

RANCANG BANGUN ALAT UKUR UJI TEKANAN DAN LAJU ALIRAN FLUIDA MENGUNAKAN POMPA CENTRIFUGAL

Gugun Gunadi¹, Asep Rachmat²,
Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Majalengka
Email: asep18rachmat75@gmail.com

ABSTRAK

Prinsip kerja pompa pada dasarnya adalah menurunkan tekanan dalam ruang pompa sisi hisap sehingga akan terjadi perbedaan tekanan antara ruang pompa dengan permukaan fluida yang dihisap, akibatnya fluida akan mengalir ke ruang pompa oleh impeler fluida ini di dorong keluar. Tujuan penelitian ini adalah rancang bangun alat uji tekanan dan laju aliran fluida menggunakan pompa centrifugal. Selain itu juga untuk mengetahui karakteristik pompa pada rangkaian seri dengan cara pemasangan katup pada sisi tekan. Untuk dapat menentukan kurva karakteristik pompa ditambahkan komponen alat ukur berupa pressure gauge sebagai alat ukur tekanan, orifice dan manometer U sebagai alat ukur debit aliran fluida. Kavitasasi merupakan faktor yang sering dikaitkan dengan terjadinya kerusakan pada komponen impeler pada pompa centrifugal, maka dalam merancang bangun alat uji ini harus diusahakan agar proses kavitasasi dapat dicegah atau diminimalisir sekecil mungkin terhadap kemungkinan terjadinya kavitasasi. Untuk dapat menentukan daya pompa yang dibutuhkan dalam alat uji tekanan fluida maka harus dicari nilai head total. Adapun nilai – nilai haed adalah sebagai berikut: head elevasi 0,4 m, head tekan 10,3 m, head laju aliran 0,12 m, haed loses 21,11 m.

Kata kunci : rangkaian seri, pompa centrifugal, kavitasasi, head.

I. PENDAHULUAN

Fluida adalah zat yang berubah bentuk secara kontiniu (terus menerus) bila terkena tegangan geser (*fluid mechanics*, 1985), hal ini membuktikan hukum pascal bahwa fluida menekan ke segala arah. Selain itu juga ada satu besaran dari fluida yang dapat mencirikan suatu jenis fluida dan membedakannya dengan fluida yang lain. Sifat yang membedakan fluida satu dengan yang lainnya dinamakan dengan massa jenis. Massa jenis tidak hanya berlaku pada fluida saja, tapi berlaku juga pada semua benda tak terkecuali benda tegar. Massa jenis berguna untuk membedakan fluida, karena sifat fluida yang sama namun memiliki masa jenis yang berbeda.

Laju aliran fluida mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah, namun tidak hanya itu saja fluida juga dapat dipindahkan dari suatu tempat bertekanan tinggi menuju ke tempat yang bertekanan lebih rendah.

Pompa merupakan alat untuk memberikan energi mekanis kepada cairan, sedangkan prinsip

kerjanya sendiri 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 dihisap. 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 - menerus selama pompa beroperasi.

Karakteristik dari fluida dengan prinsip kerja pompa saling berkaitan, yaitu dimana fluida mampu berpindah dari suatu tempat ke tempat lain dengan catatan kedua tempat tersebut memiliki perbedaan tekanan. Untuk membuat perbedaan itu sendiri dibutuhkan suatu alat yang mampu memberikan tekanan pada ruang tertutup sehingga fluida tersebut mampu terhisap dan berpindah dari suatu tempat ke tempat yang lain.

Sedangkan pompa sentrifugal merupakan alat perpindahan fluida dengan menggunakan

gaya sentrifugal yang diakibatkan gerak impeller. Seluruh impeller berputar dalam rumah pompa (*chasing*) dengan kecepatan tinggi, sehingga memberikan percepatan pada fluida yang dialirkan.

Pompa yang dipergunakan sebelumnya harus diketahui karakteristik pada kondisi kerja yang berbeda, dengan demikian dapat ditentukan kemampuan kerja pompa yang digunakan dimana pompa tersebut bisa mencapai efisiensi maksimum. Hal ini perlu dilakukan karena pada kenyataannya pompa sangat mungkin mengalami *overload*, dengan mengetahui karakteristik pompa merupakan salah satu bentuk proteksi proteksi terhadap pompa yang dipakai.

Teknik pengukuran tekanan secara garis besar dapat di klasifikasikan menjadi tiga kelompok, yakni sebagai berikut:

1. Tekanan yang diberikan oleh kolom fluida (misalnya air raksa) seperti yang terjadi pada manometer.
2. Pengukuran besar deformasi suatu elemen, seperti pada kasus yang terjadi pada tabung Bourdon.
3. Pengukuran kuantitas elektrik.

II. METODELOGI PENELITIAN

Studi pustaka merupakan langkah yang dilakukan setelah menentukan pokok permasalahan. Metode ini bertujuan untuk memperoleh teori-teori dasar dan prosedur perancangan yang berkaitan dengan materi yang ditulis.

Survei lapangan dilakukan untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam pembuatan alat uji. Data-data ini bisa berupa data tentang pompa, rangkaian, dan material-material dari setiap komponen.

Study bimbingan yaitu dengan melakukan diskusi tentang topik penelitian ini dengan dosen pembimbing yang telah ditunjuk oleh pihak Fakultas Teknik jurusan Teknik Mesin Universitas Majalengka, dan teman-teman sesama mahasiswa.

Perancangan dimensi pipa, merupakan proses dimana pada tahap ini kita melakukan perancangan pipa yang didalamnya terdapat perkiraan lengkungan, bahan yang digunakan, diameter pipa yang dipakai dan juga panjang pipa yang dibutuhkan.

Penentuan pompa yang digunakan, merupakan hasil keseluruhan proses perhitungan baik itu berupa head losses, head pompa. Selain itu juga pemilihan pompa yang sesuai merupakan penentu kualitas dari alat uji tekanan fluida, karena pompa merupakan instrument utama pada alat uji ini. Proses permesinan juga menentukan ketersediaan bahan, kepraktisan dalam melaksanakan proses permesinan, waktu yang dibutuhkan dan dampak yang paling besar adalah agar tercapainya biaya yang seefisien mungkin.

III. HASIL PENELITIAN

3.1 Rangka

Rangka merupakan sistem penopang dalam suatu alat. Sistem penopang ini bertindak sebagai bingkai dari elemen – elemen system terkecil dalam alat uji tekanan fluida pada pompa sentrifugal. Disini rangka tersusun atas baja dengan profil siku, profil siku dipilih karena merupakan turunan dari baja strip yang dibangun menjadi bentuk yang lebih *rigid*. Hal ini mengakibatkan baja jenis ini menjadi lebih kuat bila dibandingkan dengan baja *sleb*.

Rangka atau *frame* alat uji yang akan dibuat terlebih dahulu digolongkan kedalam kegunaannya, yang berdasarkan kegunaannya dikelompokkan sebagai berikut:

1. Rangka yang memiliki fungsi sebagai dudukan dari motor dan juga pompa *centrifugal* rangka ini terletak dibagian atas *frame*.
2. Rangka bagian bawah merupakan tempat dudukan dari bak penampungan air.
3. Kaki- kaki rangka yang memiliki fungsi sebagai penopang dari seluruh elemen dari system alat uji tekanan fluida.

3.2 Pembebanan Pada Rangka

Beban rangka terdiri dari beberapa komponen yang membebaninya diantaranya:

- a. Pompa
- b. Motor
- c. Bak Penampungan

Berdasarkan pengukuran berat masing – masing komponen pembebanan diperoleh, berat untuk pompa sebesar 5 kg, untuk motor 14 kg, dan bak penampungan dalam keadaan kosong sebesar 15 kg.

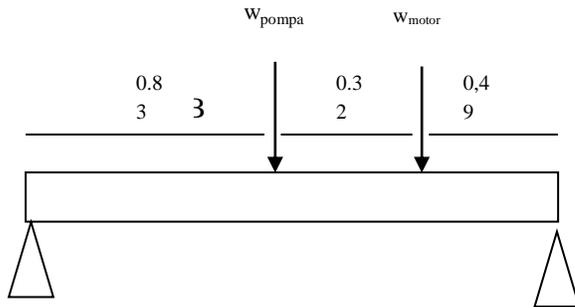
Untuk gaya pembebanan pada rangka adalah.

A. $W_{Pompa} = m \cdot g$
 $= 5 \times 10$
 $= 50 \text{ N}$

B. $W_{Pompa} = m \cdot g$
 $= 14 \times 10$
 $= 140 \text{ N}$

C. $W_{Pompa} = m \cdot g$
 $= 15 \times 10$
 $= 150 \text{ N}$

3.3 Gambar Beban yang Terjadi Pada Rangka batang



Gambar 1.1 Rangka Serta Bebannya

a. $\Sigma F_X = 0$
 $F_{AX} + F_{BX} = 0$

b. $\Sigma F_Y = 0$ dari
 $F_{AY} + F_{BY} - w_{pompa} - w_{motor} = 0$
 $F_{AY} + F_{BY} = w_{pompa} + w_{motor}$
 $F_{AY} + F_{BY} = 50 + 140$
 $F_{AY} + F_{BY} = 190 \text{ N}$

c. $\Sigma M_A = 0$
 $(1,64 \times F_{BY}) - (0,83 \times w_{pompa}) - (1,15 \times w_{motor}) = 0$
 $(1,64 \times F_{BY}) - (0,83 \times 50) - (1,15 \times 140) = 0$
 $(1,64 F_{BY}) = (0,83 \times 50) + (1,15 \times 140)$
 $1,64 F_{BY} = 48,5 + 161$
 $F_{BY} = 128 \text{ N}$

Untuk mencari F_{AY} kita tinggal substitusikan F_{BY} kedalam persamaan 1 maka sebagai berikut.

$F_{AY} + F_{BY} = 190 \text{ N}$
 $F_{AY} = 190 \text{ N} - F_{BY}$
 $F_{AY} = 190 \text{ N} - 128 \text{ N} = 62 \text{ N}$

Untuk beban yang diberikan oleh bak penampung air dalam keadaan kosong adalah.

a. $\Sigma F_X = 0$
 $F_{AX} + F_{BX} = 0$

b. $\Sigma F_Y = 0$
 $F_{AY} + F_{BY} - w_{bak} = 0$
 $F_{AY} + F_{BY} = w_{bak} \times 1,64$
 $F_{AY} + F_{BY} = 262,4 \text{ N} \dots \dots \dots \text{ pers 2}$

c. $\Sigma M_A = 0$
 $(1,64 \times F_{BY}) - (0,82 \times w_{bak}) = 0$
 $(1,64 \times F_{BY}) - (0,82 \times 262,4) = 0$
 $(1,64 F_{BY}) = (0,82 \times 262,4)$
 $F_{BY} = \frac{215}{1,64}$
 $F_{BY} = 131,2 \text{ N}$

Untuk mencari F_{AY} kita tinggal substitusikan F_{BY} kedalam persamaan 2 maka sebagai berikut.

$F_{AY} + F_{BY} = 262,4 \text{ N}$
 $F_{AY} = 262,4 \text{ N} - F_{BY}$
 $F_{AY} = 262,4 \text{ N} - 131,2 \text{ N}$
 $F_{AY} = 131,2 \text{ N}$

3.4 Daya Pompa

• Haed Statis

Dengan nilai yang diketahui sebagai berikut:

$Z_s = 0,9 \text{ m}$
 $Z_1 = 1,3 \text{ m}$
 $P_1 = P_2 = 1 \text{ atm}$
 (untuk bak terbuka)
 $V_1 = V_2 = 1,5 \text{ m/s}$
 (untuk pipa ukuran kecil)

Head Elevasi

$H_z = Z_s - Z_1$
 $H_z = 1,3 - 0,9$
 $H_z = 0,4 \text{ m}$

a. Karena $P_1 = P_2$ maka menggunakan persar $\frac{P}{\rho \times g}$
 $H_p = \frac{101325}{1000 \times 9,8}$
 $H_p = \frac{101325}{9800}$
 $H_p = 10,3 \text{ m}$

b. Karena $V_1 = V_2$ maka menggunakan persamaan.

$$H_v = \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$H_v = \frac{1,5^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_v = \frac{2,25}{19,6}$$

$$H_v = 0,12 \text{ m}$$

Jadi head statis total adalah.

$$H_{st} = H_z + H_p + H_v$$

$$H_{st} = 0,5 + 10,3 + 0,12$$

$$H_{st} = 10,92 \text{ m}$$

Haed Loses Saluran Isap

Kerugian Akibat Gesekan

$$Re = \frac{\rho \times v \times d_1}{\mu}$$

$$Re = \frac{1000 \times 1,5 \times 0,0381}{0,862 \times 10^{-6}}$$

$$Re = \frac{57,15}{0,801 \times 10^{-3}}$$

$$Re = 71348,31$$

Untuk nilai bilangan reynold sebesar 71348,31 termasuk kedalam aliran turbulen. maka untuk mencari koefisian gesek dapat menggunakan persamaan.

$$f = 0,02 + \frac{0,0005}{d_1}$$

$$f = 0,02 + \frac{0,0005}{0,051}$$

$$f = 0,029$$

Untuk mencari nilai head kerugian akibat gesekan pada pipa hisap kita bisa menggunakan prersamaan 2.15.

$$h_f = 0,029 \times \frac{1}{0,051} \times \frac{1,5^2}{2,9,8}$$

$$h_f = f \times \frac{L_s}{d_1} \times \frac{V_s^2}{2.g}$$

$$h_f = 0,065 \text{ m}$$

Kerugian akibat instalasi

Sementara untuk mencari nilai head kerugian akibat instalasi pada pipa hisap kita bisa menggunakan prersamaan 2.16. pada pipa hisap terdapat tiga belokan setandar 90^0 maka.

$$h_m = \sum n.k \frac{1,5^2}{2,9,8}$$

$$h_m = 3.30. \frac{1,5^2}{2,9,8}$$

$$h_m = 90 \frac{Vs^2}{2.g}$$

$$h_m = 10,3 \text{ m}$$

Haed Loses Saluran Tekan

Kerugian Akibat Gesekan

$$Re = \frac{\rho \times v \times d_1}{\mu}$$

$$Re = \frac{1000 \times 1,5 \times 0,049}{0,862 \times 10^{-6}}$$

$$Re = \frac{73,5}{0,801 \times 10^{-3}}$$

$$Re = 85266,82$$

Untuk nilai bilangan reynold sebesar 85266,82 termasuk kedalam aliran turbulen. maka untuk mencari koefisian gesek dapat menggunakan persamaan.

$$f = 0,02 + \frac{0,0005}{d_1}$$

$$f = 0,02 + \frac{0,0005}{0,0381}$$

$$f = 0,033$$

Untuk mencari nilai head kerugian akibat gesekan pada pipa hisap kita bisa menggunakan prersamaan 2.15.

$$h_f = f \times \frac{L_s}{d_1} \times \frac{V_s^2}{2.g}$$

$$h_f = 0,033 \times \frac{1}{0,0381} \times \frac{1,5^2}{2,9,8}$$

$$h_f = 0,1 \text{ m}$$

Kerugian akibat instalasi

Sementara untuk mencari nilai head kerugian akibat instalasi pada pipa hisap kita bisa menggunakan prersamaan 2.16. pada pipa hisap terdapat tiga belokan setandar 90^0 maka serta satu katup pengendali jenis globe.

$$h_m = \sum n.k \frac{1,5^2}{2,9,8}$$

$$h_m = 3.30 \frac{1,5^2}{2,9,8}$$

$$h_m = 90 \frac{Vs^2}{2.g}$$

$$h_m = 10,3 \text{ m}$$

dan untuk katup bola

$$h_m = \sum n.k \frac{1,5^2}{2,9,8}$$

$$h_m = 1.3. \frac{1,5^2}{2,9,8}$$

$$h_m = 3.$$

$$h_m = 0,34 \text{ m}$$

jadi h_m total adalah.

$$h_m = 10,3 + 0,34$$

$$h_m = 10,64 \text{ m}$$

Haed Total

$$H_{tot} = 10,92 + 0,065 + 10,3 + 0,1 + 10,64$$

$$H_{tot} = 32,03 \text{ m}$$

Untuk daya pompanya itu sendiri bisa dicari dengan persamaan

$$N = \frac{g \times \rho \times Q \times H_{tot}}{\eta_p}$$

$$N = \frac{9,8 \times 1000 \times 0,02 \times 32,03}{0,85}$$

$$N = 7385,7 \text{ watt}$$

Berdasarkan hasil survei diperoleh pompa dengan daya 0,75 kw.

NPSH pompa

Ada 2 macam NPSH yaitu NPSHa (Net Positive Suction Head Available) dan NPSHr (Net Positive Suction Head Required).

1. **NPSHa** adalah nilai NPSH yang ada pada *system* di mana pompa akan bekerja.
2. **NPSHr** adalah nilai NPSH spesifik pompa agar bekerja dengan normal, yang diberikan oleh pembuat berdasarkan hasil pengtesan.

$$\begin{aligned} \text{NPSHa} &= P_a - p - h_s - h_i \\ &= 10,3 - 0,839 - 0,9 - 0,608 \\ &= 7,953 \text{ m} \end{aligned}$$

Pemilihan Pompa

Berdasarkan hasil perhitungan pompa, maka dipilih tipe pompa sebagai berikut (d disesuaikan dengan ketersediaan pompa sentrifugal di pompa market) :

Tipe	: Y 802-4
Daya pompa	: 0,75 kw.
Head total	: 32,03 m
NPSHr	: >7,953 m
Kapasitas	: 0,0002 m ³ /s atau 2 l/s

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil perancangan alat uji tekanan fluida rangkaian seri dengan menggunakan pompa *centrifugal* diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Titik didih air tidak mutlak 100⁰ C, tergantung pada tekanan yang terdapat dalam media penampung air yang digunakan. Air yang mendidih mengakibatkan kavitasi di dalam pompa.
2. Diameter pipa masuk harus lebih besar bila dibandingkan dengan pipa keluar.
3. Head pompa terpengaruh oleh beberapa faktor yaitu:
 - a. Perbedaan tinggi air pada sisi masuk dengan keluar.
 - b. Diameter pipa yang digunakan.
 - c. Jenis bak penampungan yang digunakan (keadaan bak dalam keadaan tertutup atau terbuka).
 - d. Jenis instalasi dan kelengkapan pendukung yang digunakan dalam alat uji.
4. Dalam segi perhitungan tekanan pada pipa keluar alat uji yang dirancang lebih unggul daripada alat uji yang serupa di Untag, karena pada alat uji ini menggunakan bordone tube, sedangkan di untag menggunakan manometer U.
5. Lebih minimalis dibanding dengan alat uji yang telah disurvei.

V. REFERENSI

- Anis, Samsudin. *Buku ajar dasar pompa*. Universitas negeri semarang: Semarang. 2008
- Achdi, Endang. *Panduan praktikum phenomena dasar mesin*. Universitas tujuh belas agustus 1945 Cirebon: Cirebon. 2008
- Hill, McGraw. *fluid mechanics*. Erlangga: Jakarta. 1985
- Ir. Sularso, MSME, *dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin*
- K. S. Y, Dua. *Disain jaringan pipa*. Mandar maju: Bandung. 2009
- T.G. Hicks, T.W. Edwards. 1996. *Teknologi Pemakaian Pompa*. Erlangga: Jakarta