

Fire Fighting System Design with 3D Model and Technical Evaluation of Pump Selection

Muhammad Yusuf Madhani^{1*}, Heroe Poernomo², Rahmat Basya Shahrys Tsany³

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

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

Email: yusuf.madhani@student.ppns.ac.id^{1*}; poernomo_heroe@ppns.ac.id²; rahmatbasya@email.com^{3*};

Abstract – One of the EPC Companies located in Sidoarjo, East Java is working on a project in Central Kalimantan, namely the construction of a second coal transfer facility, where every area involving buildings or facilities with a risk of fire must be equipped with an adequate fire extinguishing system to ensure the safety of occupants and also protect assets. This study aims to design a fire fighting system of the hydrant and sprinkler type. The stages are pipe routing, determining pipe diameter, calculating allowable pipe span, determining waterpond capacity, calculating head system, and 3D modeling using design software. This system uses 8 hydrant pillars and 23 sprinklers. Hydraulic simulation using fluid analysis software shows a head value of 179.37 m, while manual calculations show 179.75 m, with an error percentage of 0.2%. The required pump power is 314.76 kW, and the Grundfos LS 200-150-340Ax2, 1F2AQBVP1 600/4 centrifugal pump was selected.

Keyword: Fire Fighting, Hydrant, Sprinkler, SNI, NFPA

Nomenclature

ID	Inside Diameter (mm)
Re	Reynold Number (tanpa dimensi)
f	friction factor (tanpa dimensi)
P1	Tekanan Suction (Pa)
P2	Tekanan Discharge (Pa)
H_z	Head Static (m)
Z1	Elevasi Pipa Suction (m)
Z2	Elevasi Pipa Discharge (m)
v1	Kecepatan fluida Suction (m/s)
v2	Kecepatan fluida Discharge(m/s)
H_{pump}	Head Total (m)

1. PENDAHULUAN

Pada proyek pemindahan muatan antara tongkang atau yang lebih dikenal dengan istilah *barge to barge* transfer adalah salah satu metode penting dalam industri maritim. Dalam proyek ini, Sebuah perusahaan kontraktor yang bergerak dalam bidang *Engineering, Procurement, and Contruction* (EPC) mendapatkan kontrak sebagai pelaksana utama dimana perusahaan yang bergerak di bidang *logistic* sebagai *owner*. Pada pekerjaan proyek ini yang nantinya akan ada sebuah area fasilitas darat yang mengelola berbagai fasilitas termasuk kantor, gedung, *workshop* dan sebagainya. Salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan area ini adalah *fire fighting system*, yang saat ini belum direncanakan di area tersebut. Dimana keberadaan *fire fighting system*

ini memang penting untuk memastikan keselamatan pekerja, perlindungan aset, dan kelangsungan operasional perusahaan. Melalui penelitian ini, diharapkan perancangan *fire fighting system* yang tepat dapat meningkatkan keselamatan operasional pada area fasilitas darat .Skema perancangan ini meliputi penentuan jumlah titik *hydrant pillar* dan *sprinkler*, desain 3d jalur perpipaan *fire fighting system* , perhitungan *head* total pompa, perhitungan *pump power*, penentuan *specification pump*. Standart yang digunakan sebagai acuan yaitu NFPA,SNI,API.

2. METODOLOGI

2.1 Tahap Identifikasi Masalah

Tahapan identifikasi masalah merupakan langkah awal yang krusial dalam suatu proses penelitian, karena berfungsi untuk menentukan fokus kajian serta merumuskan permasalahan utama yang akan dianalisis secara sistematis. Dalam hal ini, permasalahan berhasil diidentifikasi melalui pengamatan selama kegiatan *On the Job Training* (OJT). Hasil identifikasi ini menjadi landasan bagi peneliti dalam merumuskan gagasan penelitian yang akan dikembangkan secara lebih mendalam.

2.2 Penetapan Tujuan

Setelah melalui tahapan identifikasi permasalahan, tujuan penelitian ini difokuskan pada analisis mendalam terhadap perancangan jalur perpipaan sistem pemadam kebakaran tipe *hydrant* dan *sprinkler* yang diterapkan pada area fasilitas darat di kawasan dermaga. Permasalahan yang dirumuskan mencakup beberapa aspek penting, seperti penentuan posisi *hydrant pillar* dan *sprinkler*, pembuatan desain tiga dimensi, serta perhitungan total *head* pompa, estimasi kebutuhan daya, serta penentuan spesifikasi teknis pompa yang sesuai dengan sistem.

2.3 Kalkulasi Debit Total Sistem

Sebelum menentukan diameter pipa, Langkah awal yang dilakukan adalah mengetahui kapasitas atau debit suatu sistem. Penelitian ini dibagi ke dalam dua bagian utama, yaitu debit *hydrant* dan debit *sprinkler*. Digunakan persamaan (1) untuk *hydrant pillar* dan persamaan (2) untuk *sprinkler*.

$$Q_h = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \quad (1)$$

$$Q_s = K \cdot \sqrt{P} \quad (2)$$

2.4 Perhitungan Diameter Pipa

Berdasarkan [5], Kecepatan aliran maksimum yang direkomendasikan untuk pipa baja dengan media fluida berupa air adalah sebesar 6 meter per detik. Setelah itu penentuan diameter pipa dengan persamaan (3).

$$ID = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} \quad (3)$$

2.5 Perhitungan Total Head pada Sistem

Total *head* dalam sistem dihitung berdasarkan beberapa komponen utama, yang meliputi: *head mayor* (kerugian gesek pada pipa utama), *head minor* (kerugian pada sambungan dan perlengkapan) dengan mengacu nilai *k-factor* pada standar [6] & [7], *head statis* (perbedaan ketinggian), *head kecepatan* (energi kinetik aliran), serta *head tekanan* (tekanan operasional dalam sistem), yang masing-masing merepresentasikan jenis kehilangan energi atau kontribusi tekanan dalam sistem perpipaan. Persamaan berikut digunakan dalam perhitungan total head dari sistem yang dirancang :

$$H_{L \text{ mayor}} = f \frac{L v^2}{ID 2g} \quad (4)$$

$$H_{L \text{ minor}} = K \frac{v^2}{2g} \quad (5)$$

$$H_Z = Z_2 - Z_1 \quad (6)$$

$$H_P = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} \quad (7)$$

$$H_V = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \quad (8)$$

$$H_{\text{pump}} = H_f + H_{L \text{ minor}} + \Delta_Z + H_P + H_V \quad (9)$$

2.6 Penentuan & Kalkulasi Daya Pompa

Pemilihan pompa dilakukan dengan mengacu pada grafik kurva pemilihan pompa, yaitu Dengan melakukan perbandingan antara nilai debit dan total *head* sistem, maka dapat diperoleh karakteristik pompa yang sesuai dengan kebutuhan hidraulik sistem, baik dari segi kapasitas aliran maupun tekanan operasional yang dibutuhkan. Perhitungan daya pompa dilakukan baik melalui perhitungan manual maupun dengan memanfaatkan perangkat lunak pendukung teknis, guna memastikan akurasi dan efisiensi dalam penentuan spesifikasi pompa. Analisis daya pompa mencakup dua jenis, yaitu daya hidrolik dan daya poros, yang masing-masing dihitung menggunakan rumus berikut :

$$P_h = \rho \times g \times Q \times H \quad (10)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Luas Area

Perhitungan Luas Area dibagi menjadi 2 diantaranya : perhitungan luas bangunan office dan perhitungan plot plan area fasilitas darat dermaga. Untuk perhitungan luas area fasilitas darat dermaga yakni 23,326 m² dan perhitungan luas area *office* yakni 289 m².

3.2 Penempatan Hydrant Pillar dan Sprinkler

Penempatan titik peletakan hydrant dan sprinkler system berdasarkan kondisi sebenarnya dalam hal ini yaitu luas bangunan Office dan luas Area Fasilitas Darat Dermaga. Penempatan Hydrant Pillar sudah diatur pada [8] . Setiap sambungan slang harus dipasang tidak lebih dari 30 m (100 ft) dan didapatkan 8 *hydrant pillar* untuk mencakup seluruh area yang dilindungi. Untuk *sprinkler system* jarak maksimum antar titik sprinkler untuk bahaya kebakaran ringan adalah 4,6 m, [2] dan didapatkan 23 *sprinkler* pada area *office*.

3.3 Kalkulasi Kapasitas Total pada Sistem

Nilai debit yang dirancang untuk sistem pemadam kebakaran ditetapkan dengan mengacu pada standar yang berlaku [1] untuk *hydrant system* dan [2] untuk *sprinkler system*. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan (1) dan persamaan (2), kapasitas total sistem adalah 0,1794 m³/s.

3.4 Kalkulasi Diameter pipa

Diameter pipa dalam suatu sistem dapat dihitung apabila nilai debit dan kecepatan aliran telah diketahui. Nilai yang telah diperoleh kemudian disesuaikan dengan kondisi aktual di lapangan, dengan menerapkan rumus perhitungan diameter pipa, sebagaimana ditampilkan pada persamaan berikut (3). Berdasarkan [5], kecepatan aliran maksimum yang direkomendasikan untuk pipa baja adalah 6 m/s Selanjutnya, disajikan contoh perhitungan diameter pipa pada sisi hisap pompa (*suction pump*), disertai dengan hasil perhitungan diameter pipa secara keseluruhan untuk sistem yang telah dirancang.

$$ID = \sqrt[4]{\frac{4 \times 0,0598 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times 2,5 \text{ m/s}}} = 0,174 \text{ (m)}$$

Dari hasil perhitungan di atas, dapat ditetapkan ukuran diameter pipa yang diperlukan dengan mengacu pada standar [4]. Nilai diameter tersebut disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Penentuan Diameter Pipa

Deskripsi	Q(m ³)	V (m/s)	ID (m)	API 574(inch)
Pipa Cabang	0,002418	3,5	0,029669	1" sch 40
Pipa Pembagi	0,007255	2,5	0,060803	2" sch 40
Pipa Tegak	0,021766	3	0,096138	4" sch 40
Main Line Sprinkler	0,021766	3	0,096138	4" sch 40
Hydrant Line	0,039431	3,5	0,119799	4" sch 40
Main Line Hydrant	0,078862	3,5	0,169421	6" sch 40
Main Header System	0,179491	4	0,239087	10" sch 40
Pump Discharge	0,059830	3	0,159392	6" sch 40
Pump Suction	0,059830	2,5	0,173621	8" sch 40

3.5 Identifikasi Line Number

Identifikasi jalur perpipaan pada setiap proyek dapat bervariasi, menyesuaikan dengan persyaratan operasional dan karakteristik spesifik dari masing-masing proyek yang sedang dilaksanakan. Dalam penelitian ini, *line number* ditetapkan dengan definisi sebagai berikut:

FW – 01 – CS – 01 – 8"

Keterangan :

FS = Fire Water (Service Line)
 01 = Kode Urutan
 CS = Carbon Steel (Material Pipa)
 01 = Kode Jalur
 8 = Diameter Pipa

Mengacu pada definisi sebelumnya, Penamaan *line number* untuk sistem pemadam kebakaran (*fire fighting*) dalam penelitian ini disusun dan disajikan pada Tabel 2 berikut, sebagai acuan identifikasi jalur perpipaan dalam sistem yang dirancang :

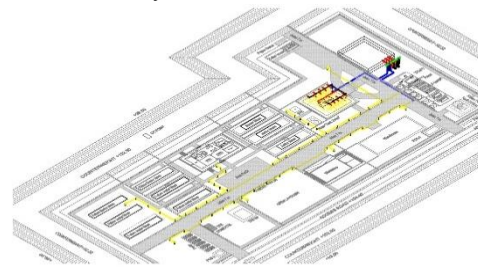
Tabel 2 Line Number

No	Line Number	From	To	Line Service
1	FW-01-CS-01-8"	FW Pond	FW-02-01	Suction Pump
2	FW-01-CS-02-8"	FW Pond	FW-02-02	Suction Pump
3	FW-01-CS-03-8"	FW Pond	FW-02-03	Suction Pump
4	FW-02-CS-01-6"	FW-02-01	FW-03-01	Discharge Pump
5	FW-02-CS-02-6"	FW-02-02	FW-03-02	Discharge Pump
6	FW-02-CS-03-6"	FW-02-03	FW-03-03	Discharge Pump
7	FW-03-CS-01-10"	FW-03-01/02/03	HD-04-01/WS-06-01	Main Header
8	HD-04-CS-01-6"	FW-03-01	HD-05-01/02	Main Hydrant
9	HD-05-CS-01-4"	HD-04-01	Hydrant Pillar	Hydrant Line
10	HD-05-CS-02-4"	HD-04-01	Hydrant Pillar	Hydrant Line
11	WS-06-CS-01-4"	FW-03-CS-01-10"	WS-07-CS-01-4"	Main Sprinkler
12	WS-07-CS-01-4"	WS-06-CS-01-4"	WS-08-CS-01/02/03-2"	Stand Pipe Sprinkler
13	WS-08-CS-01-2"	WS-07-CS-01-4"	Sprinkler	Divide Pipe
14	WS-08-CS-02-2"	WS-07-CS-01-4"	Sprinkler	Divide Pipe
15	WS-08-CS-03-2"	WS-07-CS-01-4"	Sprinkler	Divide Pipe

Hasil dari klasifikasi *line number* menunjukkan terdapat 15 *line number* yang termasuk dalam *service line*, kode urutan, diameter pipa, kode jalur yang berbeda.

3.6 3D Modelling

Pembuatan 3D *modelling* dilakukan untuk menggambarkan secara visual sistem pemadam kebakaran jenis *hydrant* dan *sprinkler* secara menyeluruh, mulai dari jalur perpipaan, pompa, *waterpond*. Model ini membantu memvalidasi kesesuaian tata letak komponen dengan kondisi lapangan, serta mempermudah proses fabrikasi dan instalasi. Selain itu, 3D *modelling* juga menjadi dasar untuk pembuatan gambar isometrik, *bill of material*.



Gambar 3.1 3D Modelling

3.7 Penghitungan Head Total pada Sistem

Penghitungan total *head* dalam sistem mengacu pada prinsip-prinsip rekayasa perpipaan [3]. Setelah nilai-nilai seperti kehilangan *head loss mayor* dan *minor*, tekanan *head*, elevasi *head*, serta kecepatan *head* diperoleh (lihat Tabel 3), Tahap berikutnya yaitu melakukan perhitungan *head* total dengan memanfaatkan persamaan (9) berikut:

Tabel 3 Kalkulasi Head pada Sistem

Head loss mayor & minor	113,58 m
Head Ketinggian	5,53 m
Head Tekanan	60,40 m

Head Kecepatan	0,240 m
Head Total	179,75 m

$$\begin{aligned}
 H_{pump} &= 76,70m + 36,88m + 5,53m + 60,40m \\
 &+ 0,240m \\
 &= 179,75 m
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan total *head* sistem menunjukkan nilai sebesar 179,75m dengan metode manual, dan 179,37m menggunakan perangkat lunak. Selisih antara kedua metode tersebut adalah sekitar 0,2%, yang menunjukkan bahwa hasil perhitungan yang dilakukan cukup akurat dan mendekati kebenaran.

3.8 Perhitungan Daya Hidrolis Pompa

Setelah menentukan *head pump*. Maka dapat melakukan perhitungan daya pompa. Dalam studi ini, daya hidrolik dihitung berdasarkan persamaan yang disajikan pada rumus berikut :

$$\begin{aligned}
 Ph &= \rho \times g \times Q \times H \\
 &= 0,995 \times 9,81 \times 0,1794 \times 179,75 \\
 &= 314,7628 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian, diperoleh bahwa daya hidrolik yang dibutuhkan untuk mendistribusikan fluida dalam sistem ini adalah sebesar 314,7628 kW.

3.9 Penentuan Pompa

Pemilihan pompa dilakukan berdasarkan nilai total *head* sistem serta kapasitas aliran (debit) total yang dibutuhkan, guna memastikan kinerja sistem pemadam kebakaran berjalan secara optimal sesuai dengan perencanaan. Pada perencanaan ini pompa yang akan digunakan sebanyak 3 pompa dengan masing-masing pompa memiliki total *head* yang sama yaitu 179,75m. Pada pemilihan spesifikasi pompa ini didapatkan pompa dari Grundfos dengan jenis *centrifugal pump type* LS 200-150-340Ax2, dengan kecepatan 1492 rpm. Daya pompa sebesar 600 kW serta efisiensi 73,4%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perancangan sistem pemadam kebakaran tipe *hydrant* dan *sprinkler* dirancang berdasarkan standar yang telah ditetapkan, NFPA 14 untuk *hydrant system* dan SNI-03-3989-2000 untuk *sprinkler system*, dan untuk desain sistem pemadam kebakaran didapatkan 8 *hydrant pillar* dan 23 buah *sprinkler*. Total *head loss* pada sistem pemadam kebakaran jenis *hydrant* dan

sprinkler keseluruhan yaitu 179,75m sedangkan untuk bantuan *software* 179,37m. Daya pompa untuk perhitungan manual yaitu 314,7628 kW. Pemilihan pompa pada sistem pemadam kebakaran jenis *hydrant* dan *sprinkler* adalah Grundfos dengan *type* LS 200-150-340Ax2, Rpm 1492 dengan daya pompa 600kW.

5. PUSTAKA

- [1] NFPA, 14. (2019). *Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems. National Fire Protection Association.*
- [2] SNI, 03-3989-2000. (2000). Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Sprinkler Otomatik untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung. Standar Nasional Indonesia.
- [3] Sularso. (2004). POMPA & KOMPRESOR, Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan (*Eight Edition*). PT Pradnya Paramita.
- [4] API. (2016). *API recommended practice 574: Inspection practices for piping system components* (4th ed.). Washington, DC: American Petroleum Institute.
- [5] Puslitbang Sumber Daya Air. (2014). Perencanaan jaringan irigasi pipa: Rancangan pedoman (R-0). Kementerian Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air.
- [6] Liu, H. (2003). *Pipeline Engineering (1st ed., Vol 1)*. CRC Press LLC.
- [7] ASHRAE, *ASHRAE Handbook: Fundamentals*, Chapter 33 – Pipe Sizing, Atlanta, GA: ASHRAE, 1997.
- [8] SNI, 03-1745-2000. (2000). Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Pipa Tegak dan slang untuk pencegahan Bahay Kebakaran pada Bangunan Rumah dan Gedung.