

Redesign Jalur Perpipaan Fire Fighting System Jenis Hydrant Pada Upgrading Pipe Ring I Integrated Terminal Surabaya

Syakirli Arief Fraditya^{1*}, Heroe Poernomo², Ekky Nur Budiyanto³

*Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{*1,3}*

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Email: syakirli.afx@gmail.com^{1}; poernomo_heroe@ppns.ac.id^{2*}; ekky@ppns.ac.id^{3*};*

Abstract - In the Fuel Oil Terminal (TBBM) area, of course, there are various systems, one of which is a fire extinguishing system. It is known that the Surabaya Integrated Terminal, especially in the Ring I area, has a fire fighting system that does not meet the standards and is sufficient in the event of a fire disaster because the terminal area is quite large and there are many tank units. This redesign aims to ensure that the water supply supplied by the available pumps is sufficient for fire fighting during a fire. This research will discuss the design of the fire fighting system pipeline by referring to the standards (API RP 1102, NFPA 14, NFPA 20, and NFPA 30), determining the number of hydrant pillars, water capacity requirements, pump head manually and using software and pump power. Based on data processing, a fire fighting system design was obtained with 33 hydrant pillars. The total water demand for the hydrant system is 567.75 m³, with a discharge requirement of 1000 gpm. Manual pump head calculation is 76.36 m, while the calculation using software shows 74.73 m with an error value of 2.13% and the required pump power is 94.10 kW.

Keyword: Design, Fire Fighting System, Hydrant, NFPA, Pipe Flow Expert

Nomenclature

V_h	Volume kebutuhan air hydrant (m ³)
Q_h	Total debit hydrant (m ³ /s)
hl_{mayor}	Headloss mayor (m)
hl_{minor}	Headloss minor (m)
t	Jangka waktu pemakaian (s)
f	friction factor
L	Panjang pipa (m)
v	Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)
k	Koefisien resistansi fitting (m)
ΔZ	Head statik/ketinggian (m)
$Z1$	Ketinggian awal (m)
$Z2$	Ketinggian akhir (m)
h_P	Head tekanan (m)
h_K	Head kecepatan (m)
H	Head pump (m)
$P2$	Tekanan titik tekan pompa (Pa)
$P1$	Tekanan titik hisap pompa (Pa)
Ph	Daya hidrolis pompa (kW)
ρ	Massa jenis (kg/m ³)
g	Gravitasi (m/s ²)

1. PENDAHULUAN

Integrated Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) Surabaya adalah infrastruktur penting yang mendukung penyimpanan, penyaluran, dan distribusi bahan bakar minyak ke berbagai wilayah di Jawa Timur. Terminal ini beroperasi di lingkungan industri yang melibatkan bahan-bahan mudah terbakar, sehingga risiko kebakaran menjadi ancaman utama yang harus ditangani dengan serius.

Sistem pemadam kebakaran (*Fire Fighting System*) yang efektif dan andal sangat diperlukan untuk melindungi terminal dan mengurangi risiko kebakaran.

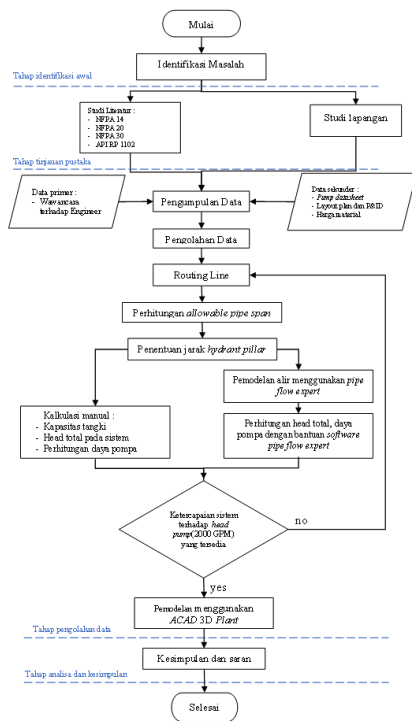
Integrated Terminal Surabaya memiliki fire fighting system yang melibatkan hydrant untuk melindungi area terminal seluas 14 hektar, yang menyimpan 225.000 kL gasoline, gasoil, dan avtur dalam 29 unit tangki (Kurniawan, 2023). Namun, kapasitas air *hydrant existing* sebesar 2.100 m³ tidak mencukupi untuk kebutuhan proteksi jika terjadi kebakaran besar. Oleh karena itu, proyek ini direncanakan untuk meningkatkan kapasitas air hydrant minimal menjadi 5.055 m³ dengan membangun satu unit water storage tank baru, memperbesar jalur pipa utama dari ukuran 12" menjadi 16", serta menambahkan unit pompa baru.

Redesain ini mengacu pada standar *National Fire Protection Association* (NFPA) dan *American Petroleum Institute* (API). Dengan peningkatan ini, diharapkan terminal dapat memiliki sistem pemadam kebakaran yang lebih andal dan mampu memberikan perlindungan maksimal terhadap area terminal.

2. METODOLOGI

2.1 Diagram Alir

Berikut merupakan sistematika pengerjaan mengenai *redesign* jalur perpipaan *fire fighting system* dengan pompa yang tersedia pada upgrading pipe ring I yang disajikan berupa diagram alir pengerjaan.



Gambar 1. Diagram Alir Pengerjaan

2.2 Fire Hydrant System

Hydrant System adalah sistem pemadam kebakaran yang terdiri dari beberapa sub item seperti sumber air, pompa, perpipaan, dan komponen hidran. Sistem ini pada umumnya dioperasikan secara manual untuk pemadaman kebakaran skala besar [2].



Gambar 2. Hydrant System

2.3 Pipe Routing & 3D Design

Data yang digunakan dalam redesign fire fighting system ini yaitu General Layout untuk acuan dasar dalam proses pembuatan 3D desain menggunakan ACAD 3D Plant software.

2.4 Ketentuan Desain Firefighting System

- a) **Penentuan jumlah pilar hydrant**
Pemasangan antar pilar hydrant tidak boleh melebihi 100 ft (30,5 m) [4].
- b) **Penentuan Debit**
Debit tiap hydrant pillar tidak boleh kurang dari 500 gpm [4].
- c) **Standard API RP 1102**
API RP 1102 mengatur pemasangan pipa penyalur dibawah jalan raya. Standar ini mencakup nilai nilai minimal kedalaman penguburan pipa [1].

2.5 Penentuan Kebutuhan Air

Adapun langkah-langkah perhitungan kebutuhan air perlu diketahui debit aliran yang dibutuhkan dan berapa lama waktu untuk pemadaman. Maka dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan:

$$V_h = Q_h \times t \tag{1}$$

Setelah menentukan volume kebutuhan air.

2.6 Perhitungan Head Pump

Head pump terdiri dari beberapa perhitungan head. Head pump harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti yang direncanakan, dapat ditentukan dari kondisi system yang akan dilayani oleh pompa. Perhitungan head pump meliputi:

$$h_{l\ major} = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \tag{2}$$

$$h_{l\ minor} = k \frac{v^2}{2g} \tag{3}$$

$$\Delta Z = Z_1 - Z_2 \tag{4}$$

$$h_P = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} \tag{5}$$

$$h_K = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \tag{6}$$

Sehingga head pump adalah total dari headloss, head tekan, head kecepatan, dan head statik. Dapat dituliskan sebagai berikut:

$$H = h_{l\ major} + h_{l\ minor} + h_P + h_K + Z \tag{7}$$

2.7 Perhitungan Daya Pompa

Daya pompa dapat dihitung dengan mengalikan fluida yang mengalir per detik dengan energi H [5], atau dapat dituliskan:

$$P_h = \rho \times g \times Q \times H \tag{8}$$

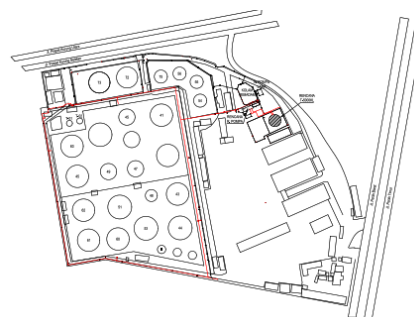
2.7 Software Pipe Flow Expert

Software yang umum digunakan untuk menganalisis fluida dalam suatu jaringan pipa meliputi kebutuhan pompa yang digunakan.

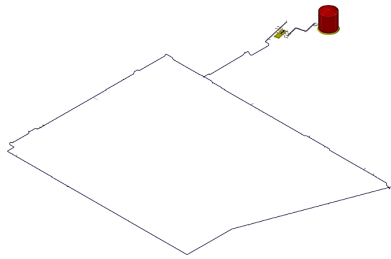
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Routing Pipe & 3D Desain

Berikut merupakan hasil routing dan 3D desain yang digunakan dalam redesign fire fighting system ini:



Gambar 3. Pipe Routing pada General Layout



Gambar 4. Piping 3D Modelling

3.2 Penentuan Jumlah Hydrant

Jumlah *hydrant* dapat diperoleh setelah pembuatan *routing pipe* dan *3D modelling*. Pada *existing hydrant* hanya terdapat 21 pillar, lalu pada sistem yang baru didapatkan jumlah pillar *hydrant* yang digunakan adalah 33 pillar.

3.3 Perhitungan Kebutuhan Debit

Kebutuhan debit didasarkan pada beberapa aspek, yaitu area yang memiliki potensi kebakaran paling tinggi dan kemampuan pompa untuk menyuplai air pemadam dengan baik pada titik terjauhnya secara bersamaan ketika beroperasi.

Tabel 1. Total *Hydrant Pillar* yang digunakan

No	Alat Pemadam	Jumlah Alat Pemadam	Debit (gpm)	Total Debit (gpm)
1	Hydrant 1	1	500	500
2	Hydrant 2-33	32	250	8000
Total Debit				8500

Namun pada NFPA 14 telah ditentukan debit maksimum untuk bangunan menggunakan sprinkler adalah 1000 gpm. Sehingga debit aliran yang digunakan dalam sistem ini sebesar 1000 gpm (0,063 m³/s).

3.3 Kebutuhan Air

Dalam NFPA 30 menyebutkan hidran halaman harus mengalirkan air minimal 1893L/min selama 120 menit [8]. Sehingga perhitungan kebutuhan air dapat dihitung menggunakan persamaan (1) yaitu:

$$V_h = 0,063 \text{ m}^3/\text{s} \times 7200 \text{ s}$$

$$V_h = 453,6 \text{ m}^3$$

Perhitungan kapasitas air pemadam tersebut disesuaikan berdasarkan NFPA 22, yakni sebesar 150.000 gallon (567,75 m³).

3.4 Perhitungan Headloss

Perhitungan *headloss* meliputi beberapa perhitungan seperti *headloss mayor* dan *headloss minor* yang dilakukan menggunakan persamaan (2) dan (3), sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Total nilai *headloss*

No	Jalur Pipa	HI Mayor (m)	HI Minor (m)
1	Suction	2,57	3,76
2	Discharge	0,34	1,27
3	Utama	2,81	1,27
Total		5,72	6,3
		12,02	

3.4 Perhitungan Head Statik

Hasil perhitungan *head* statik berdasarkan persamaan (4) adalah sebagai berikut:

$$\Delta Z = 2,54 - (- 1,33)$$

$$\Delta Z = 3,88 \text{ m}$$

3.5 Perhitungan Head Tekanan

Hasil perhitungan *head* tekan berdasarkan persamaan (5) adalah sebagai berikut:

$$h_P = \frac{690000 \text{ Pa} - 101325 \text{ Pa}}{997 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_P = 60,18 \text{ m}$$

3.5 Perhitungan Head Kecepatan

Hasil perhitungan *head* kecepatan berdasarkan persamaan (6) adalah:

$$h_K = \frac{(1,69 \text{ m/s})^2 - (0,97 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_K = 0,1 \text{ m}$$

3.6 Perhitungan Head Pump

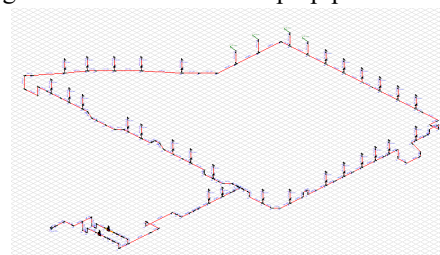
Setelah mengetahui nilai *head loss mayor*, *head loss minor*, *head statis*, *head* tekanan, dan *head* kecepatan. Maka, perhitungan *head* total menggunakan persamaan (7) yaitu :

$$H = 12,2 \text{ m} + 3,88 \text{ m} + 60,18 \text{ m} + 0,1 \text{ m}$$

$$H = 76,36 \text{ m}$$

3.7 Perhitungan Head Pump pada Software

Pemodelan software dilakukan dengan memasukkan parameter meliputi desain dan debit yang dibutuhkan oleh sistem perpipaan.



Gambar 5. Pemodelan fire fighting system

Pada pemodelan menggunakan *software pipe flow expert* didapatkan *head pump* sebagai berikut:

$$H_{\text{software}} = 74,73 \text{ m}$$

3.8 Perhitungan Daya Pompa

Setelah menghitung *head* total, maka dapat dihitung daya pompa dengan menggunakan persamaan (8) yaitu:

$$Ph = 997 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,126 \text{ m}^3/\text{s} \times 76,36$$

$$Ph = 94102,38 \text{ W}$$

$$Ph = 94,10 \text{ kW}$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang telah dibahas, dapat disimpulkan bahwa:

1. Telah dibuat *general layout drawing* dan *piperoute* desain 3D dengan menggunakan standar NFPA 20, API RP 1102. Untuk jumlah *pillar hydrant* yang digunakan pada area *Ring I Integrated Terminal Surabaya* berjumlah 33 unit dengan kebutuhan debit sebesar 1000 gpm (0,063 m³/s).
2. Berdasarkan hasil kalkulasi yang telah dilakukan didapatkan jumlah total kebutuhan air untuk *fire fighting hydrant system* pada area *Ring I Integrated Terminal Surabaya* sebesar 150.000 gallon (567.75 m³)
3. Berdasarkan kalkulasi *head pump* secara manual didapatkan nilai sebesar 76,36 m dan kalkulasi *head pump* menggunakan *software* didapatkan nilai sebesar 74,73 m dengan nilai presentase error sebesar 2,13 % serta daya pompa yang didapatkan sebesar 94,10 kW untuk kalkulasi manual

5. PUSTAKA

- [1] API Recommended Practice 1102 (2012), Steel Pipelines Crossing Railroads and Highways. American Petroleum Institute (7th ed.).
- [2] Margariyan, Evry. "Perancangan jalur perpipaan fire fighting system jenis hydrant dan sprinkler pada storage tank". Diss. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 2021.
- [3] Moran, M. J., Shapiro, H. N., Munson, B. R., & DeWitt, D. P. (2002). Introduction to thermal systems engineering: thermodynamics, fluid mechanics, and heat transfer. John Wiley & Sons.

- [4] NFPA 14 (2019). Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems. National Fire Protection Association.
- [5] NFPA 22 (2013). Standard for Water Tanks for Private Fire Protection. National Fire Protection Association.
- [6] NFPA 20. (2019). Standard for the Installation of Stationary Pumps for the Protection. National Fire Protection Association.
- [8] NFPA 30 (2018). Standard for Flammable and Combustible Liquids Code. National Fire Protection Association.
- [9] NFPA 24 (2016). Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Ther Appurtenances. National Fire Protection Association.