

# POMPA HIDRAM UNTUK KEBUTUHAN PETANI DIDERAH BERBUKIT

Ireng Sigit A, Julian Alfajar\*)

## Abstrak

Dari jenis-jenis pompa air yang ada saat ini Pompa Hidram adalah salah satu jenis pompa yang banyak dikembangkan dan digunakan didaerah yang berbukit yang jauh dari sumber listrik, dan pembuatannyapun relatif lebih mudah dan murah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana energi aliran air sungai dapat digunakan sebagai penggerak pada pompa hidram dengan debit air rata-rata masuk kedalam pompa sebesar 75 liter/menit. Debit yang dihasilkan oleh pompa hidram untuk tinggi angkat 5 meter adalah 9,133 liter/menit.

**Kata kunci : Pompa Hidram, Air, Debit**

## PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan mutlak bagi kelangsungan hidup manusia, tanpa air tidak akan ada kehidupan didunia ini. Untuk daerah yang berbukit dan jauh dari sumber listrik kebutuhan akan air merupakan suatu dilema bagi para petani, sementara sumber air yang tersedia hanya aliran sungai yang kecil.

Salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan akan air, terutama untuk daerah yang berbukit atau daerah yang lebih tinggi dari sumber air maka harus menggunakan pompa air. Jenis pompa yang lazim digunakan adalah jenis pompa air dengan tenaga motor yang menggunakan bahan bakar minyak atau energi listrik sebagai penggerak. Sementara itu untuk daerah pedesaan, dan daerah terpencil keberadaan bahan bakar minyak (BBM) boleh dikatakan langka, bila adapun maka harganya sudah pasti mahal. Untuk mengatasi masalah ini maka timbul pemikiran untuk menciptakan pompa air tanpa menggunakan bahan bakar minyak ataupun sumber listrik sebagai penggerak. Untuk hal ini Pompa Hidram adalah salah satu jenis pompa yang banyak digunakan oleh para petani saat ini didaerah pegunungan atau berbukit untuk memenuhi kebutuhan air untuk menyirami tanaman pada musim kemarau dengan memanfaatkan aliran sungai yang ada.

## POMPA HIDRAM

Pompa Hidram atau singkatan dari Hidrolik Ram berasal dari kata Hidro = air dan Ram = hantaman, pukulan ataupun tekanan. Jadi pompa hidram adalah sebuah pompa yang energi penggeraknya berasal dari tekanan atau hantaman air yang masuk kedalam pompa melalui pipa. Masuknya air kedalam pompa harus berjalan secara kontinyu, karena pompa ini bekerja tanpa menggunakan sumber listrik ataupun motor dengan bahan bakar minyak. Oleh karena itu pompa ini disebut dengan Pompa Air Tanpa Motor (*Motorless Water Pump*) atau disingkat PATM.

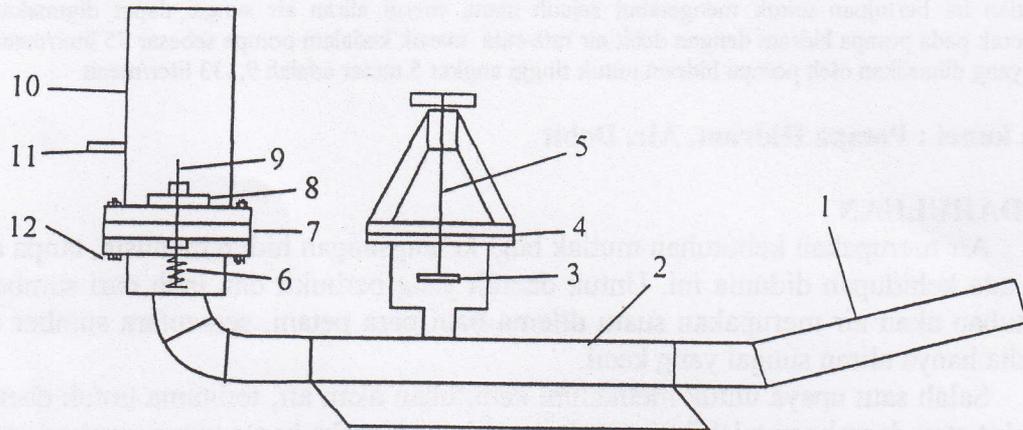
Mekanisme kerja pompa hidram adalah melipat gandakan kekuatan air masuk yang merupakan input kedalam tabung pompa hidram dan menghasilkan output air dengan volume tertentu sesuai dengan lokasi yang memerlukan.

---

\* Staf Pengajar PSD III Jurusan Mesin UNDIP  
Staf Pengajar Jurusan Mesin UNIMUS

Dalam mekanisme kerja ini terjadi proses perubahan energi kinetik berupa aliran air menjadi tekanan dinamis yang mengakibatkan timbul *water hammer*, sehingga terjadi tekanan yang cukup besar didalam pipa.

Dengan perlengkapan katub limbah dan katub penghantar membuka dan menutup secara bergantian, tekanan dinamik diteruskan kedalam tabung yang berfungsi sebagai kompresor yang mampu mengangkat air dalam pipa penghantar.



Gambar 1- Pompa Hidram

#### Fungsi masing-masing bagian pompa

1. Pipa penyalur

Pipa penyalur berfungsi untuk menghantarkan/mengalirkan air yang dibendung kedalam pompa.

2. Rumah pompa

Rumah pompa adalah merupakan tempat terjadinya proses pemompaan. Pada bagian ini tumbukan air (*water hamer*) akan dipompakan keatas. Pada bagian ini terdapat pula kedudukan agar pompa dapat berdiri tegak dan kokoh

3. Katub limbah

Katub limbah merupakan tempat pembuangan air sisa yang berfungsi untuk memancing gerakan air yang bekerja sebagai sumber tenaga pompa. Katub limbah terbuat dari karet yang diameternya disesuaikan dengan diameter rumah katub. Katub ini bergerak naik turun atau membuka dan menutup bergantian dengan katub hantar.

4. Paking

Paking/seal berfungsi untu merapatkan antar sambungan agar air tidak keluar yang terbuat dari karet dengan bentuk lingkaran.

5. As katub Limbah

As katub limbah berfungsi untuk menggerakkan katub limbah agar bisa bekerja naik turun atau membuka dan menutup.

6. **Pegas Katub Hantar**  
Pegas katub ini berfungsi menggerakkan as katub hantar dan katub hantar untuk dapat bergerak membuka dan menutup.
7. **Landasan Katub Hantar**  
Landasan katub hantar berfungsi untuk tempat/landasan katub hantar. Landasan ini terbuat dari plat dengan bentuk lingkaran dimana tengahnya berlubang. Landasan ini akan menahan tekanan cukup besar dari ruang/tabung kompresi seberat beban air yang dinaikan.
8. **Katub Hantar**  
Katub hantar berfungsi menghantarkan air dari pompa ketabung udara (kompresor) serta menahan air yang telah masuk ketabung kompresor agar tidak kembali kerumah pompa. Katub hantar ini terletak didalam tabung kompresor dan terbuat dari karet, gerakan katub hantar juga membuka dan menutup bergantian dengan katub limbah tetapi dibantu dengan pegas untuk penggerakannya.
9. **As Ktub Hantar**  
As katub hantar berfungsi untuk tempat katub hantar dan as ini menggerakkan katub hantar membuka dan menutup.
10. **Tabung Kompresor**  
Tabung kompresor berfungsi untuk meneruskan dan melipat gandakan tenaga pemompaan dari rumah pompa, sehingga air yang masuk kedalam tabung kompresor dapat dipompa naik. Tabung ini berupa pipa yang rapat sehingga memungkinkan air dari rumah pompa untuk terangkat.
11. **Pipa Penghantar**  
Pipa penghantar ini berfungsi untuk menghantarkan air hasil pemompaan keatas dari pompa.
12. **Mur dan Baut**  
Fungsi dari mur dan baut untuk menyatukan/menyambung antara tabung kompresor dengan rumah pompa dan rumah pompa dengan rumah katub limbah dan landasan dengan pondasi.

## **TEORI DASAR ALIRAN**

Air yang mengalir mempunyai energi yang dapat dipergunakan untuk berbagai hal diantaranya untuk menggerakkan pompa ataupun memutar roda turbin. Pusat tenaga air dapat digolongkan menjadi 2 yaitu pusat tenaga air tekanan tinggi dan pusat tenaga air tekangan rendah. Pusat tenaga air tekanan tinggi salah satu contoh adalah bendungan air di daerah pegunungan dan dialirkan ke rumah pusat tenaga yang dibangun dibawah bendungan, kemudian lewat pompa air dapat dialirkan kedaerah yang lebih tinggi sehingga dapat dimanfaatkan oleh masyarakat.

### **Aliran Zat Cair**

Kaidah energi menyatakan bahwa suatu bentuk energi tidak dapat dihilangkan akan tetapi dapat diubah menjadi bentuk energi yang lain.

Arus air yang mengalir mengandung energi dan energi tersebut dapat diubah bentuknya, misalnya dari energi kinetik diubah menjadi energi potensial atau sebaliknya.

### **Hukum Bernoulli**

Hukum bernoulli dapat dikatakan sebagai berikut (Fritz Dietzel, 2001) : Pada tiap saat dan tiap posisi yang ditinjau dari suatu aliran di dalam pipa tanpa gesekan yang tidak

bergerak, akan mempunyai jumlah energi ketinggian tempat, tekanan, dan kecepatan yang sama besarnya.

Posisi yang ditinjau berarti bahwa kecepatan aliran pada penampang tersebut dilakukan pengukuran dan keadaannya tidak berubah, jumlah energinya tetap sama.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \quad (1)$$

Dimana :

- $Z_1$  = Ketinggian titik 1 dalam m
- $P_1$  = Tekanan titik 1 dalam  $N/m^2$
- $V_1$  = Kecepatan titik 1 dalam m/s
- $Z_2$  = Ketinggian titik 2 dalam m
- $P_2$  = Tekanan titik 2 dalam  $N/m^2$
- $V_2$  = Kecepatan titik 2 dalam m/s
- $g$  = Percepatan gravitasi dalam  $m/s^2$
- $\rho$  = Berat jenis air dalam  $kg/m^3$

### Jenis Aliran

Menurut ilmu mekanika fluida, aliran fluida khususnya air diklasifikasikan berdasarkan perbandingan antara gaya-gaya inersia dengan gaya-gaya akibat kekentalan menjadi tiga bagian, yaitu aliran laminar, aliran transisi dan aliran turbulen (Robert J. Kodoatie, 2001). Variabel yang dipakai untuk koefisien ini adalah bilangan reynold yang dirumuskan sebagai berikut :

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad (2)$$

Dimana :

- $v$  = Karakteristik kecepatan aliran (m/s)
- $D$  = Diameter pipa (m)
- $\nu$  = Kekentalan kinematik ( $m^2/s$ )

dimana kekentalan kinematik didefinisikan sebagai berikut :

$$\nu = \mu / \rho \quad (3)$$

dimana :

- $\mu$  = Kekentalan dinamik ( $kg/m \cdot s$ )
- $\rho$  = Kerapatan air ( $kg/m^3$ )

Sehingga bilangan Reynold menjadi :

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad (4)$$

dengan karakteristik :

$Re < 2.300$  aliran bersifat laminar

Re > 4000 aliran bersifat turbulen  
 Re = 2.300 – 4000 aliran transisi

### Kerugian Head

Head kerugian yaitu head untuk mengatasi kerugian-kerugian yang terdiri atas kerugian gesek dalam pipa, belokan dan percabangan pipa. Head kerugian ini akan berpengaruh pada tekanan yang akan masuk kedalam pompa.

### Head kerugian gesek dalam pompa

Untuk mencari kerugian gesek dalam pipa dapat dipakai rumus (Frank. M White, 1988) :

$$h_f = f \frac{L.V^2}{2.g.D} \quad (5)$$

dimana :

- $h_f$  = Kerugian gesek (m)
- $f$  = Koefisien gesek
- $L$  = panjang pipa (m)
- $V$  = Kecepatan aliran (m/s)
- $D$  = Garis tengah pipa (m)
- $G$  = Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

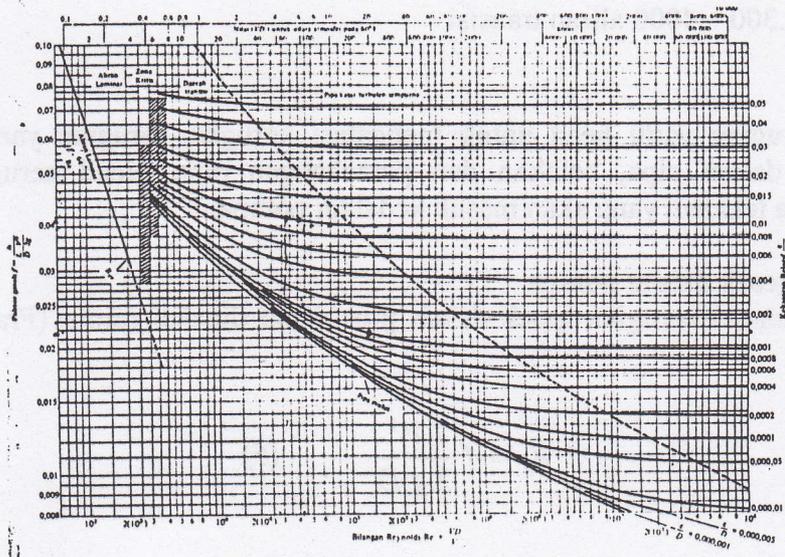
Jika jenis aliran laminar maka untuk mencari koefisien kerugian gesek dalam pipa ( $f$ ) adalah (Sularso, 2000) :

$$f = \frac{64}{Re} \quad (6)$$

namun jika jenis aliran turbulen untuk menentukan koefisien gesek didapat dengan menggunakan diagram moedy, dengan menemukan titik potong antara rasio kekasaran ( $\epsilon/D$ ) dan harga bilangan Reynold (Frank. M White, 1988) seperti terlihat pada tabel dan gambar berikut.

Tabel 1 – Kekasaran Rata-rata Pipa- pipa Komersial

Bahan (dalam keadaan baru)	$\epsilon$	
	ft	mm
Baja keling	0,003 – 0,03	0,9 – 9,0
Beton	0,001 – 0,01	0,3 – 3,0
Bilah tahang kayu	0,0006 – 0,003	0,18 – 1,9
Besi cor	0,00085	0,26
Besi bersalut seng	0,0005	0,15
Besi cor aspal	0,0004	0,12
Baja komersial/besi tempa	0,00015	0,046
Tabung/pipa tarik	0,000005	0,0015
Kaca	Halus	Halus



Gambar 2 - Diagram Moedy

**Kerugian Head Pada Jalur Pipa**

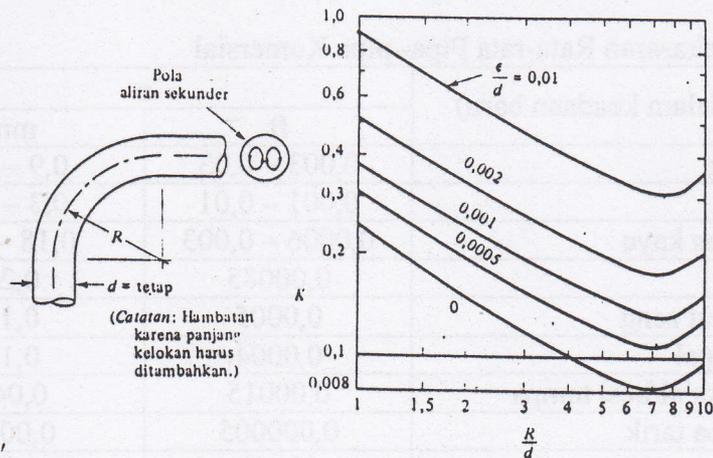
Kerugian head pada jalur pipa secara umum dinyatakan dengan rumus (Sularso, 2000) :

$$h_f = f \frac{V^2}{2.g} \quad (7)$$

Kerugian-kerugian pada jalur pipa antara lain :

- a. Kerugian pada belokan pipa
- b. Kerugian pada percabangan
- c. Kerugian pada katub
- Koefisien kerugian pada belokan pipa

Ada dua macam belokan pipa, yaitu belokan lengkung dan belokan patah. Untuk belokan lengkung koefisien gesekan dapat dilihat pada gambar 3, sedang untuk koefisien kerugian untuk belokan patah dapat dilihat pada tabel 2. berikut (Frank. M White, 1988) :



Gambar 3 - Koefisien Kerugian Belokan Lengkung

Tabel 2 - Koefisien Kerugian Belokan Patah

$\theta$		5	10	15	22,5	30	45	60	90
f	Halus	0,016	0,034	0,042	0,066	0,130	0,236	0,471	1,129
	Kasar	0,024	0,044	0,062	0,154	0,165	0,320	0,684	1,265

▪ **Koefisien Kerugian Pada Percabangan Pipa-pipa**

Dalam percabangan pipa, kerugian head dapat dinyatakan dengan rumus (Sularso, 2000):

$$h_{f1-3} = f_1 \frac{V_1^2}{2.g} \quad (8)$$

$$h_{f1-2} = f_2 \frac{V_1^2}{2.g} \quad (9)$$

dimana :

$h_{f1-3}$  = Kerugian head cabang 1 ke 3 (m)

$h_{f1-2}$  = Kerugian head cabang 1 ke 2 (m)

$f_1, f_2$  = Koefisien kerugian

Koefisien kerugian percabangan untuk berbagai keadaan diberikan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 3 – Koefisien Kerugian Untuk Katub Terbuka, Siku dan Sambungan

Garis Tengah Nomonal	Dengan Sekrup				Dengan kerah				
	1/2	1	2	4	1	2	4	8	20
Katub(terbuka penuh):									
Bola	14	8,2	6,9	5,7	13	8,5	6,0	5,8	5,5
Gerbang	0,30	0,24	0,16	0,11	0,80	0,35	0,16	0,07	0,03
Engsel Searah	5,1	2,9	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Sudut	9,0	4,7	2,0	1,0	4,5	2,4	2,0	2,0	2,0
Siku:									
45 <sup>0</sup> biasa	0,3	0,32	0,3						
45 <sup>0</sup> ruji panjang					0,21	0,2	0,19	0,16	0,14
90 <sup>0</sup> biasa	2,0	1,5	0,95	0,64	0,5	0,39	0,3	0,26	0,21
90 <sup>0</sup> ruji panjang	1,0	0,72	0,41	0,23	0,4	0,3	0,19	0,15	0,1
180 <sup>0</sup> biasa	2,0	1,5	0,95	0,64	0,41	0,35	0,3	0,25	0,2
180 <sup>0</sup> ruji panjang					0,4	0,3	0,21	0,15	0,1
Sambungan T:									
Aliran utama	0,9	0,9	0,9	0,9	0,24	0,19	0,14	0,16	0,07
Aliran cabang	2,4	1,8	1,4	1,1	1	0,8	0,64	0,58	0,41

▪ **Kerugian Pada Katub**

Katub yang digunakan adalah katub engsel searah yang nilai koefisien kerugian dapat dilihat pada tabel 3.

## PUKULAN AIR ATAU WATER HAMMER

Dalam saluran yang dialiri zat cair dapat terjadi perubahan kecepatan aliran yang tiba-tiba. Dengan demikian dalam saluran tersebut terjadi perubahan tekanan. Perubahan kecepatan aliran dapat terjadi akibat dari penutupan sebuah keran tutup atau pompa dimatikan. Perubahan kecepatan aliran dapat berlangsung dalam waktu yang sangat singkat. Perubahan tekanan yang diakibatkannya dapat meningkat sampai pada batas yang tidak diijinkan. Pada penutupan mendadak aliran zat cair, terjadi peningkatan tekanan yang dinyatakan dalam mkz kira-kira sama dengan  $100 \times$  kecepatan aliran dalam m/s.

Bila pada ujung saluran panjang dengan tiba-tiba ditutup sebuah keran tutup, energi kecepatan zat cair yang mengalir diubah menjadi tekanan. Tekanan itu merambat seperti gelombang tekanan melalui seluruh saluran. Segera setelah tekanan pada ujung saluran dekat keran tutup mencapai maksimum, Gelombang tekanan itu berbalik dan merambat kedalam arah yang berlawanan. Jika pada ujung saluran yang sebelah lagi terdapat sebuah katub pukul balik, maka gelombang tekanan disini juga akan meningkat sampai maksimum. Dengan keran ditutup maka akan terjadi hampa udara, gelombang tekanan sesudah itu akan merambat kejurusan keran tutup dan sebagainya. Hal ini akan berlangsung terus sampai zat cair kembali menjadi tenang. Pukulan air kadangkala dapat terdengar, bila sebuah keran dimatikan dalam rumah tempat tinggal. Besarnya pukulan air tergantung faktor sebagai berikut (A. Ing. Nouwen, 1981) :

- a. Kecepatan untuk mengerem aliran zat cair
- b. Kecepatan aliran zat cair dalam saluran

## PEGAS

Pegas pada pompa hidram mempunyai fungsi yang sangat penting. Pegas berfungsi untuk membuka dan menutup katub hantar, sehingga air dapat naik ketabung kompresor dan dapat dipompakan keluar. Oleh sebab itu kalkulasi pegas sangat penting agar pegas dapat bekerja pada gaya yang terjadi dalam pompa.

### Gaya Pegas

Sifat pegas yang penting adalah kemampuannya menerima kerja lewat perubahan bentuk elastis dan ketika mengendur, mengerahkan kembali kerja tersebut. Hal ini disebut kerja pegas. Pada bahan yang biasa dipergunakan untuk pegas, gaya  $F$  dalam daerah elastis sepadan dengan perpindahan  $f$  titik tangkap.

Secara umum gaya pegas dinyatakan dengan :

$$F = P \cdot A \quad (10)$$

Dimana :

- $F$  = Gaya pegas (N)
- $P$  = Tekanan ( $N/m^2$ )
- $A$  = Luas penampang ( $m^2$ )

### Kalkulasi Pegas Tekan

Beberapa pengertian yang dipakai dalam kalkulasi pegas antara lain (Jac Stock; C Kros, 1994) :

- $d$  = garis tengah kawat pegas  
 $D$  = garis tengah pegas  
 $D/d$  = perbandingan lilitan/indek pegas  
 $C$  = kekakuan pegas atau konstanta pegas  
 $N$  = jumlah lilitan

Diameter kawat pegas ( $d$ ) dicari dengan rumus :

$$d > \sqrt{\frac{8.F.D/d.X}{\pi.\tau}} \quad (11)$$

dimana :

- $d$  = diameter kawat pegas (mm)  
 $F$  = gaya pegas (N)  
 $D/d$  = indeks pegas  
 $\tau$  = tegangan puntir maksimal ( $N/mm^2$ )

Harga  $X$  dalam rumus diatas tergantung pada perbandingan lilitan  $D/d$  yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2 – Faktor  $X$

D/d	X								
3	1,55	5,5	1,26	8	1,17	11	1,12	16	1,08
3,5	1,45	6	1,24	8,5	1,16	12	1,11	18	1,07
4	1,38	6,5	1,22	9	1,15	13	1,10	20	1,06
4,5	1,33	7	1,20	9,5	1,14	14	1,09	25	1,05
5	1,29	7,5	1,19	10	1,13	15	1,09	30	1,04

Jumlah lilitan aktif dirumuskan sebagai berikut :

$$n = \frac{G.d}{8(D/d)^3.C} \quad (12)$$

dimana :

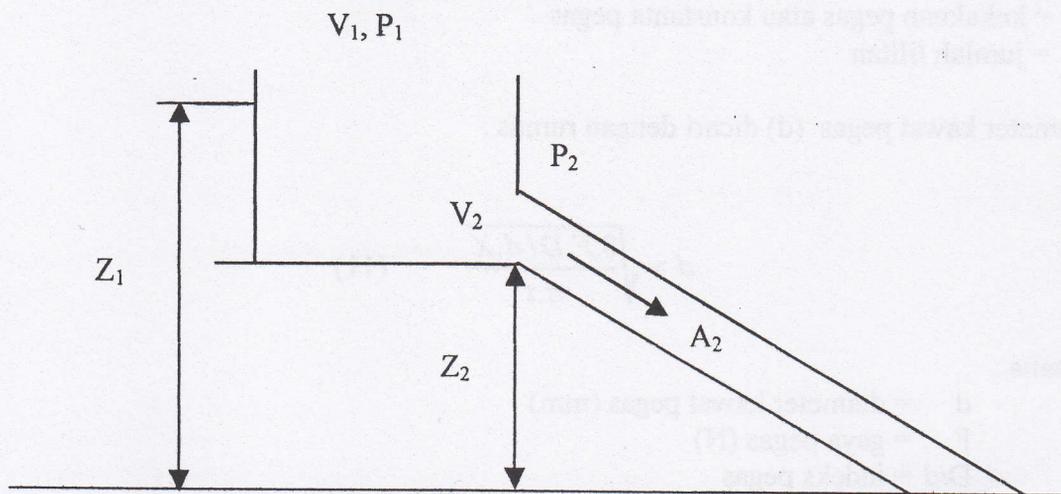
- $n$  = jumlah lilitan aktif  
 $G$  = modulus kekakuan ( $N/mm^2$ )  
 $d$  = diameter kawat pegas (mm)  
 $D/d$  = indeks pegas  
 $C$  = kekakuan pegas (mm)

## PERANCANGAN

Untuk membuat suatu konstruksi mesin atau alat yang aman serta mempunyai kekuatan dan daya guna yang dapat dipertanggung jawabkan, tidak boros dalam pemakaian bahan, maka mesin atau alat tersebut perlu direncanakan terlebih dahulu.

Perancangan dan perhitungan pada pompa hidram bertujuan untuk mengetahui diameter pompa yang dibuat berdasarkan debit air yang masuk kedalam pompa, gaya-gaya yang terjadi serta besarnya tinggi angkat dan besar debit yang dipompakan.

Dalam perancangan pompa hidram terjunan air akan masuk dari bendungan menuju pompa. Untuk memperjelas pemahaman dibuat instalasi seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 4 - Skema Aliran

Adapun data-data dari gambar diatas adalah :

- $Z_1 = 3 \text{ m}$
- $Z_2 = 2,7 \text{ m}$
- $P_1 = 1 \text{ bar} = 100.000 \text{ N/m}^2$
- $V_1 = 0$
- $V_2 = 2,5 \text{ m/s} = 150 \text{ m/menit}$
- $Q = 75 \text{ liter/menit} = 0,075 \text{ m}^3/\text{menit}$
- $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$
- $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

### Diameter Pompa Hidram

Perencanaan pompa hidram berdasarkan atas besarnya debit air yang masuk kedalam pompa, debit air yang masuk direncanakan 75 liter/menit.

Diameter pompa dapat kita cari dengan persamaan kontinuitas :

$$Q = V_2 \cdot A_2 \text{ atau } A_2 = Q/V_2$$

Maka :

$$A_2 = 0,075/150 = 0,0005 \text{ m}^2$$

Sehingga didapat diameter pompa :

$$A_2 = \frac{\pi \cdot D_2^2}{4}$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{4.0,0005}{3,14}}$$

$$D_2 = 0,0252 \text{ m} = 0,99 \text{ inchi}$$

Jadi didapat diameter pompa sebesar 1 inchi

### Tekanan Dalam Pompa

Pompa hidram memanfaatkan energi dari terjunan air, untuk menggerakkan pompa. Dari gambar telah diketahui besarnya diameter pompa yang juga berarti diameter pipa. Diameter pipa kita anggap sama dari sumber air sampai masuk kedalam pompa, sehingga menurut Bernoulli kecepatannya akan sama.

#### 1. Jenis aliran

Bilangan Reynold menurut persamaan (4) :

$$Re = \frac{\rho.V.D}{\mu}$$

dimana :

$$V_2 = 2,5 \text{ m/s}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$D_2 = 0,0254 \text{ m}$$

$$\mu_{\text{air}} = 0,001 \text{ kg/m.s}$$

maka :

$Re = 63.500 > 4000$  maka jenis aliran nya dalah turbulen.

#### 2. Kerugian – kerugian Dalam Pipa

a. Kerugian gesek

Dari persamaan :

$$h_f = f \frac{L.V^2}{2.g.D}$$

Karena jenis aliran adalah Turbulen, untuk mencari koefisien gesek kita gunakan diagram Moedy, dengan Rasio kekasaran:

$$\epsilon/D$$

Menurut Tabel 1 - untuk pipa dari besi cor didapat  $\epsilon = 0,26$

Sehingga :

$$\epsilon/D = 0,26/25,4 = 0,01$$

Dari Diagram Moedy untuk  $\epsilon/D = 0,01$  dan bilangan Reynolds 63.500 didapat koefisien gesek  $f = 0,041$  sehingga kerugian gesek dalam pipa dengan panjang 10 m adalah:

$$h_f = f \frac{L.V^2}{2.g.D}$$

$$h_f = \frac{0,041.10.2,5^2}{2.9,8.0,0254}$$

$$h_f = 5,15 m$$

b. Kerugian Dalam Jalur Pipa

Dari persamaan (7) :

$$h_f = f \frac{V^2}{2g}$$

Selama air mengalir dari pipa ke pompa direncanakan melewati :

- Sebuah belokan dengan sudut  $15^0$
- Sebuah percabangan dengan sudut  $90^0$
- Sebuah belokan lengkung dengan sudut  $90^0$
- Dua buah katub engsel searah

□ Belokan Dengan Sudut  $15^0$

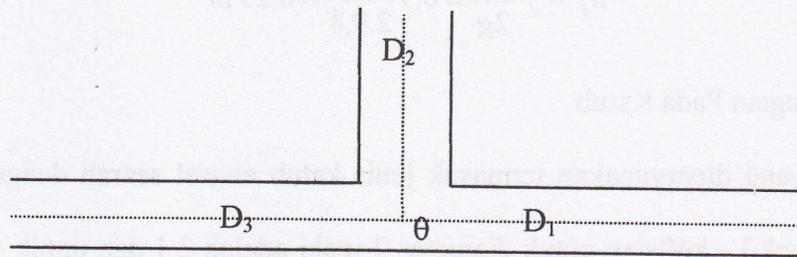
Untuk mencari koefisien gesek digunakan tabel 2 - didapat untuk sudut  $15^0$  bahan pipa kasar  $f = 0,062$ , sehingga besarnya kerugian :

$$h_f = f \frac{V^2}{2g}$$

$$h_f = 0,062 \cdot \frac{2,5^2}{2.9,8}$$

$$h_f = 0,02 m$$

□ Titik Percabangan 90°



Gambar 5 – Percabangan Pipa

Dimana :

$$\theta = 90^\circ$$

$$D_1 = D_2 = D_3$$

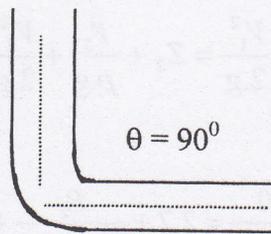
$$V_2 = 2,5 \text{ m/s (kecepatan di } D_1)$$

Dari data diatas menurut Tabel 3 - koefisien kerugian untuk percabangan (sambungan T) dengan diameter pipa 1 inci untuk aliran utama  $f_1 = 0,9$  dan aliran cabang  $f_2 = 1,8$  sehingga :

$$h_{1-3} = f_1 \frac{V_2^2}{2g} = 0,9 \frac{2,5^2}{2 \cdot 9,8} = 0,29 \text{ m}$$

$$h_{1-2} = f_2 \frac{V_2^2}{2g} = 1,8 \frac{2,5^2}{2 \cdot 9,8} = 0,58 \text{ m}$$

□ Belokan Lengkung Dengan Sudut 90°



Gambar 6 - Belokan Lengkung

Dimana :

$$R = 0,025 \text{ m}$$

$$D_2 = 0,0254 \text{ m}$$

$$V_2 = 2,5 \text{ m/s}$$

Koefisien kerugian didapat dari gambar ..6.. untuk  $R/d = 1$  dan  $\epsilon/d = 0,01$  adalah  $f = 0,9$

Sehingga besarnya kerugian pada belokan lengkung adalah :

$$h_f = f \frac{V^2}{2g} = 0,9 \frac{2,5^2}{2 \cdot 9,8} = 0,29 \text{ m}$$

□ Kerugian Pada Katub

Katub yang dipergunakan termasuk jenis katub engsel searah dengan diameter 3 inchi.

Dari tabel 3 - kofisien untuk diameter 2 inchi adalah 2,1 dan untuk 4 inchi adalah 2,0. Sehingga dengan menggunakan interpolasi didapat besarnya faktor gesek pada katub sebesar  $f = 2,05$ . Karena ada 2 katub maka harga  $f$  menjadi 4,1 sehingga kerugian yang terjadi adalah :

$$h_f = f \frac{V^2}{2g} = 4,1 \frac{2,5^2}{2 \cdot 9,8} = 1,31 \text{ m}$$

Sehingga total kerugian yang terjadi didalam pipa adalah :

$$\sum h_f = h_{f1} + h_{f2} + h_{f1-3} + h_{f1-2} + h_{f3} + h_{f4}$$

$$\sum h_f = 5,15 + 0,02 + 0,29 + 0,58 + 0,29 + 1,31$$

$$\sum h_f = 7,64 \text{ m}$$

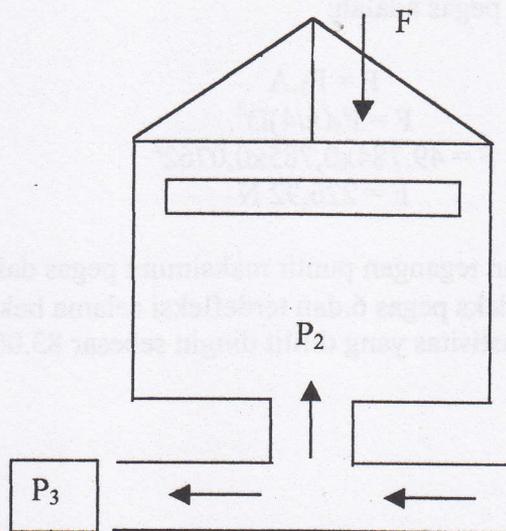
Setelah kerugian-kerugian diketahui, maka kita dapat menghitung besarnya tekanan dititik 2 ( $P_2$ ) dengan menggunakan persamaan bernoulli :

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + \sum h_f$$

$$3 + \frac{100.000}{1000 \cdot 9,8} + \frac{0}{2 \cdot 9,8} = 2,7 + \frac{P_2}{1000 \cdot 9,8} + \frac{2,5^2}{2 \cdot 9,8} + 7,64$$

$$P_2 = 24.892 \text{ N/m}^2$$

Karena diameter masuk pompa kecil, maka perlu memperbesar diameter rumah katub limbah. Pembesaran ini bermaksud agar pergerakan katub limbah lebih leluasa dan tekanan yang dihasilkan katub juga diharapkan menjadi lebih besar.



Gambar 7 - Tekanan Dalam Rumah Katub Limbah

Tekanan yang terjadi harus mampu membuka dan menutup katub limbah dan katub hantar secara bergantian, sehingga perlu dicari besarnya gaya untuk membuka dan menutup katub tersebut. Gaya untuk katub limbah adalah gaya katub sedangkan gaya untuk katub hantar adalah gaya pegas.

#### Gaya Pada Katub

Diameter katub direncanakan 3 inchi = 0,0762 m, maka dapat dicari gaya yang bekerja pada katub:

$$P_2 = \frac{F}{A}$$

$$F = P_2 \cdot A = P_2 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$F = 24.892(0,785 \cdot 0,0762^2) = 113,46 \text{ N}$$

Jadi besarnya gaya untuk mengimbangi tekanan yang terjadi pada rumah katub adalah minimal 113,46 N

#### Gaya Pada Pegas

Pegas bekerja menerima tekanan dari sumber air dan tekanan dari katub limbah, sehingga tekanan yang terjadi adalah 2 kali tekanan katub.

$$P_3 = 2P_2$$

$$P_3 = 2 \times 24.895$$

$$P_3 = 49.784 \text{ N/m}^2$$

Maka gaya yang bekerja pada pegas adalah:

$$\begin{aligned}F &= P_3 \cdot A \\F &= P_3(\pi/4)D^2 \\F &= 49.784 \times 0,785 \times 0,0762^2 \\F &= 226,92 \text{ N}\end{aligned}$$

Dimana pegas dari baja dengan tegangan puntir maksimum pegas dalam keadaan diblok  $\tau_{\text{maks}} = 600 \text{ N/mm}^2$  dengan indeks pegas 6 dan terdefleksi selama bekerja sebesar 7 mm dengan kekakuan modulus elastisitas yang dililit dingin sebesar  $83.000 \text{ N/mm}^2$ .

Dari data-data diatas:

$$\begin{aligned}F_{\text{maks}} &= 226,92 \text{ N} \\ \tau &= 600 \text{ N/mm}^2 \\ G &= 83.000 \text{ N/mm}^2 \\ X &= 7 \text{ mm} \\ D/d &= 6\end{aligned}$$

Maka :

Untuk  $D/d = 6$  menurut faktor X didapat  $X = 1,24$

Didapat diameter kawat sebesar :

$$\begin{aligned}d &= \sqrt{\frac{8 \cdot F \cdot (D/d) \cdot X}{\pi \cdot \tau}} \\ d &= \sqrt{\frac{8 \cdot 226,92(6) \cdot 1,24}{3,14 \cdot 600}} \\ d &= 2,62 \text{ mm}\end{aligned}$$

Jadi dari diameter kawat pegas didapat besarnya diameter pegas yaitu :

$$D/d = 6$$

$$D = 6 \cdot d = 6 \cdot 2,6 = 15,6 \text{ mm}$$

sedangkan jumlah lilitan :

$$\begin{aligned}n &= \frac{d \cdot G}{8 \cdot C \cdot (D/d)^3} \\ n &= \frac{2,6 \cdot 83000}{8 \cdot 7 \cdot 6^3} = 17,8 \text{ lilitan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sehingga } n_{\text{total}} &= n + 1 \\ n_{\text{total}} &= 18,8 \text{ lilitan}\end{aligned}$$

### Debit Pemompaan

Kerugian pada pipa penggerak dari yang direncanakan :

$$\begin{aligned}Z_2 &= 0 \text{ m} \\V_2 &= 2,5 \text{ m/s} \\P_2 &= 24.892 \text{ N/m}^2 \\Z_3 &= 5 \text{ m} \\D_3 &= 0,0127 \text{ m} \\P_3 &= 1 \text{ bar} = 100.000 \text{ N/m}^2 \\L_3 &= 5,7 \text{ m} \\F &= 0,041\end{aligned}$$

Dari persamaan bernoulli dapat diketahui besarnya kecepatan keluar  $V_3$ :

$$Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} = Z_3 + \frac{P_3}{\rho \cdot g} + \frac{V_3^2}{2 \cdot g} \left[ 1 + \frac{f \cdot L_3}{D} \right]$$

$$0 + \frac{24.892}{1000 \cdot 9,8} + \frac{2,5^2}{2 \cdot 9,8} = 5 + \frac{100.000}{1000 \cdot 9,8} + \frac{V_3^2}{2 \cdot 9,8} \left[ 1 + \frac{0,041 \cdot 5,7}{0,0127} \right]$$

$$V_3 = 3,46 \text{ m/s}$$

- ◆ Kerugian gesek pada pipa

$$h_f = f \frac{L \cdot V_3^2}{D_3 \cdot 2 \cdot g} = 0,041 \frac{5,7 \cdot 3,46^2}{0,0127 \cdot 2 \cdot 9,8} = 11,21 \text{ m}$$

- ◆ Kerugian sudut  $60^\circ$

Dari tabel 2 - harga f untuk sudut  $60^\circ$  adalah 0,684, sehingga:

$$h_f = f \frac{V_3^2}{2 \cdot g}$$

$$h_f = 0,684 \frac{3,46^2}{2 \cdot 9,8} = 0,42 \text{ m}$$

Jadi total kerugian untuk pipa penggerak adalah:

$$\sum h_f = h_{f1} + h_{f2} = 11,21 + 0,42 = 11,63 \text{ m}$$

Sehingga besarnya debit pemompaan dari pompa hidram adalah :

$$Q_2 = Q_1 \frac{H_1}{H_2 + \sum h_f} \times J \quad (13)$$

dimana :

- $Q_2$  = debit air yang dipompakan (liter<sup>3</sup>/menit)
- $Q_1$  = debit air yang masuk kedalam pompa (liter<sup>3</sup>/menit)
- $H_1$  = tinggi terjunan (m)
- $H_2$  = tinggi pemompaan (m)
- $\sum h_f$  = total kerugian (m)
- $J$  = efisiensi pompa (0,5 – 0,75)

Jika :

- $Q_1$  = 75 liter/menit
- $H_1$  = 2,7 m
- $H_2$  = 5 m
- $\sum h_f$  = 11,63 m
- $J$  = 0,75

Maka :

$$Q_2 = 75 \frac{2,7}{5 + 11,63} \times 0,75 = 9,133 \text{ liter / menit}$$

Jadi debit yang akan dihasilkan pompa dengan ketinggian angkat 5 meter adalah 9,133 liter/menit.

#### KESIMPULAN

1. Debit air yang masuk kedalam pompa adalah 75 liter/menit sedangkan debit yang keluar dari pompa adalah 9,133 liter/menit dengan tinggi angkat 5 meter.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Dietzel, Fritz, Alih Bahasa Sriyono, Dakso Ir, Turbin Pompa Dan Kompresor, Penerbit Erlangga, Jakarta, 2001
2. Kodoatie, Robert J, Hidrolika Terapan Pada Saluran Terbuka Dan Pipa, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2001
3. M. White, Frank, Mekanika Fluida, Edisi Kedua Jilid I, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1988
4. Nouwen, A Ing, Pompa jilid 2, Bharata Karya Aksara, Jakarta, 1981
5. Sularso, Tahara, Haruo, Pompa Dan Kompresor, Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2000
6. Widarto, L. Ir, Sudarto, FX, C.Ph, Membuat Pompa Hidram, Kanisius, Yogyakarta, 1997