

Perancangan dan Analisa Sistem Perpipaan Pompa Sentrifugal P.100/15 pada Unit Kilang Cepu

Indra Adi Gunawan¹, M arif², Donny Albari³, Zain Lillahulhaq⁴, Syamsuri⁵,
dan Anindya Rachma Dwicahyani⁶

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri

⁶Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

E-mail: zain@itats.ac.id

ABSTRACT

A centrifugal pump is a pump that works on the principle of increasing fluid pressure by increasing speed through centrifugal force. The application of pumps is mostly carried out in the industrial sector to deliver fuel, air and other multi-phase fluids. The design of the pump must be adjusted to the layout of the piping system through which the fluid flows and consider the height of the pipe at the pump. In this research, the design and analysis of the piping system on the P.100/15 Sertifugal Pumps at the Cepu Refinery Unit was carried out. This research involved the mayor and minor losses in the piping system. In addition, the calculation of power in the piping system is also carried out. From the calculations made, the total head is 17.403 m with a pump power of 1.7 kW.

Keywords: *sentrifugal pump, friction, headloss*

ABSTRAK

Pompa sentrifugal merupakan pompa yang bekerja dengan prinsip peningkatan tekanan fluida dengan meningkatkan kecepatan melalui gaya sentrifugal. Penerapan pompa banyak dilakukan di bidang industry untuk mengalirkan *fuel*, air maupun fluida multi fase lainnya. Perancangan pompa harus disesuaikan dengan layout system perpipaan yang dilalui aliran fluida dan mempertimbangkan perbedaan ketinggian pipa pada pompa. Pada penelitian ini dilakukan perancangan dan analisis sitem perpipaan pada Pompa Sertifugal P.100/15 Pada Unit Kilang Cepu. Pada penelitian ini dilampirkan nilai *headloss* (kerugian) mayor dan minor yang terdapat pada system perpipaan. Selain itu dilakukan pula perhitungan daya pada system perpipaan. Dari perhitungan yang dilakukan didapatkan *head* total sebesar 17.403 m. Sedangkan daya pompa adalah sebesar 1.7 kW.

Kata kunci: pompa sentrifugal, gaya gesekan, *headloss*

PENDAHULUAN

Distribusi fluida saat ini sangat dipermudah dengan ditemukannya pompa. Pompa merupakan mekanisme yang berfungsi untuk energi mekanis penggerak menjadi energi kinetik untuk mengalirkan fluida dengan kecepatan tertentu dan mengatasi gaya hambatan sepanjang lintasan[1]. Pengaplikasian pompa sudah banyak dilakukan secara sederhana di rumah warga untuk mengalirkan air dari sumur menuju tandon. Pompa sentrifugal merupakan pompa yang bekerja dengan prinsip peningkatan tekanan fluida dengan meningkatkan kecepatan melalui gaya sentrifugal [2]. Sudu-sudu pada pompa mentransmisikan gaya tersebut ke impeller yang berputar di dalam *casing* yang berbentuk seperti rumah keong. Penyempitan penampang yang ada didalam pompa menimbulkan perbedaan tekanan pada sisi hisap (*suction*) dan tekan (*discharge*). Pompa sentrifugal banyak dipilih karena harganya lebih terjangkau dan proses perawatannya sangat mudah. Selain itu desain pompa sentrifugal juga kompak dan ukurannya relatif kecil bila dibandingkan dengan pompa jenis lainnya. Selai itu *impeller* pompa juga langsung digerakkan oleh tenaga penggerak dan menghasilkan kapasitas tenaga yang lebih besar dari pompa *Plunger*[3].

Pemilihan jenis pompa sangat penting dilakukan untuk memastikan fluida dapat mengalir hingga mencapai *reservoir* sesuai dengan kecepatan yang diharapkan. Pada dasarnya Pemilihan jenis pompa harus mempertimbangkan energi hambatan yang disebabkan karena panjang system

perpipaan, banyaknya *fitting* dan penurunan tekanan akibat pemasangan komponen penunjang[4]. Apabila energi yang dihasilkan oleh pompa kurang dari energi yang ditimbulkan oleh hambatan, maka aliran fluida menuju reservoir akan terhambat dan menyebabkan penurunan tekanan. Pada pompa penurunan tekanan dapat menyebabkan kondisi kavitasi yaitu proses terbentuknya gelembung mikro akibat peningkatan tekanan. Gelembung-tersebut mudah pecah dan tidak stabil dan menghasilkan energi dalam jumlah besar yang dapat merusak struktur mikro pipa[5]. Munculnya kavitasi ditandai dengan munculnya banyak gelembung saat sudu pompa berputar. Pengamatan lebih detail mengenai putaran sudu dapat dilakukan dengan menggunakan simulasi untuk mendapatkan hasil yang lebih detail, salah satunya dengan menggunakan simulasi *Fluid-Structure Interaction* [6], [7]. Kavitasi dipengaruhi oleh jarak vertikal permukaan fluida di reservoir asal yang kemudian dialirkan oleh pompa, temperature fluida, jenis cairan, panjang saluran hisap, kekasaran permukaan dalam saluran hisap, *fitting* pada saluran hisap, sambungan belokan pada saluran hisap, laju aliran cairan dan tekanan udara luar[8]. Oleh sebab itu diperlukan suatu perancangan dan perhitungan yang matang sebelum melakukan pemilihan pompa. Untuk mendapatkan hasil yang lebih presisi, saat ini perhitungan pompa dapat dilakukan dengan menggunakan simulasi numerik dengan menggunakan CFD[9].

Perancangan pompa harus disesuaikan dengan layout system perpipaan yang dilalui aliran fluida dan mempertimbangkan perbedaan ketinggian pipa pada pompa. Pada penelitian ini dilakukan perancangan dan analisis sistem perpipaan pada Pompa Sertifugal P.100/15 Pada Unit Kilang Cepu. Pada penelitian ini dilampirkan nilai *headloss* (kerugian) mayor dan minor yang terdapat pada system perpipaan. Selain itu dilakukan pula perhitungan daya pada system perpipaan.

TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan prinsip kerjanya pompa di klasifikasikan menjadi dua jenis yaitu Pompa kerja Positif (*Positive Displacement Pump*) dan Pompa kerja dinamis (*Non Positif Displacement Pump*)[9]. Pompa positif *displacement* merupakan pompa yang memberikan energi terhadap zat cair secara periodik seperti pompa rotari dan torak. Sedangkan pompa *negative displacement* merupakan pompa yang bekerja dengan mengkonversikan zat cair secara terus menerus (kontinu). Salah satu contoh pompa *negative displacement* adalah pompa sentrifugal. Saat fluida mengalir dari pada system perpipaan, fluida mengalami kerugian aliran (*headloss*) yaitu kehilangan energi akibat gesekan dan hambatan aliran. *Headloss* disebabkan gesekan pada pipa, panjang pipa, sambungan, elbow, penyempitan pipa dan gravitasi[10]. *Headloss* juga dipengaruhi oleh viskositas fluida dan kapasitas yang menyebabkan penurunan tekanan, kecepatan, dan perbedaan ketinggian antara reservoir. *Headloss* terdiri dari *headloss* mayor dan minor. *Headloss* mayor merupakan kerugian yang disebabkan oleh gesekan antara aliran fluida dengan pipa. Sedangkan *headloss* minor merupakan kerugian yang terjadi akibat penggunaan *fitting* maupun peralatan pendukung lainnya.

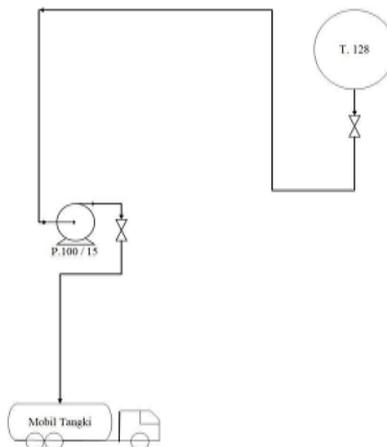
Pemasangan pompa yang di rangkai pada susunan tertentu juga mempengaruhi performa pompa. Kapasitas yang dihasilkan oleh pompa yang dirangkai secara seri tidak dengan pompa tunggal. Namun rangkain pompa berpengaruh terhadap *head* pada pompa. Pada kondisi ini pompa yang dirangkai seri memiliki *head* sebesar dua kali lipat dibanding *head* yang dimiliki oleh pompa tunggal[11]. Disisi lain Pemasangan pompa secara parallel dilakukan untuk meningkatkan kapasitas aliran pada *head* yang sama[12]. Kondisi ini mengindikasikan bahwa rangkaian pompa seri dapat dijadikan pilihan untuk mengatasi kekurangan *head* pada pompa tunggal. Namun perhitungan *head* harus tetap dilakukan terlebih dahulu berapa dan disesuaikan dengan spesifikasi dari pompa.

Untuk mendapatkan performa yang baik dari pompa sentrifugal maka waktu menjalankan harus sesuai standar operasional prosedur. Langkah menjalankan pompa sentrifugal diawali dengan pemeriksaan dan pembersihan beberapa bagian diantaranya bagian *suction* dan *discharge*, pemeriksaan Sistem Listrik, poros, minyak Pelumas dan *priming*. Proses *priming* merupakan proses

pengisian cairan pada pipa hisap dan rumah pompa, sehingga tidak terdapat udara dan menimbulkan penurunan tekanan pada pusat impeller[13]. Setelah proses priming pompa dapat bekerja dengan normal. Kegagalan proses priming menyebabkan air tidak bisa mengalir hingga menyebabkan pompa panas dan cepat rusak.

METODE

Pompa P.100/15 merupakan Pompa Sentrifugal yang di operasikan dikilang PPSDM Cepu, yang mendistribusikan fluida berupa pertasol dari tangki 128 menuju ke mobil tangki. Pada unit PPSDM ini tersedia dua pompa sentrifugal horizontal tipe *single stage* (P.100/15 dan P.100/16) pompa ini memiliki kapasitas 60 m³/jam dan pompa tersebut di gerakan oleh *electric motor*. Skema pipa di tampilkan pada gambar 1. Pada unit ini tersedia pompa cadangan untuk memompa fluida berupa pertasol, pompa cadangan adalah P.100/15. Sehingga apa bila terjadi masalah pada pompa P.100/15, maka akan dialihkan ke pompa lain. Pompa tersebut memiliki spesifikasi *pressure discharge*: 8 kg/cm² dimana fluida pertasol yang mengalir memiliki *Specific gravity* : 0,730. Pertasol memiliki massa jenis 0,7415 kg/m³ dan mengalir dengan debit 50m³/jam. Karakteristik fluida memiliki *viscosity* 0,5 dan Cp = 0,0005 *poise* = 0,0005 *gr/cms*.



Gambar 1. Skema Jalur pipa Pompa P.100/15 di operasikan dikilang PPSDM Cepu

Tabel 1. Spesifikasi pompa yang digunakan pada penelitian

No.	Deskripsi	Spesifikasi
1.	<i>Manufacture</i>	Allweiler
2.	<i>Service</i>	Pertasol
3.	No seri	V.68727/001
4.	Model	50-32-300
5.	<i>Capacity</i>	60 m ³ /jam
6.	<i>Head</i>	100 m
7.	<i>Speed</i>	2910 RPM
8.	Tipe pompa	Singel stage pump
9.	Efisiensi	89,5%

Sistim Perpompaan Pompa Sentrifugal P.100/15 yang terdiri dari system perpipaan untuk suction yang menggunakan pipa dangan diameter nominal 4 inchi. Namun sistem perpipaan untuk discharge

yang menggunakan pipa dengan diameter nominal 3 inci. Pompa Sentrifugal P.100/15 di PPSDM Cepu memiliki data perpipaan untuk suction seperti tabel dibawah ini :

Tabel 2. Data Pipa Suction

Suction Line 4 inci Sch 40					
NPS	Item	Jumlah	Resistance Equivalent in Pipe (ft)	Jumlah Panjang Ekuivalen (ft)	Jumlah Panjang Ekuivalen (m)
4 inch	Pipa				79,54
	Gate valve full open	3	4,5	13,5	41,148
	L.R Elbow	5	7	35	10,668
	L.R Elbow (45)	4	3,5	14	42,672
Total panjang Suction Line (L+Lef)					98,58

Keterangan : Ekuivalen adalah panjang pipa lurus yang mewakili panjang dari sistem perlengkapan pipa dimana dapat memberikan *friction losses* yang sama dan *pressure drop* yang sama.

Pompa sentrifugal P 100/15 di PPSDM memiliki data sistem perpipaan untuk discharge seperti tabel di bawah ini.

Tabel 3. Data Pipa Discharge

Discharge Line 3 inci Sch 40					
NPS	Item	Jumlah	Resistance in Equivalent Pipe (ft)	Jumlah Panjang Ekuivalen (ft)	Jumlah Panjang Ekuivalen (m)
3 inch	Pipa				150
	Gate valve full open	1	4,5	13,5	41,148
	L.R Elbow	6	7	35	10,668
	L.R Elbow (45)	4	3,5	14	42,672
	Chack valve	1	35	35	10,668
	Tee (Branch)	1	16	16	48,768
Total Panjang Discharge Line (L+Lef)					1,845,948

Headloss total merupakan penjumlahan dari headloss mayor dan minor dimana

$$H_{LT} = H_{major} + H_{minor} \dots\dots (1)$$

Di mana:

HL_T : Headloss Total (m)

HL_{major} : Headloss Major (m)

Sedangkan headloss mayor dapat dicari dengan persamaan

$$HL_{may} = \frac{f \cdot L \cdot D}{2v^2g} \dots\dots (2)$$

Di mana:

HL_{mj} : Headloss mayor (m)

f : faktor gesekan

L : panjang pipa(m)

D : diameter pipa (m)

v : kecepatan aliran fluida(m/s)

g : percepatan gravitasi (m/s²)

Headloss minor dapat dicari dengan persamaan

$$HL_{min} = \frac{K}{2v^2g} \dots\dots (3)$$

Di mana:

HL : *Headloss* minor (m)

v : kecepatan aliran fluida (m/s)

g : percepatan gravitasi (m/s²)

K : koefisien gesek yang dijumlahkan dari fitting pipa

HASIL DAN PEMBAHASAN

Head pompa adalah *head* total yaitu merupakan selisih *head* pada sisi discharge dengan *head* pada sisi *suction* yang dinyatakan dengan satuan panjang. Pada *head* pompa ini terdiri dari : *Head* pressure, *Head* kecepatan, *Head* potensial dan *Headloss*. *Head* pompa dapat di hitung berdasarkan instalasi atau sistem perpipaan. Berikut merupakan perhitungan *head* perpipaan Pompa Sentrifugal P.100/15.

Perhitungan *headsuction*

Perhitungan *headloss* dilakukan dengan menggunakan persamaan :

$$H_s = \frac{P_s}{\gamma} - \frac{P_o}{\gamma} \pm Z_s - h_{ls} - \frac{V_s^2}{2g} \dots\dots (4)$$

Kecepatan *suction* dapat dicari dengan menggunakan debit dimana :

$$V_s = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D_s^2} \dots\dots (5)$$

Pipa yang digunakan memiliki diameter 4 inci (NPS) = 4.026 inci = 102.260 mm = 0.1022 m
 Sehingga:

$$V_s = \frac{0.0138 \frac{m^3}{s}}{\frac{\pi}{4} (0.1022m)^2} \dots\dots (6)$$

Sedangkan untuk mencari *headloss* pada kondisi *suction* (hlm) digunakan persamaan

$$h_{lm} = f \frac{L}{D_s} \frac{V_s^2}{2g} \dots\dots (7)$$

Nilai f di dapatkan dari gesekan antara aliran fluida pada pipa. Untuk menghitung nilai f tersebut maka perlu dicari nilai *Reynold number* terlebih dahulu.

$$Re = \rho \frac{V_s \cdot D_s}{\mu} \dots\dots (8)$$

$$Re = 730 \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{1.68 \frac{m}{s} \cdot 0.1022m}{0.0005 \frac{gr}{cm \cdot s}}$$

$$Re = 250676.16 = 2.5 \times 10^5$$

Reynold number menunjukkan bahwa fluida mengalir secara turbulents pada pipa. Nilai kekasaran related yang dimiliki pipa adalah 0.00018 ft. Dengan menggunakan moody diagram nilai f didapatkan sebesar 0.018.

$$h_{lm} = 0.018 \frac{98.58 m}{0.1022 m} \frac{\left(1.68 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \times 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{lm} = 2.49 m$$

Selanjutnya perlu dilakukan perhitungan *headloss* minor di mana :

$$hlf = n.k. \frac{Vs^2}{2g} \dots\dots (9)$$
$$hlf = 1 \times 1 \times \frac{\left(1.68 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \times 9.81 \frac{m}{s^2}}$$
$$hlf = 0.143 m$$

Headloss suction merupakan jumlah dari headloss mayor (hlm) ditambah dengan headloss minor (hlf), sehingga nilai headloss adalah sebesar

$$Hs = 14.77 m$$

Dengan cara yang sama nilai head discharge (Hd) adalah sebesar 109.58 m. Langkah selanjutnya adalah mencari nilai head total yang merupakan penjumlahan dari head discharge dan head suction. Dari perhitungan yang dilakukan didapatkan head total sebesar 17.403 m. Dengan demikian nilai daya dapat dicari dengan langkah sebagai berikut :

$$P = \frac{\rho g H Q}{1000} kW \dots\dots (10)$$
$$P = \frac{730 \frac{kg}{m^3} \times 9.81 \frac{m}{s^2} \times 17.403m \times 0.0138 \frac{m^3}{s}}{1000}$$
$$P = 1.72 kW$$

KESIMPULAN

Pemilihan jenis pompa sangat penting dilakukan untuk memastikan fluida dapat mengalir hingga mencapai reservoir sesuai dengan kecepatan yang diharapkan. Pada penelitian ini dilampirkan nilai headloss (kerugian) mayor dan minor yang terdapat pada system perpipaan. Selain itu dilakukan pula perhitungan daya pada system perpipaan. Dari perhitungan yang dilakukan didapatkan head total sebesar 17.403 m. Sedangkan daya pompa adalah sebesar 1.7 kW.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan banyak terimakasih kepada unit kilang dan pengeboran PPSDM Migas Cepu atas dukungannya dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. K. Lingga Yana, K. Rihendra Dantes, and N. A. Wigrha, "RANCANG BANGUN MESIN POMPA AIR DENGAN SISTEM RECHARGING," Jul. 2017. Accessed: Jan. 29, 2021. [Online]. Available: <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JPTM/article/view/10872>.
- [2] A. A. Musyafa and I. H. Siregar, "PENGARUH JUMLAH SUDU SENTRIFUGAL IMPELLER TERHADAP KAPASITAS DAN EFISIENSI POMPA SENTRIFUGAL," May 2015. Accessed: Jan. 29, 2021. [Online]. Available: <https://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/11600>.
- [3] I. Mustain, "Penurunan Tekanan pada Pompa Air Laut pada Mesin Induk Kapal," *Maj. Ilm. Gema Marit.*, vol. 22, no. 1, pp. 27–33, Mar. 2020, doi: 10.37612/gema-maritim.v22i1.48.
- [4] A. Hamid and H. Muwardi, "EVALUASI PENURUNAN TEKANAN PADA PEMIPAAN SISTEM UDARA BERTEKANAN DI PT.INDOFOOD SUKSES MAKMUR (BOGASARI FLOUR MILL)."
- [5] R. N. Sani, F. C. Nisa, R. D. Andriani, and J. M. Maligan, "Analisis Rendemen dan Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol Mikroalga Laut *Tetraselmis chuii*," *J. Pangan dan Agroindustri*,

- vol. 2, no. 2, pp. 121–126, 2014, [Online]. Available: <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/44>.
- [6] Z. Lillahulhaq and V. S. Djanali, “Numerical Study of Savonius Wind Turbine with Fluid-Rotor Interactions,” *IPTEK J. Proc. Ser.*, vol. 0, no. 1, p. 48, Apr. 2019, doi: 10.12962/j23546026.y2019i1.5106.
- [7] Z. Lillahulhaq and V. S. Djanali, “Unsteady simulations of Savonius and Icewind turbine blade design using fluid-structure interaction method,” in *AIP Conference Proceedings*, Dec. 2019, vol. 2187, no. 1, p. 020009, doi: 10.1063/1.5138264.
- [8] O. : Kunarto, “PENYULUHAN POMPA DI PT. PURNAMA BOHLER TEKNOLOGI BANDAR LAMPUNG,” Oct. 2018. Accessed: Jan. 29, 2021. [Online]. Available: <http://artikel.ubl.ac.id/index.php/PKM/article/view/1213>.
- [9] P. Nikosai and P. Nikosai, “Optimasi Desain Impeller Pompa Sentrifugal Menggunakan Pendekatan CFD,” Jan. 2016. doi: 10.12962/j23373520.v4i2.12319.
- [10] D. Sugiyanto and egar ruli Anmar, “Analisa Sistem Perpipaian Pompa Sentrifugal 1500 GPM pada Mobil Pemadam Kebakaran,” *J. Mech. Eng. Stud.*, vol. 3, no. 2, pp. 57–65, 2018.
- [11] D. Wahyudi, “Perbandingan *Head* dan Kapasitas Pompa Sentrifugal Tunggal dan Seri,” *ENERGY*, vol. 9, no. 1, May 2019, Accessed: Jan. 29, 2021. [Online]. Available: <https://ejournal.upm.ac.id/index.php/energy/article/view/553>.
- [12] I. Febrianto, M. Khabib, and B. S. Nugraha, “PERANCANGAN SISTEM POMPA PARALEL DENGAN DAYA BERVARIASI UNTUK MENINGKATKAN KAPASITAS AIR,” *J. CRANKSHAFT*, vol. 1, no. 1, Sep. 2018, doi: 10.24176/crankshaft.v1i1.2584.
- [13] S. Nugroho and D. Aries Himawanto, “PENGARUH JUMLAH SUDU TERHADAP UNJUK KERJA DAN KAVITASI POMPA SENTRIFUGAL,” Mar. 2014. Accessed: Jan. 29, 2021. [Online]. Available: <https://jurnal.ft.uns.ac.id/index.php/mekanika/article/view/121>.