

## **D. POKOK BAHASAN III SISTEM POMPA**

### **SUB POKOK BAHASAN SISTEM POMPA**

#### **1.1. PENDAHULUAN**

##### **1.1.1. DESKRIPSI SINGKAT**

Sistem pompa berfungsi untuk memindahkan suatu fluida dari tempat yang lebih rendah ke tujuan yang diinginkan. Kinerja pompa harus tepat digunakan untuk pelayanan sistem permesinan dan keperluan di geladak maupun sistem pemadam dan keselamatan di kapal. Pemilihan pompa ditentukan oleh karakteristik pompa yang meliputi kapasitas, kondisi isap, kondisi tekan, tinggi total pompa, jenis zat cair, kondisi kerja penggerak poros tegak atau mendatar, dan tempat instalasi. Klasifikasi pompa didasarkan fungsinya meliputi pompa bilga dan balas, pompa pemadam kebakaran, pompa sanitari.

##### **1.1.2. RELEVANSI**

Materi dalam bab ini memberikan keahlian bagi seorang ahli perkapalan dalam merancang, memilih dan menghitung sistem pompa di kapal. Disamping itu dapat memberikan ketrampilan bagi ahli perkapalan dalam menetapkan sistem pompa di kapal.

##### **1.1.3.1. STANDAR KOMPETENSI**

Mahasiswa mampu merencanakan, memilih, menghitung pompa yang dibutuhkan di kapal maupun alat transportasi laut lainnya.

##### **1.1.3.2. KOMPETENSI DASAR**

Setelah mengikuti materi sistem pompa :

- a. Mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan sistem pompa, karakteristik pompa, jenis pompa dan kerja sistem pompa.
- b. Mahasiswa diharapkan mampu memilih dan menghitung kebutuhan pompa di kapal.
- c. Mahasiswa menjelaskan pompa yang dibutuhkan di kapal.

## 1.2. PENYAJIAN

### 1.2.1. URAIAN DAN CONTOH

Sistem pompa berfungsi untuk memindahkan suatu fluida dari tempat yang lebih rendah ke tujuan yang diinginkan. Parameter utama dari pompa adalah kapasitas, tinggi buang (*discharge head*), tinggi total (*head total*), tinggi hisap (*suction lift*), tenaga dan efisiensi. Kapasitas dapat dinyatakan baik dalam unit volumetris maupun dalam unit berat. Kapasitas volumetris  $Q$  dari sebuah pompa dinyatakan sebagai volume cairan yang dimasukkan oleh pompa kedalam pipa pengeluaran dalam unit waktu, ini dinyatakan dalam ukuran:  $\text{m}^3/\text{jam}$ ,  $\text{m}^3/\text{det}$ ,  $\text{l}/\text{det}$  dan sebagainya.

Kapasitas berat  $G$  dari sebuah pompa dinyatakan sebagai jumlah dari cairan dalam ukuran berat yang dikeluarkan oleh pompa kedalam pipa pengeluaran dalam unit waktu dan dapat dinyatakan dalam ukuran  $\text{ton}/\text{jam}$ ,  $\text{ton}/\text{menit}$ ,  $\text{ton}/\text{det}$ ,  $\text{kg}/\text{menit}$  atau  $\text{kg}/\text{det}$ . Kapasitas teoritis, atau displacement,  $Q_t$  atau  $G_t$  dibedakan kapasitas sesungguhnya  $Q$  atau  $G$ .

Perbandingan antara kapasitas volumetris dengan kapasitas berat disebut dengan efisiensi volumetris pompa ( $\eta_v$ ):

$$\eta_v = Q/Q_t = G/G_t \quad (3.1)$$

Efisiensi volumetris menentukan penurunan dari keluaran (*output*) sesungguhnya dibandingkan dengan *output* teoritis. *Output* yang lebih kecil itu terutama disebabkan karena kebocoran-kebocoran yang dapat mempunyai berbagai sebab:

- Kebocoran pada katup tekan dan katup isap.
- Kelambatan tertutupnya katup-katup.
- Bocoran didalam pembuluh-pembuluh.
- Bocoran pada karet *packing*.
- Cairan itu sendiri mengandung hawa.

$\eta_v$  pada pompa sedang sama dengan 0.85 atau lebih kecil sedangkan untuk pompa yang besar  $\eta_v$  antara 0.9- 0.95 dalam beberapa hal diambil nilai 0.98.

## A. PEMILIHAN POMPA

Pemilihan suatu pompa untuk maksud tertentu, harus terlebih dahulu diketahui kapasitas aliran serta tinggi (*head*) yang diperlukan untuk mengalirkan zat cair yang akan dipompa. Agar pompa dapat bekerja dengan baik tanpa mengalami kavitasi, perlu direncanakan besarnya tekanan minimum yang tersedia pada masuk (*inlet*) pompa yang terpasang pada instalasinya. Dengan dasar tersebut maka putaran pompa dapat ditentukan.

Kapasitas aliran, *head*, dan putaran pompa dapat diketahui seperti diatas. Tetapi apabila perubahan kondisi operasi sangat besar (khususnya perubahan kapasitas dan *head*) maka putaran dan ukuran pompa yang akan dipilih harus ditentukan dengan memperhitungkan hal tersebut. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan pompa dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 3.1. Data yang diperlukan untuk pemilihan pompa

No.	Data yang diperlukan	Keterangan
1.	Kapasitas	Diperlukan juga keterangan mengenai kapasitas maksimum dan minimum
2.	Kondisi isap ( <i>suction</i> )	Tinggi isap permukaan air isap ke level pompa. Tinggi flukstuasi permukaan air isap. Tekanan pada permukaan air isap, kondisi pipa isap.
3.	Kondisi keluar ( <i>discharge</i> )	Tinggi permukaan air keluar ke level pompa. Tinggi fluktuasi permukaan air keluar. Besarnya tekanan pada permukaan air keluar. Kondisi pipa keluar.
4.	Head total pompa	Harus ditentukan berdasarkan kondisi-kondisi diatas
5.	Jenis zat cair	Air tawar, air laut, minyak, zat cair khusus (zat kimia), temperatur, berat jenis, viskositas,
6.	Jml pompa	
7.	Kondisi kerja	Kerja terus-menerus, terputus-putus, jumlah jam kerja seluruhnya dalam setahun

8.	Penggerak	Motor listrik, motor bakar torak, turbin uap.
9.	Poros tegak atau mendatar	Hal ini kadang ditentukan oleh pabrik pompa yang bersangkutan berdasarkan instalasinya.
10.	Tempat instalasi	Pembatasan-pembatasan pada ruang instalasi, ketinggian diatas permukaan air, diluar atau di dalam gedung, flukstuasi suhu.

## B. JUMLAH POMPA

Jika laju aliran keseluruhan telah ditentukan, maka kapasitas pompa dapat dihitung dengan membagi laju aliran total tersebut dengan jumlah pompa yang akan digunakan. Dalam penentuan jumlah pompa yang akan digunakan, harus memperhatikan beberapa hal antara lain :

### 1. Pertimbangan ekonomis;

Pertimbangan ini menyangkut masalah biaya, baik biaya investasi awal pembangunan instalasi (*capitol cost*) maupun biaya operasional dan perawatan (*maintenance*).

a. Biaya awal instalasi; umumnya untuk laju aliran total yang sama, biaya keseluruhan untuk pembangunan fasilitas mekanis kurang lebih tetap sama meskipun menggunakan jumlah pompa yang berbeda. Atau dengan kata lain jumlah biaya untuk fasilitas mekanis kurang lebih proposional terhadap laju aliran asalkan *head*, NPSH tersedia, model dan jenis pompa tetap sama. Tetapi jika jumlah pompa yang digunakan sedemikian rupa hingga memungkinkan dipakainya pompa standar yang murah, maka biaya keseluruhan untuk fasilitas mekanis kadang-kadang dapat lebih rendah.

b. Biaya operasional dan perawatan; komponen biaya terbesar untuk daya listrik. Tetapi biaya dapat ditekan dengan beberapa cara :

1) Apabila kebutuhan berubah-ubah, maka beberapa pompa dengan kapasitas sama yaitu sebesar atau hampir sebesar konsumsi minimum harus dipakai. Atau dapat juga menggunakan pompa dengan kapasitas berbeda.

- 2) Jika kapasitas pompa menjadi besar, efisiensi pompa juga menjadi lebih tinggi, sehingga penggunaan daya menjadi lebih ekonomis.

Agar biaya operasional dan perawatan dapat ditekan, jumlah pompa yang digunakan tidak boleh terlalu banyak. Selain itu sedapat mungkin pompa yang dipakai sama agar dalam hal suku cadangnya dapat saling dipertukarkan. Hal ini mempermudah dalam perawatan.

2. Batas kapasitas pompa adalah batas atas kapasitas suatu pompa yang besarnya tergantung beberapa hal :
- a. Berat dan ukuran terbesar yang dapat diangkut dari pabrik ke tempat pemasangan.
  - b. Lokasi pemasangan pompa dan cara pengangkatannya.
  - c. Jenis penggerak dan cara mentransmisikan daya dari penggerak ke pompa.
  - d. Pembatasan pada besarnya mesin perkakas yang digunakan untuk pengerjaan bagian-bagian pompa.
  - e. Pembatasan pada performansi pompa (seperti kavitasi).
3. Pembagian resiko, penggunaan hanya satu pompa untuk melayani laju aliran keseluruhan dalam suatu instalasi yang penting adalah besarnya resiko. Instalasi tidak akan berfungsi jika satu-satunya pompa yang ada rusak. Jadi untuk mengurangi resiko, perlu dipakai 2 pompa atau lebih, tergantung pentingnya suatu instalasi. Selain itu, untuk meningkatkan keandalan instalasi, perlu disediakan sedikitnya satu pompa cadangan, tergantung pada kondisi kerja dan pentingnya instalasi.

### **C. TINGGI (*HEAD*)**

Tinggi total (*total head*) pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan fluida sebagaimana seperti yang diinginkan, dapat ditentukan

berdasarkan kondisi instalasi yang akan dilayani pompa. *Head* total dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$h = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v_d^2}{2g} \quad (3.2)$$

dimana :  $H$  = *head* total pompa (m)

$h_a$  = *head statis total* (m); yaitu perbedaan tinggi antara muka air di sisi keluar dan sisi isap; tanda positif (+) dipakai jika muka air disisi luar lebih tinggi dari sisi isap.

$\Delta h_p$ =perbedaan head tekanan yang terjadi pada kedua permukaan air (m).

$$\Delta h_p = h_{p2} - h_{p1}$$

$h_l$  = berbagai kerugian head di pipa, katup, belokan, sambungan, dll.

$$h_l = h_{ld} + h_{ls}$$

$$v^2/2g = \text{head kecepatan keluar (m)}$$

$$g = \text{percepatan gravitasi (= 9,8 m/s}^2\text{)}$$

#### D. RUGI ENERGI (*HEAD LOSSES*)

Rugi energi (*head losses*) yaitu tinggi yang digunakan untuk mengatasi kerugian-kerugian yang terdiri atas kerugian energi gesek di dalam pipa, dan kerugian energi pada belokan-belokan, *reducer*, katup-katup. Di bawah ini akan diberikan cara menghitungnya, satu per satu.

##### a) Kerugian energi akibat gesekan dalam pipa

Untuk menghitung kerugian gesek dalam pipa digunakan rumus :

$$h_f = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (3.3)$$

dimana;  $v$  = kec. rata-rata aliran di dalam pipa (m/s)

$h_f$  = kerugian gesek dalam pipa (m)

$\lambda$  = koefisien kerugian gesek

$g$  = percepatan gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)

$L$  = panjang pipa (m)

$D$  = diameter dalam pipa

Nilai  $\lambda$  dapat dinyatakan dengan :

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (\text{untuk aliran laminar}) \quad (3.4)$$

$$\lambda = 0,020 + \frac{0,0005}{D} \quad (\text{untuk aliran turbulen}) \quad (3.5)$$

dimana  $Re$  adalah bilangan Reynolds yang besarnya :

$$Re = \frac{vD}{\nu} \quad (3.6)$$

Dimana:  $v$  = kec. Rata-rata aliran didalam pipa (m/s)

$\nu$  = viskositas kinematis zat cair (m<sup>2</sup>/s)

$D$  = diameter dalam pipa (m)

Nilai  $Re < 2300$ , aliran bersifat laminar

Nilai  $Re > 4000$ , aliran bersifat turbulen

Nilai  $Re = 2300 - 4000$ , terdapat daerah transisi dimana aliran dapat bersifat laminar atau turbulen tergantung pada kondisi pipa dan aliran.

#### **b) Kerugian *head* dalam jalur pipa**

Aliran yang melalui jalur pipa, kerugian juga akan terjadi apabila ukuran pipa, bentuk penampang, atau arah aliran berubah. Kerugian tinggi (*head*) di tempat-tempat transisi yang demikian ini dapat dinyatakan dengan rumus :

$$h_f = f \frac{v^2}{2g} \quad (3.7)$$

dimana;  $v$  = kecepatan rata-rata di dalam pipa (m/s)

$f$  = koefisien kerugian

$g$  = percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

$h_f$  = kerugian tinggi (*head*) (m)





dipakai rumus Fuller dimana  $f$  dari persamaan (3.8) dinyatakan sebagai berikut :

$$f = [ 0,131 + 1,847 \left( \frac{D}{2R} \right)^{3,5} ] \left( \frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \quad (3.8)$$

dimana;  $D$  : diameter dalam pipa (m)

$R$  : jari-jari lengkung sumbu belokan (m)

$\theta$  : sudut belokan (derajat)

$f$  : koefisien kerugian

Dari percobaan Weisbach dihasilkan rumus yang umum dipakai untuk belokan patah sebagai berikut :

$$f = 0,946 \sin^2 \frac{\theta}{2} + 2,047 \sin^4 \frac{\theta}{2} \quad (3.9)$$

dimana;  $\theta$  = sudut belokan

$f$  = koefisien kerugian

Hubungan antara sudut belokan pipa dan koefisien kerugian dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Koefisien rugi energi

$\theta^\circ$		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	0,44	0,062	0,154	0,165	0,320	0,684	1,265

#### - Kerugian karena pembesaran penampang secara gradual

Kerugian head ini dirumuskan sebagai berikut :

$$h_f = f \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \quad (3.10)$$

dimana;  $v_1$  : Kec. rata-rata pada penampang kecil (m/s)

$v_2$  : kec. rata-rata pada penampang besar (m/s)

$f$  : koefisien kerugian

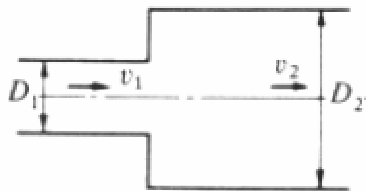
$g$  : percepatan gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)

$h_f$  : kerugian head (m)

Koefisien kerugian untuk pembesaran penampang secara gradual pada penampang berbentuk lingkaran, dari hasil percobaan menunjukkan bahwa harga minimum sebesar 0,135 terjadi apabila  $\theta$  adalah sebesar  $5^\circ$  sampai  $6^\circ 30'$ . Juga untuk penampang bujur sangkar, harga minimum sebesar kira-kira 0,145 terjadi pada  $\theta = 6^\circ$ . Harga minimum untuk penampang segi empat sebesar 0,17 sampai 0,18 terjadi pada  $\theta = 11^\circ$

- **Kerugian akibat pembesaran penampang pipa secara mendadak.**

Kerugian head jenis ini diformulasikan sebagai berikut :



Gambar 3.2. Penampang pipa yang membesar mendadak

$$h_f = f \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \quad (3.11)$$

dimana; harga  $f \approx 1$

- **Kerugian pengecilan penampang secara mendadak**

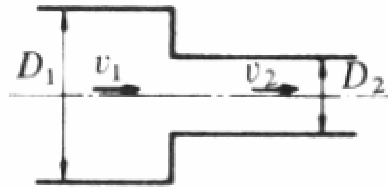
Kerugian head akibat pengecilan mendadak dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$H_f = f \frac{v_2^2}{2g} \quad (3.12)$$

dimana :  $D_1$  : diameter pipa besar

$D_2$  : diameter pipa kecil

$V_2$  : kecepatan aliran pada pipa kecil



Gambar 3.2. Penampang pipa yang membesar mendadak

Dimana harga  $f$  diberikan sesuai tabel 3.3. dibawah ini :

Tabel 3.3. Koefisien kerugian bagian pipa dengan pengecilan pipa secara tiba-tiba.

$(D_1/D_2)^2$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$f$	0,50	0,48	0,45	0,41	0,36	0,29	0,21	0,13	0,07	0,01	0

- **Kerugian Orifis dalam pipa**

Kerugian head untuk orifis dirumuskan sebagai berikut :

$$H_f = f \frac{v^2}{2g} \quad (3.13)$$

dimana :  $v$  : adalah kecepatan rata-rata pada penampang pipa.

$F$  : dapat dilihat pada table 3.4



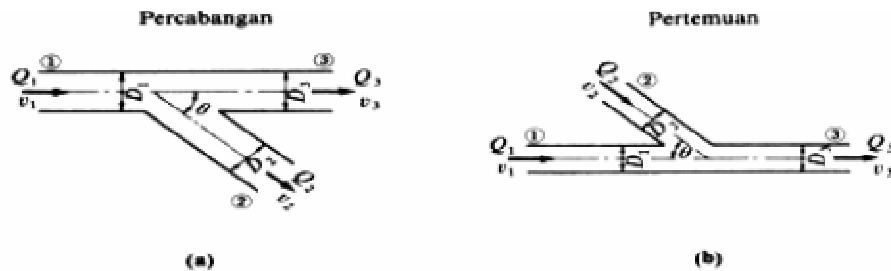
Gambar 3.3 Penampang pipa orifis

Tabel 3.4. Koefisien kerugian pada orifis dalam pipa

$(D_o/D)^2$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$f$	$\infty$	226	47,8	17,5	7,8	3,75	1,80	0,80	0,29	0,06	0

- **Kerugian percabangan dan pertemuan pipa**

Pada percabangan dan pertemuan antara 2 buah pipa, tidak ada hasil percobaan yang dapat diterima secara umum. Kerugian head untuk percabangan seperti gambar dibawah ini dapat diketahui dengan formula berikut :



Gambar 3.4 : Percabangan dan pertemuan pipa

Gambar (a) :

$$h_{f1-3} = f_1 \frac{v_1^2}{2g} \quad \text{dan} \quad h_{f1-2} = f_2 \frac{v_2^2}{2g} \quad (3.14)$$

dimana;  $h_{f1-3}$  = kerugian cabang 1 ke 3 (m)

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

$v_1$  = kecepatan di 1 sebelum percabangan

$f_1, f_2$  = koefisien kerugian

sedangkan untuk pertemuan (gambar b) :

$$h_{f1-3} = f_1 \frac{v_3^2}{2g} \quad \text{dan} \quad h_{f2-3} = f_2 \frac{v_2^2}{2g} \quad (3.15)$$

Dimana;  $h_{f1-3}$  = kerugian head temu 1 ke 2 (m)

$h_{f2-3}$  = kerugian head temu 2 ke 3 (m)

$v_3$  = kecepatan di 3 setelah percabangan

$f_1, f_2$  = koefisien kerugian

- **Kerugian ujung keluar pipa**

Kerugian *head* keluar pada ujung pipa dirumuskan sebagai berikut :

$$h_f = f \frac{v^2}{2g} \quad (3.16)$$

Dimana  $f = 1,0$  dan  $v$  adalah kecepatan rata-rata di pipa ke luar.

### a). Kerugian *head* akibat katup

Kerugian energi akibat katup adalah :

$$h_v = f_v \frac{v^2}{2g} \quad (3.17)$$

dimana;  $v$  = kecepatan rata-rata di penampang masuk katup (m/s)

$f_v$  = koefisien kerugian katup

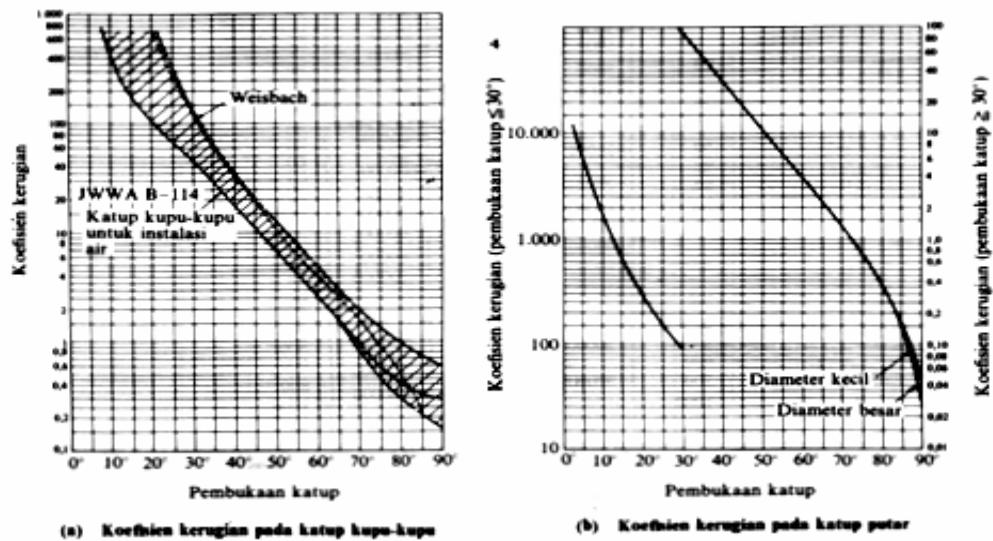
$h_v$  = kerugian head akibat katup (m)

harga  $f_v$  pada berbagai jenis katup dalam keadaan terbuka penuh dapat dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3.5. Kondisi kerugian katup dan *fitting*

Diameter (mm)	100	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900	1.000	1.200	1.350	1.500	1.650	1.800	2.000			
Jenis katup																					
Katup sorong	0,14	0,12	0,10	0,09	0,07	= 0															
Katup kupu-kupu	0,6–0,16 (bervariasi menurut konstruksi dan diameternya)																				
Katup putar	0,09–0,026 (bervariasi menurut diameternya)																				
Katup cegah jenis ayun			1,2	1,15	1,1	1,0	0,98	0,96	0,94	0,92	0,9	0,88									
Katup cegah tutup-cepat jenis tekanan			1,2	1,15	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4									
Katup cegah jenis angkat bebas	1,44	1,39	1,34	1,3	1,2																
Katup cegah tutup-cepat jenis pegas	7,3	6,6	5,9	5,3	4,6																
Katup kepak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9–0,5 (bervariasi menurut diameternya)											
Katup isap (dengan saringan)	1,97	1,91	1,84	1,78	1,72																

Sedangkan hubungan antara derajat pembukaan dan koefisien gesekan katup-katup utama dapat dilihat pada tampilan gambar / grafik 3.5 .



Gambar 3.5. Koefisien kerugian akibat katup

#### b). Kerugian head akibat panjang pipa

Dalam menghitung kerugian pada pipa dengan diameter kecil, akan sangat mudah apabila dipakai panjang pipa lurus ekivalen  $L_f$ . Besaran ini menyatakan kerugian pada peralatan pipa (sambungan, belokan, katup, dll) dalam ukuran panjang ekivalen dari pipa lurus. Harga-harga  $L_f$  untuk berbagai peralatan pipa yang umum dilihat pada tabel 3.6.

Tabel 3.6, Kondisi kerugian katup dan *fitting*

Nama peralatan pipa	Panjang pipa lurus ekivalen $L_f$	Nama peralatan pipa	Panjang pipa lurus ekivalen $L_f$
Belokan 45° (1"–3")	15–20 $d$	Meteran air: Jenis cakram jenis turbin Katup sorong: terbuka penuh " 3/4 " 1/2 " 1/4	135–400 $D$ 200–300 $D$ 0–7 $D$ 10–40 $D$ 100–200 $D$ 800 $D$
Belokan 90° (jari-jari lengkung standar)	32 $D$		
Belokan ( $R/D = 3$ ) 90° ( $R/D = 4$ )	24 $D$ 10 $D$		
Belokan 180°	75 $D$	Katup bola 1" – 2½" 3" – 6" 7" – 10"	45 $D$ 60 $D$ 75 $D$
Sambungan silang Sambungan -T	50 $D$ 40–80 $D$		
Meteran air jenis torak	600 $D$		

### c) Kerugian head untuk zat cair istimewa

Perhitungan kerugian head untuk pipa yang dialiri oleh fluida selain air dapat ditentukan dengan cara berikut ini :

- Hitung bilangan Reynolds  $Re$  dari aliran
- Kerugian *head* ditentukan dengan cara seperti pada air dimana koefisien gesek diambil untuk bilangan Reynolds yang bersangkutan

Nilai bilangan Reynolds :

$$Re = \frac{vD}{\nu}$$

Apabila viskositas zat cair yang mengalir dinyatakan sebagai viskositas mutlak  $\mu$ , maka harga viskositas kinematikanya,  $\nu$  ( $m^2/s$ ), dapat diperoleh dari hubungan :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

dimana;  $\mu$  = viskositas mutlak zat cair ( $kg/m.s$ )

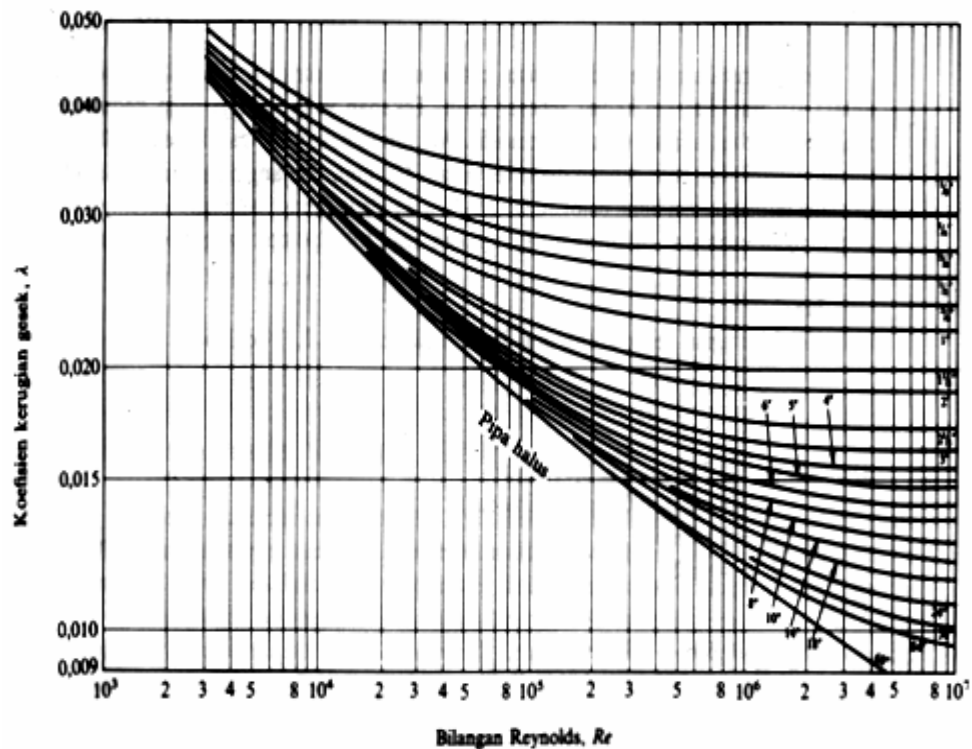
$$1 (kg/m.s) = 10 \text{ Poise}$$

$$\rho = \text{massa jenis zat cair per satuan volume } (kg/m^3)$$

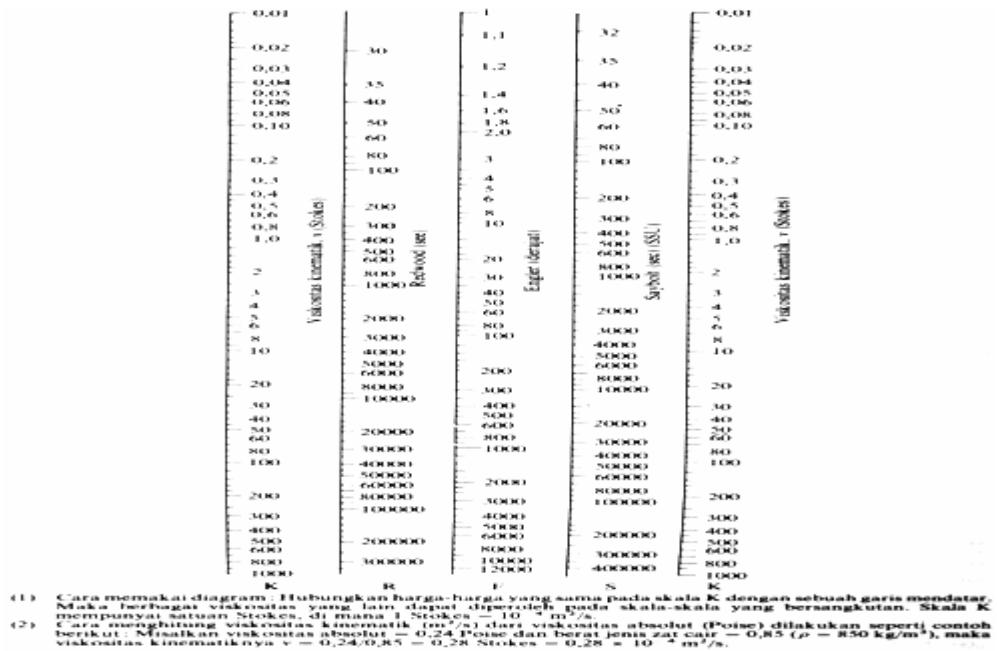
Apabila viskositas dinyatakan dalam satuan *Redwood* (sec), Engler (derajat), atau Saybolt (SSU) (sec), maka harga viskositas kinematikanya dapat diperoleh dari tabel 3.4.

Dalam gambar diatas, dua skala ditepi kiri dan kanan yang bertanda K dibawahnya menunjukkan skala viskositas kinematik  $\nu$  dalam stokes ( $1 \text{ stokes} = 10^{-4} m^2/s$ ). skala diantaranya menyatakan detik Redwood (bertanda R), derajat Engler (bertanda E) dan detik Saybolt atau SSU (bertanda S). dari bilangan Reynolds yang diperoleh dengan cara perhitungan diatas maka koefisien kerugian gesek dapat ditentukan sebagai berikut :

untuk aliran laminar ( $Re < 2300$ ) harga  $\lambda$  dihitung menurut formula  
untuk aliran turbulen ( $Re > 4000$ ) harga  $\lambda$  diperoleh dari gambar berikut



Gambar 3.7 : Kurva hubungan bilangan Re dan koefisien gesek



Gambar 3.8. Diagram konversi antara beberapa viskositas.



## E. DAYA POMPA

Daya pompa adalah daya yang dimiliki oleh poros pompa untuk menggerakkan sebuah pompa. Daya poros ini sama dengan daya air ditambah kerugian daya pada pompa. Sedangkan daya air adalah energi efektif yang diterima air dari pompa per satuan waktu. Daya pompa atau daya poros diformulasikan sebagai berikut :

$$P = \frac{P_w}{\eta_p} \quad (3.18)$$

dimana; P = daya poros sebuah pompa (kw)

$P_w$  = daya air (kw)

$= \gamma \cdot Q \cdot H$

$\eta_p$  = efisiensi pompa

$\gamma$  = berat jenis air per satuan volume (kgf/l)

Q = kapasitas (m<sup>3</sup>/min.)

H = *head total* (m)

## F. KLASIFIKASI POMPA

Sesuai dengan tujuannya, pompa kapal dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu pompa dinas umum (*general service pumps*),

- 1) *General service pumps* yang fungsinya adalah untuk menyakinkan kelayaklautan sebuah kapal dan untuk menyediakan kebutuhan sehari-hari dari awak kapal dan penyediaan dan juga untuk keperluan sanitary diatas kapal, termasuk *general service pumps*:
  - a. Pompa balas dan bilga.
  - b. Pompa saniter.
  - c. Pompa pemadam kebakaran.
  - d. Pompa darurat.
- 2) Pompa yang direncanakan untuk melayani mesin utama dan mesin bantu, misalnya pompa pendingin, pompa bahan bakar, pompa pelumas dan sebagainya.

- 3) Pompa yang bertujuan khusus di dalam *tanker, trawler*, kapal pemecah es, kapal penyelamat, kapal keruk.

## 1. POMPA BALAS

Pompa balas adalah untuk mengambil cairan balas dari luar kapal, mengisi tanki-tanki balas dan ceruk, mengosongkan mereka dari balas dan memindahkan balas dari tanki-tanki tertentu dan peak ke tempat-tempat lainnya. Kapasitas pompa balas harus cukup untuk memungkinkan tanki-tanki yang mereka layani dikosongkan dalam waktu 4 sampai 10 jam tergantung dari ukuran kapal. Tanki-tanki yang mempunyai kapasitas 20 sampai 265 m<sup>3</sup> balas, biasanya dipompa kering dalam waktu 1 sampai 3,5 jam; tanki-tanki balas berkapasitas 360 sampai 1300 m<sup>3</sup> dipompa kosong dalam waktu 4 sampai 5.5 jam.

Kapasitas yang diperlukan dari sebuah pompa ballast dapat ditentukan dari rumus:  $Q_b = 0.2825 \cdot d_b^2 \cdot V_b \cdot m^3/jam$

Dimana :  $d_b$  = diameter, dalam cm pipa dimasukkan dari tanki balas yang terbesar. Harga ini dapat diambil dari tabel berikut ini tergantung dari kapasitas tanki dalam ton.

TABEL 3.7 .Kapasita tangki dan diameter pipa

Kapasitas Tanki ( ton )	Diameter dalam pipa dan fitting ( mm )
Sampai 20	60
20 – 40	70
40 - 75	80
75 – 120	90
120-190	100
190-265	110
265-360	125
360-480	140
480-620	150
620-800	160
800-1000	175
1000-1300	200

$V_b = 2-2.5$  = kecepatan arus air dalam pipa pemasukan pompa m/detik. Pada kecepatan air  $V_b = 2$  m/det (dianjurkan) kapasitas pompa balas yang dibutuhkan menjadi  $Q_b = 0.565 d^2 m^3/jam$ .

Karena kebocoran air, kapasitas yang diperhitungkan ini harus dinaikkan dengan 5 sampai 10 %. Kapasitas pompa ballast berkisar antara 60 sampai 300  $m^3/jam$  (menurut BKI kapasitas  $Q = 0.575$  dalam  $m^3/jam$  dimana “d” garis tengah isotop bilga pokok dalam cm).

Setiap pompa yang berkapasitas cocok dari instalasi diatas kapal, kecuali pompa air minum dapat dipergunakan untuk operasi ballast seandainya tanki ballast tidak dipergunakan untuk menyimpan bahan bakar cair. Untuk hal tersebut penggunaan pompa pendingin dari internal combustion engines dan pompa pemadam kebakaran untuk penggunaan ballast dilarang.

Pompa-pompa ballast yang berdiri sendiri harus dipasang di atas tanker-tanker minyak untuk melayani tanki ballast di bagian depan, semua pompa ballast harus mempunyai tenaga sendiri.

## **2. POMPA BILGA**

Pompa bilga digunakan untuk memindahkan sejumlah kecil air yang berkumpul di dalam *bilge courses* dan sumur-sumur (*wells*) di badan kapal. Air ini berasal dari pengembunan dari pelat lambung kapal dan perembesan air dari luar melalui sambungan-sambungan yang kurang kedap dari badan kapal.

Air juga dapat masuk ke dalam badan kapal melalui lubang-lubang di geladak (*deck*) dan lambung timbul (*freeboard*) yang kurang kedap air pada waktu cuaca jelek, hujan, penyemprotan geladak atau pencucian geladak bangunan atas dan ruang muat (*holds*). Air berasal dari *bilge course* dan sumur-sumur di ruang mesin, ruang ketel dan terowongan poros melalui sambungan-sambungan yang bocor , sistem pipa dan permesinan, *blow-off system* pipa, dari mekanis-mekanis, dari

sistem permukaan-permukaan geseran dan susunan pengeluaran abu (*ash-extinguishing*) dalam ruang ketel .

Pompa bilga digolongkan ke dalam pompa *drainage* ruang mesin dan ruang ketel dan *bilge drainage pump*. Dalam banyak hal pompa yang sama dipergunakan untuk kedua hal tersebut.

Diameter pipa yang diperoleh dari hasil perhitungan rumus hasilnya diameter pemasukan tidak boleh kurang 50 mm. Kapasitas dari pompa pengeluaran air (*drainage pump*) dipilih yang sesuai dengan diameter pipa pengeluaran utama (*main drainage*) dan tidak boleh kurang dari harga yang dicantumkan dalam tabel 3..8. berikut ini.

Tabel 3.8. Kapasitas pompa bilga

Diameter pipa utama (mm)	Kapasitas pompa (mm)	Diameter pipa utama (mm)	Kapasitas pompa (mm)
50	15	127	127
57	19	133	133
64	23	140	140
70	28	146	146
76	34	152	152
82	40	158	158
89	46	165	165
95	53	171	171
103	60	178	178
108	68	184	184
114	76	190	190
120	84	197	197
127	93	205	205

Register menentukan minimum 2 pompa *drainage* yang berdiri sendiri pada tiap kapal. Setiap *general service pump* yang berkapasitas cocok di atas kapal dapat berfungsi sebagai salah satu *drainage pump*.

Kapal-kapal yang dijalankan oleh *reciprocating steam* atau mesin-mesin pembakaran dalam, satu dari *drainage pump* (untuk keperluan *engine room bilge*) dapat dijalankan dari mesin-mesin utama.

Semua *sea going ship* dengan *rating* mesin utamanya melampaui 300 HP harus memiliki pompa pengeluaran air (*drainage pump*) darurat untuk kamar mesin. Pompa sirkulasi kondensor di atas kapal uap atau pompa pendingin mesin utama di atas kapal motor dapat dipergunakan untuk maksud ini.

*Hand operated* atau *water jet pump* dapat dipergunakan untuk *drainage pump* di atas kapal dengan mesin utama sampai 200 HP. Sebuah *drainage pump* dapat dipergunakan sebagai pompa balas cadangan dan pompa pemadam kebakaran cadangan, tetapi dalam hal terakhir ini pompa tersebut tidak boleh mempunyai hubungan dengan kompartemen-kompartemen dimana terdapat bahan bakar minyak atau bahan bakar cair. Output keseluruhan dari *drainage pump* tidak boleh kurang dari pada *output* keseluruhan dari pemadam kebakaran.

### 3. POMPA SANITARI

Pompa sanitari meliputi pompa air (*water supply pump*) dan *fecal pump*. *Water supply pump* melayani, membawa air ke *service tank*, seperti juga ke air *pressure tanks*, dimana dari sana air diteruskan ke tempat-tempat pemakaian. *Water supply pump* boleh untuk air laut atau air tawar (cuci dan minum).

*Fecal pump* berguna untuk mengeringkan *sewage tank* yang terisi selama kapal bertambat di pelabuhan atau di daerah pelayaran dimana pengotoran perairan oleh *fecal liquid* dilarang. Kapasitas yang dibutuhkan untuk *water pump* dapat dihitung berdasarkan kebutuhan pemakaian air tiap orang.

Air laut.....20-30 liter tiap hari

Air cuci.....20 liter tiap hari

Air minum.....10 liter tiap hari

Kapasitas pompa harus sedemikian sehingga service tanks yang mempunyai volume 0.2-0.4 dari pemakaian sehari-hari. Dapat diisi antara 1-6 jam tergantung dari jenis dan ukuran kapal. *Water supply pump* dari kapal penumpang mempunyai kapasitas berkisar antara 5-12 m<sup>3</sup> tiap jam atau lebih. Sedang untuk kapal barang dan kapal tunda mempunyai 3-5 m<sup>3</sup> tiap jam.

Kapasitas dari *fecal pump* tergantung dari volume perencanaan dari *sewage tank* dan waktu tambat di pelabuhan dan waktu layar di daerah pelayaran dimana pengeluaran dilarang. Kapasitas pompa direncanakan untuk mengeluarkan kotoran dari tanki dalam waktu 1-2 jam. Volume dari *sewage tank* dapat dihitung pada jumlah *sewage* tiap orang sebagai berikut : 12 liter tiap hari dari *toilet bowls* dan 2 liter tiap hari dari *urinals*  
2-5 liter tiap hari dari *sanitary equipment*

#### **4 . POMPA PEMADAM KEBAKARAN**

Pompa pemadam kebakaran harus digerakkan tersendiri, pompa balas dan bilga dapat diterima sebagaimana kebakaran, asal saja dalam keadaan biasa pompa-pompa tersebut tidak dipergunakan untuk memompa minyak. Pompa-pompa itu harus memenuhi syarat-syarat tentang kapasitas dan tekanan, dan juga harus terjamin bahwa paling sedikit sebuah pompa dapat segera dipakai sebagai pompa kebakaran.

Kapasitas total pompa-pompa yang digerakkan dengan mesin tidak boleh kurang dari 2/3 kapasitas total pompa-pompa yang biasa diperlukan menurut peraturan. Tiap pompa kebakaran harus dapat memberikan cukup air untuk sekurang-kurangnya dua pancuran air yang kuat ke bagian manapun dari kapal, sedang kapal dengan daerah pelayaran local cukup satu pancuran air.

Kapal penumpang harus dilengkapi dengan pompa pemadam kebakaran yang dapat dipercaya dari jenis *selfpriming* yang berdiri sendiri. Pada kapal yang kurang dari 4.000 BRT dua pompa harus tersedia, yang mempunyai kapasitas masing-masing paling sedikit 40 meter kubik/jam;

dan untuk kapal yang lebih besar 3 buah pompa masing-masing tidak kurang dari 60 meter kubik/jam. Pada kapal dengan ruang akomodasi untuk lebih dari 1.000 orang penumpang harus terdapat 3 buah pompa dipasang dengan kapasitas minimum 1000 m<sup>3</sup>/jam.

Jika kapasitas tergabung dari semua pompa kebakaran kurang dari 2/3 kapasitas total pompa bilga yang digerakkan dengan mesin, maka harga yang didapat yang lebih besar harus diambil sebagai dasar dalam menentukan kapasitas pompa-pompa kebakaran.

Sebuah pompa kebakaran ini harus berdiri sendiri dan harus dipisahkan dari pompa-pompa yang lain dengan dinding-dinding yang melindungi terhadap kebakaran dan harus dilengkapi dengan hubungan laut yang tersendiri. Pompa ini harus dapat digerakkan oleh sumber tenaga yang dipasang di ruang yang terpisah dari ruang pompa kebakaran lainnya.

Pompa kebakaran dan hubungannya kelaut harus ditempatkan, sejauh mungkin di bawah garis air kapal kosong untuk menjamin tersedianya air untuk memadamkan kebakaran jika terjadi kerusakan, pada waktu kapal berinklinasi.

Katup-katup pelepas tekanan (katup tekanan lebih, *relief valve*) harus dipasang untuk semua pompa-pompa kebakaran apabila pompa-pompa tersebut dapat memberikan tekanan air lebih dari pada tekanan yang telah ditetapkan untuk pipa air, hidran dan disetel untuk mencegah tekanan yang berlebihan pada setiap bagian dari sistem pemadam kebakaran utama.

Jika disyaratkan dua buah pompa kebakaran yang digerakkan dengan mesin, maka pompa-pompa ini harus bebas satu dari lainnya dan dari mesin utama, baik mengenai hubungan laut maupun tenaga penggeraknya. Pompa demikian harus dipasang di kompartement-kompartement yang berlainan yang dipisahkan dengan sekat kebakaran dan harus dilengkapi dengan pintu masuk sendiri-sendiri. Jika hal ini tidak dapat dilaksanakan dan semua pompa kebakaran dapat dibuat berdaya

oleh suatu kebakaran di salah satu sebuah kompartement, maka peralatan pemadam kebakaran lainnya yang telah disetujuinya oleh BKI sebagai penggantinya harus disediakan.

### 1.2.2. LATIHAN

1. Jelaskan parameter yang dibutuhkan dalam pemilihan pompa.
2. Tentukan daya pompa balas jika diketahui kapasitas pompa 0,15 m<sup>3</sup> / menit, tinggi total 25 m. Efisiensi pompa diasumsikan 0,85.

### 1.3. PENUTUP

Sistem pompa sangat penting bagi kapal yang digunakan untuk memindahkan air dari suatu tempat lainnya yang diinginkan di dalam kapal.

#### 1.3.1. TES FORMATIF

1. Jelaskan parameter yang dibutuhkan dalam pemilihan pompa.
2. Jelaskan kerugian dalam sistem perpipaan di dalam kapal.
3. Jelaskan klasifikasi pompa berdasarkan fungsinya di kapal dan ketentuan yang harus dimiliki oleh pompa tersebut.
4. Tentukan daya pompa balas jika diketahui kapasitas pompa 0,18 m<sup>3</sup> / menit, tinggi total 35 m. Efisiensi pompa diasumsikan 0,88.

#### 1.3.2. UMPAN BALIK

Cocokkan jawaban saudara dengan kunci jawaban tes formatif. Kemudian gunakan rumus dibawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda dalam materi kegiatan belajar.

$$\text{Rumus penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban yang benar}}{\text{Jumlah soal}} \times 100 \%$$

dimana :

90 – 100 % : baik sekali



80 – 89 % : baik  
70 – 79 % : sedang  
Kurang dari 69 : kurang

### 1.3.3. TIDAK LANJUT

Jika saudara mencapai penguasaan 80 % ke atas saudara dapat meneruskan kegiatan belajar bagus. Jika nilai anda dibawah 80 % maka anda harus mengulang terutama pada materi yang belum anda kuasai.

### 1.3.4. RANGKUMAN

Berdasarkan uraian di atas dapat dirangkum sebagai berikut:

1. Sistem pompa berfungsi untuk pemindahan air dari suatu tempat ke tempat yang diinginkan di dalam kapal.
2. Dalam pemilihan pompa dibutuhkan data atau parameter: kapasitas, kondisi isap, kondisi keluar, head total pompa, jenis zat cair, jumlah pompa, kondisi kerja, penggerak, poros tegak atau mendatar, tempat instalasi.
3. Tinggi (*head*) total meliputi kerugian-kerugian pipa lurus, belokan percabangan, pembesaran, pengecilan, katup, ujung pipa masuk dan ujung pipa keluaran dan *orifice*.
4. Kasifikasi pompa berdasarkan fungsinya terdiri: *General service pumps* (pompa balas dan bilga, pompa saniter, pompa pemadam kebakaran, pompa darurat), Pompa untuk melayani mesin utama dan mesin bantu, misalnya pompa pendingin, pompa bahan bakar, pompa pelumas dan pompa yang bertujuan khusus di dalam *tanker*, *trawler*, kapal pemecah es, kapal penyelamat, kapal keruk.
5. Daya pompa adalah daya yang dimiliki oleh poros pompa untuk menggerakkan sebuah pompa besarnya sama dengan daya air ditambah kerugian daya pada pompa

### 1.3.5. KUNCI JAWABAN TES FORMATIF

1. Parameter yang dibutuhkan dalam pemilihan pompa adalah sebagai berikut: kapasitas, kondisi isap, kondisi keluar, head total pompa, jenis zat cair, jumlah pompa, kondisi kerja, penggerak, poros tegak atau mendatar, tempat instalasi.
2. Tinggi (*head*) total meliputi kerugian-kerugian pipa lurus, belokan percabangan, pembesaran, pengecilan, katup, ujung pipa masuk dan ujung pipa keluaran dan orifice.
3. Klasifikasi pompa berdasarkan fungsinya terdiri: *General service pumps* (Pompa balas dan bilga, pompa saniter, pompa pemadam kebakaran, pompa darurat), Pompa untuk melayani mesin utama dan mesin bantu, misalnya pompa pendingin, pompa bahan bakar, pompa pelumas dan pompa yang bertujuan khusus di dalam *tanker*, *trawler*, kapal pemecah es, kapal penyelamat, kapal keruk.
4. 
$$P = \frac{P_w}{\eta_p} = \frac{\gamma Q H_w}{\eta_p} = \frac{10 \text{ kgf/m}^3 \times 0,18 \text{ m}^3 / \text{menit} \times 35 \text{ m}_w}{0,88} \times 1 \text{ menit} / 60 \text{ detik}$$
$$P = 1,19 \text{ KW.}$$

### DAFTAR PUSTAKA :

1. Anonimus, (1992), Diktat Sistem Dalam Kapal, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
2. Anonimus, (2000), Diktat Sistem Dalam Kapal, Universitas Hasanudin Makasar.
3. Germanischers Lloyd; [1998]; "*Rules for Classification and Construction Ship Technology*"; Germanischer Lloyd; Hamburg.
4. Harrington, Roy L.; [1992]; "*Marine Engineering*"; SNAME; New York.
5. *The Marine Engineering Society In Japan*; "*Machinery Outfitting Design Manual Vol. 1 Piping System for Diesel Ships*"; The Marine Engineering Society In Japan; Jepang.
6. Khetagurov (1964), *Marine auxiliary machinery and system*, Publisher Moscow.

## **SENARAI**

Sistem pompa berfungsi untuk pemindahan air dari suatu tempat ke tempat yang diinginkan di dalam kapal.

Tinggi total (*total head*) pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan fluida sebagaimana seperti yang diinginkan, dapat ditentukan berdasarkan kondisi instalasi yang akan dilayani pompa.

Parameter pompa meliputi : kapasitas, kondisi isap, kondisi keluar, head total pompa, jenis zat cair, jumlah pompa, kondisi kerja, penggerak, poros tegak atau mendatar, tempat instalasi.