

# Desain Sistem Pemadam Kebakaran Jalur *Hydrant* pada Galangan di Kalimantan

Annas Firmansyah<sup>1\*</sup>, Projek Priyonggo Sumangun L<sup>2</sup>, Lely Pramesti<sup>3</sup>

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia <sup>1\*,2,3</sup>

Email: [annasfirmansyah@student.ppns.ac.id](mailto:annasfirmansyah@student.ppns.ac.id)<sup>1\*</sup>; [projek.priyonggo@ppns.ac.id](mailto:projek.priyonggo@ppns.ac.id)<sup>2\*</sup>; [lelypramesti@ppns.ac.id](mailto:lelypramesti@ppns.ac.id)<sup>3\*</sup>

**Abstract** - Shipyards have facilities that have the potential to cause fires because there is work that generates heat and contains flammable materials. The existing hydrant system at the shipyard is still simple and does not cover the entire area. Therefore, it is necessary to plan a hydrant system that can cover all areas in accordance with NFPA and SNI standards. Planning begins with determining the number and placement of hydrant pillars, pipe routing, head loss calculations, and pump selection. The pipeline requires 7.776 m of 8-inch pipe, and 6-inch pipe requires 1915.477 m of pipe. The total head losses obtained from the calculation at the farthest hydrant pillar is 217.426 m. The selected pump is a Wilo 150 GF with a pump head of 240 m and a capacity of 1250 US GPM.

**Keywords:** Hydrant System, Hydrant Pillar, Pipe Routing, Head Losses, Pump Selection.

## Nomenclature

$D$	Diameter dalam pipa (m)
$L$	Panjang pipa (m)
$V$	Kecepatan aliran (m/s)
$g$	Percepatan gravitasi (9,81 m/s <sup>2</sup> )
$Q$	Kapasitas (m <sup>3</sup> /s)
$H$	Head total pompa (m)
$Re$	Bilangan <i>reynolds</i>
$\nu$	Kekentalan <i>kinematic</i> (m <sup>2</sup> /detik)
$\mu$	Kekentalan mutlak (Pa detik)
$\rho$	Massa jenis air pada suhu 25°C (kg/m <sup>3</sup> )
$\varepsilon$	Material <i>absolute roughness</i> (mm)
$h_f$	Head karena kerugian gesekan (m)
$f$	Koefisien kerugian gesek
$k$	Koefisien kerugian
$\Delta h_p$	Head tekanan (m)
$\Delta h_a$	Head Ketinggian (m)
$\Delta h_v$	Head kecepatan (m)
$\gamma$	Berat air per satuan volume (kN/m <sup>3</sup> )
$P_w$	Daya fluida
$\eta P$	Efisiensi Pompa

## 1. PENDAHULUAN

Galangan kapal adalah tempat yang khusus bergerak dalam bidang perbaikan, pemeliharaan dan pembangunan kapal baru. Setiap pekerjaan pasti memiliki risiko paparan bahayanya masing-masing. Salah satu risiko pekerjaan yang terjadi pada saat melakukan perbaikan, pemeliharaan dan pembuatan kapal adalah kebakaran. Kebakaran dapat disebabkan oleh berbagai macam penyebab, antara lain seperti korsleting listrik, *human error*, percikan api dari *hot work*, dan lain-lain.

Sistem pemadam kebakaran menggunakan *hydrant* adalah sistem yang dirancang untuk

memadamkan kebakaran yang terjadi di tempat kerja menggunakan sistem *hydrant* sebagai alat pemadam kebakaran karena mudah dioperasikan dan efektif dalam memadamkan api. Kebakaran dapat membuat perusahaan mengalami kerugian finansial karena perusahaan ditutup sementara dan harus membayar untuk perbaikan dan pemulihan aset perusahaan.

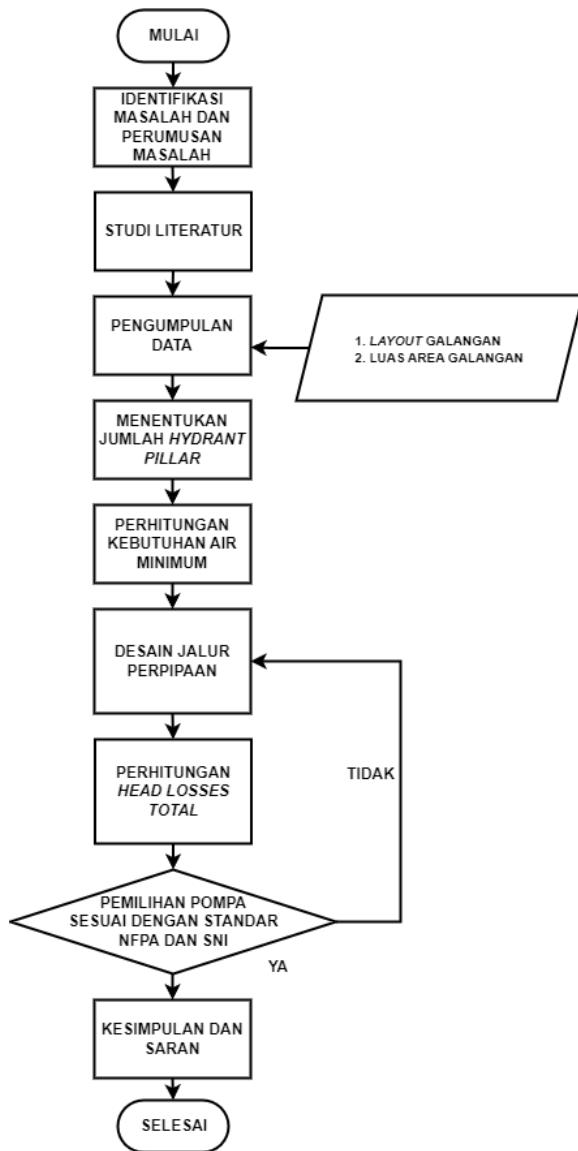
Sistem pemadam kebakaran yang ada pada salah satu galangan di Kalimantan masih sederhana dikarenakan sistem *hydrant* belum dapat mencakup keseluruhan area perusahaan. Oleh karena itu, dibutuhkan pendesainan ulang pada sistem pemadam kebakaran sesuai dengan standar NFPA (*National Fire Protection Association*) dan Standar Nasional Indonesia (SNI), serta dapat mencakup keseluruhan area perusahaan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kebutuhan *hydrant pillar* dan panjang pipa, serta menentukan *head losses total* pompa beserta pemilihan pompa.

Tahap awal pendesainan dilakukan dengan cara menentukan jumlah dan penempatan *hydrant pillar*, kemudian mendesain sistem jalur perpipaan sesuai dengan kondisi galangan, selanjutnya dilakukan perhitungan kebutuhan air minimum. Setelah itu dilakukan perhitungan *head losses* total pompa dan dilakukan pemilihan pompa yang sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Pada penelitian ini tidak membahas mengenai desain rumah pompa dan estimasi biaya materialnya.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Diagram Alir

Langkah pengerjaan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar diagram alir di bawah ini:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

## 2.2 Perhitungan Jumlah Hydrant Pillar

Perhitungan jumlah *hydrant pillar* berdasarkan panjang selang pemadam pada umumnya berkisar 30 meter. Rumus untuk perhitungan jumlah *hydrant pillar* adalah:

$$\text{Jumlah Pillar} = \frac{\text{Luas Area}}{\text{Luas jangkauan hydrant}} \quad (1)$$

## 2.3 Perhitungan Head Losses

### A. Bilangan Reynold

Untuk mengklasifikasi aliran dalam suatu pipa dapat ditentukan dengan menggunakan bilangan *Reynolds*, dimana persamaan ini tidak memiliki satuan (*dimensionless*) [1]. Maka dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut [2]:

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{V D}{\nu} \quad (2)$$

### B. Faktor Gesekan

Koefisien gesek dapat dipengaruhi oleh kecepatan dikarenakan distribusi kecepatan pada aliran laminar dan turbulen berbeda,

sehingga pengurangan koefisien gesek akan berbeda untuk setiap jenis aliran [1]. Jika nilai  $Re < 2000$ , maka dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (3)$$

Jika nilai  $Re > 4000$  maka nilai  $f$  harus dicari menggunakan diagram *moody*. Untuk *relative pipe roughness* dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$\text{Relative pipe roughness} = \frac{\epsilon}{D} \quad (4)$$

### C. Major losses

*Major losses* merupakan kerugian yang disebabkan oleh gesekan yang ada di dalam pipa bergantung pada panjang pipa. Untuk menentukan besarnya kerugian yang disebabkan gesekan di dalam pipa ini digunakan persamaan *Darcy-Weisbach* [2], sebagai berikut:

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

### D. Minor losses

Kerugian yang disebabkan karena terdapat perbedaan ukuran pipa, bentuk penampang, belokan, katup, dan lain-lain. *Minor losses* dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut [2]:

$$h_f = k \frac{V^2}{2g} \quad (6)$$

## 2.4 Head Tekanan

*Head* tekanan merupakan kerugian akibat perbedaan tekanan yang ada pada pipa *suction* dan pipa *discharge* pompa. *Head* tekanan dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut [3]:

$$\Delta h_p = \frac{P_2 - P_1}{\rho \times g} \quad (7)$$

## 2.5 Head Ketinggian (Statis)

*Head* ketinggian merupakan kerugian yang disebabkan oleh perbedaan ketinggian antara sisi *suction* dengan *hydrant* sebagai titik tertinggi. *Head* ketinggian dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut [3]:

$$\Delta h_a = Z_2 - Z_1 \quad (8)$$

## 2.6 Head Kecepatan

*Head* kecepatan adalah kerugian yang terjadi dikarenakan perbedaan yang terjadi antara kecepatan pada sisi *suction* dan kecepatan pada sisi *discharge*. *Head* kecepatan dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut [3]:

$$\Delta h_v = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times g} \quad (9)$$

## 2.7 Head Total Pompa

*Head* total pompa adalah jumlah dari semua kerugian dalam sistem perpipaan. *Head* ini menunjukkan besarnya kerugian yang harus diatasi pompa dari semua komponen yang ada [1]. *Head*

total pompa dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$Head \text{ total pompa} = h_f + \Delta h_p + \Delta h_a + \Delta h_v \quad (10)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Penentuan Jumlah Hydrant Pillar

Jarak antar *hydrant pillar* berdasarkan panjang selang pemadam yang mencapai 30 meter. Untuk menentukan jumlah *hydrant pillar* maka dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Hydrant Pillar} &= \frac{114.389,53 \text{ m}^3}{2.826 \text{ m}^2} \\ &= 41 \text{ buah} \end{aligned}$$

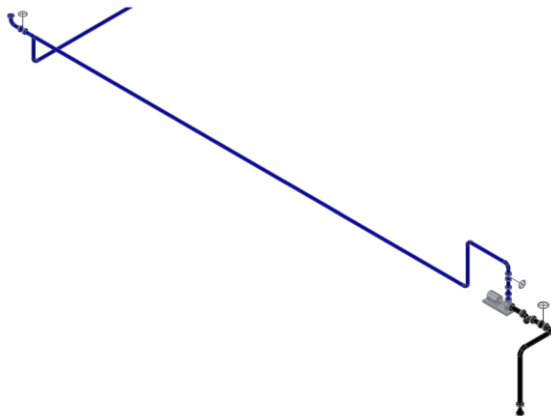
#### 3.2 Perhitungan Kebutuhan Air Minimum

Kebutuhan air minimum pemadam kebakaran berdasarkan SNI 03-1735-2000, pasokan air minimum untuk *hydrant* halaman sebesar 2400 liter/menit pada tekanan 3,5 bar, serta mampu mengalir air selama 45 menit [5]. Maka minimal kebutuhan air minimum adalah :

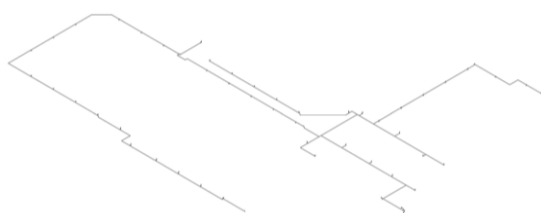
$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Air} &= \text{Debit Total} \times \text{Waktu} \\ &= 1250 \text{ gpm} \times 45 \text{ menit} \\ &= 212,9625 \text{ m}^2 \\ &= 212962,5 \text{ Liter} \end{aligned}$$

#### 3.3 Desain Jalur Sistem Perpipaan

Desain pipa berdasarkan SNI 03-1735-2000, menggunakan pipa *suction* berukuran 8 in dan pipa *discharge* berukuran 6 in [5]. Dengan mengacu standar NFPA 22 (2018), jenis pipa yang digunakan merupakan pipa baja yang sesuai dengan ASTM A106 *Grade B* [6]. Pendesainan jalur perpipaan berdasarkan penempatan *hydrant pillar* dan kondisi bangunan galangan.



Gambar 2. Desain jalur perpipaan bagian pompa hingga hydrant pillar pertama



Gambar 3. Desain jalur perpipaan keseluruhan

#### 3.4 Perhitungan Head Losses

*Head losses* yang dihitung merupakan perhitungan pada titik *hydrant pillar* terjauh pada rangkaian pipa terpanjang. Maka, perhitungan *head losses major* dan *head losses minor* dapat dilakukan menggunakan persamaan (5) dan (6), sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. *Head losses* pada jaringan pipa

No.	Jaringan Pipa	HI mayor (m)	HI minor (m)	Total Head Losses (m)
1	<i>Suction</i>	0,27774	0,99797	1,27571
2	<i>Discharge</i>	118,04732	16,58093	134,62825
Total Head Losses ( $h_f$ )				135,90395

#### 3.5 Head Tekanan

Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan (7), maka hasil yang didapat adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta h_p &= \frac{690.000 \text{ Pa} - 101.325 \text{ Pa}}{997 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 60,188 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 3.6 Head Kecepatan

Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan (8), maka hasil yang didapat adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} h_a &= 0,404 - (-3,34) \\ &= 3,744 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 3.7 Head Ketinggian (Statis)

Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan (9), maka hasil yang didapat adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} h_v &= \frac{4,23016 \text{ m/s}^2 - 2,44327^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 17,59001 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 3.8 Head Total Pompa

Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan (10), maka hasil yang didapat adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Head Pompa} &= h_f + \Delta h_p + \Delta h_a + \Delta h_v \\ &= 217,42617 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 3.9 Pemilihan Pompa Pemadam

Pemilihan pompa berdasarkan *head* total pompa dan kapasitas perencanaan yang telah dihitung sebelumnya. Maka dapat dilakukan pemilihan pompa berdasarkan *selection chart* pompa Wilo. Maka didapatkan pompa utama dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tipe	= Wilo 150 GF
Head pump	= 240 m
Speed	= 2950 rpm
NPSHr	= 3,3 m
Daya pompa	= 233 kW
Diameter <i>impeller</i>	= 300 mm
Efisiensi Pompa	= 81 %

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang didapatkan dari desain sistem pemadam kebakaran menggunakan *hydrant* pada salah satu galangan di Kalimantan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah *hydrant pillar* yang dibutuhkan sesuai perencanaan dan desain sebanyak 50 buah.
2. Pipa berukuran 8 in yang dibutuhkan sepanjang 7,776 m dan pipa 6 in sepanjang 1.915,477 m.
3. *Head* total pompa yang didapatkan sebesar 217,426 m.
4. Pompa yang dipilih adalah pompa *Wilco* 150 GF dengan spesifikasi *head pump* 240 m dengan kapasitas 1250 *gpm*.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian Tugas Akhir ini tidak terlepas atas bimbingan, doa, dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas berkat, rahmat, karunia, dan hidayahnya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar dan tepat waktu.
2. Orang tua penulis yang selalu memberikan doa dan motivasi yang sangat besar dan tiada henti dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Projek Priyonggo S.L, S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan saran, masukan, dan ilmu baru yang penulis terima selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Lely Pramesti, S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan saran, masukan, dan ilmu baru yang penulis terima selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman kuliah yang banyak memberikan semangat dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
6. Kakak tingkat dan adik tingkat Teknik permesinan kapal dan rekan-rekan pada salah satu galangan di Kalimantan yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

#### 6. PUSTAKA

- [1] N. S. Ernandy, H. Poernomo, and E. N. Budiyo, "Desain Fire Fighting Pada Pabrik Gula Berdasarkan Perhitungan Harga Material Dan Estimasi Biaya Jasa Konstruksi," *Proc. Conf. Pip. Eng.*, no. 2656, pp. 93–99, 2019, [Online]. Available: <http://103.24.48.75/index.php/CPEAA/article/view/1300%0Ahttp://103.24.48.75/index.php/CPEAA/article/download/1300/869>
- [2] Sularso and H. Tahara, *Pompa dan Kompresor*. Jakarta, 2000.
- [3] H. Liu, *Pipeline Engineering*. 2003. doi: 10.1201/9780203506684.
- [4] S. Kannappan, *Pipe Stress Analysis*. USA: John Wiley & Sons, INC., 1986.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 03-1735-*

*2000 Tentang Tata Cara Perencanaan Akses Bangunan dan Akses Lingkungan Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung*. 2000.

- [6] NFPA 22, *Standard for Water Tanks for Private Fire Protection*. 2018.