

# Perencanaan Sistem Perpipaan Pemadam Kebakaran pada Galangan Kapal dengan Luas Area 114.389 m<sup>2</sup>

Tubuh Pierehanto<sup>1\*</sup>, Annas Firmansyah<sup>2</sup>, Projek Priyonggo Sumangun L<sup>3</sup>, Lely Pramesti<sup>4</sup>

PT. Menubar Kaltim, Indonesia<sup>1\*</sup>

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2,3,4</sup>

Email: [pierehanto@gmail.com](mailto:pierehanto@gmail.com)<sup>1\*</sup>; [annasfirmansyah@student.ppns.ac.id](mailto:annasfirmansyah@student.ppns.ac.id)<sup>2\*</sup>; [projek.priyonggo@ppns.ac.id](mailto:projek.priyonggo@ppns.ac.id)<sup>3\*</sup>; [lelypramesti@ppns.ac.id](mailto:lelypramesti@ppns.ac.id)<sup>4\*</sup>

---

**Abstract** - Fires can occur anywhere and anytime, including shipyards. Fires in shipyards can cause companies to incur repair costs, recover company assets, and provide insurance for victims. The existing extinguishing system is still simple and does not cover the entire area. Therefore, it is necessary to plan a fire extinguishing system with NFPA and SNI standards that can cover all areas of the company. The initial planning step is to design the pipeline system, then select pumps, calculate pipe support requirements, and calculate estimated material costs. This research resulted in a total head using pipe flow expert software of 210.114 m. The percentage of errors between manual calculations and software is 3.363%. The need for pipe support for an 8-inch pipe requires a minimum of 1 support, while a 6-inch pipe requires a minimum of 71 supports. So, the estimated cost of materials and equipment in this plan is IDR 3,443,630,750.

**Keywords:** Hydrant Pillar, Head Losses, Pump Selection, Pipe Support, Material Cost.

---

## Nomenclature

- L* Allowable pipe span (feet)  
*z* modulus of pipe section (in<sup>3</sup>)  
*Sh* Allowable tensile stress for the pipe material (psi)  
*w* Total weight of pipe (lb/ft)  
 $\Delta$  Allowable deflection of sag (in)  
*I* area moment of inertia of pipe (in<sup>4</sup>)  
*E* Modulus of elasticity of the pipe material (psi)

## 1. PENDAHULUAN

Galangan kapal memiliki pekerjaan yang dapat mengakibatkan kebakaran. *Hot work* atau pekerjaan panas merupakan pekerjaan yang paling banyak dilakukan pada galangan saat pembuatan maupun perbaikan kapal. *Hot work* terdiri atas pekerjaan pemotongan (*cutting*), pekerjaan gerinda (*grinding*), pekerjaan merangkai komponen material (*fitting*), pekerjaan pengelasan (*welding*), penambahan daging (*brazing*), pemanasan material (*firing*). Kebakaran dapat terjadi dikarenakan arus pendek listrik, percikan api, dan aktivitas manusia yang kurang disiplin seperti merokok.

Perusahaan wajib memenuhi persyaratan keselamatan kerja tentang penanggulangan kebakaran di tempat kerja yang mengacu pada Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor 186 Tahun 1999. Penanggulangan bencana kebakaran dapat dilakukan dengan cara perencanaan sistem pemadam kebakaran menggunakan *hydrant*. Kebakaran dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan, dikarenakan perusahaan harus membayar ganti rugi atas aset perusahaan yang ludes terbakar. Perencanaan berperan penting dalam penanganan

dan pengendalian kebakaran serta menjaga aset dan dokumen milik perusahaan.

Sistem pemadam kebakaran adalah sistem yang dirancang untuk memadamkan kebakaran yang terjadi di tempat kerja. Sistem *hydrant* dipilih sebagai alat pemadam kebakaran karena mudah dioperasikan. Sistem pemadam yang telah ada masih belum mencakup keseluruhan area perusahaan. Maka diperlukan perencanaan sistem pemadam kebakaran yang dapat mencakup keseluruhan area perusahaan sesuai dengan standar NFPA (*National Fire Protection Association*) dan Standar Nasional Indonesia (SNI).

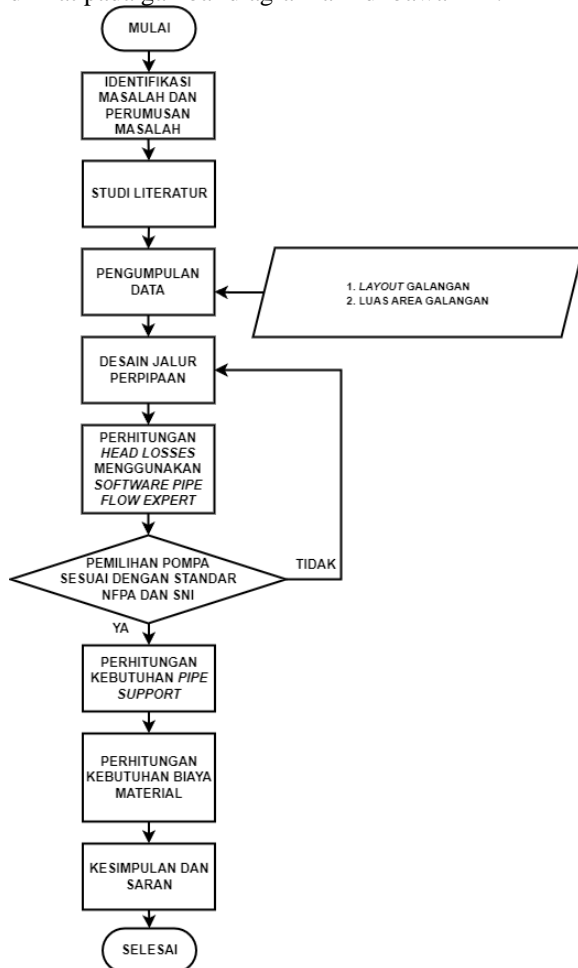
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui *head* total menggunakan *software pipe flow expert*, persentase *error* antara perhitungan manual dengan menggunakan *software*, mengetahui kebutuhan *pipe support* yang dibutuhkan pada sistem jalur perpipaan, serta mengetahui kebutuhan estimasi biaya material dan *equipment* pada perencanaan sistem pemadam kebakaran.

Perencanaan dilakukan dengan penentuan letak *hydrant pillar*, kemudian dilakukan desain jalur perpipaan sesuai dengan kondisi galangan dan sesuai dengan ketentuan yang ada pada NFPA dan SNI. Setelah melakukan *pipe routing* adalah perhitungan *head* total menggunakan *software pipe flow expert*. Setelah itu, dilakukan *pemilihan* pompa pemadam sesuai dengan perencanaan dan perhitungan. Lalu dilakukan perhitungan kebutuhan *pipe support* dan dilanjutkan dengan penentuan estimasi biaya materialnya. Pada penelitian ini tidak membahas mengenai desain rumah pompa dan tidak membahas mengenai *pipe stress analysis*.

## 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 Ketentuan Perencanaan Jalur Sistem Perpipaan

#### a. Jumlah Hydrant Pillar

Menurut NFPA 20 (2019), penentuan *hydrant pillar* berdasarkan jarak minimum antara *hydrant* yang ditentukan oleh panjang selang yaitu 100 ft (30m) [1].

#### b. Kebutuhan Air Minimum

Menurut NFPA 14 (2019), kebutuhan air minimum yang diperlukan berdasarkan kemampuan lamanya *hydrant* yang harus mampu mengalirkan air minimal selama 45 menit [2]. Tekanan desain minimum menurut NFPA 24 (2019) dan SNI 03-1745 (2000) untuk sistem *hydrant* harus mampu mengalirkan air pada tekanan minimum sebesar 6,9 bar (100 psi) [3].

#### c. Diameter Pipa Hydrant

Menurut NFPA 24 (2019), pipa yang diperbolehkan sebagai pengadaan *hydrant* pada saluran utama harus minimal 6 in (150 mm) [4].

#### d. Material Pipa Hydrant

Menurut NFPA 22 (2018), Material Pipa yang digunakan harus sesuai dengan ASTM A 53, Tipe E, Tipe F, Tipe S, Kelas A, atau Kelas B, diproduksi oleh perapian terbuka, tungku listrik, atau proses oksigen dasar, atau harus sesuai dengan ASTM A 106, *Grade A* atau *Grade B* [5].

### 2.3 Allowable Pipe Support Span

*Pipe Support* merupakan komponen yang berfungsi sebagai penopang pipa supaya tidak terjadi pergeseran yang disebabkan oleh lingkungan, atau fluida yang diangkut itu sendiri. Perhitungan *allowable pipe support span* menggunakan rumus dari Sam Kannappan [6], sebagai berikut:

Based on limitation of stress :

$$L = \sqrt{\frac{0,4 z Sh}{w}} \quad (1)$$

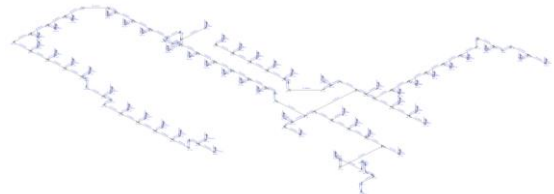
Based on limitation of deflection :

$$L = \sqrt[4]{\frac{\Delta EI}{13,5 w}} \quad (2)$$

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

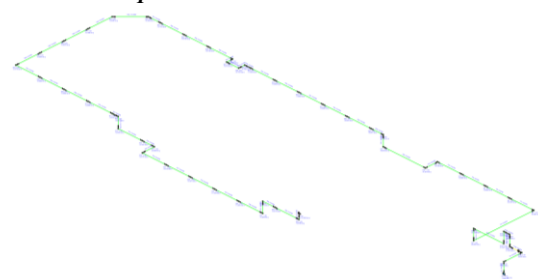
### 3.1 Perencanaan Jalur Sistem Perpipaan

Jumlah *hydrant Pillar* yang dibutuhkan dalam perencanaan sebanyak 50 buah. Kebutuhan air minimum yang harus disediakan adalah sebesar 56.250 *gallon* atau 212.962 liter (212,962 m<sup>3</sup>). Diameter pipa yang digunakan untuk sisi *suction* adalah 8 in (200 mm) dan untuk sisi *discharge* adalah 6 in (150 mm). Material pipa yang digunakan adalah pipa dengan jenis A 106 *Grade B*.



Gambar 2. Desain Jalur Sistem Perpipaan Keseluruhan

### 3.2 Perhitungan Head Total Menggunakan Pipe Flow Expert



Gambar 3. Jalur Sistem Perpipaan Terjauh

Pemodelan menggunakan *software Pipe Flow Expert* dengan memasukkan beberapa parameter seperti desain, panjang pipa, *fitting*, kapasitas aliran, dan fluida sesuai dengan perencanaan. Perhitungan

head total menggunakan *software pipe flow expert* dilakukan dengan melihat titik *hydrant pillar* terjauh pada rangkaian pipa terpanjang. Dengan data sebagai berikut:

Panjang pipa *suction* : 7,776 m  
 Panjang pipa *discharge* : 902,392 m  
 Tekanan pipa *suction* : 1 atm (1,0132 bar)  
 Tekanan pipa *discharge* : 6,9 bar  
 Fluida : Air 25°C

Berdasarkan hasil dari *running software pipe flow expert*, head total yang didapatkan sebesar 210,114 m. Terdapat perbandingan jumlah head total antara perhitungan manual dengan perhitungan *software pipe flow expert* sebagai berikut:

Tabel 1: Persentase *Error* antara Perhitungan Manual dengan Perhitungan *Software*.

Deskripsi	Nilai	Satuan
Manual	217,426	m
Software	210,114	m
% <i>Error</i>	3,363%	%

### 3.3 Pemilihan Pompa Pemadam

Pompa yang dipilih pada sistem ini mengacu pada head total dan kapasitas perencanaan yang telah dihitung sebelumnya. Maka berdasarkan *selection chart* pompa *Wilo*, 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 *impeller* = 300 mm  
 Efisiensi Pompa = 81 %

### 3.4 Perhitungan Allowable Pipe Support Span

#### A. Pipa Diameter 8 in

Diketahui:

Tabel 2: Spesifikasi Pipa 8 in

Keterangan	Nilai	Unit	Referensi
ID =	7,981	in	Spesifikasi Pipa
OD =	8,625	in	Spesifikasi Pipa
$\rho$ Pipa =	0,283	lb/in <sup>3</sup>	Diktat Buku Sam Kannapan
$\rho$ Fluida =	0,036	lb/in <sup>3</sup>	Gambar 4.2 Sifat Fisik Air
Z =	16,8	in <sup>3</sup>	Tabel A4 Buku Sam Kannapan
Sh =	20000	Psi	Tabel A3 Buku Sam Kannapan
E =	27900000	Psi	Table A2 Buku Sam Kannapan
D =	1,5	in	Tabel 3.3b Buku Sam Kannapan
I =	72,5	in <sup>4</sup>	Tabel A4 Buku Sam Kannapan

$$W_{pipa} = \frac{\pi}{4} (OD^2 - ID^2) \times (\rho \text{ pipa}) \times l$$

$$= 28,5238 \text{ lb/ft}$$

$$W_{fluida} = \frac{\pi}{4} (ID^2) \times (\rho \text{ fluida}) \times l$$

$$= 21,6116 \text{ lb/ft}$$

$$W_{total} = W_{pipa} + W_{fluida}$$

$$= 50,1355 \text{ lb/ft}$$

limitation of stress:

$$L = \sqrt{\frac{0,4 \times 16,8 \text{ in}^3 \times 20.0000 \text{ psi}}{50,1355 \text{ lb/ft}}}$$

$$= 51,775 \text{ ft}$$

$$= 15,781 \text{ m}$$

limitation of deflection:

$$L = \sqrt[4]{\frac{1,5 \text{ in} \times 27.900.000 \text{ psi} \times 72,5 \text{ in}^4}{13,5 \times 50,1355 \text{ lb/ft}}}$$

$$= 46,013 \text{ ft}$$

$$= 14,025 \text{ m}$$

Maka kebutuhan *pipe support* pada pipa 8 in dengan panjang 7,776 m, membutuhkan jumlah *support* sebanyak  $7,776/14,025=0,5544$  atau minimal 1 *support*.

#### B. Pipa Diameter 6 in

Diketahui:

Tabel 2: Spesifikasi Pipa 8 in

Keterangan	Nilai	Unit	Referensi
ID =	6,063	in	Spesifikasi Pipa
OD =	6,625	in	Spesifikasi Pipa
$\rho$ Pipa =	0,283	lb/in <sup>3</sup>	Buku Sam Kannapan
$\rho$ Fluida =	0,036	lb/in <sup>3</sup>	Gambar 4.2 Sifat Fisik Air
Z =	8,5	in <sup>3</sup>	Tabel A4 Buku Sam Kannapan
Sh =	20000	Psi	Tabel A3 Buku Sam Kannapan
E =	27900000	Psi	Tabel A2 Buku Sam Kannapan
D =	1,5	in	Tabel 3.3b Buku Sam Kannapan
I =	28,1	in <sup>4</sup>	Tabel A4 Buku Sam Kannapan

$$W_{pipa} = \frac{\pi}{4} (OD^2 - ID^2) \times (\rho \text{ pipa}) \times l$$

$$= 19,0189 \text{ lb/ft}$$

$$W_{fluida} = \frac{\pi}{4} (ID^2) \times (\rho \text{ fluida}) \times l$$

$$= 12,4723 \text{ lb/ft}$$

$$W_{total} = W_{pipa} + W_{fluida}$$

$$= 31,4913 \text{ lb/ft}$$

limitation of stress:

$$L = \sqrt{\frac{0,4 \times 8,5 \text{ in}^3 \times 20.000 \text{ psi}}{31,4913 \text{ lb/ft}}}$$

$$= 46,468 \text{ ft}$$

$$= 14,163 \text{ m}$$

Based on limitation of deflection:

$$L = \sqrt[4]{\frac{1,5 \text{ in} \times 27900000 \text{ psi} \times 28,1 \text{ in}^4}{13,5 \times 31,4913 \text{ lb/ft}}}$$

$$= 40,782 \text{ ft}$$

$$= 12,430 \text{ m}$$

Maka kebutuhan *pipe support* pada pipa 6 in yang berada di atas permukaan tanah dengan panjang 881,384 m , membutuhkan jumlah *support* sebanyak  $881,384/12,430=70,905$  atau minimal 71 *support*

### 3.5 Estimasi Biaya Material dan Equipment

Estimasi biaya material dan *equipment* didapatkan dari data *material take off* dan dilakukan perhitungan harga material berdasarkan referensi harga dari berbagai vendor. Untuk estimasi harga material berupa pipa, *fitting*, dan perlengkapan sistem perpipaan lainnya berjumlah Rp 2.539.671.500. Sedangkan estimasi harga *equipment* berupa *hose*, *nozzle*, *hydrant pillar*, dan perlengkapan pemadam lainnya berjumlah Rp903.959.250.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang didapatkan dari perencanaan ini, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. *Head* total pompa menggunakan *software pipe flow expert* sebesar 210,114 m.
2. Persentase *error* antara perhitungan manual dengan menggunakan *software* adalah sebesar 3,363%.
3. Pipa berukuran 8 in yang dibutuhkan sepanjang 7,776 m dengan minimal 1 buah *support* dan pipa 6 in dibutuhkan sepanjang 1.915,477 m dengan minimal 71 *support*.
4. Estimasi biaya material dan *equipment* pada perencanaan ini sebesar Rp3.443.630.750.

## 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] NFPA 20, *Installation of Stationary Pumps for Fire Protection*. 2019.
- [2] NFPA 14, *Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems*.
- [3] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 03-1745-2000 Tentang Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Pipa Tegak dan Slang untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Rumah dan Gedung,” *Badan Stand. Nas.*, pp. 1–83, 2000.
- [4] NFPA 24, *Standard for the installation of private fire service Mains and Their Appurtenances*.
- [5] NFPA 22, *Standard for Water Tanks for Private Fire Protection*.
- [6] S. Kannappan, *Pipe Stress Analysis*. USA: John Wiley & Sons, INC., 1986.