

Jurnal Artikel

**PERENCANAAN SISTEM PEMADAM KEBAKARAN PADA KAPAL
PENYELAMAT**

Didit Sumardiyanto¹, Sri Endah Susilowati²

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

¹didit.sumardiyanto@uta45jakarta.ac.id, ²sri.endah@uta45jakarta.ac.id

Abstrak

Pada setiap kapal selalu dilengkapi dengan alat proteksi untuk mencegah terjadinya kebakaran, terutama untuk kapal besar. Tujuannya adalah untuk mengatasi jika terjadi kebakaran kecil di ruang kapal sebelum menjadi kebakaran besar. Akan tetapi kalau api sudah terlampau besar, maka system pemadam kebakaran internal di kapal tidak mampu lagi mengatasinya. Untuk itu diperlukan pemadam kebakaran dari luar kapal. Untuk itu diperlukan adanya kapal pemadam kebakaran untuk memadamkan api pada kapal yang terbakar. Untuk menghasilkan sebuah kapal pemadam, maka diperlukan beberapa data atau batasan kinerja sistem pemadam kebakaran sehingga dapat dihasilkan spesifikasi dari kemampuan kapal pemadam dalam menyemprotkan air ke kapal yang terbakar. Dari hasil perencanaan diperoleh bahwa untuk mendapatkan jangkauan penyemprotan sejauh 150m dengan kapasitas semburan sebesar 120m³/h, pompa harus memiliki minimal Total head 101.05m. Daya yang dibutuhkan untuk penggerak pompa adalah sebesar 474.5kW

Kata kunci: Pemadam kebakaran, sistem pemipaan, pompa

Abstract

Every ship is always equipped with protective equipment to prevent fires, especially for large ships. The aim is to deal with small fires in the ship's space before they become large fires. However, if the fire is too big, the internal fire extinguishing system on the ship will no longer be able to handle it. For this reason, fire extinguishers are needed from outside the ship. For this reason, it is necessary to have a fire extinguisher to extinguish the fire on a burning ship.

To produce a fireboat, some data or limits on the performance of the firefighting system are needed so that specifications can be produced for the fireboat's ability to spray water onto a burning ship.

From the planning results it was found that to obtain a spraying range of 150m with a spray capacity of 120m³/h, the pump must have a minimum total head of 101.05m. The power required to drive the pump is 474.5kW

Keywords: External firefightings, piping systems, pumps

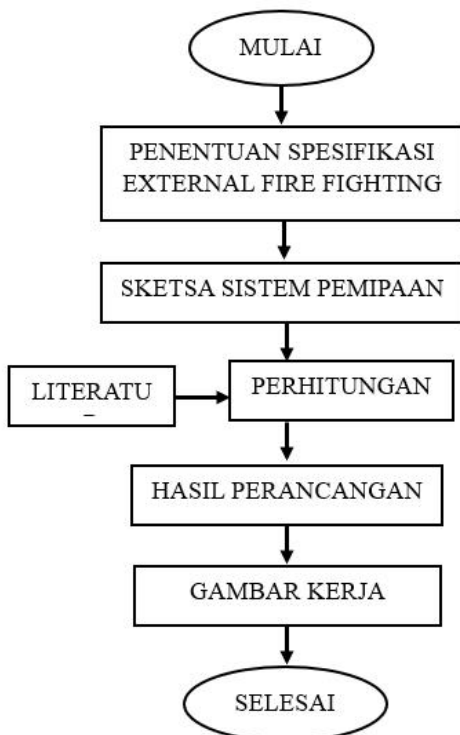
1. PENDAHULUAN

Alat pemadam kebakaran di kapal sangat terbatas kemampuannya. Sistem pemadam kebakaran internal hanya mampu mengatasi kebakaran yang kecil saja. Jadi ketika api sudah terlampau besar, alat pemadam yang ada di internal kapal tidak mampu lagi dipergunakan memadamkan api yang sudah berkobar. Sehingga itu diperlukan alat pemadam dari luar kapal. Untuk itu sangat penting keberadaan kapal pemadam kebakaran

2. TUJUAN PERANCANGAN

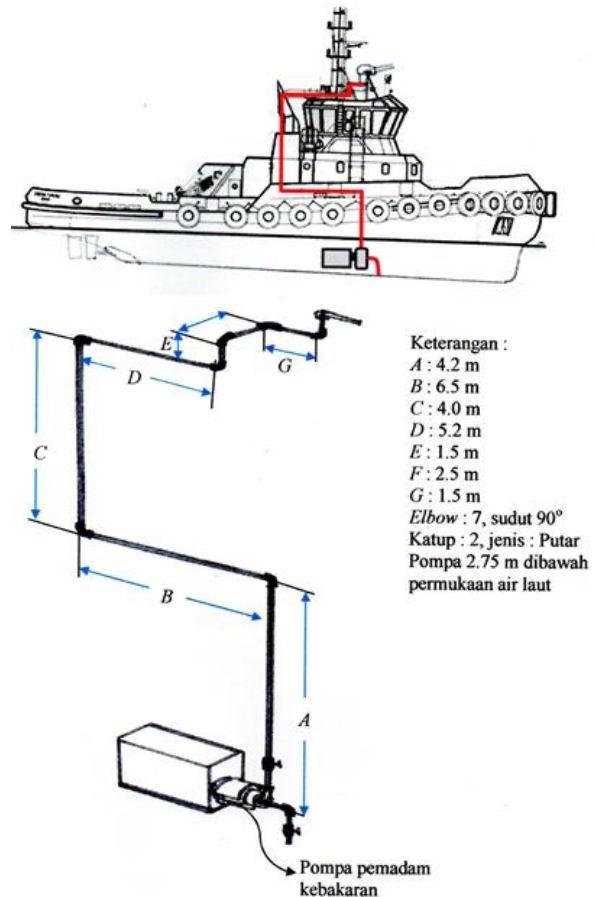
Untuk menentukan sistem pemipaan dan pompa sesuai dengan yang dipergunakan untuk *External Fire Fighting* pada kapal Penyelamat

3. METODE PERENCANAAN



Gambar 1. Alur proses perencanaan

Sketsa *external fighting system*



Gambar 2. Sketsa *external firefights system*

Spesifikasi *External Fire*

External fire dirancang untuk kapasitas semburan air dari monitor adalah sebesar 1200m³/h, dengan jarak semprot horizontal (*trow range*) sejauh 150m, dan putaran poros pompa 1800rpm.

DATA

Sistem Pemipaan:

Dasi sketsa sistem pemipaan untuk *external fire* adalah:

Tinggi isap (h_s): - 2.75 m

Tinggi Tekan (h_d): $4.2 + 4.0 + 1.5 = 9.7$ m

Panjang Pipa:

$L = 4.2 + 6.5 + 4.0 + 5.2 + 1.5 + 2.5 + 1.5 = 25.4$ m

a. Elbow

Jumlah: 7, sudut elbow: 90° , $R/D = 1.5$

b. Katup

Jumlah katup: 3, jenis: Katup putar

PERHITUNGAN

Kapasitas aliran rancangan (Q) : 1200 m^3/h atau senilai 5.284 gal/min. [1, 57], diameter pipa yang disarankan untuk kapasitas aliran antara 4.000 sampai 8.000 gpm adalah 8 inch. Dimana pipa ukuran 8 inch, memiliki dimensi sebagai berikut :

Diameter luar (Do) : 219.8 mm

Schedule: 2.77 mm Extra Strong (XS)

Diameter dalam (Di) : 214.26 mm

Kecepatan aliran :

$$V = \frac{Q}{A}$$

Dimana :

$$A = \frac{\pi Di^2}{4}$$

Maka :

$$A = \frac{\pi \cdot 0.21426^2}{4} = 0.036 m^2$$

Kapasitas aliran (Q): 1200 m^3/h atau 20 m^3/min

Sehingga kecepatan aliran (V) :

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{20}{0.036} = 556 (m / min)$$

Untuk mengetahui besarnya head total yang harus dapat diatasi oleh pompa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{V_d^2}{2g}$$

Head

(h_d): $A + C + E = 4.2 + 4.0 + 1.5 = 9.7$ m

Sehingga head statis pompa (h_a)

$$h_a = (h_s + h_{dt}) = (-2.75) + 9.7 = 6.95 m$$

Statis pompa (h_a)

Besarnya head statis atau tinggi isap statis adalah :

Tinggi isap (h_s): - 2.75 m

Tinggi Tekan

Head Tekanan (Δh_p)

Tekanan udara dari suatu ketinggian (yang diukur dari ketinggian permukaan air laut):

$$Pa = 10,33 \left[1 - \frac{0,0065 \cdot h}{288} \right]^{5,256}$$

Dimana :

Pa : Tekanan Atmosfir standar (m H_2O)

h : Ketinggian posisi yang diukur terhadap muka air laut : 6.95m

Maka tekanan pada ketinggian sisi ujung keluar (*fire monitor*)

$$Pa = 10,33 \left[1 - \frac{0,0065 \cdot (6.95)}{288} \right]^{5,256} = 10.33 mH_2O$$

Besarnya head tekanan adalah :

$$\Delta h_p = \frac{\Delta p}{\gamma}$$

Dimana :

Δp : Selisih tekanan : $10.33 - 10.33(mH_2O) = 0 (mH_2O) = 0.0 \text{ kgf/m}^2$

γ : massa jenis udara (kgf/m^3) = 1,225 kgf/m^3

Maka head tekanan :

$$\Delta h_p = \frac{0.0(\text{kgf} / \text{m}^2)}{1,225(\text{kgf} / \text{m}^3)} \approx 0(m)$$

Head Kerugian (*head losses*)

Kerugian Head Akibat Gesekan

Besarnya kerugian head akibat gesekan adalah:

$$hf = \lambda \left(\frac{L}{d} \right) \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

Dimana :

λ : koefisien gesekan

L : panjang pipa : 15.1 m

d : diameter dalam pipa : 0.214 m

g : percepatan gravitasi : 9.81 m/s²

V : Kecepatan Aliran (m/det)

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{20}{0.036} = 556(m / \text{min}) = 9.3(m / s)$$

Bilangan Reynold :

$$R_e = \frac{V.D}{\nu}$$

Dimana :

V : 9.3 (m/s)

D : 0.214 (m)

ν : 1,004 x 10⁻⁶(m²/s)

Maka nilai Bilangan Reynold :

$$R_e = \frac{9.3 \times 0.214}{1,004 \times 10^{-6}} = 199020.00$$

$R_e > 4000$, maka aliran bersifat turbulen

Nilai koefisien gesekan untuk aliran turbulen adalah :

$$\lambda = 0,020 + 0,0005/d$$

Dimana :

$$d = 0.214 \text{ m}$$

$$\text{Maka } \lambda = 0.02 + 0.0005 / 0.214 = 0.0223$$

Sehingga besar kerugian head akibat gesekan adalah :

$$h_f = 0.0223 \left(\frac{15.1}{0.214} \right) \left(\frac{9.3^2}{2 \times 9.81} \right) = 6.9(m)$$

Kerugian Head Akibat Adanya *Fitting*

Kerugian head yang terjadi akibat adanya:

A. Kerugian Diakibatkan Katup

Jenis Katup : Katup putar

Jumlah : 3

Kerugian akibat adanya katup

$$h_{f_1} = f \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

f : koefisien kerugian : 0.09

V : Kecepatan Aliran : 9.3 (m/s)

g : percepatan gravitasi = 9.81 (m/s²)

$$\text{Maka } h_{f_1} = 3(0.09 \frac{9.3^2}{2 \times 9.81}) = 1.2(m)$$

B. Kerugian Diakibatkan Belokan

Jenis Belokan : Belokan lengkung, 90°

R/D : 1.5

Jumlah : 8

Kerugian akibat adanya belokan :

$$h_{f_2} = f \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

f : koefisien kerugian untuk sudut 90°

$$\text{untuk } \frac{R}{D} : 1.5 = 0.18$$

Maka :

$$h_{f_2} = 8(0.18 \frac{9.3^2}{2 \times 9.81}) = 6.3(m)$$

C. Kerugian Pada Ujung Pipa Masuk

Bentuk mulut pipa : lonceng dengan radius

Koefisien kerugian f : 0,2 untuk mulut

lonceng dengan radius

$$h_{f_3} = f \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

f : koefisien kerugian : 0.2

$$\text{Maka : } h_{f_3} = (0.2 \frac{9.3^2}{2 \times 9.81}) = 0.9(m)$$

Total kerugian (h_l) = Kerugian gesekan +
Kerugian adanya *Fitting*

$$h_l = h_f + (h_{f1} + h_{f2} + h_{f3})$$

$$h_l = 6.9 + (1.2 + 6.3 + 0.9) = 14.7(m)$$

Head Kecepatan Keluar Ujung Pipa Tekan

Head kecepatan pipa keluar:

$$= \frac{V_d^2}{2g}$$

Dimana

V_d = Kecepatan pada ujung pipa
keluar : 9.3(m/s) dan g : 9.81 (m/s²)

Maka head kecepatan pipa keluar :

$$= \frac{9.3^2}{2 \times 9.81} = 4.4(m)$$

Head Total Instalasi Pompa

Dengan menggunakan persamaan :

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{V_d^2}{2g}$$

Dimana :

Head statis (h_a) : 6.95 m

Head tekanan (Δh_p) : 0 m

Head kerugian (h_l) : 14.7 m

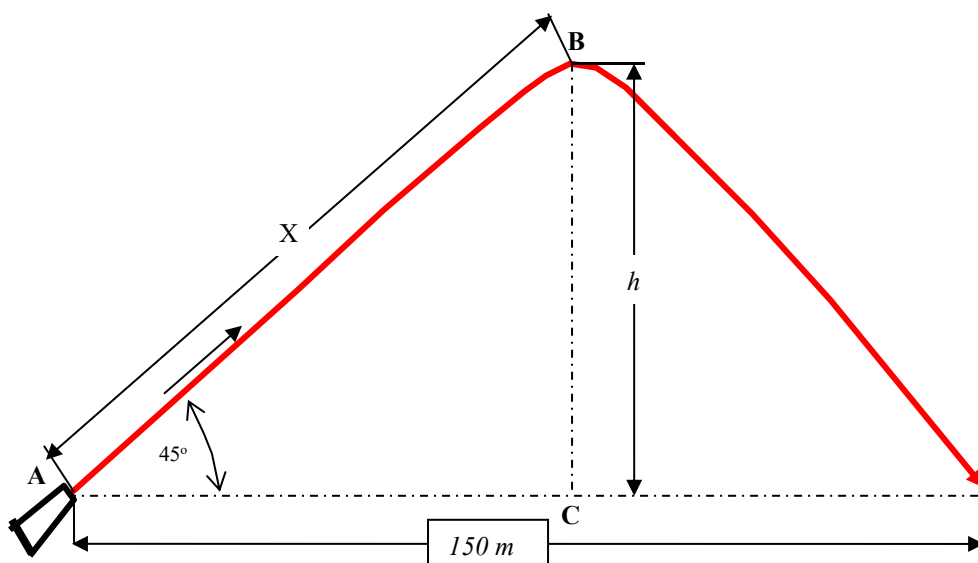
Head kecepatan keluar ($\frac{v_d^2}{2g}$) : 4.4 m

Maka Head instalasi pompa :

$$H = 6.95 + 0 + 14.7 + 4.4 = 26.05 m$$

Sebagai pompa pemadam kebakaran pada kapal penolong/pemadam, head pompa bukan hanya dari posisi saluran isap sampai pada posisi saluran buang, akan tetapi harus mampu untuk menyemprotkan air sampai pada posisi kapal yang terbakar. Untuk itu Head Total pompa pemadam kebakaran adalah Head Instalasi ditambah dengan jarak antara *Fire Monitor* (alat penyemprot air) sampai pada titik api. Jarak tersebut sekitar 150 m

Jarak jatuh terjauh penyemprotan adalah pada sudut penyemprotan 45°. Pada segitiga ABC, dengan sudut siku-siku di BCA, jika salah satu sudutnya 45°, maka sudut yang lainnya juga 45° (jumlah sudut dalam segitiga adalah 180°), atau bentuk segitiganya adalah segitiga samakaki.



Gambar 3. Jarak jangkauan penyemprotan horizontal (*throw range*)

Maka :

$$h = BC = AC = \frac{150(m)}{2} = 75(m)$$

Sehingga Head Total Pompa :

$$H_{Tot} = H + h = 26.05 + 75 = 101.05(m)$$

Kecepatan Spesifik

Nilai kecepatan spesifik dapat diperoleh dari persamaan :

$$n_s = n \frac{Q^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{3}{4}}}$$

Dimana :

n_s : Kecepatan spesifik, rpm

Q : Kapasitas : 20 m³/min

H : Head Total pompa : 101.05 m

n : putaran poros : 1800 rpm

Maka kecepatan spesifik :

$$n_s = 1800 \left(\frac{20^{\frac{1}{2}}}{101.05^{\frac{3}{4}}} \right) \approx 253(rpm)$$

Pompa untuk pemadam, dengan n_s 253 rpm, adalah pompa jenis Sentrifugal.

Daya Air (P_w)

Daya air dapat diperoleh dari persamaan :

$$P_w = 0.163 \cdot \rho \cdot Q \cdot H \text{ (kW)}$$

Dimana :

Q : 20 m³/min

H : 101.05 m

ρ : Massa jenis fluida = 0.9983 kg/l

Maka

$$\text{Daya Air : } P_w = 0.163 \times 0.9983 \times 20 \times 101.05 \approx 329(kW)$$

Daya Poros (P)

$$P = \frac{P_w}{\eta_p}$$

Dimana :

P_w : Daya Air = 329 kW

η_p : Efisiensi pompa

Efisiensi pompa

Dengan Q : 20 m³/min dan n_s : 253, maka efisiensi pompa : $\eta_s = 84\%$

Maka Daya Poros:

$$P = \frac{329(kW)}{84\%} = 392(kW)$$

Daya Nominal Penggerak Mula (P_m)

$$P_m = \frac{P(1 + \alpha)}{\eta_t}$$

Dimana :

$\alpha = 0.15$, untuk motor bakar besar

$\eta_t =$ Efisiensi Transmisi 0.95 untuk roda gigi miring 1 tingkat

Maka:

$$P_m = \frac{392(1 + 0.15)}{0.95} \approx 474.5(kW) \quad \text{atau}$$

dibulatkan 500 kW.

4. PEMBAHASAN

Jangkauan penyemprotan horizontal dipengaruhi oleh sudut tembak dari nozel. Seperti pada gaya peluru, jangkauan jarak horizontal dipengaruhi oleh sudut kemiringan dari nozel. Jangkauan terjauhnya adalah pada sudut 45°. Sehingga yang dipergunakan sebagai dasar perhitungan adalah titik tertinggi dari penyemprotan untuk menjangkau jarak horizontal 150 m, adalah 75 m.

Dengan tambahan head sebesar 75 m selepas air dari nozel dan 26.05 m head dari sistem pemipaan, maka untuk menjangkau jarak semprot horizontal 150 m, diperlukan pompa memiliki head minimal 101.05 m.

Dengan kapasitas aliran 20 m³/min, head total 101.05 m dan putaran poros

pompa 1800 rpm, diperoleh kecepatan spesifik sebesar 253 rpm. Sehingga jenis pompa yang sesuai adalah Pompa Sentrifugal, dengan Daya Air : 392 kW. Penggerak yang dipergunakan adalah motor bakar besar, yang putarannya direduksi dengan menggunakan roda gigi miring 1 tingkat, maka diperlukan mesin dengan Daya Keluaran sebesar 474.5 kW atau 500 kW.

5. KESIMPULAN & SARAN

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan pada bab sebelumnya, maka untuk mendapatkan hasil sesuai dengan perencanaan, maka pompa pemadam yang akan dipasang pada kapal pemadam kebakaran sebagai *External Fire Fighting* dengan kapasitas 1200 m³/h dan jarak jangkauan penyemprotan horizontal 150 m, adalah sebagai berikut:

1. Pompa memiliki kapasitas aliran 1200 m³/h dengan head total minimal 101.05 m.
2. Pompa memiliki kecepatan spesifik 253 rpm, sehingga pompa yang sesuai adalah jenis Pompa Sentrifugal.
3. Mesin penggerak menggunakan Mesin Diesel dengan daya keluaran sebesar 474.5 kW atau 500 kW.

SARAN

Untuk mendapatkan system pemadaman kebakaran yang memiliki kemampuan/unjuk kerja yang maksimal dan usia pakai/*life time* yang panjang, penulis menyarankan beberapa hal sebagai berikut :

1. Spesifikasi peralatan setidaknya 15% lebih tinggi dari hasil perencanaan. Hal tersebut bertujuan agar kapasitas dan jangkauan penyemprotan lebih terjamin.
2. Karena fluida yang dipergunakan adalah air laut, maka dipergunakan material yang tahan korosi.
3. Pada pengembangan selanjutnya pada pipa sisi tekan dilengkapi dengan pressure gauge, hal tersebut untuk mengetahui dengan pasti head tekan pada pompa pemadam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tyler G Hicks, TW Edward, Alih bahasa Zulkifli Harahap, 1996. "Teknologi Pemakaian Pompa", Erlangga, Jakarta
- [2] David W Smith, C.Eng., M.I.Mar. E, "Marine Auxiliary Machinery" Sixth Edition, Butterworth U.K
- [3] Fritz Dietsel, Alih bahasa Dakso Sriyono, 1996. "Turbin Pompa & Kompresor", Erlangga, Jakarta
- [4] Sularso, Haruo Tahara, 2006, "Pompa dan Kompresor", Pradnya Paramitra, Jakarta
- [5] Victor L Streeter, Benjamin Wylie, Alih bahasa Arko Prijono, 1995. "Mekanika Fluida", Erlangga, Jakarta