pompa Sentrifugal, Kapasitas pompa, *Head* dan Daya.

ABSTRACT

*Centrifugal pumps are one type of pump that has a wide range of applications in terms of the generated head and capacity. In this study, the author aims to present the results of research on the performance of a centrifugal pump when varying the valve opening angle. The valve opening angle is intended to determine the increase in pump performance resulting from the valve opening angle. Increasing the valve opening angle has a significant impact on the produced water flow capacity, which also affects the pump's performance, specific speed, power, and efficiency. Thus, it is possible to determine the operating point of the centrifugal pump with a capacity (Q) of 0.017 m<sup>3</sup>/s, head (H) of 16.1 m, power (P) of 176 watts, provided that additional power is supplied from the driving motor. The research results indicate a sufficiently high pump head, enabling the determination of the power required for a high capacity pump. The flow velocity in the suction and discharge pipes depends on the capacity and pipe diameter, which allows for identifying the losses occurring in the pipes.*

*Keywords: Centrifugal Pump, Pump Capacity, Head, and Power.*

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pompa merupakan salah satu komponen yang paling penting dalam hal pendistribusian cairan (terutama air). Pompa adalah suatu peralatan mekanik yang digunakan untuk mengalirkan suatu cairan dari suatu tempat ketempat yang lain dengan menggunakan media berupa pipa.

Menurut Ling Mustain (2020), pada prinsipnya pompa menguba energi mekanik motor menjadi energi aliran cairan. Energi tang diterima

oleh fluida akan digunakan untuk menaikkan tekanan dan mengatasi tahanan-tahanan yang terdapat pada saluran yang dilalui.

Pompa yang sering digunakan dalam pendistribusian air (cairan) adalah pompa sentrifugal. Pompa sentrifugal adalah suatu mesin yang digunakan untuk memindahkan fluida dengan cara putaran (menaikkan tekanan dengan gaya sentrifugal) dan fluida keluar secara radial melalui impleller. Dalam memompa cairan, pompa sentrifugal memiliki peranan yang amat penting,

karena paling banyak penggunaannya dan mempunyai bentuk yang sederhana, pengoprasianya lebih muda dan harga yang *relatife* murah. Karena banyaknya penggunaan tersebut, maka dibutuhkan pompa sentrifugal yang unjuk kerjanya maksimum.

Menurut (Sigit Nugroho, Wibawa.E.J, Dwi Aries Himawanto 2014:05) bahwa dalam pendistribusian air (cairan) penggunaan pompa sangat diperlukan untuk memenuhi kinerja dari pompa tersebut. Pompa sentrifugal juga merupakan salah satu jenis pompa yang banyak digunakan dalam industri untuk mengalirkan fluida dari satu tempat ke tempat lain. Pompa sentrifugal bekerja berdasarkan prinsip sentrifugal, di mana cairan masuk ke dalam pompa melalui bagian pusat (suction) dan kemudian dipaksa keluar melalui bagian luar (discharge) dengan bantuan impeller yang berputar.

Salah satu parameter penting dalam unjuk kerja pompa sentrifugal adalah head. Head merupakan perbedaan tinggi antara level cairan pada bagian suction dengan bagian discharge. Head ini sangat mempengaruhi kemampuan pompa untuk mengalirkan cairan, dengan semakin tinggi head, semakin besar tekanan yang dibutuhkan oleh pompa.

Selain itu masalah yang sering dihadapi dari pompa sentrifugal ini adalah perawatan pompa tersebut sehingga mengakibatkan kecepatan, daya, dan peforma kerja yang kurang efesien. Dengan merubah variasi *head* pompa yang beraturan maka akan menghasilkan kecepatan, daya, dan aliran akan maksimal. *Head* pompa adalah energi yang diberikan oleh pompa kecairan yang dipompakan sehingga cairan dapat berpindah dari suatu tempat ke tempat yang lain.

Pada penelitian yang dilakukan Wahyu Djalmono Putro (2010:05), tentang pengujian kinerja pompa sentrifugal menggunakan kontrol *inverter* menunjukkan bahwa unjuk kerja pompa sentrifugal sangat valid dan dapat diandalkan, karena hasil pengukurannya mendekati sama dengan spesifikasi pompa keluaran pabrik, meskipun tampak sedikit ada perbedaan.

Analisis unjuk kerja pompa sentrifugal dengan variasi head memiliki tujuan untuk mengevaluasi bagaimana kinerja pompa berubah seiring dengan perubahan head yang diberikan. Dalam analisis ini, variasi head dapat dicapai dengan memodifikasi parameter seperti kecepatan putaran pompa, ukuran impeller, atau menggunakan valve untuk mengatur tekanan.

Dalam analisis unjuk kerja pompa sentrifugal dengan variasi head, beberapa parameter yang umumnya diamati antara lain:

- **Curva Karakteristik Pompa:** Memperlihatkan hubungan antara head dan laju aliran (flowrate) yang dihasilkan oleh pompa. Curva ini memberikan informasi tentang performa pompa

dalam berbagai kondisi operasional dan digunakan sebagai acuan dalam pemilihan pompa yang sesuai dengan kebutuhan sistem.

- **Efisiensi Pompa:** Menggambarkan seberapa efisien pompa dalam mentransfer energi dari input (misalnya tenaga listrik) menjadi output (energi kinetik cairan). Efisiensi ini dapat dipengaruhi oleh variasi head dan biasanya dinyatakan dalam persentase.
- **Daya Pompa:** Merupakan energi yang dikonsumsi oleh pompa dalam proses mengalirkan cairan. Daya ini juga dapat dipengaruhi oleh variasi head, dan sering diukur dalam satuan watt (W) atau horse power (HP).

Melalui analisis unjuk kerja pompa sentrifugal dengan variasi head, kita dapat mendapatkan wawasan yang lebih baik tentang performa pompa dalam berbagai kondisi operasional. Informasi ini penting dalam pemilihan dan pengoperasian pompa yang efisien, serta untuk memastikan kelancaran sistem perpipaan dalam industri maupun aplikasi lainnya.

Pada penelitian ini penulis mencoba menganalisa pompa dengan variasi *head* pompa. Variasi ini diharapkan dapat meningkatkan *performence* pada pompa sentrifugal sebagaimana yang dihasilkan untuk penelitian dengan unjuk kerja pompa.

## B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka yang menjadi masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana aplikasi dari pompa sentrifugal dengan variasi *head* pompa?
2. Bagaimana kecepatan dan banyaknya debit air yang harus disediakan agar dapat memenuhi setiap kebutuhan penggunaan air?

## TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pompa

Pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari daratan rendah ke daratan tinggi atau untuk mengalirkan cairan dari daerah bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpipaan. Hal ini dicapai dengan membuat suatu tekanan rendah pada sisi masuk atau suction dan tekanan yang tinggi pada sisi keluar atau discharge dari pompa. Pada prinsipnya, pompa mengubah energi mekanik motor menjadi energi aliran fluida. Energi yang diterima oleh fluida akan digunakan untuk menaikkan tekanan dan mengatasi tahanan-tahanan yang terdapat pada saluran yang dilalui.

Pompa juga dapat digunakan pada proses-proses yang membutuhkan tekanan hidraulik yang besar. hal ini bisa dijumpai antara lain pada

peralatan- peralatan berat. dalam operasi, mesin- mesin peralatan berat membutuhkan tekanan discharge yang besar dan tekanan hisap yang rendah. akibat tekanan yang rendah pada sisi hisap pompa maka fluida akan naik dari kedalaman tertentu, sedangkan akibat tekanan yang tinggi pada sisi.

## B. Pompa Sentrifugal

Menurut Saputra (2020) “pompa sentrifugal adalah salah satu mesin yang digunakan untuk memindahkan fluida dengan cara putaran (menaikkan tekanan dengan gaya sentrifugal) dan fluida keluar secara radial melalui impeller”. Salah satu jenis pompa kerja dinamis adalah pompa sentrifugal yang prinsip kerjanya mengubah energi *kinetic* (kecepatan) cairan menjadi energi potensial melalui suatu impeller yang berputar dalam casing. gaya sentrifugal timbul karena adanya gerakan berputar sebuah benda atau partikel yang melalui lintasan lengkung (melingkar).

### 1. Prinsip Kerja Dari Pompa Sentrifugal

Gaya sentrifugal bekerja pada impeller untuk mendorong fluida ke sisi luar sehingga kecepatan fluida meningkat. Kecepatan fluida yang tinggi diubah oleh casing pompa menjadi tekanan atau *head* cairan dipaksa menuju sebuah impeller oleh tekanan. Baling-baling impeller meneruskan energi kinetik ke cairan, sehingga menyebabkan cairan berputar. Cairan meninggalkan impeller pada kecepatan tinggi. Impeller dikelilingi oleh volute casing atau dalam pompa yang digunakan cincin diffuser mengubah energi *kinetic* menjadi energi tekanan.

### 2. Kecepatan Spesifik

Kecepatan spesifik adalah suatu istilah yang dipakai untuk memberikan klasifikasi impeller yang berdasarkan prestasi proporsinya tanpa memperhatikan ukuran aktual dan kecepatannya dimana impeller-impeller itu beroperasi karena kecepatan spesifik itu adalah merupakan proporsi impeller. Kecepatan dari impeller adalah konstan terhadap hal sederetan impeller-impeller yang mempunyai sudut-sudut dan proporsi yang sama atau untuk salah satu porsi impeller yang beroperasi pada sembarang kecepatan.

Kecepatan spesifik didefinisikan sebagai kecepatan dalam putaran per menit, diman suatu porsi impeller akan beroperasi secara bersamaan, umumnya apabila diperkecil akan dapat memberikan kapasitas teruji (rating) sebesar satu GPM pada tinggi tekan total sebesar 1 feet.

Kecepatan spesifik diberi symbol (Ns) yang dinyatakan dengan persamaan:

$$Ns = \frac{n\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

Dimana:

n = putaran pompa (rpm)

Q = kapasitas pompa (l/m)

H = Head pompa (m)

## C. Head Pompa

Head Pompa merupakan energy persatu berat yang disediakan agar dapat mengalirkan zat cair yang diinginkan sesuai dengan kondisi instalasi pompa atau tekanan agar dapat mengalirkan sejumlah zat cair yang diperkirakan sesuai terhadap kondisi instalasi pompa, atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah zat air, pada umumnya dinyatakan panjang. Berdasarkan persamaan Bernauli, terdapat 3 jenis head (energi) fluida dari sistem instalasi aliran, adalah: energi tekanan, energi kinetik serta energi potensial. Hal ini dapat dinyatakan menggunakan rumus sebagai berikut (Mechanic : 2011) :

$$H = \frac{p}{\gamma} + Z + \frac{v^2}{2g}$$

H = head total pompa (m)

P = tekanan (m)

Z = statis total (m)

V = kecepatan (m)

## D. Tekanan Pompa

Tekanan dalam pompa adalah satu dari beberapa faktor yang palig penting untuk menentukan jenis dari tipe pompa (Nugroho, 2014:71) menghitung tekanan pompa dapat dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

Dimana :

P = tekanan (N/m<sup>2</sup> atau Pa)

F = gaya (N)

A = luas permukaan (m<sup>2</sup>)

Berdasarkan tekanan, pompa dibedakan tiga jenis tekanan pompa yang mana yaitu (mahardika, 2021:25)

1. Pompa tekanan rendah yaitu dibawah < 5 kg/cm<sup>2</sup>
2. Pompa tekanan sedang yaitu antara 5-50 kg/cm<sup>2</sup>
3. Pompa tekanan tinggi yaitu diatas > 50 kg/cm<sup>2</sup>

## E. Daya pompa

Daya pompa merupakan daya yang dibutuhkan poros pompa untk memutar impeller didalam memindahkan sejumlah fluida dengan kondisi yang diinginkan daya pompa dapat disebut juga sebagai besarnya energi persatuan waktu atau kecepatan melakukan kerja. Faktor yang perlu diperhatikan untuk menghitung daya pompa yaitu: berat jenis air, kekuatan hisap, kekuatan dorong, besarnya pipa hisap dan dorong, dan hambatan karena *fitting*.

Adapun rumus untuk menghitung daya pompa adalah:

$$N_p = \frac{0. H_p \cdot \rho \cdot g}{n_p} \text{ (w)} \quad (2.8)$$

Dimana:

$N_p$  = Daya

$Q$  = Kapasitas Pompa ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$\rho$  = masa jenis ( $\text{kg m}^3/\text{s}$ )

$N_p$  = efesiensi pompa

$g$  = gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

## F. Kavitasi Pompa

Sebagai pendekatan pompa, orang umumnya mengandaikan bahwa bila tekanan mutlak pada suatu titik dalam zat cair mencapai tekanan uap untuk temperatur bersangkutan, rongga-rongga dan gelembung-gelembung akan terbentuk, rongga-rongga ini akan mengandung uap fluida gas bebas. gejala pembentukan rongga dan pecahnya rongga itu disebut dengan kavitasi, kavitasi yang sudah membahayakan akan mengurangi untuk kerja pompa atau menambah rugi-rugi mekanik menjadi berisik, meningkatkan getaran dan mengerosikan logam dari *impeller*.

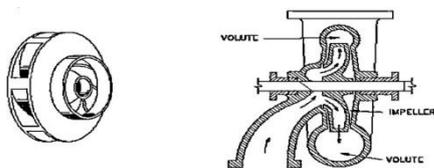
Akan ada sebagian titik dalam zat cair didalam pompa dimana tekanan minimum umumnya didaerah sparasi aliran dan begitu tekanan sekeliling berkurang, tekanan uap akan tercapai dan kavitasi dimulai dititik tersebut. Sehubungan dengan kondisi ini akan terjadi tekanan mutlak tetap dibagian muka masukan pompa untuk debit tertentu melalui pompa itu.

## G. Klasifikasi Pompa Sentrifugal

### 1. Menurut jenis aliran dalam impeller

- Pompa aliran radial

Pompa ini mempunyai konstruksi sedemikian sehingga aliran zat cair yang keluar dari impeler akan tegak lurus poros pompa (arah radial).



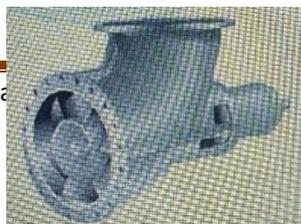
Gambar 1 Pompa aliran radial

- Pompa aliran campur

Aliran zat cair di dalam pompa waktu meninggalkan impeller akan bergerak sepanjang permukaan kerucut (miring) sehingga komponen kecepatannya berarah radial dan aksial.

- Pompa aliran aksial

Aliran zat cair yang meninggalkan impeller akan bergerak sepanjang permukaan silinder.

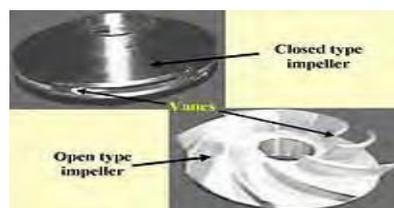


Gambar 2: Pompa aliran aksial

### 2. Menurut Jenis Impeler

- Impeler Tertutup

Sudu-sudu ditutup oleh dua buah dinding yang merupakan satu kesatuan, digunakan untuk pemompaan zat cair yang bersih atau sedikit mengandung kotoran.



Gambar 3 impeller

- Impeler setengah terbuka

Impeler jenis ini terbuka di sebelah sisi masuk (depan) dan tertutup di sebelah belakangnya. Sesuai untuk memompa zat cair yang sedikit mengandung kotoran misalnya : air yang mengandung pasir, zat cair yang mengauskan, slurry, dll.

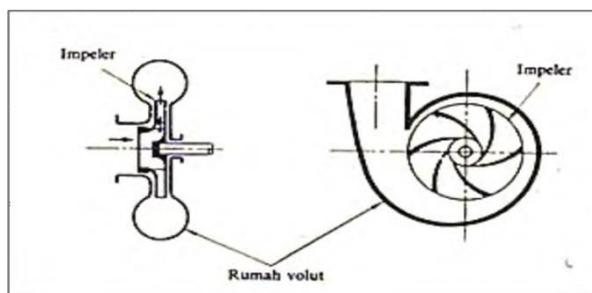
- Impeler terbuka

Impeler jenis ini tidak ada dindingnya di depan maupun di belakang. Bagian belakang ada sedikit dinding yang disisakan untuk memperkuat sudu. Jenis ini banyak digunakan untuk pemompaan zat cair yang banyak mengandung kotoran.

### 3. Menurut Bentuk Rumah

- Pompa volut

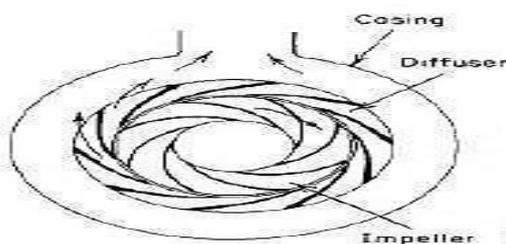
Bentuk rumah pompanya seperti rumah keong/siput (volute), sehingga kecepatan aliran keluar bisa dikurangi dan dihasilkan kenaikan tekanan.



Gambar 4 pompa flout

- Pompa diffuser

Pada keliling luar impeller dipasang sudu diffuser sebagai pengganti rumah keong.



Gambar 5: Pompa *diffuser*

- Pompa aliran campur jenis volute

Pompa ini mempunyai impeller jenis aliran campur dan sebuah rumah volut.

#### 4. Menurut jumlah tingkat

- Pompa satu tingkat

Pompa ini hanya mempunyai satu impeler. *Head* total yang ditimbulkan hanya berasal dari satu impeler, jadi relatif rendah.

- Pompa bertingkat banyak

Pompa ini menggunakan beberapa impeler yang dipasang secara berderet (seri) pada satu poros. Zat cair yang keluar dari *impeler* pertama dimasukkan ke impeler berikutnya dan seterusnya hingga *impeler* terakhir. *Head* total pompa ini merupakan jumlahan dari *head* yang ditimbulkan oleh masing masing *impeler* sehingga relatif tinggi.

#### 5. Menurut letak poros

- Poros mendatar (Horizontal)

Pompa ini mempunyai poros dengan posisi horizontal, pompa jenis ini memerlukan tempat yang relatif lebih luas. Keuntungan mengadopsi desain struktural semacam ini adalah bahwa dalam proses memanfaatkan pompa multi tahap, tubuh pompa multistage dapat memandu cairan dari impeller tahap sebelumnya ke tahap impeller berikutnya dan akhirnya ke pelari outlet *body pump*.

Dari struktur untuk menganalisa kasus tersebut, faktanya, bodi pompapompa horisontal multi-tahap diputar di sekitar impeller yang berputar, sementara juga dipasang dan pintu masuk cairan vertikal impeler dan gerendel tangen.

Analisis komprehensif yang dijelaskan di atas, pada kenyataannya, bodi pompa multi-tahap horisontal tidak hanya memainkan peran protektif, namun juga membuat banyak energi kinetik menjadi tekanan statis juga dapat dikatakan untuk meningkatkan tekanan cairan, pada saat bersamaan.



Gambar 6: Pompa Horizontal

- Pompa poros tegak

Poros pompa ini berada pada posisi vertikal. Poros ini dipegang di beberapa tempat sepanjang pipa kolom utama bantalan. Pompa ini memerlukan tempat yang relatif kecil dibandingkan dengan pompa poros mendatar. Penggerak pompa umumnya diletakkan di atas pompa.



Gambar 7: pompa vertikal

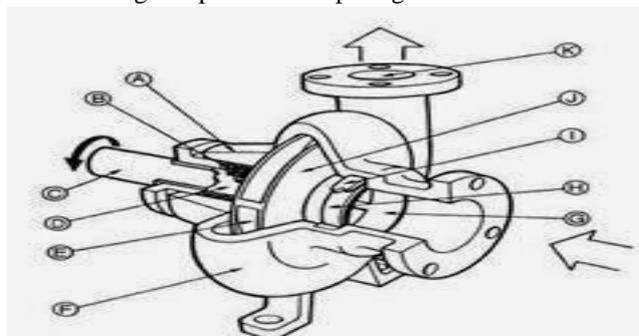
#### H. Karakteristik Pompa

Karakteristik dari pompa sentrifugal merupakan hubungan antara tekanan yang dibangkitkan (*head*) dan kecepatan aliran volum (kapasitas). Karakteristik dapat juga menyertakan kurva efisiensi dan harga brake horse power - nya. Karakteristik pompa sentrifugal dapat digambarkan dalam kurva karakteristik yang melukiskan jalannya lintasan dan besaran-besaran tertentu terhadap besaran kapasitas, besaran-besaran itu adalah

- Head pompa (H)
- Daya pompa (P)
- Efisiensi pompa ( $\eta$ )

#### I. Bagian-bagian utama pompa sentrifugal

Secara umum bagian-bagian utama pompa sentrifugal dapat dilihat seperti gambar berikut:



Gambar 7: Bagian-bagian Pompa Sentrifugal

(A) *Stuffing Box* *Stuffing Box* berfungsi untuk

- menerima kebocoran pada daerah dimana poros pompa menembus casing.
- (B) *Packing* Digunakan untuk mencegah dan mengurangi bocoran cairan dari casing pompa melalui poros.
- (C) *Shaft* (poros)  
Poros berfungsi untuk meneruskan momen puntir dari penggerak selama beroperasi dan tempat kedudukan impeller dan bagian-bagian berputar lainnya.
- (D) *Shaft sleeve*  
Berfungsi untuk melindungi poros dari erosi, korosi dan keausan pada *stuffing box*.
- (E) *Vane Sudu* dari impeller sebagai tempat berlalunya cairan pada impeller
- (F) *Casing*  
Merupakan bagian paling luar dari pompa yang berfungsi sebagai pelindung elemen yang berputar, tempat kedudukan diffuser (*guidevane*), *inlet dan outlet nozzle* serta tempat memberikan arah aliran dari impeller dan mengkonversikan energi kecepatan cairan menjadi energi dinamis (*single stage*).
- (G) *Eye of Impeller* Bagian sisi masuk pada arah isap impeller.
- (H) *Impeller*  
*Impeller* berfungsi untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan yang dipompakan secara kontinyu, sehingga cairan pada sisi isap secara terus menerus akan masuk mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan yang masuk sebelumnya.
- (I) *Chasing Wear Ring*  
*Chasing Wear Ring* berfungsi untuk memperkecil kebocoran cairan yang melewati bagian depan impeller maupun bagian belakang impeller, dengan cara memperkecil celah antara casing dengan impeller.
- (J) *Discharge Nozzle*  
*Discharge Nozzle* berfungsi untuk mengeluarkan cairan dari impeller. Didalam nosel ini sebagian head kecepatan aliran

## METODE PENELITIAN

### A. Tempat Dan Waktu Penelitian

#### 1. Tempat

Penelitian ini dilakukan di PT. Tirta Mas Perkasa Jln. Raya Tapos No. 18, Tapos, Kec. Tapos, Kota Depok, Jawa Barat 16457.

#### 2. Waktu

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2022.

#### 3. Alat dan Bahan

##### a. Pompa Sentrifugal

Pompa yang digunakan yaitu pompa sentrifugal aliran radial dengan impeller berjenis

tertutup berjenis tertutup (closed type impeller) satu tingkat, isapan tunggal buatan MTP type SN 57667.

Bahan yang dipakai dalam penelitian ini yaitu instalasi pemipaan untuk mengalirkan air, bahan-bahan yang digunakan:

##### b. Pipa

Pipa yang digunakan adalah jenis PVC yang biasa digunakan oleh masyarakat untuk instalasi pemipaan rumah-rumah, gedung kantor atau bangunan lainnya. Ukuran pipa yang digunakan untuk *outlet*  $\varnothing \frac{1}{2}$  inch dan *inlet*  $\varnothing \frac{3}{4}$  inch.

##### c. Elbow

Elbow yang dipakai pada instalasi ini adalah elbow  $90^{\circ}$  yang biasa digunakan untuk ukuran pipa  $\varnothing \frac{3}{4}$  inch dan  $\varnothing \frac{1}{2}$  inch.

##### d. Saringan dan *foot valve*

Pada setiap instalasi pemipaan air selalu dipasangkan saringan dan *foot valve* dengan tujuan agar kotoran tidak masuk kedalam instalasi dan agar air tetap berada di dalam pipa instalasi saat pompa tidak dihidupkan.

##### e. Globe valve

Pada instalasi ini menggunakan katub (*globe valve*) yang menggunakan tuas yang berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan aliran air yang dipasang pada instalasi pemipaan pada sisi tekan.

##### f. Alat ukur putaran (*tachometer*).

Alat ini digunakan untuk mengukur putaran poros pompa yang diukur pada poros pompa tersebut saat pompa sedang bekerja.

##### g. Alat ukur tekanan pada sisi hisap (*vacuum gauge*)

Untuk mengukur tekanan fluida dibawah tekanan *atmosfir* yang masuk kedalam pompa melalui pipa *suction*

##### h. Alat ukur tekanan pada sisi tekan (*pressure gauge*).

Meter tekanan yang terbuat dari tabung Bourdon sangat kuat dan dapat mengukur tekanan diatas dan dibawah tekanan *atmosfir*. Tabung *Bourdon* yang digunakan untuk mengukur tekanan diatas tekanan *atmosfir* lazim disebut sebagai *pressure gauge*.

##### i. Flow meter

Untuk mengukur banyaknya fluida (kapasitas) yang dapat dipindahkan oleh pompa setiap satuan waktu digunakan alat yang disebut flow meter. Dinyatakan dalam satuan volume per satuan waktu, seperti: Galon per Menit (GPM) dan Liter per Menit (LPM).

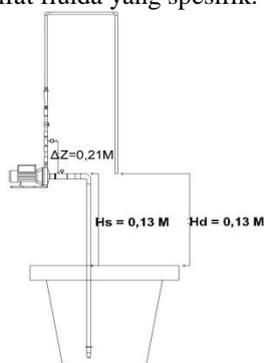
#### 4. Langkah-langkah penelitian

Tahap awal dalam melakukan penelitian ini ialah melakukan berbagai hal diantaranya:

- Melakukan *survey* awal serta melakukan studi Pustaka agar dapat merencanakan hal yang ingin di uji dalam penelitian ini.
- Mempersiapkan alat untuk mengukur, bahan, serta perlengkapannya dengan melakukan *survey* bahan-bahan yang diperlukan di lapangan.
- Memasang instalasi pemipaan, merangkai pipa-pipa instalasi air, pemasangan alat ukur debit air pada instalasi pemipaannya.

#### 5. Rancangan Alat Pengujian.

Pada penelitian ini alat uji yang akan dibuat terlebih dahulu didesain sesuai dengan dasar teori, dimana bahan-bahan penelitian tersedia dipasaran. Desain alat uji dibuat sesederhana mungkin tanpa mengesampingkan ketelitian hasil pengukurannya. Alat uji ini didesain untuk pengujian dan pengambilan data untuk sifat-sifat fluida yang spesifik.



Gambar 8: Rancangan Alat Uji

### ANALISA DAN PEMBAHASAN HASIL

#### A. Kapasitas Pompa

Berdasarkan hasil *survey* di lapangan diketahui jenis dan kapasitas pompa yang digunakan. Adapun data-data yang diperoleh dari tempat *survey* sebagai berikut:

- Tipe mesin = DB - 175 (Yamamax)
- Kapasitas pompa ( $Q$ ) = 80L/min
- Head pompa = 7,02 m
- Putran pompa 2850 rpm

#### B. Kecepatan Spesifik

Kecepatan spesifik adalah kecepatan dalam putaran permenit, maka impeller akan beroperasi secara proposional ukurannya diperkecil agar dapat memberikan kapasitas teruji (*rating*) sebesar 1 gpm pada tinggi tekanan 1  $f_t$ .

Kecepatan spesifik dapat diperoleh dari persamaan :

$$N_s = \frac{n\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \dots \dots \dots 1$$

- Dimana:  $n$  = putaran pompa (rpm)
- $N_s$  = kecepatan spesifik (rpm)
- $Q$  = kapasitas pompa (l/m)
- $H$  = Head pompa (m)

Maka kecepatan spesifiknya adalah:

$$N_s = \frac{2850\sqrt{0,0073}}{7,2} = 335,2 \text{ rpm}$$

#### C. Perhitungan Daya Poros Pompa atau Daya Efektif Pompa

Daya pros pompa adalah daya yang dihasilkan dari putaran rotor motor listrik dikalikan dengan efisiensi koplengnya, dihitung dengan persamaan:

$$P_{poros} = \frac{\eta_{transmisi} \times P_{rotor}}{(1 \times \alpha)} \dots \dots \dots 2$$

- Dimana :  $\eta$  = Efisiensi Transmisi (tabel)
- $P_{rotor}$  = Daya rotor (watt)
- $P_{poros}$  = Daya poros (watt)
- $\alpha$  = Faktor Cadangan (tabel)
- dik:  $\eta_{transmisi}$  = 0,9
- $P_{rotor}$  = 370
- $\alpha$  = 0,15

dit:  $P_{poros} \dots \dots \dots ?$

$$\text{Jawab: } \frac{0,9 \times 370}{1 \times 0,15} = 1.665 \text{ watt}$$

#### D. Head Pompa

Head pompa adalah Head pompa adalah suatu gaya atau kerugian yang harus diatasi oleh pompa untuk menaikkan atau memindahkan air dari resevoir ketangkai penampung. Jumlah *head* ini adalah terdiri dari *head static* ditambah dengan jumlah kerugian-kerugian yang terdiri dari kerugian pada pipa isap dan pipa tekan.

$$H_{man} = H_s + H_w$$

Dimana :

- $H_{man}$  = head manometerik pompa (m)
- $H_s$  = head static pompa
- $H_w$  = jumlah kerugian - kerugian
- = kerugian pada pipa tekan + kerugian pada pipahisap ( $H_p + H_i$ )

#### E. Head Statis Pompa

Dalam perencanaan ini ialah tinggi permukaan air keporos pompa. Pompa terletak diatas lantai. Tinggibangunan adalah 10 m, tinggi pipa dari atap bangunan keujung pipa tekan adalah 3,5 m. maka jumlah head staticnya adalah :

Dimana:

$$H_a = t_{permukaan \text{ air}} + t_{bangunan} + t_{pipa} = 2,6 \text{ m} + 10 \text{ m} + 3,5 \text{ m} = 16,1 \text{ meter.}$$

#### F. Kerugian-Kerugian.

Kecepatan aliran pada pipa isap dan pipa tekan adalah 1,5 m/det – 3 m/det. Kecepatan aliran iniditetntukan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagaiberikut :

- Bila kecepatan air terlampau rendah, maka diameter pipa isap terlampau rendah.
- Bila kecepatan air terlampau tinggi, maka kerugian head pada pipa isap terlampau besar.

Untuk menghitung diameter pipa isap, terlebih dahulu ditentukan kapasitas pompa. Dimana pompa telah dihitung terdahulu yaitu 107,629 lit/hari. Berdasarkan (lit. 3, hal. 355) untuk kapasitas pompa 200 – 300 (Gpm) atau (757 – 1135,5)lit/menit.

Maka didapat :

$$\text{Diameter pipa isap } (D_i) = 4 \text{ inch} \\ = 0,1 \text{ meter}$$

$$\text{Diameter pipa tekan } (D_d) = 3 \text{ inch} \\ = 0,076 \text{ meter}$$

$$Q = \text{kapasitas pompa (m}^3/\text{s)} \\ = 0,017 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = \text{luas penampang pipa (m}^2) \\ = \frac{\pi}{4} D_s^2$$

$$D_n = 4 \text{ inch} \\ D_{out} = 4,5 \text{ inch} \\ D_{in} = 4,026 \text{ inch} = 0,1 \text{ meter}$$

Maka kecepatan aliran dalam pipa isap ( $V_s$ ) adalah :

$$V_s = \frac{Q}{A} \text{ (m}^3/\text{s)} \\ = \frac{0,017}{0,785 \times 0,1} = 2,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kecepatan aliran dalam pipa adalah 2,1  $\text{m}^3/\text{s}$ , jadi kecepatan ini masih dalam batas yang diizinkan (1,5 – 3)  $\text{m}^3/\text{s}$  t.

#### 1. Kerugian Pada Pipa Hisap

- Kerugian gesekan dalam pipa ( $H_f$ )

$$H_f = f \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots 4$$

Dimana :

f = faktor yang ditentukan berdasarkan reynoldnumber

$$L = \text{panjang pipa isap (m)} \\ = 6 \text{ m}$$

$$D = \text{diameter pipa isap (m)} \\ = 0,1 \text{ m}$$

Maka kerugian gesekan yang terjadi :

$$H_f = \frac{0,023 \times 6 \times (2,1)^2}{0,1 \times 2 \times 9,8} = 0,31 \text{ meter}$$

- Kerugian pada katub saringan isap

$$H_{sa} = K \frac{V^2}{2g} \text{ (m)}$$

Dimana:

$$K = \text{faktor katub saringan} = 3$$

V = kecepatan aliran dalam pipa

$$= 2,1 \text{ m/det}$$

$$g = \text{gravitasi bumi (m/s}^2)$$

$$= 9,8 \text{ m/s}^2.$$

Maka :

$$H_{sa} = \frac{3 \times 2,1^2}{2 \times 9,8} \\ = 0,67 \text{ m}$$

#### 2. Kerugian elbow ( $H_e$ )

$$H_e = K \frac{V^2}{2g} \text{ (meter)}$$

Dimana :

$$K = \text{faktor dari elbow} = 0,75$$

Maka :

$$H_e = \frac{0,75 \times 2,1^2}{2 \times 9,8} = 0,16 \text{ m}$$

Jadi kerugian yang terjadi pada pipa hisap adalah:

$$H_{is} = H_f + H_{as} + H_e \\ = 0,31 + 0,67 + 0,16 = 1,14 \text{ m}$$

#### 3. Kerugian Pada Pipa Tekan

Diameter pipa tekan ( $D_d$ ) = 3 inch  
= 0,0762m

$$D_n = 3 \text{ inch} \\ D_{out} = 3,5 \text{ inch} \\ D_{in} = 3,068 \text{ inch} \\ = 0,078 \text{ m}$$

Kerugian aliran air dalam pipa tekan adalah:

$$V_d = \frac{Q}{A} \text{ (m/s)} \\ = \frac{0,017}{0,785 \times 0,078^2} \\ V_d = 3,5 \text{ m/s}$$

Head kecepatan ( $H_v$ )

$$H_v = \frac{v^2}{2g} \text{ (meter)}$$

Dimana :

$$V = \text{kecepatan dalam aliran pipa (m/det)} \\ = 3,5 \text{ m/s}$$

Maka :

$$H_v = \frac{3,5^2}{2 \times 9,8} = 0,62$$

#### 4. Kerugian gesekan ( $h_f$ )

$$H_f = \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{g}$$

Dimana :

L = panjang pipa tekanan (m)  
 = 57 meter  
 V = Kecepatan aliran dalam pipa (m/det)  
 = 3,5 m/det

Bilangan reynold number ( $R_e$ )

$$R_e = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{3,5 \times 0,078}{0,4 \times 10^{-6}} = 6,82 \times 10^5$$

Untuk :

$$\begin{aligned} \text{Diameter} &= 3 \text{ inch} \\ \Sigma/d &= 0,002 \\ R_e &= 6,8 \times 10^5 \end{aligned}$$

Maka :

$$F = 0,035$$

Jadi :

$$H_f = f \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{g}$$

$$H_f = 0,035 \frac{57 \times (3,5)^2}{0,078 \times 2 \times 9,8}$$

$$H_f = 1,5 \text{ m}$$

#### 5. Kerugian pada katub keran ( $H_k$ )

$$H_k = k \frac{V^2}{g}$$

Dimana :

$$K = \text{faktor dari katub keran} = 0,25$$

Maka :

$$H_k = 0,25 \frac{3,5^2}{2 \times 9,8} = 0,15$$

#### 6. Kerugian valve ( $H_c$ )

$$H_c = k \frac{V^2}{g}$$

Dimana :

$$K = \text{faktor valve} = 2,5$$

Maka :

$$H_c = 2,5 \frac{3,5^2}{2 \times 9,8} = 1,56 \text{ m}$$

Jadi kerugian yang terjadi pada pipa tekan adalah:

$$\begin{aligned} &= H_v + H_f + H_e + H_k + H_c \\ &= 0,62 + 1,5 + 2,8 + 0,3 + 1,56 \\ &= 6,78 \text{ m} \end{aligned}$$

maka head total pompa adalah :

$$\begin{aligned} H &= H_a + H_{ls} + H_d \\ &= 22,1 + 1,14 + 6,78 \\ &= 30 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan studi lapangan head total pompa adalah :

$$\begin{aligned} H &= (30 \times 10\%) + 30 \\ H &= 33 \text{ meter} \end{aligned}$$

### B. Daya dan Putaran Motor Penggerak

#### 1. Daya pompa

Tinggi kenaikan pompa (H) mempunyai pengaruh terhadap besarnya ukuran pompa dan motor penggerak. Daya pemompaan adalah daya dari pompa sentrifugal yang bisa

digunakan dan dipindahkan ke fluida.

Rumus yang digunakan dalam mencari daya pompa yaitu:

$$N_p = \frac{\rho \cdot H \cdot Q}{75} \dots \dots \dots 5 \quad (H_p)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \rho &= \text{kerapatan fluida untuk air (kg/m}^3\text{)} \\ &= 1000 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= \text{head pompa (m)} \\ &= 33 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= \text{kapasitas pompa} \\ &= 0,017 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Maka :

$$N_p = \frac{\rho \cdot H \cdot Q}{75}$$

$$N_p = \frac{1000 \text{ kg/m}^3 \times 33 \text{ m} \times 0,017 \text{ m}^3/\text{s}}{75}$$

$$N_p = 7,5 H_p$$

#### 2. Putaran Pompa (Motor Listrik)

Putaran motor penggerak yang direncanakan adalah :

$$n = \frac{120 \times f}{P} \dots \dots \dots 6$$

Dimana :

$$f = \text{frekuensi (Hz)} = 50 H_z$$

$$P = \text{jumlah katub} = 2$$

Maka putaran motor penggerak adalah :

$$n = \frac{120 \times f}{P}$$

$$n = \frac{120 \times 50}{2}$$

$$n = 3000 \text{ rpm}$$

Pompa dan motor listrik dikopel langsung dengan perantara flens, sehingga putaran pompa sama dengan putaran motor listrik, dan motor listrik ini ada pada pasaran.

#### 3. Daya Motor Penggerak

Daya motor penggerak yang diperlukan untuk menggerakkan pompa dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$N_m = \frac{N_p}{\eta_p} \dots \dots \dots 7$$

Dimana :

$\eta_p$  = efisiensi pompa

$$= 0,63 - 0,84$$

$$= 0,65 \text{ diambil}$$

$$N_p = 7,5 H_p$$

Maka :

$$N_m = \frac{N_p}{\eta_p}$$

$$N_m = \frac{7,5}{0,65}$$

$$= 11 H_p$$

Daya motor penggerak ini adalah daya yang dibutuhkan oleh pompa, jadi dalam hal ini sesuai dengan sebelumnya adalah motor listrik dengan spesifikasi :

$$\text{Daya } N_m = 11 H_p$$

$$\text{Putaran } n = 3000 \text{ rpm}$$

Frekuensi  $f = 50 \text{ Hz}$   
 Voltage  $V = 220 \text{ Volt}$

Motor penggeraknya diletakan langsung pada bagian samping pompa, poros pompa dan poros motor penggerak dikoppel langsung dengan perantaraan kopling.

**4. Daya listrik yang digunakan untuk menggerakkan pompa.**

Untuk mendapatkan total daya listrik yang digunakan dalam menggerakkan pompa dapat digunakan persamaan berikut ini :

$$P = V \cdot \cos \phi \dots\dots\dots 8$$

Dimana:

P = daya (W)

V = tegangan (V)

$\cos \phi$  = faktor daya = 0,8

maka :

$$P = V \cdot \cos \phi$$

$$= 220 \text{ volt} \cdot 0,8$$

$$= 176 \text{ W}$$

Sehingga pemakaian daya :

$$\text{Pemakaian permenit} = \frac{P}{1000} \times \frac{\text{jumlah menit}}{60}$$

Rata-rata pemakaian pompa perhari adalah : 720 menit

Maka :

$$\text{Pemakaian permenit} = \frac{176 \text{ W}}{1000} \times \frac{720 \text{ menit}}{60}$$

$$= 0,716 \cdot 12$$

$$= 8,6 \text{ kWh per hari}$$

$$= 8,6 \text{ kWh} \cdot 30$$

$$= 258 \text{ kWh perbulan}$$

**C. Ukuran-ukuran Utama Pompa**

Yang dimaksud dengan ukuran-ukuran utama pompa dalam hal ini adalah ukuran-ukuran dari diameter poros dan leher poros, diameter mulut hisap, dan diameter awal atau ujung permulaan sudu, lebar roda, diameter luar dan sudut-sudut.

**1. Jenis Impeler**

Impeller biasanya dicor pada satu kesatuan serta berbahan dari besi cor atau brons. untuk cairan-cairan khusus, impeler ini bisa dibuat berbahan baja tahan karat, timah hitam, kaca dan bahan-bahan yang cocok terhadap kebutuhan itu. impeller ini dipasang pada poros dengan suaian tekanan ringan, dipasak serta dikunci dengan baik pada posisinya. agar memperoleh efesiensi yang besar, permukaan impeller harus dibuat sehalus mungkin, baik didalam laluan sudu maupun pada bagian luar impeller tersebut.

Untuk menentukan jenis impeller adalah dengan menetapkan harga kecepatan specific, karna pada dasarnya bentuk impeller ditentukan oleh kecepatan specific.

$$N_s = \frac{n\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \dots\dots\dots 6$$

Dimana :

n = putaran pompa (rpm)

Q = Kapasitas pompa (gmp)

$$= 1,075 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$= 283 \text{ gpm}$$

H = Head pompa (m)

$$= 33 \text{ m}$$

maka :

$$N_s = \frac{3000\sqrt{283}}{33^{0,75}}$$

$$= 881$$

Jenis impeller adalah sebagai berikut :

- *Radial type impeller*  $N_s = 500-300$
- *Francis type impeller*  $N_s = 1500-4500$
- *Mixed flow type impeller*  $N_s = 4500-8000$
- *Propeler type impeller*  $N_s = > 8000$

Dari hasil perhitungan putaran spesifik, maka jenis *impeller* adalah : *Radial type impeller*.

**2. Jumlah Tingkat Dari Pompa**

Untuk menentukan jumlah tingkat dari pompa adalah sebagai berikut yaitu:

- Kapasitas Pompa (Q)  $Q = 0,017 \text{ m}^3/\text{det}$   
 $= 61 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Putaran pompa (n)  $n = 3000 \text{ rpm}$
- Head Pompa (H)  $H = 33 \text{ m}$
- Putaran Spesifik ( $N_s$ )  $N_s = 17 \text{ rpm}$

Dengan harga-harga diatas dipertemukan pada satu titik didapat harga (H') = 31 m. Maka jumlah dari tingkat pompa dapat dicari dengan rumus:

$$i = \frac{H}{H'}$$

$$i = \frac{33}{31}$$

$$i = 1.06$$

Harga ini dibulatkan menjadi (satu), dari jumlah tingkat pompa yang direncanakan adalah satu dengan jenis pompa sentrifugal.

**3. Perhitungan Poros**

Pada perencanaan poros dibuat bertingkat dengan diameter terbesar berada didekat pertengahannya. Diameter pada bantalan adalah lebih besar daripada kopling dan diamter pada impeller lebih kecil dari diamter koplingnya. konstruksi yang demikian ini akan membantu dalam perakitan pompa karena berbagai pitting dapat dikeluarkan dari ujungnya. keuntungan lainnya adalah konstruksi dapat memberi kekuatan yang

lebih besar pada pertengahannya dimana momen lengkung adalah yang terbesar.

Yang menjadi beban poros pompa antara lain adalah :

- Gaya muntir yang dibebankan pemindahan punter dari poros motor penggerak.
- Gaya Tarik yang disebabkan berat poros sendiri ditambah dengan berat impeller sendiri.

Umumnya beban yang terbesar adalah akibat momen punter maka diameter poros cukup dihitung terhadap momen punter yang terjadi.

Bahan poros diambil S50c

Faktor keamanan ( $v$ ) = 10

Tegangan patah ( $\sigma_b$ ) = 5000 kg/cm<sup>2</sup>

Tegangan tarik yang diizinkan ( $\sigma_t$ )

$$\begin{aligned}\sigma_t &= \frac{500}{10} \\ &= 500 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Tegangan punter yang diizinkan ( $\sigma_p$ )

$$\begin{aligned}\sigma_p &= \frac{\sigma_t}{0,73} \\ &= \frac{500}{1,73} \\ &= 289 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Momen punter ( $M_p$ )

$$M_p = 71620 \frac{N}{n} \text{ (kg-cm)}$$

Dimana :

$$N = \text{daya poros (Hp)}$$

$$= 11 \text{ Hp}$$

$$n = \text{putaran poros (rpm)}$$

$$= 3000 \text{ rpm}$$

Maka :

$$\begin{aligned}M_p &= 71620 \frac{11}{3000} \\ &= 262 \text{ kg-cm}\end{aligned}$$

Momen punter ( $w_p$ )

$$W_p = \frac{\pi}{16} D_p^3$$

$$W_p = \frac{M_p}{\sigma_p}$$

$$D_p = \sqrt[3]{\frac{M_p \times 16}{3,14 \times \sigma_p}}$$

$$D_p = \sqrt[3]{\frac{262 \times 16}{3,14 \times 289}}$$

$$D_p = 1,6 \text{ cm}$$

Dengan meningkat bahwa pada poros

pompa dibuat alur pasak sebagai penahan impeller, maka agar kekuatan poros lebih terjamin, maka diameter-diameter poros diambil lebih besar dari hasil perhitungan. Pada perencanaan ini diameter poros diambil 23 mm = 2,3 cm.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Setelah melakukan eksperimen pompa sentrifugal dengan judul “ANALISA UNJUK KERJA POMPA SENTRIFUGAL DENGAN VARIASI HEAD”, maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Dengan menambah bukaan katup dapat mempengaruhi unjuk kerja pompa dan variasi head pompa, hal ini dapat dilihat pada hasil perhitungan data dan analisa grafik pompa sentrifugal.
2. Kecepatan aliran pada pipa hisap dan pipa tekan adalah berdasarkan kapasitas dan diameter pipa. sehingga dari hasil ini kita dapat menentukan kerugian – kerugian yang terjadi pada pipa.
3. Dengan menambah bukaan katub sangat berpengaruh terhadap kapasitas aliran air yang dihasilkan oleh pompa, hal ini juga akan mempengaruhi kerja pompa, kecepatan spesifik, daya dan efisiensi pompa. Sehingga dapat diperoleh titik kerja pompa sentrifugal dengan Kapasitas (Q) 0,017m<sup>3</sup>/s, Head (H) 16,1 m, Daya (P) 176 watt.

### B. Saran

Adapun saran yang ingin disampaikan penulis dalam kesempatan iniantara lain adalah sebagai berikut:

1. Untuk melakukan penelitian selanjutnya harus menggunakan motor penggerak dengan daya yang lebih besar lagi sehingga data-data yang dihasilkan lebih memuaskan
2. Teliti pada setiap pengambilan data, agar dalam perhitungan serta pemakaian rumus dalam menganalisa percobaan terhadap literatur tidak menyimpang dari apa yang diharapkan.
3. Kajian selanjutnya diharapkan dapat mengevaluasi putaran pompa dengan menggunakan inverter dan aplikasi penggunaan pompa tersebut dalam kehidupan sehari-hari.
4. Untuk melakukan penelitian selanjutnya harus menggunakan flowmeter yang lebih memuat kapasitas yang lebih besar sehingga data-data yang dihasilkan lebih memuaskan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Austin, Church H., 198, *Pompa dan Blower Sentrifugal*, terj. Zulkifli, PT. Gelora Alsara Pratama.
- Sihombing, K. (2015). ANALISIS & PENGUJIAN KARAKTERISTIK PERFORMA CUSSONS FRICTION LOSS IN PIPE APPARATUS & SINGLE STAGE CENTRIFUGAL PUMP POMPA DENGAN MOTOR NEWMAN ELECTRIC MOTOR 18030V1/5 1,5 HP; 2850 RPM.
- Lazarkiewichs, S, 1965, *Impeller Pump*, Newyork.
- Khetagurov, M, *Marine Auxiliary Machinery and Systems*, Peace Publisher Moscow.
- Mustain, Iing, et al. (2020), "Penurunan Tekanan pada Pompa Air Laut pada Mesin Induk Kapal." *Majalah Ilmiah Gema Maritim*, vol. 22, no. 1, 31 Mar, pp. 27-33, doi:[10.37612/gema-maritim.v22i1.48](https://doi.org/10.37612/gema-maritim.v22i1.48).
- Nugroho, Sigit, E.J, Wibawa, Himawant, Dwi Aries. 2014, " Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja dan Kavitasasi Pompa Sentrifugal". *Jurnal MEKANIKA*, Vol. 12 , No. 2.
- Saputra, H. (2020). Rancang Bangun Peralatan Uji Karakteristik Pompa Sentrifugal Susunan Seri dan Paralel untuk Pembelajaran Sistem Pompa dan Perpipaan. *Jurnal Teknologi Dan Riset Terapan (JATRA)*, 2(1), 36-41. <https://doi.org/10.30871/jatra.v2i1.2857>
- Sularso, Tahara, 2000, *Pompa & Kompresor*, Jakarta: PT. Pradnya Paramitha.
- Wahyu Djalmono Putro, 2010, Pengujian Kinerja Pompa Sentrifugal Menggunakan Kontrol Inverter, *Semesta Teknika* ., Vol. 13, No. 1, 21-30
- Frank M. White. 1986. *Mekanika Fluida Jilid I*. Jakarta: Erlangga.