

MESIN-MESIN FLUIDA

PERENCANAAN POMPA UNTUK KEBUTUHAN RUMAH TANGGA

Jenne Syarif

Email : Jenne 671965@yahoo.com

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

abstrak

Dalam kehidupan sehari-hari air merupakan salah satu kebutuhan utama bagi kelangsungan hidup kita untuk mentransfer air yang berupa fluida diperlukan pipa-pipa yang digunakan sebagai media penghantarnya. Sedangkan untuk pendorongnya digunakan pompa yang berfungsi untuk menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dengan menggunakan impeller atau sudu pengarah agar mencapai tempat dan tujuan yang dikehendaki dengan mengatasi hambatan-hambatan yang ada. Hambatan-hambatan tersebut dapat berupa perbedaan elevasi, jarak yang ditempuh, gesekan pada pipa, gesekan pada valve & gesekan pada fitting. Pada perencanaan pompa factor-faktor yang perlu diperhatikan adalah air yang ditransfer, temperature fluida, tekanan fluida, dan kapaistas yang digunakan. Parameter pompa sentrifugal yang mempengaruhi kerjanya adalah : kapasitas, Head total pompa, Daya, NPSH, dan efisiensi. Untuk menghindari terjadinya kavitasi & water hammer maka pengoperasian pompa sentrifugal hendaknya pada efisiensi yang optimal. Jadi untuk mengalirkan air yang digunakan untuk keperluan rumah tangga dengan luas rumah type 72 yang sangat baik digunakan pompa jenis ini.

Kata Kunci : Pompa hidrostatik, Hidrodinamis, gesekan, kapasitas pompa, Head total pompa, daya, NPSH.

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan utama bagi kelangsungan hidup manusia, hewan, tumbuh-tumbuhan. Air yang di gunakan untuk kebutuhan manusia perlu mendapat perhatian, baik dari segi kebersihan maupun kandungan mineralnya. Disamping itu air juga digunakan antara lain :

- kebutuhan rumah tangga.
- Kebutuhan sekolah .
- Kebutuhan perkantoran .
- Kebutuhan pengairan/irigasi .
- Kebutuhan lembaga kesehatan .
- Kebutuhan tempat-tempat sosial lainnya.

Dengan meningkatnya suatudaerah dan semakin maju nya tingkat kehidupan manusia, maka kebutuhan air bersih semakin banyak diperlukan, baik dari segi kuantitas maupun kualitasnya.

Latar Belakang Perencanaan

Sehubungan dengan adanya program pemerintah dalam membangun rumah standar untuk rakyat, yang terdiri dari bermacam-macam type. Studi tentang rumah standar adalah dimaksud untuk mencapai perumahan murah (low cost housing).

Perumahan murah yang diartikan dapat dibeli atau dimiliki oleh golongan yang tingkat masyarakat yang terbanyak . murah disini diartikan bagaimana kita dengan kemampuan yang terbatas bisa mendapatkan rumah yang paling maksimal dalam design, organisasi, tata letak, konstruksi, bahan dan sebagainya.

Dalam merencanakan kelengkapan untuk suatu rumah tinggal ada 3 hal pokok yang perlu kita perhatikan antara lain :

1. keadaan sosial
2. Keadaan ekonomi
3. Kemajuan teknologi

Ketiga faktor pokok tersebut dianggap sebagai factor penentu, karena sifatnya yang selalu berkembang. Dengan kata lain ketiga faktor tersebut akan selalu mempengaruhi pola kehidupan. Standar-standar yang akan dicapai, tentunya juga akan berjalan sejajar dengan perkembangan masyarakat. Sehingga dapat dikatakan disini bahwa rumah standar adalah sebagai suatu fenomena yang selalu berkembang pula.

Untuk membangun suatu rumah tinggal kita perlu merencanakan secara ekonomis, efisien dan tahan lama. Disini penulis akan mencoba merancang suatu unit pompa yang digunakan untuk keperluan rumah tangga dengan luas rumah type 72 dan dengan system pemipanya.

Manfaat Air Minum

Guna untuk dapat menyalurkan air bersih untuk kebutuhan rumah tangga, dibutuhkan suatu pompa beserta instalasi/jaringan distribusi yang baik serta sebagaimana instalasi/jaringan distribusi yang baik serta sebagaimana yang diharapkan.

Adapun pompa dan instalasi/jaringan distribusi serta kelengkapannya, diharapkan untuk dapat melayani kebutuhan air bersih untuk rumah tangga.

Jenis-jenis pemakaian air untuk rumah tangga adalah sebagai berikut :

- Kebutuhan air untuk mandi
- Kebutuhan air untuk minum dan makan
- Kebutuhan air untuk tanaman dan cuci mobil
- Kebutuhan air untuk cuci pakaian dan cuci piring

Klasifikasi Pompa

Secara umum pompa dapat dibagi kedalam 2 klasifikasi, yaitu : Pompa Hidrostatik dan Pompa Hidrodinamis.

Pada pompa Hidrostatik, cairan digerakkan dari tempat isap ke tempat tekan oleh variasi mekanis volume rumah pompa. Pompa Hidrostatik dibagi kedalam dua golongan yaitu : pompa bolak-balik yaitu dimana torak atau plunyer bergerak bolak-balik ke dalam silinder dan pompa putaran yaitu dimana cairan digerakkan oleh sepasang sekrop atau roda gigi.

Pompa bolak balik sangat cocok digunakan pada kondisi dengan kapasitas kecil dan perbedaan tekanan yang tinggi dan bisa menangani cairan dengan berbagai kekentalan. Pompa rotary cocok digunakan pada kondisi-kondisi dengan kapasitas dan head yang tidak terlalu besar dan cairan dengan kekentalan tinggi.

Pada pompa hidrodinamis, cairan dipindahkan akibat putaran impeller dengan suatu prinsip kerja sebagai berikut, Jika daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar impeller, cairan yang terdapat di sekitar impeller ikut berputar karena timbul gaya centrifugal. Cairan yang keluar dari impeller ditampung oleh saluran berbentuk volute atau spiral

dan kemudian dibawa kedalam nozel, sebagian head kecepatan diubah menjadi head tekanan.

Pompa hidrodinamis sangat cocok digunakan pada kondisi-kondisi dengan kapasitas besar dan head tekanan kecil.

Perhitungan Bagian Utama Pompa

Poros

Fungsi poros pada pompa adalah untuk meneruskan momen torsi yang didapat pada saat start dan selama operasi. Poros juga berfungsi sebagai penumpu impeller.

Pada bagian ini hanya dihitung diameter poros saja, dengan menggunakan bahan poros baja karbon S 35 C. Sedangkan panjang poros akan ditentukan setelah dimensi dari pada impeller diketahui.

1. Momen Puntir

Momen punter yang bekerja pada poros, besarnya dapat ditentukan dengan persamaan.

Dimana :

M_w = Momen Puntir, kg cm

P_d = Daya yang diteruskan, Kw
= 0,24 Kw

ω = Kecepatan sudut poros, rad/det

$$= 2 \cdot \pi \cdot n = 2 \cdot \pi \cdot 2850$$

$$= 17907,08 \text{ rad/menit} = 298,5 \text{ rad/det}$$

Maka :

$$M_w = \frac{0,24}{298,5} = 8,040 \times 10^{-4} \text{ Kw.det}$$

Karena : 1 Kw - det = 10193,68 kg-cm

maka :

$$M_w = 8,040 \times 10^{-4} \times 10193,68 \\ = 8,20 \text{ kg-cm}$$

Dalam perencanaan ini bahan poros dipilih dari bahan S 35 C dengan kekuatan tarik 52 Kg/mm² Tegangan geser yang di izinkan :

$$f_s = \frac{S_B}{S_{f1}} \times S_{f2} \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

dimana :

f_s = Tegangan geser di izinkan, kg/mm²

S_B = Tegangan tarik yang di izinkan
= 52 kg/mm²

S_{f1} = 6,0 (factor keamanan untuk bahan S-c)

S_{f2} = 3,0 (factor keamanan untuk poros yang di beri alur pasak)

Maka :

$$\begin{aligned} f_s &= 52 / 6,0 \times 3,0 \\ &= 2,89 \text{ kg/mm}^2 \\ &= 289 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Dengan demikian menurut Khuruni dan Gupta dengan rumus :

$$ds^3 = \frac{16 \cdot M_w}{\pi \cdot f_s}$$

dimana :

M_w = Momen punter (kg . cm)
 f_s = Tegangan geser bahan yang di izinkan.
 (kg/cm²) = 289 kg/cm (dipilih dari bahan S 35 c)

Maka :

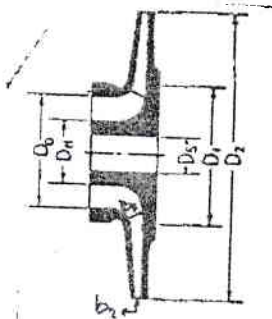
$$\begin{aligned} ds &= \sqrt[3]{\frac{16,8,20}{\pi \cdot 289}} \\ &= 0,53 \text{ cm} = 5,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diameter poros yang telah distandarkan yaitu 10 mm. Ukuran poros ini merupakan ukuran diameter terkecil dari pada diameter poros pompa yang juga merupakan tempat duduk impeller.

Impeller

Impeller berfungsi untuk memberikan gaya sentrifugal kepada fluida sehingga dapat bergerak dari tempat isap ketempat yang di inginkan (discharge).

Bagian-bagian utama dari impeller adalah seperti di tujukan pada gambar (3). bahan untuk impeller adalah Bronze (Bc2). yang dipilih berdasarkan kenetralan dari cairan (fresh water). Untuk ph air diambil: 7



Gambar 3 impeller pompa

Keterangan gambar :

- Dh = Diameter hub (22m)
- Do = Diameter mata impeller (34mm)
- D1 = Diameter sudu (vane) (34mm)

- D2 = Diameter luar impeller (145mm)
- Ds = Diameter poros (10mm)
- b1 = Lebar haluan sisi masuk (45,56mm)
- b2 = Lebar haluan sisi keluar (1,38mm)

1. Dimensi-dimensi sisi masuk impeller.

- Diameter Hub (Dh)
 Diameter hub dibuat lebih besar 7,94 hingga 12,7 mm dari diameter poros. Maka Dh = 10 mm + (7,94 - 12,7)mm = (17,94-22,7)mm [1]. Dalam hal ini ,diameter hub diambil sebesar 22mm.

- Diameter Eye (mata) impeller.
 Memberikan sebuah persamaan untuk menghitung diameter eye (mata) impeller [1] sebagai berikut :

$$DO = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q_o}{V_o} + Dh^2}$$

Dimana :

- Do = Diameter ete impeller, m
- Qo = Kapasitas pompa, m³/det
- Qo = ((2% ± 10%) x 0,001026) + 0,001026
 diambil
 =(5%-0,001026) + 0,001026=0,001539
 m³/det
- Vo =kecepatan izin pluida masuk ke eye
 impeller, m/det
 =(3,05 ± 4,57) m/det =30,5 m/det
- Dh = Diameter hub, 0,022 m

Maka :

$$\begin{aligned} Do &= \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{0,001539}{3,05} + (0,022)^2} \\ &= 0,034 \text{ m} \\ &= 34 \text{ m} \end{aligned}$$

- Diameter inlet vane (D1)
 Diameter Inlet sudu, biasanya dibuat sama dengan dengan diameter Eye impeller [1]. Hal ini untuk dapat memastikan terjadinya aliran yang mulus, tanpa terjadinya turbulensi yang berlebihan. Jadi inlet sudu (D1) adalah sebesar 34 mm.

- Lebar laluan impeller (b1)
 Lebar laluan impeller pada sisi masuk, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dari [1] yaitu :

$$b1 = Q_0 / \pi \cdot D1 \cdot V_{r1} \cdot \epsilon_1$$

Dimana :

- b1 = Lebar laluan impeller sisi masuk, m
- Q = Kapasitas pompa, m³/det.
- D1 = Diameter inlet sudu, m
- V_{r1} = Kecepatan radial sisi masuk sudu, m/det (5% - 10%) v_o
 = (1,05 - 1,10) V_o = diambil 1,05. V_o
 = 1,05 . 3,05 = 3,2 m/det.
- V_o = Kecepatan masuk melalui Eye impeller, m/det.
- ε₁ = Faktor kontraksi = (0,8 - 0,9)
 = 0,85 (dipilih)

Maka :

$$b1 = \frac{0.001539}{\pi \cdot 0,034 \cdot 3,05 \cdot 0,85}$$

$$= 0,00556 \text{ m}$$

$$= 5,56 \text{ mm}$$

- Kecepatan tangensial (U1)

Kecepatan tangensial pada sisi masuk dapat di hitung dengan menggunakan persamaan yang di berikan [1], yaitu sebesar :

$$U1 = \pi \cdot D1 \cdot n$$

Dimana :

- U1 = Kecepatan tangensial pada sisi masuk, m/det
- D1 = Diameter inlet sudu, m
- n = Putaran pompa, rps
 = 2850 rpm = 47,5 rps

Maka :

$$U1 = \pi \cdot 0,034 \cdot 47,5$$

$$= 5,07 \text{ m/det}$$

- Sudut masuk sudu (β1)

Besarnya sudut masuk dapat ditentukan dengan persamaan [1]:

$$\tan \beta_1 = \frac{V_{r1}}{U1}$$

Dimana :

- β₁ = Sudut masuk sudu, °
- V_{r1} = Kecepatan radial pada sisi masuk sudu, m/det
- U1 = Kecepatan tangensial pada sisi masuk, m/det

Maka :

$$\tan \beta_1 = \frac{3,20}{5,07}$$

$$= 0,63$$

$$= 32,2^\circ$$

- Sudut masuk absolute (α₁)

Fluida dapat masuk ke sudut-sudut secara radial, sehingga sudut masuk absolute (α₁) adalah 90° atau tegak lurus [1].

- Kecepatan relative fluida (v₁)

Kecepatan relative fluida terhadap impeller dapat di tent kan dengan menggunakan persamaan yang di berikan [1], yaitu :

$$V1 = V_{r1} / \sin \beta_1$$

Dimana :

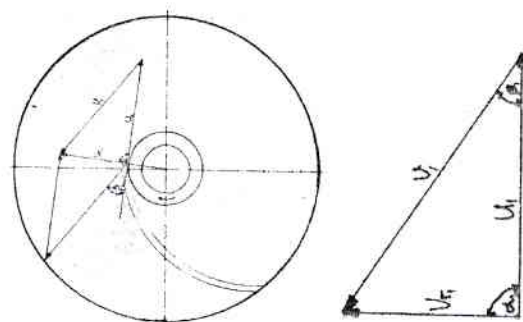
- V1 = kecepatan relative fluida, m/det
- V_{r1} = kecepatan radial sisi masu sudu, m/det
- β₁ = sudut masuk sudu, °

Maka :

$$V1 = 3,2 / \sin 32,2^\circ$$

$$= 6,0 \text{ m/det}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, didapat segi tiga kecepatan pada sisi masuk impeller seperti yang di tujukan pada gambar (4)



Gambar 4. Segitiga Kecepatan Sisi Masuk Impeller dengan skala 1:1

2. Dimensi-dimensi Sisi Keluar Impeller

- Diameter luar Impeller (D2)

Diameter luar impeller dapat ditentukan dengan rumus [1] :

$$D2 = \frac{84,6 \cdot \Phi \cdot H^{1/2}}{n}$$

Dimana:

D2 = Diameter luar Impeller, m

Φ = Koefisien tinggi tekan, dengan menghubungkan kecepatan spesifik dan kapasitas didapat 0,99m

H = Head pompa = 24,3m

n = Putaran pompa = 2850 rpm

maka:

$$D2 = \frac{84,6 \cdot 0,99(24,3)}{2850}$$

$$= 0,145 \text{ m}$$

- Lebar Sisi Keluar Impeller (b2)

Lebar sisi keluar impeller dapat dihitung dengan persamaan :

$$b2 = \frac{Qo}{\pi \cdot D2 \cdot Vr2 \cdot \epsilon2}$$

dimana :

Qo = Kapasitas pompa = 0,00539 m³/det

D2 = Diameter luar impeller = 0,145m

$\epsilon2$ = Faktor kontraksi penyempitan (0,9-0,95)

Vr2 = Kecepatan radial pada sisi keluar, m/det

Vr2 dibuat 15% lebih kecil dari Vr1, maka

$$Vr2 = 3,2 - (15\% \cdot 3,2) = 2,72 \text{ m/det}$$

maka:

$$b2 = \frac{0,001539}{\pi \cdot 0,145 \cdot 2,72 \cdot 0,90}$$

$$= 1,38 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$= 1,38 \text{ mm}$$

- Kecepatan tangensial (U2)

Menurut Church A.h. Zulkifli H, kecepatan Tangensial pada sisi keluar dapat ditentukan dengan persamaan,

$$U2 = \frac{\pi \cdot D2 \cdot n}{60}$$

dimana :

U2 = Kecepatan tangensial sisi keluar, m/det

D2 = Diameter luar impeller = 0,145 m

n = Putaran pompa = 2850 rpm

maka :

$$U2 = \frac{\pi \cdot 0,145 \cdot 2850}{60}$$

$$= 21,6 \text{ m/det}$$

- Komponen Kecepatan Tangensial Teoritis (Vu2)

Komponen kecepatan tangensial Teoritis adalah komponen tangensial yang mengabaikan aliran sirkulasi, dapat dinyatakan dengan persamaan [1]:

$$Vu2 = U2 - \frac{Vr2}{\tan \beta_2}$$

Dimana :

VU2 = Komponen kecepatan tangensial teoritis, m/det

U2 = Kecepatan tangensial sisi keluar, m/det

= Sudut sudu sisi keluar,

Vr2 = Kecepatan radial sisi keluar, m/det 503

β_2 = Sudut sudu sisi keluar.⁰

Sudut biasanya di buat lebih besar dari sudut β_1 , hal ini untuk mendapatkan laluan yang mulus dan kontinu, sudut β_2 ini biasanya dibuat 15⁰- 40⁰ [1].

Sudut β_2 ini juga berpengaruh kepada head teoritis yang dihasilkan, dimana head teoritis ini harus lebih besar dari head yang direncanakan dalam hal ini sudut β_2 diambil 40⁰.

Maka :

$$Vu2 = 21,6 - \frac{2,72}{\tan 40^0}$$

$$= 18,4 \text{ m}$$

- Head teoritis (Hth)

Head teoritis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [1]:

$$Hth = K \cdot U2 \cdot Vu2 / g$$

dimana:

Hth = Head teoritis yang dihasilkan, mka

U2 = Kecepatan Tangensial Sisi keluar, 21,6 m/det

K = Koefisien aliran sirkulasi

Vu2 = Komponen kecepatan Tangensial teoritis, 18,4 m/det

g = Percepatan grafitasi, m/det

maka :

$$\begin{aligned} H_{th} &= 0,7 \cdot 21,6 \cdot 18,4 / 9,81 \\ &= 28,3 \text{ mka} \end{aligned}$$

- Sudut Fluida Absolut (α_2)
Sudut Fluida keluar Absolut meninggalkan impeller bisa ditentukan dengan persamaan :

$$\tan \alpha_2 = Vr_2 / Vu_2$$

Maka :

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \arctan \frac{2,72}{18,4} \\ &= 8,4^\circ \end{aligned}$$

- Kecepatan relative fluida (V_2)
Kecepatan relative fluida terhadap impeller biasa ditentukan dengan persamaan :

$$V_2 = Vr_2 / \sin \beta_2$$

Maka :

$$\begin{aligned} 504 \quad V_2 &= 2,72 / \sin 40^\circ \\ &= 4,2 \text{ m/det} \end{aligned}$$

- Kecepatan absolute teoritis (V_2)
Kecepatan absolute teoritis dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$V_2 = \sqrt{Vr_2^2 + Vu_2^2}$$

Maka :

$$\begin{aligned} V_2 &= \sqrt{(2,72)^2 + (18,4)^2} \\ &= 18,6 \text{ m/det} \end{aligned}$$

- Komponen kecepatan tangensial actual (Vu_2')
Komponen kecepatan tangensial actual dapat di tentukan dengan menggunakan persamaan yang di berikan [1], yaitu :

$$Vu_2' = K \cdot Vu_2$$

Maka :

$$\begin{aligned} Vu_2' &= 0,7 \times 18,4 \\ &= 13 \text{ m/det} \end{aligned}$$

- Sudut fluida actual (α_2^1)
Sudut fluida actual dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$\tan \alpha_2^1 = Vr_2 / Vu_2'$$

Maka :

$$\begin{aligned} \alpha_2^1 &= \arctan \frac{2,72}{13} \\ &= 11,8^\circ \end{aligned}$$

- Kecepatan absolute actual (V_2')
Kecepatan absolute actual dapat di tentukan dengan persamaan :

$$V_2' = \sqrt{(Vr_2)^2 + (Vu_2')^2}$$

Maka :

$$\begin{aligned} V_2' &= \sqrt{(2,72)^2 + (13)^2} \\ &= 13,3 \text{ m/det} \end{aligned}$$

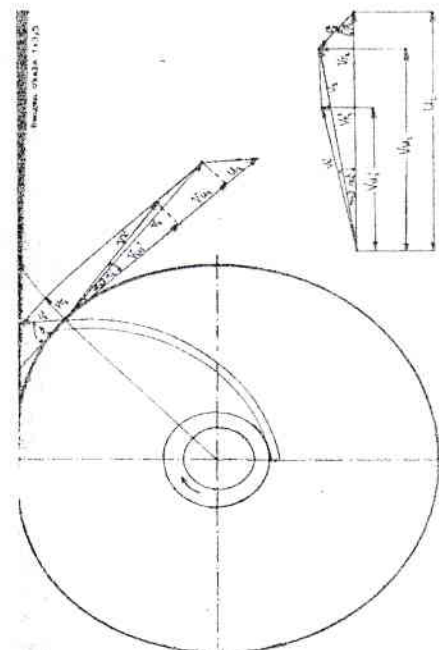
- Segi tiga kecepatan
Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan di atas maka didapat segi tiga kecepatan pada sisi keluar impeller seperti yang di tujukan pada gambar (5)

3. Dimensi-dimensi sudu

- Jumlah sudu.

Jumlah sudu dapat di tentukan dengan persamaan yang diberikan oleh Church A.H Zulkifli H (1986,105), yaitu :

$$Z = 6,5 \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D_1} \cdot \sin \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}$$



Gambar 5. Segitiga kecepatan sisi luar impeller dengan skala 1:2,5

$D1 =$ Diameter inlet sudu, 0,134 m

$\beta_1 =$ Sudut sudu sisi masuk, $32,2^\circ$

$\beta_2 =$ Sudut sudu sisi keluar, 40°

Maka :

$$Z = 6,5 \frac{0,145 + 0,034}{0,145 - 0,034} \cdot \sin \frac{40^\circ + 32,2^\circ}{2}$$
$$= 6,18$$

Jumlah yang biasa dipakai adalah antara 5 sampai 12. dengan demikian direncanakan jumlah sudu sampai 6 buah [1].

- Jarak pembagian sudu (t)

a. Untuk sisi isap

Jarak pembagian sudu untuk sisi isap dapat ditentukan dengan persamaan.

$$t1 = \pi \cdot D1 / Z$$

Maka :

$$t1 = \pi \cdot 36 / 6$$
$$= 18 \text{ mm}$$

b. Untuk sisi tekan ($t2$)

Jarak pembagian sudu untuk sisi tekan dapat ditentukan dengan persamaan :

$$t2 = \pi \cdot D2 / Z$$

Maka :

$$t2 = \pi \cdot 145 / 6$$
$$= 75,9 \text{ m}$$

- Tebal sudu

a. Pada sisi isap

Tebal sudu pada sisi masuk menurut Khetagurov dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$S1 = \mathcal{J}_1 \cdot \sin (180^\circ - \beta_1)$$

maka :

$$S1 = (18 - 18 / 1,2) \cdot \sin (180^\circ - 32,2^\circ)$$
$$= 1,6 \text{ mm}$$

b. Pada Sisi Tekan

Untuk sisi tekan, tebal sudunya dapat ditentukan dengan persamaan :

$$S2 = \mathcal{J}_2 \cdot \sin (180^\circ - \beta_2)$$

dimana :

$S2 =$ Tebal sudu sisi tekan, mm

$\beta_2 =$ Sudut keluar sudu, 40°

$\mathcal{J}_2 =$ Dimensi sudu sepanjang busur keliling outlet untuk ketebalan $S2$, mm

faktor penyesakan outlet bisa diambil 1,08 [4].

Maka :

$$S2 = (75,9 - 75,9 / 1,08) \sin (180^\circ - 40^\circ)$$
$$= 3,6 \text{ mm}$$

Sudu yang terbuat dari baja tuang tebalnya berkisar 3 sampai 6 mm [4]. sudu yang tipis akan memberikan efisiensi yang tinggi maka dalam hal ini direncanakan ketebalan sudu adalah 4 mm.

4. Melukis Bentuk Sudu

Ada dua metode pelukisan bentuk sudu yang sering dipakai yaitu :

a. Metode Arkus Tangen

b. Metode Koordinat Polar

Dalam hal ini dipakai metode "Arkus Tangen", untuk melukis bentuk sudu.

- Jarak jari-jari lingkaran konsentris dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\Delta R = (R2 - R1) / i$$

Maka :

$$\Delta R = (72,5 - 17) / 4$$
$$= 13,9 \text{ mm}$$

- Perubahan besar sudut kelengkungan ($\Delta\beta$)
Perubahan besar sudut kelengkungan dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\Delta\beta = (\beta_2 - \beta_1) / i$$

Maka ;

$$\Delta\beta = (40 - 32,2) / 4$$
$$= 1,95$$

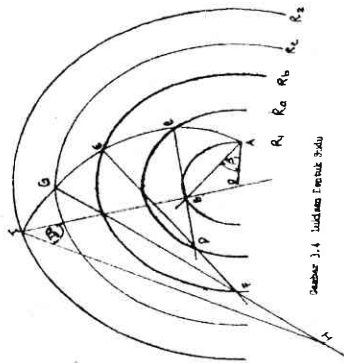
- Jari-jari busur lingkaran sudu

Jari-jari busur lingkaran sudu, dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\alpha = \frac{Rb^2 - Ra^2}{2(Rb \cdot \cos \beta b - Ra \cdot \cos \beta a)}$$

Untuk lebih jelasnya perhatikan pada gambar (6) dibawah ini :





Gambar 6. Lukisan Bentuk Sudu

5. Perhitungan Gaya Aksial

- Gaya Aksial Akibat Perbedaan Tekanan
Gaya aksial akibat perbedaan tekanan dapat dihitung dengan persamaan [1] :

$$F_a = (P_t - P_o) (\pi/4) (D_o^2 - D_h^2)$$

Maka :

$$F_a = 1,68 \cdot \pi/4 \cdot (3,4^2 - 2,2^2) = 8,87 \text{ kg}$$

- Gaya Aksial Akibat Perubahan Momentum
Besarnya gaya aksial akibat perubahan momentum dapat ditentukan dengan persamaan [1].

$$F_m = W \cdot V_o/g$$

Maka :

$$F_m = 1,023 \cdot 3,05/9,81 = 0,32 \text{ kg}$$

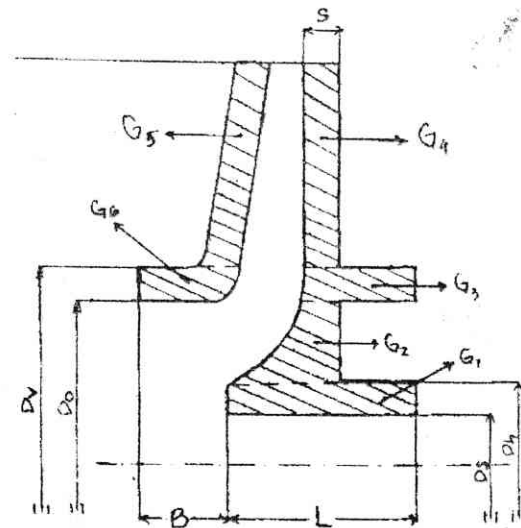
- Gaya Aksial Total kearah Sisi Isap
Gaya aksial total kearah sisi isap dapat ditentukan dengan persamaan,

$$F_{tot} = F_a - F_m = 8,87 - 0,32 = 8,55 \text{ kg}$$

6. Perhitungan Gaya Radial

- Berat Impeller

Untuk menghitung berat impeller dapat dilakukan dengan cara membagi-bagikan impeller menjadi beberapa bagian, kemudian dihitung berat masing-masing bagian impeller tersebut. Sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar (7) dibawah ini :



Gambar 3.5. Pembagian Impeller

Keterangan Gambar :

- Ds = Diameter Poros
- Do = Diameter eye impeller
- D2 = Diameter luar impeller
- S = Tebal sudu
- L = Lebar Impeller (Direncanakan 40 mm)
- B = 20 mm (direncanakan)
- Dv = Do+2S
- Dh = Diameter hub

Dengan demikian berat masing-masing bagian untuk impeller dapat dihitung sebagai berikut :

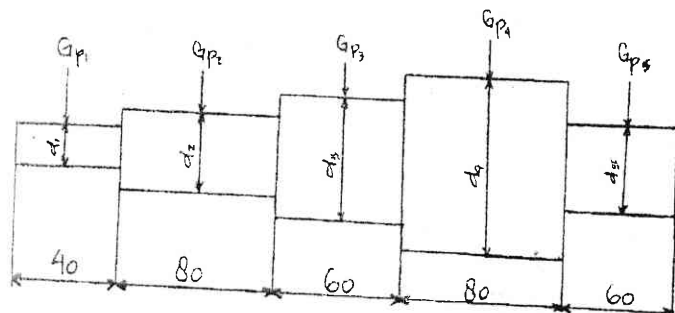
- $G_{i1} = \pi/4 (D_h^2 - D_s^2) \cdot L \cdot \gamma = \pi/4 (2,2^2 - 1,0^2) \cdot 4,0 \cdot 0,00854 = 0,103 \text{ kg}$
- $G_{i2} = \pi/4 (D_o^2 - D_h^2) \cdot C \cdot \gamma = \pi/4 (3,4 - 2,2) \cdot 2 \cdot 0,00854 = 0,090 \text{ kg}$
- $G_{i3} = \pi/4 (D_v^2 - D_o^2) \cdot A \cdot \gamma = \pi/4 (4,2^2 - 3,4^2) \cdot 2 \cdot 0,00854 = 0,082 \text{ kg}$
- $G_{i4} = \pi/4 (D_2^2 - D_v^2) \cdot S \cdot \gamma = \pi/4 (14,5^2 - 4,2^2) \cdot 0,4 \cdot 0,00854 = 0,494$
- $G_{i5} = G_{i4}$
- $G_{i6} = \pi/4 (D_v^2 - D_o^2) \cdot B \cdot \gamma = \pi/4 (4,2^2 - 3,4^2) \cdot 2 \cdot 0,00854 = 0,082 \text{ kg}$

Dengan demikian berat impeller seluruhnya adalah :

$$G_i = G_{i1} + G_{i2} + G_{i3} + G_{i4} + G_{i5} + G_{i6} = 0,103 + 0,09 + 0,082 + 0,494 + 0,494 + 0,082 = 1,345 \text{ kg}$$

- Berat Poros

Berat poros dipengaruhi oleh ukuran dan berat jenis dari pada material poros itu sendiri. Dalam perencanaan ini dipilih poros dari material S35C dengan berat jenis bahan = $7,8 \cdot 10^{-3}$ kg/cm. Gambar (8) menunjukkan bentuk dari poros beserta dengan dimensi-dimensinya.



Gambar 8. Bentuk Poros

Dimensi poros direncanakan sebagai berikut :

L1 = 40 mm	D1 = 10 mm
L2 = 80 mm	D2 = 15 mm
L3 = 60 mm	D3 = 20 mm
L4 = 80 mm	D4 = 25 mm
L5 = 60 mm	D5 = 15 mm

Berat poros masing-masing bagian adalah sebagai berikut :

$$Gp1 = \frac{\pi}{4} \cdot D1^2 \cdot L1 \cdot \gamma$$

$$= \frac{\pi}{4} \cdot (1,0)^2 \cdot 4 \cdot 0,0,0078$$

$$= 0,025 \text{ kg}$$

$$Gp2 = \frac{\pi}{4} \cdot D2^2 \cdot L2 \cdot \gamma$$

$$= \frac{\pi}{4} \cdot (1,5)^2 \cdot 8 \cdot 0,0,0078$$

$$= 0,110 \text{ kg}$$

$$Gp3 = \frac{\pi}{4} \cdot D3^2 \cdot L3 \cdot \gamma$$

$$= \frac{\pi}{4} \cdot (2,0)^2 \cdot 6 \cdot 0,0,0078$$

$$= 0,147 \text{ kg}$$

$$Gp4 = \frac{\pi}{4} \cdot D4^2 \cdot L4 \cdot \gamma$$

$$= \frac{\pi}{4} \cdot (2,5)^2 \cdot 8 \cdot 0,0,0078$$

$$= 0,306 \text{ kg}$$

$$Gp5 = \frac{\pi}{4} \cdot D5^2 \cdot L5 \cdot \gamma$$

$$= \frac{\pi}{4} \cdot (1,5)^2 \cdot 6 \cdot 0,0,0078$$

$$= 0,083 \text{ kg}$$

PEMBAHASAN

Alat-alat Kelengkapan Pompa

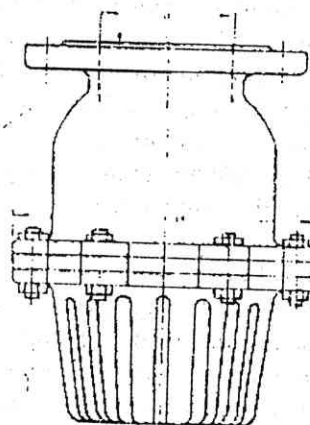
Suatu unit pompa dalam pengoperasiannya tidak dapat berdiri sendiri, akan tetapi memerlukan sarana penunjang lainnya, sehingga pompa dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

Dalam perencanaan ini pompa akan dioperasikan pada rumah tangga, dengan sarana-sarana penunjang adalah sebagai berikut :

1. Katup Kaki (foot valve)

Katup ini gunanya untuk mencegah agar air yang berada di sisi isap tidak kembali ke sumbernya pada saat pompa tidak beroperasi.

Pada ujung sebelah luar katup ini dipasang saringan yang fungsinya untuk mencegah benda-benda kasar yang terdapat di dalam air tidak terhisap oleh pompa, sehingga dapat merusak impeller dan casing pompa. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar (9) dibawah ini :

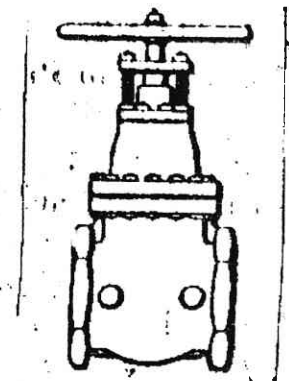


Gambar 9. katup Kaki

2. Katup Pintu (gate valve)

Katup ini fungsinya adalah : untuk mengatur jumlah air yang akan disuplay ke bak-bak penampung sesuai dengan kebutuhan. Pengaturan ini dilakukan dengan membuka

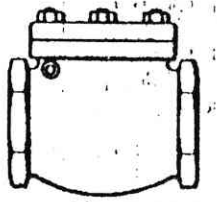
dan menutup katup secara manual (memutar kekanan dan kekiri). Seperti yang diperlihatkan pada gambar (10) dibawah ini :



Gambar 10.. Katup Pintu

3. Katup Penyearah (Check Valve)

Fungsi dari katup ini adalah untuk mencegah agar cairan yang berada pada pipa tekan tidak kembali ke pompa pada saat pompa tidak beroperasi. Seperti yang diperlihatkan pada gambar (11) dibawah ini :



Gambar 11. Katup Penyearah

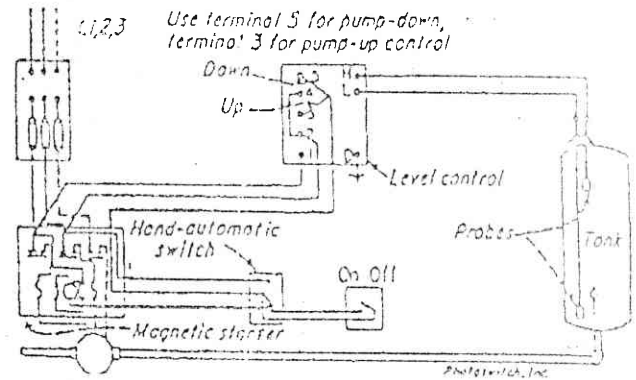
4. Sistem Start On/Off

Suatu unit pompa dalam pengoperasiannya tidaklah dapat berdiri sendiri, akan tetapi memerlukan sarana-sarana penunjang lainnya yang dapat mendukung, sehingga pompa dapat bekerja sesuai dengan yang dikehendaki. Dalam hal ini pompa yang direncanakan adalah untuk menyalurkan air dari sumur dangkal ke rumah tangga Type 72.

a. alat Kontrol Level Air

Alat kontrol level ini dipergunakan untuk mendeteksi permukaan air maksimum maupun minimum pada bak penampung, sehingga pompa dapat bekerja beroperasi ataupun berhenti pada kondisi yang diharapkan.

Alat kontrol ini akan bekerja apabila permukaan air dalam bak penampung maksimum ataupun minimum. Sistem kontrol yang digunakan disini adalah electrical control level seperti diperlihatkan pada gambar (12) berikut ini :



Gambar 12. Alat Kontrol Level air

Cara kerjanya :

Pada saat permukaan air turun sampai minimum, sensor control level akan bekerja, dimana terminal 5 akan berhubungan dengan terminal 4, sehingga arus listrik dari L1 dan L2 menghidupkan kumparan A yang akan menyebabkan magnet Starter bekerja menghidupkan pompa.

Pada saat permukaan air dalam bak naik hingga maksimum, sehingga permukaan air menyentuh probe bagian atas, sensor control akan bekerja kembali untuk melepaskan hubungan terminal 5 dengan terminal 4, sehingga memutuskan hubungan kumparan A, yang menyebabkan magnetic starter tidak bekerja. Dengan sendirinya motor tidak akan bekerja. Demikianlah untuk keadaan seterusnya.

KESIMPULAN

Dari hasil analisa perhitungan untuk perencanaan suatu unit pompa sentrifugal yang digunakan untuk memompakan air, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pompa yang digunakan untuk rumah tangga.
2. Jumlah tekanan yang ditimbulkan impeller, tergantung pada diameter dan kecepatan putarnya. Impeller berdiameter besar, yang bekerja pada kecepatan tinggi, akan menimbulkan tekanan yang besar.
3. Jika laju aliran dalam sebuah pompa dinaikkan, maka gesekan juga bertambah. Menambah laju aliran akan mengurangi tekanan isap yang tersedia, sehingga NPSH yang tersedia akan menurun.

4. Setiap perubahan penampang yang tiba-tiba selalu diikuti oleh gangguan dan pusaran dan menyebabkan kerugian tinggi tekan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Austin. H. Church, *Pompa dan Blower Sentrifugal*, terjemahan Zulkifli Harahap, Erlangga, Jakarta, 1896.
2. Davis C. Victor, *Hand Book of Allied Hydraulics*, Mc. Graw Hill Book Company. Inc, 1952.
3. Ebara Corporation, *Selection Operation and Maintenance*, Panitia Khusus Singkat Pump Engineering, ITB, 1985.
4. Fritz Dietzel, *Turbin, Pompa dan Kompresor*, Terjemahan Dakso Sriyono, Erlangga, Jakarta, 1988.
5. Giles Ronald V, *Mekanika Fluida dan Hidrolika*, terjemahan Herman W. S, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta, 1984.
6. Ing. A. Nouwen, *Pompa*, Bhatara Karya Aksara, Jakarta, 1981.
7. Khetagurov. M., *Marine Auxiliary Machinery and System*, union of Soviet Socialist Republics, Peace Publisher, Moscow.
8. Khurmi and Gupta, *Machine Design*, khanna Publishers, New Delhi, 1982.
9. Kent's, *Mechanical Engineers Hand Book*. New York, John Wiley & Sons, WG. London, 1962.
10. Karassik, I.J.W.C, Krutzhch, W.H. Fraser and J.P Messina, *Pump Hand Book*, Mc. Graw Hill Book Company, Inc. 1976.
11. Raswari, *Sistem Perpipaan*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta, 1986.
12. Smith D.W. *Marine Auxiliary Machinery*, edition Butter Works and Co. ltd, London, 1983.
13. Sularso dan Harno tahara, *Pompa dan Kompresor*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1985.
14. Sularso dan Kiyokatso suga, *elemen Mesin*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1983.
15. Timoshenko S, *Dasar-dasar Perhitungan Kekuatan Bahan*, Terjemahan D.H. Gulo, Restu Agung, Jakarta, 1986.