

ANALISA PEMILIHAN POMPA PADA PERANCANGAN PROTOTYPE INSTALASI SISTEM PERPIPAAN *INDUSTRY*

Ismail Saleh^{1*)}, Sumadi¹⁾, Roy Waluyo¹⁾

¹⁾Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

*e-mail: penulis1@baru.ac.id

ABSTRAK

Pompa merupakan salah satu alat yang sangat dibutuhkan dalam berbagai ruang lingkup kehidupan untuk memindahkan fluida air. Dimulai dari rumah tangga, perkantoran, industri, berbagai sarana dan prasana umum lainnya. Salah satu cara memenuhi kebutuhan akan air tersebut adalah dengan dibangunnya instalasi-instalasi produksi dan tangki-tangki penampungan air, baik instalasi kecil maupun instalasi yang besar dengan kapasitas dan penggunaan yang bervariasi. Dalam suatu perancangan pompa banyak hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam perancangannya meliputi jenis pompa yang akan digunakan, Jalur pemipaannya, bahan pipa yang digunakan, perhitungan diameter pipa, total Head pompa, serta losses yang terjadi. Pompa sentrifugal merupakan jenis pompa yang sering di jumpai dan digunakan dalam dunia industri. Pompa ini memiliki kelebihan yaitu mampu memindahkan fluida dengan kapasitas dan tekanan yang besar. Biaya pembelian dan perawatan relatif murah di bandingkan dengan pompa jenis lain. Hasil perhitungan adalah sebagai berikut: kapasitas pompa 0,08 m³/min, head total pompa adalah 6,1 m, daya penggerak pompa 220 Volt, efisiensi 82%, NPSH yang tersedia 8,95 m, NPSH yang di butuhkan 0,54 m, putaran motor 2780rpm, daya 0,55 KW.

Kata kunci : *Fluida, Head, Instalasi, NPSH, Pompa, Sentrifugal.*

ABSTRACT

The pump is one of the tools that are needed in various spheres of life to move water fluid. Starting from households, offices, industries, various other public facilities and infrastructure. One way to meet the demand for water is by constructing production installations and water storage tanks, both small installations and large installations with varying capacities and uses. In a pump design, there are many things that need to be considered in its design including the type of pump to be used, the piping line, the pipe material used, the calculation of the pipe diameter, the total pump head, and the losses that occur. Centrifugal pump is a type of pump that is often encountered and used in the industrial world. This pump has the advantage of being able to move fluids with large capacities and pressures. The purchase and maintenance costs are relatively cheap compared to other types of pumps. The calculation results are as follows: pump capacity 0.08 m³/min, total pump head is 6.1 m, pump driving power is 220 Volts, efficiency is 82%, available NPSH is 8.95 m, required NPSH is 0.54 m, motor rotation 2780rpm, power 0.55 KW.

Keywords : *Fluid, Head, Installation, NPSH, Pump, Centrifugal.*

1. PENDAHULUAN

Pompa merupakan salah satu alat yang sangat dibutuhkan dalam berbagai ruang lingkup kehidupan untuk memindahkan fluida air. Dimulai dari rumah tangga, perkantoran, industri, berbagai sarana dan prasana umum lainnya. Salah satu cara memenuhi kebutuhan akan air tersebut adalah dengan dibangunnya instalasi-instalasi produksi dan tangki-tangki penampungan air, baik instalasi kecil maupun instalasi yang besar dengan kapasitas dan penggunaan yang bervariasi. Pompa adalah pesawat

angkut yang bertujuan untuk memindahkan zat cair melalui saluran tertutup. Pompa menghasilkan suatu tekanan yang sifat hanya mengalir dari suatu tempat ke tempat yang bertekanan lebih rendah. Atas dasar kenyataan tersebut maka pompa harus mampu membangkitkan tekanan fluida sehingga dapat mengalir atau berpindah. Fluida yang dipindahkan adalah fluida inkompresibel atau fluida yang tidak dapat dimampatkan.

Prinsip kerja pompa adalah menghisap dan melakukan penekanan terhadap fluida. Pada sisi hisap (suction) elemen pompa akan menurunkan

tekanan dalam ruang pompa sehingga akan terjadi perbedaan tekanan antara ruang pompa dengan permukaan fluida yang di hisap. Akibatnya fluida akan mengalir ke ruang pompa. Oleh elemen pompa fluida ini akan didorong atau diberikan tekanan sehingga fluida akan mengalir ke dalam saluran tekan (discharge) melalui lubang tekan. Proses kerja ini akan berlangsung terus selama pompa beroperasi.

Dalam suatu perancangan pompa banyak hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam perancangannya meliputi jenis pompa yang akan digunakan, Jalur pemipanya, bahan pipa yang digunakan, perhitungan diameter pipa, total Head pompa, serta losses yang terjadi. Pompa sentrifugal merupakan jenis pompa yang sering di jumpai dan digunakan dalam dunia industri. Pompa ini memiliki kelebihan yaitu mampu memindahkan fluida dengan kapasitas dan tekanan yang besar. Biaya pembelian dan perawatan relatif murah di bandingkan dengan pompa jenis lain.

Pompa sentrifugal merupakan jenis pompa yang sering di jumpai dan digunakan dalam dunia industri. Pompa ini memiliki kelebihan yaitu mampu memindahkan fluida dengan kapasitas dan tekanan yang besar. Biaya pembelian dan perawatan relatif murah di bandingkan dengan pompa jenis lain.

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk menghitung daya pompa pada design instalasi perpipaan industry untuk mendapatkan total Headloss pada prototype instalasi yang direncanakan dan memperoleh kapasitas pompa yang sesuai dengan kebutuhan prototype instalasi sistem perpipaan *industry*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

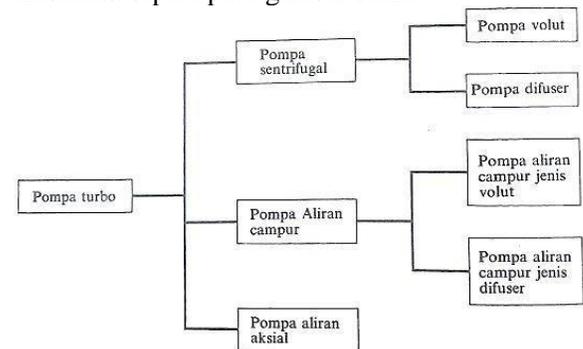
Selain dapat memindahkan cairan, pompa juga dapat berfungsi untuk meningkatkan kecepatan, tekanan dan ketinggian cairan. Perubahan energi mekanik menjadi energi tekan fluida antara lain dilakukan dengan :

- Menggunakan impeller/sudu yang berputar di dalam rumah pompa.
- Gerak bolak-balik piston di dalam silinder
- Menggunakan fluida perantara (gas atau cair), fluida perantara berkecepatan tinggi dan dicampur dengan fluida yang dipompa dengan kecepatan rendah.
- Menggunakan udara/gas bertekanan tinggi yang diinjeksikan ke dalam suatu saluran yang berisi fluida yang dipompa.

Mengingat dalam kehidupan modern sekarang ini, penggunaan pompa sebagai alat pemindah tetap memegang peranan penting terutama dalam bidang industri, pertanian, rumah tangga dan irigasi dan lain-lain.

Jenis dan ukuran pompa juga sangat bervariasi sesuai dengan kebutuhan pemakai, agar fungsi dan kegunaan pompa dapat dirasakan manfaatnya serta dioperasikan sesuai dengan kondisi yang disyaratkan, maka para desainer pompa perlu benar-benar memperhatikan spesifikasi perencanaan sebaik-baiknya.

Secara garis besar, pompa terbagi menjadi 3 klasifikasi seperti pada gambar berikut :



Gambar 1. Klasifikasi pompa

Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal pada dasarnya terdiri dari suatu impeller atau lebih yang dilengkapi dengan sudu-sudu, yang dipasang pada poros yang berputar dan diselubungi oleh sebuah rumah (casing). Fluida memasuki impeller secara aksial didekat poros dan mempunyai energi, baik energi kinetik maupun energi potensial yang diberikan padanya oleh sudut-sudut.

Begitu fluida meninggalkan impeller pada kecepatan relatif tinggi, fluida itu dikumpulkan didalam volute atau seri laluan diffuser yang mentransportasikan energi kinetik menjadi tekanan. Ini tentu saja diikuti oleh pengurangan kecepatan. Sesudah konversi diselesaikan, fluida kemudian dikeluarkan dari mesin tersebut untuk di teruskan ke nozel tekan.

Pompa Aliran Campuran

Pompa aliran campuran adalah in-line pompa, digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan aliran volume tinggi dengan tekanan debit rendah. Salah satu aplikasi yang telah menggunakan teknologi ini dalam beberapa tahun terakhir adalah kinerja tinggi jet ski propulsi, di mana pompa digunakan untuk menyalakan kerajinan air dengan aliran keluar air

kecepatan tinggi. Percobaan pengujian pompa telah terbukti menjadi cara yang sulit memahami bagaimana perubahan desain hidrolis mempengaruhi kinerja pompa.

Pompa Aliran Aksial

Pompa aliran aksial, atau Axial Flow Pump, adalah jenis pompa yang umum pada dasarnya terdiri dari baling-baling dalam pipa. baling-baling yang dapat digerakkan langsung oleh motor di dalam pipa, dipasang ke pipa dari luar atau oleh poros penggerak yang menembus pipa.

Keuntungan utama dari pompa aliran aksial adalah dapat dengan mudah disesuaikan untuk dijalankan pada efisiensi puncak di low-flow/high-pressure dan high-flow/low-pressure dengan mengubah pitch pada propeller (beberapa model saja). Pompa ini memiliki dimensi terkecil di antara banyak pompa konvensional dan lebih cocok untuk head rendah dan debit yang lebih tinggi.

3. METODE PENELITIAN

Adapun metode yang akan dipergunakan dalam penelitian ini adalah :

A. Metode Studi keperustakaan

Dalam hal ini bahan-bahan referensi yang berhubungan dengan materi yang akan dibahas dikumpulkan dari semua buku-buku atau internet.

B. Metode Bimbingan

Saran-saran dari dosen pembimbing menjadi masukan yang sangat berguna.

C. Metode Simulasi

Menggunakan metode simulasi komputasi dan analisa empiris. Penggunaan software juga disertakan dalam penelitian ini seperti SolidWorks Flow Simulation CFD dan SolidWorks untuk desain 3D geometric instalasi.

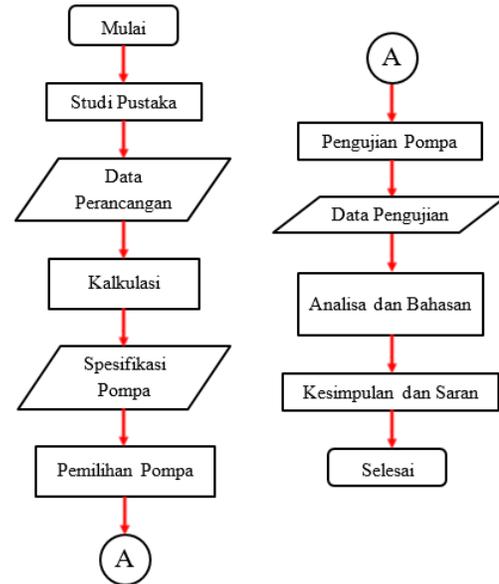
D. Metode Perancangan

Untuk memperoleh data penelitian, maka dilakukan dengan metode eksperimen. Karena eksperimen sesuai digunakan untuk pengambilan data yang dilakukan secara destruktif. Jumlah parameter dapat dibatasi sehingga dapat menghemat biaya dan waktu pelaksanaan.

E. Diagram Alir Penelitian

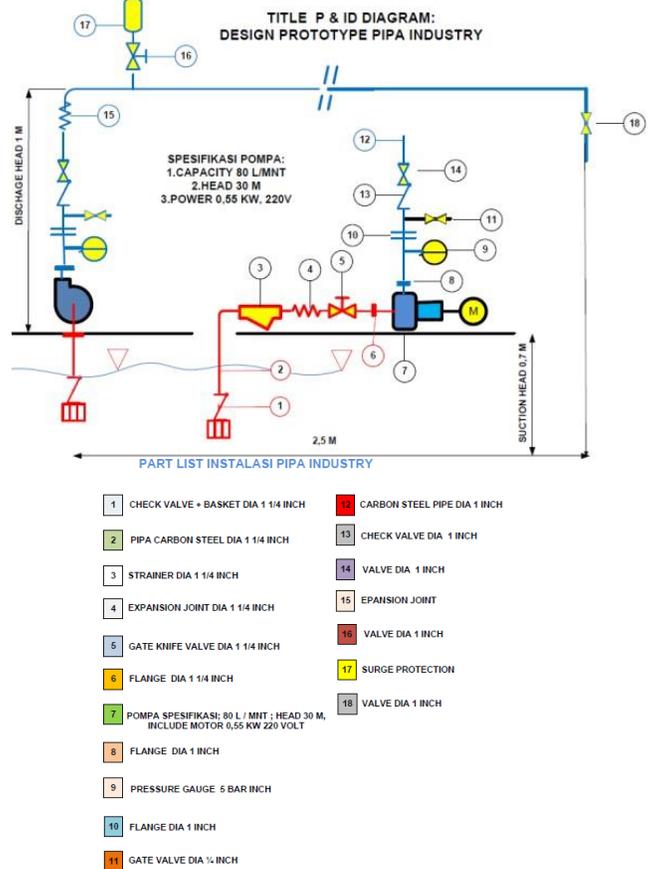
Pada tahapan penelitian ini terdapat langkah langkah penelitian yang akan dilakukan di Laboratorium Mekanika Struktur dengan langkah penelitian seperti terlihat pada gambar diagram dibawah ini :

Metode penelitian ini dilakukan sesuai langkah-langkah diagram alir (*flow chart*) sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram alir analisa pemilihan pompa

F. Gambar dan Design Instalasi



Gambar 3. Gambar design instalasi prototype pipa industri

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada perhitungan penggunaan pompa sentrifugal, pompa sentrifugal yang akan dihitung penggunaannya yaitu pompa sentrifugal EBARA CDX Single Phase CDXM 70/07, fluida yang di alirkan yaitu AIR dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Kapasitas (Q) = 80 l/min = 4,8 m³/h
= 0,08 m³/min = 0.001333 m³/s
- Perbedaan Ketinggian permukaan (ha) = 1,7m
- Putaran (n) = 2780 rpm
- Massa zat cair per satuan volume (ρ) = 1000 kg/m³ = 1 kg/l
- Viskositas zat cair (μ) = 1 x 10⁻³ m²/s
- Efisiensi pompa (η_p) = 82%

Mengingat kecepatan air didalam saluran isap maupun tekan mempunyai batasan-batasan tertentu maka dipilihlah diameter pipa yang memenuhi syarat mengenai hubungan antara diameter pipa dengan kecepatan aliran fluida. Range kecepatan air pada pipa yang disarankan adalah 1,2 - 5,4 m/s.

$$Q = C_1 \cdot A_1$$

$$C_1 = \frac{Q}{A_1}$$

Dimana :

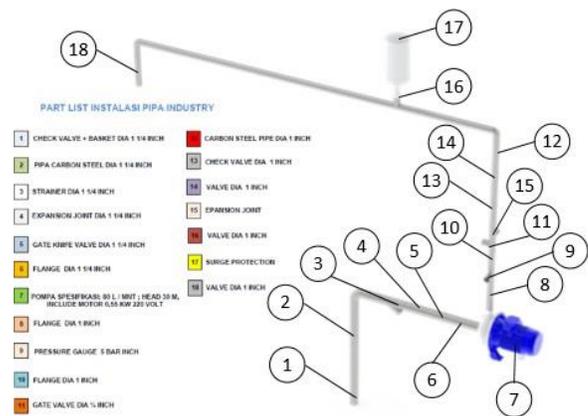
- Q : Kapasitas aliran fluida (m³/s)
- A₁ : Luas penampang pipa (m²)
- C₁ : Kecepatan aliran fluida (m/s)

Agar kecepatan aliran dalam pipa isap maupun tekan berada dalam range yang disarankan (1,2 - 5,4 m/s) sesuai dengan kondisi ideal, dalam pemilihan diameter pipa yang akan digunakan berdasarkan range yang disarankan yaitu 1,2 - 5,4 m/s adalah pipa dengan diameter 3/4", 1" & 1 1/4". Maka pada penelitian ini digunakan pipa ukuran 1 1/4" untuk pipa isap dan 1" untuk pipa tekan seperti perhitungan pada tabel berikut ini :

Tabel 1. Konfigurasi diameter pipa terhadap kecepatan aliran

diameter pipa (inch)	diameter pipa (m)	A	C1
1/4"	0,00635	0,000032	42,12
1/2"	0,0127	0,000127	10,53
3/4"	0,01905	0,000285	4,68
1"	0,0254	0,000506	2,63
1-1/4"	0,03175	0,000791	1,68
1-1/2"	0,0381	0,001140	1,17
2"	0,0508	0,002026	0,66
2-1/2"	0,0635	0,003165	0,42
3"	0,0762	0,004558	0,29
4"	0,1016	0,008103	0,16
5"	0,127	0,012661	0,11
6"	0,1524	0,018232	0,07

Design perancangan prototype instalasi sistem perpipaan industry pada penelitian ini terlampir seperti pada simulasi solidworks berikut:



Gambar 4. Gambar design instalasi *prototype* pipa industri

Perhitungan Head Kerugian (Head Losses)

Panjang pipa pada sisi isap pompa (L₁) = 0,7 m, maka head kerugian gesekan pada pipa sisi isap dihitung menggunakan persamaan (2.9) sebagai berikut :

$$h_{f1} = \lambda_1 \frac{L_1 v_{d1}^2}{D_1 2g}$$

$$h_{f1} = 0,0357 \times \frac{0,7}{0,03175} \times 0,1439$$

$$h_{f1} = 0,0357 \times 22,0472 \times 0,1439$$

$$h_{f1} = 0,1133 \text{ m}$$

Panjang pipa vertikal pada sisi tekan pompa (L2) = 1 m, maka head kerugian gesekan pada pipa sisi tekan dihitung menggunakan persamaan (2.9) sebagai berikut :

$$h_{f2} = \lambda_2 \frac{L_2 v_{d2}^2}{D_2 2g}$$

$$h_{f2} = 0,0397 \times \frac{1}{0,0254} \times 0,3525$$

$$h_{f2} = 0,0397 \times 39,3701 \times 0,3525$$

$$h_{f2} = 0,5510 \text{ m}$$

Panjang pipa horizontal pada sisi isap pompa (L3) = 0,5 m, maka head kerugian gesekan pada pipa sisi isap dihitung menggunakan persamaan (2.9) sebagai berikut :

$$h_{f4} = \lambda_2 \frac{L_4 v_{d2}^2}{D_2 2g}$$

$$h_{f4} = 0,0397 \times \frac{2,5}{0,0254} \times 0,3525$$

$$h_{f4} = 0,0397 \times 98,4252 \times 0,3525$$

$$h_{f4} = 1,3774 \text{ m}$$

Maka total head kerugian pada gesekan yaitu:

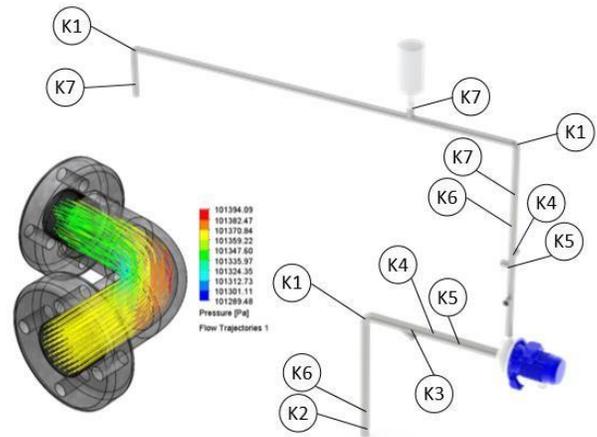
$$h_{ftotal} = h_{f1} + h_{f2} + h_{f3} + h_{f4}$$

$$h_{ftotal} = 0,1133 + 0,5510 + 0,0809 + 1,3774$$

$$h_{ftotal} = 2,1226 \text{ m}$$

Head Kerugian Minor pada Sambungan (Minor Losses)

Pada aplikasi sambungan pipa terdapat beberapa kerugian minor akibat dari sambungan. Pipa dengan berbagai nilai koefisien tahanan (K) seperti pada simulasi solidworks dan tabel berikut :



Gambar 5 . Gambar design instalasi *prototype* pipa industri

Tabel 2. Konfigurasi diameter pipa terhadap kecepatan

Koefisien Kerugian Minor	Simbol	Nilai Koefisien
Elbow 90°	K1	0,27
Katup kaki	K2	0,68
Strainer/Saringan	K3	0,6
Expansion	K4	0,48
Gate valve/Katup gerbang	K5	0,12
Check valve/Katup periksa	K6	2
Valve	K7	0,05

total head kerugian minor (minor losses) yaitu :

$$h_{mtotal} = h_{m1} + h_{m2} + h_{m3} + h_{m4} + h_{m5} + h_{m6}$$

$$+ h_{m7} + h_{m8} + h_{m9} + h_{m10} + h_{m11}$$

$$h_{mtotal} = 0,0389 + 0,1904 + 0,0979 + 0,0863 + 0,0690 + 0,1692$$

$$+ 0,0172 + 0,0423 + 0,2878 + 0,7050 + 0,0529$$

$$h_{mtotal} = 1,7569 \text{ m}$$

Perhitungan Head Total Pompa

Head total pompa (H) dihitung menggunakan persamaan (2.3) sebagai berikut:

$$H = h_a + h_l + \frac{v_d^2}{2g}$$

$$H = 1,7 + 3,8795 + 0,4964$$

$$H = 6,0759 \text{ m}$$

Perhitungan NPSH yang Tersedia (NPSHa)

Dalam spesifikasi pompa diketahui tekanan atmosfer pada saat kondisi pompa bekerja () = 1 atm = 101325 N/m² , tekanan uap jenuh untuk fluida () Air yang dengan temperatur kondisi

kerja $30^{\circ}\text{C} = 432,5 \text{ kgf/m}^2 = 4241,38 \text{ N/m}^2$, head isap statis (h_s) = 0,7m .

kerugian head dalam pipa isap (h_{is}) dengan bellmouth inlet mempunyai koefisien tahanan (K) = 0,05 (Lampiran 3) dihitung menggunakan persamaan :

$$h_{is} = K \frac{v_{d1}^2}{2g}$$

$$h_{is} = 0,05 \times 0,1439$$

$$h_{is} = 0,0072 \text{ m}$$

Perhitungan NPSH yang Diperlukan (NPSHr)

NPSH yang diperlukan (h_{svN}) dihitung dengan rumus thoma pada persamaan (2.22) sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{H_{svN}}{H_N}$$

Untuk mencari nilai σ diperlukan nilai putaran spesifik (n_s) dihitung dengan persamaan (2.19) sebagai berikut :

$$n_s = n \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}}$$

$$n_s = 2780 \times \frac{0,08^{1/2}}{4,4922^{3/4}}$$

$$n_s = 254,83 \text{ rpm}$$

Dengan diketahui nilai putaran spesifik (n_s), maka berdasarkan grafik hubungan antara koefisien kavitasi dan kecepatan spesifik diperoleh nilai koefisien kavitasi $\sigma = 0,12$. Maka NPSH yang diperlukan (h_{svN}) adalah :

$$H_{svN} = \sigma \times H$$

$$H_{svN} = 0,12 \times 4,4922$$

$$H_{svN} = 0,54 \text{ m}$$

Pemeriksaan Kavitasi

Hasil perhitungan :

$$8,95 > 0,54$$

Berdasarkan hasil perhitungan NPSH yang tersedia dan NPSH yang diperlukan diatas maka dapat disimpulkan bahwa pompa EBARA CDX Single Phase CDXM 70/07 aman terhadap kavitasi karena nilai NPSH yang tersedia > NPSH yang diperlukan.

Daya yang diperlukan Pompa

Untuk menghitung daya yang diperlukan untuk menggerakkan poros pompa (P), harus dihitung juga daya zat cair. Daya zat cair (P_w) dihitung menggunakan persamaan (2.28) sebagai berikut :

$$P_w = 0,163\rho QH$$

$$P_w = 0,163 \times 1 \times 0,08 \times 4,4922$$

$$P_w = 0,06 \text{ kW}$$

Dengan diketahui nilai Daya zat cair (P_w) maka daya yang diperlukan untuk menggerakkan poros pompa (P) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.29) sebagai berikut :

$$P = \frac{P_w}{\eta_p}$$

$$P = \frac{0,06}{82 \%}$$

$$P = 0,07 \text{ kW}$$

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil perhitungan penggunaan pompa sentrifugal EBARA CDX Single Phase CDXM 70/07, dapat disimpulkan :

1. Head total pompa (H) = 6,1 m
2. Pemeriksaan kavitasi melalui NPSH yang tersedia dan NPSH yang diperlukan yaitu :
3. NPSH yang tersedia = 8,95 m
4. NPSH yang diperlukan = 0,54 m
5. Dimana nilai yang telah dihitung NPSH yang tersedia > NPSH yang diperlukan dan dinyatakan aman terhadap kavitasi.
6. Daya yang diperlukan untuk menggerakkan poros pompa (P) yaitu sebesar 0,06 kW

Pada saat kondisi pipa tekan/discharge maksimal dengan jarak 2,5 m dan tinggi terminal darat 1 m, head total pompa dalam perhitungan 6,1 m, lebih kecil dibanding kan head total pompa pada spesifikasi yaitu 28 m. Dan daya yang diperlukan untuk menggerakkan pompa juga lebih kecil yaitu 0,06 kW dibandingkan dengan daya yang diperlukan pompa pada spesifikasi yaitu 0,55 kW, dan hitungan NPSH yang tersedia dan NPSH yang di perlukan aman terhadap kavitasi.

Dapat disimpulkan bahwa pompa sentrifugal EBARA CDX Single Phase CDXM 70/07 aman dan masuk kedalam kriteria yang dibutuhkan untuk dipakai pada perancangan prototype instalasi sistem perpipaan industry dalam penelitian ini.

Saran

Sebelum mengambil keputusan dalam perencanaan suatu instalasi perpipaan industri, ada baiknya dilakukan studi banding spesifikasi terlebih dahulu dengan mengambil data-data pada penelitian yang telah dilakukan. Hal ini guna mendapatkan spesifikasi yang tepat, tidak over spec atau under spec. Apabila menghadapi kondisi discharge pada jarak yang lebih jauh dari penelitian ini, sebaiknya disediakan motor dengan daya yang lebih besar sehingga mampu mengalirkan fluida, begitu juga sebaliknya.

REFERENSI

- Roganda Maulae Silalahi, dan Joko Prihartono, "PERHITUNGAN POMPA SENTRIFUGAL SATU TINGKAT UNTUK MENDISTRIBUSI AIR BERSIH PADA CPT X", JURNAL APTEK Vol. 7 No. 1 Januari 2015, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tama Jagakarsa.
- Untung Surya Dharma, dan Galih Prasetyo, "PENGARUH PERUBAHAN LAJU ALIRAN TERHADAP TEKANAN DAN JENIS ALIRAN YANG TERJADI PADA ALAT UJI PRAKTIKUM MEKANIKA FLUIDA", Volume 1 No. 2, Desember 2012, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro.
- Riki Tandiyus, "PERENCANAAN ULANG POMPA SENTRIFUGAL BERKAPASITAS 50 LITER/DETIK PEMAKAIAN PADA UNIT PRODUKSI PDAM TIRTA UNIT MEULABOH", Juli 2014, Teknik Konversi Energi Jurusan, Teknik Mesin Universitas Teuku Umar.
- Sularso, Haruo Tahara, "Pompa dan Kompresor Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan", 2004, PT Pradnya Paramita : Jakarta.
- Sumadi, "PERENCANAAN POMPA SENTRIFUGAL SATU TINGKAT, DEBIT 150M3/JAM HEAD 30 METER", 1993, FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS IBN KHALDUN BOGOR.
- Church, Austin H, "Pompa dan Blower Sentrifugal", 1993, Jakarta, Penerbit Erlangga.
- Fairbanks Morse Pump. Sixteenth Edition. Hydraulic Handbook. Member of Pentair Pump Group :Kansas City, Kansas 66106.