

Perancangan *Fire Fighting Waterspray System & Hydrant* untuk *Future Spherical Tank Area* pada *FEED Plant Polypropylene*

Haryanata Aminurrahman^{1*}, Heroe Poernomo², Dianita Wardani³

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: haryanata.aminurrahman@student.ppns.ac.id^{1*}; poernomo_heroe@ppns.ac.id²; dianitawardani@ppns.ac.id³;

Abstract - This research aims to design a fire fighting system in the future spherical tank area. Known spherical tank in this project is a stockpile tank that stores hydrocarbon materials (flammable materials), therefore needs to design a fire fighting system. The method of research used Darcy-Weisbach & Bernoulli equation for head calculation. The fire mitigation methods used by the author are water spray system and hydrant. The area for which the firefighting system will be designed is 15,575 m² with 3 units of 24 m diameter spherical tanks. The main standards used in this research include NFPA 14, 15 & API 2510. The results show that 6 hydrant pillars and 456 spray nozzles are required for the design. The pipe diameters used include 6 inch, 8 inch, 14 inch, 16 inch and 24 inch. Manual calculations obtained a head value of 143.31 m while the results of calculations using software obtained a head value of 149.21 m with a percentage error of 3.95% and pump power of 494.013 kW. Pump selection in accordance with system specifications based on the selection chart is the Standart-SDS-H400-50 brand.

Keywords: fire fighting, head, NFPA, spherical tank

Nomenclature

A	Luas area (m ²)
V	Kecepatan aliran (m/s)
Q	Debit (m ³ /s)
D	Diameter (m)
Re	Reynold number
ρ	Masa jenis (kg/m ³)
θ	Dynamic Viscosity (N.s/m ²)
f	Friction factor
Q	Debit (m ³ /s)
D	Diameter (m)
g	percepatan gravitasi (m/s ²)
Q_h	Total debit hydrant (m ³ /s)
Q_w	Total debit waterspray (m ³ /s)
L_p	luas permukaan tank (m ²)
H_f	Headloss mayor (m)
k	Koefisien minor (m)
H_m	Headloss minor (m)
ΔZ	Head Statis (m)
H_p	Head Tekanan (m)
H_v	Head Kecepatan (m)
Ph	Daya Hidrolis (kW)
H	Head total sistem (m)
P	Daya Poros (kW)

1. PENDAHULUAN

Proyek *expansion plan* sedang memasuki pada sedang memasuki pada tahap

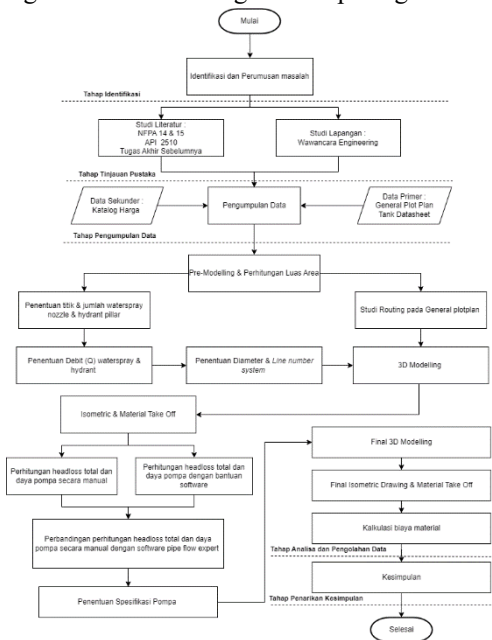
FEED (*Front End Engineering Design*) atau Fase Proposal. Pada *future spherical tank area* belum dirancang sebuah *piping system*, maka dari itu penulis akan melakukan penelitian pada *future spherical tank area* dalam bentuk perancangan *firefighting system* dengan output *3D Design*, Analisis mekanika fluida dan Estimasi biaya. Sistem proteksi kebakaran merupakan sebuah sistem yang penting dan dapat melindungi objek kebakaran secara cepat. Luas area yang akan dirancang sistem pemadam adalah 7065 m² dengan 3 unit *spherical tank* yang masing-masing berdiameter 24 m dan memiliki ketinggian 4 m dari permukaan tanah. Standar utama yang digunakan pada penelitian ini antara lain NFPA 14, 15 & API 2510. Penelitian ini bertujuan untuk merancang *firefighting system* pada *future spherical tank area*.

2. METODOLOGI

2.1 Metodologi Penelitian

Pada gambar 1 menunjukkan diagram alir penelitian perancangan *firefighting waterspray system & hydrant* untuk *future spherical tank area* pada *FEED plant polypropylene*. Tahap pertama yaitu tahap identifikasi masalah (dasar pemikiran terhadap masalah yang terjadi), tahap tinjauan pustaka (mencari pengamatan di lapangan dan studi literatur), tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data (proses desain dan kalkulasi

mekanika), dan yang terakhir adalah kesimpulan dan saran. Semua tahapan – tahapan tersebut digambarkan oleh diagram alir pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Penelitian

2.2 Perhitungan Kapasitas total system

Sebelum menentukan kapasitas total diperlukan menghitung luas area yang dilindungi [2]. Pada penelitian ini tangki yang digunakan bertipe *spherical tank*, sehingga untuk menentukan luas permukaan menggunakan rumus luas permukaan bola seperti pada persamaan 1

$$L_p = 4\pi r^2 \quad (1)$$

Penentuan debit dapat dilakukan setelah mengetahui luas area yang dilindungi, total debit system dituliskan pada persamaan 2 dan 3 sebagai berikut :

$$Q_h = Q_t \times n \quad (2)$$

$$Q_w = L_p \times 3 \times Q_m \quad (3)$$

2.3 Perhitungan Diameter pipa

Berdasarkan kementerian pekerjaan umum kecepatan maksimum pada pipa baja adalah 6 m/s [8]. Setelah mengetahui debit sistem dapat ditentukan minimum diameter dengan kecepatan aliran 2,5 – 4,5 m/s menggunakan persamaan 4 sebagai berikut :

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

2.4 Routing, 3D Design & isometric

Perhitungan diameter digunakan sebagai acuan dasar melakukan *3D design* pada objek 3 unit *spherical tank*. Proses design dibantu dengan *software AutoCAD 3D Plant*.

2.6 Perhitungan Head Total Sistem

Perhitungan head total sistem dibagi menjadi beberapa perhitungan head. head total sistem terdiri dari head statis dan dinamis. Head statis adalah head tekanan dan ketinggian sedangkan head dinamis berasal dari headloss dan head kecepatan berikut merupakan rumus perhitungan head total sistem :

$$H_f = f \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2g} \quad (6)$$

$$H_{L, Minor} = K \frac{v^2}{2g} \quad (7)$$

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

$$H_p = \frac{(P_2 - P_1)}{\rho g} \quad (9)$$

$$H_v = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \quad (10)$$

$$H = \Delta Z + H_p + H_L + H_v \quad (11)$$

2.7 Pemilihan & Perhitungan Daya Pompa

Pemilihan pompa menggunakan selection chart pompa dengan membandingkan nilai debit dan total head sistem. Perhitungan daya pompa dilakukan secara manual dan menggunakan bantuan software. perhitungan daya pompa dibagi menjadi dua yaitu daya hidrolis dan daya poros ditulis menggunakan persamaan berikut :

$$Ph = \rho \times g \times Q \times H \quad (12) P = \frac{Ph}{\eta_p} \quad (13)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Kapasitas total system

Penentuan debit untuk *waterspray system* mengacu pada NFPA 15 [6] sedangkan debit untuk *hydrant pillar* mengacu pada NFPA 14 [5]. Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan 2 dan 3 kapasitas total sistem adalah 1.01 m³/s dengan kapasitas hydrant sebesar 0.0946 m³/s dan *waterspray system* sebesar 0.92 m³/s.

3.2 Perhitungan Diameter pipa

Dalam standard API diberikan rekomendasi desain untuk ukuran diameter pipa *firefighting* untuk equipment *spherical tank* atau *LPG Storage*. Rekomendasi desain tersebut disesuaikan kembali dengan kondisi lapangan menggunakan rumus perhitungan diameter pada persamaan 2.17. Berdasarkan rancangan pedoman perencanaan jaringan irigasi pipa dari kementerian pekerjaan umum kecepatan maksimum untuk pipa baja adalah 6 m/s untuk fluida air, sedangkan untuk kecepatan minimum air dalam pipa 0,3 – 0,6 m/s. Kecepatan maksimum pada penelitian ini dibatasi menjadi 2,5 – 4,5 m/s. Berikut merupakan contoh perhitungan diameter pipa pada area suction pump dan hasil perhitungan keseluruhan diameter pipa :

$$Id = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$$

$$Id = \sqrt{\frac{4 \times 0,339013}{3,14 \times 3}}$$

$$Id = 0,379414 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka dapat ditentukan diameter pipa yang dibutuhkan. Besar diameter pipa tersebut dimuat pada tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan Diameter Pipa

Penentuan Diameter Pipa Berdasarkan Standard API 574				
Deskripsi	Q (m ³ /s)	V (m/s)	ID (m)	API 574 (inch)
Ring Line	0.043924114	2.5	0.14961	6" Sch 40
Spherical Header	0.3074688	3.75	0.32318	14" Sch 40
Branch Distribution	0.4612032	4.25	0.37181	16" Sch 40
Main line WS	0.9224064	4.25	0.52581	24" Sch 40
Hydrant Line	0.047317647	3	0.14174	6" Sch 40
Main line hydrant	0.094635295	3	0.20041	8" Sch 40
Main Header System	1.017041695	4	0.569121	24" Sch 40
Pump Discharge	0.339013898	4	0.32858	14" Sch 40
Pump Suction	0.339013898	3	0.379414	16" Sch 40

3.3 Penentuan Line-Number

Penentuan line number setiap proyek berbeda-beda tergantung pada kebutuhan proyek tersebut. Pada penelitian ini *line number* yang didefinisikan sebagai berikut :

WS-14-CS-02-01

Keterangan :

- WS : Service line
- 14 : diameter pipa
- CS : material pipa
- 02 : *sequence code*
- 01 : *typical code*

Berdasarkan definisi di atas penamaan *line number firefighting system* pada penelitian dimuat pada tabel 2 di bawah ini:

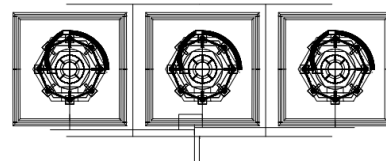
Tabel 2. line-number sistem

No	Line Number	Connection		Line Service
		From	to	
1	WS-6"-CS-01-01	WS-02-01	Spray Nozzle	Fire Water Ring Tank 1
2	WS-6"-CS-01-02	WS-02-02	Spray Nozzle	Fire Water Ring Tank 2
3	WS-6"-CS-01-03	WS-02-03	Spray Nozzle	Fire Water Ring Tank 3
4	WS-14"-CS-02-01	WS-03-01	WS-01-01	Spherical Header Tank 1
5	WS-14"-CS-02-02	WS-03-02	WS-01-02	Spherical Header Tank 2
6	WS-14"-CS-02-03	WS-03-03	WS-01-03	Spherical Header Tank 3
7	WS-16"-CS-03-01	WS-04-01	WS-02-01/02	Branch Distributin WS 1
8	WS-16"-CS-03-02	WS-04-01	WS-02-02/03	Branch Distributin WS 2
9	WS-24"-CS-04-01	FW-07-01	WS-03-01/02	Main Waterspray Line
10	HD-6"-CS-05-01	HD-06-01		Hydrant Pillar
11	HD-6"-CS-05-02	HD-06-01		Hydrant Pillar
12	HD-6"-CS-05-03	HD-06-01		Hydrant Pillar
13	HD-6"-CS-05-04	HD-06-01		Hydrant Pillar
14	HD-8"-CS-06-01	FW-07-01	HD-05-01/02	Main Hydrant Line
15	FW-24"-CS-07-01	FW-08-01/02/03	HD-06-01/FW-04-01	Main Header System
16	FW-14"-CS-08-01	FW-09-01	FW-07-01	Discharge Pump 1
17	FW-14"-CS-08-02	FW-09-02	FW-07-01	Discharge Pump 2
18	FW-14"-CS-08-03	FW-09-03	FW-07-01	Discharge Pump 3
19	FW-16"-CS-09-01	FW Pond	FW-08-01	Suction Pump 1
20	FW-16"-CS-09-02	FW Pond	FW-08-02	Suction Pump 2
21	FW-16"-CS-09-03	FW Pond	FW-08-03	Suction Pump 3

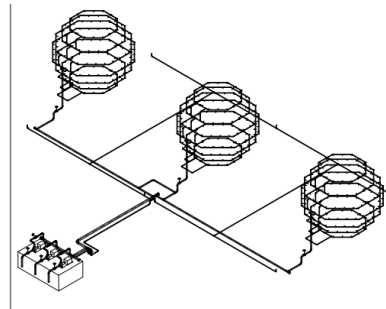
Berdasarkan hasil klasifikasi line-number didapatkan 21 line-number dengan *service-line*, diameter, *sequence code* dan *typical code* yang berbeda.

3.4 Routing, 3D Design & Isometric

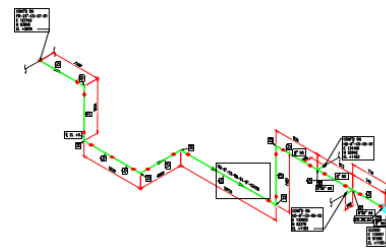
Proses routing, 3D design & isometric mengacu pada pipedrafting & design [7]. Berikut merupakan contoh hasil routing, 3D design & isometric untuk perancangan firefighting system yang dapat diamati pada gambar 2, 3, dan 4:



Gambar 2. Routing Study pada General Plotplan



Gambar 3. Piping 3D Design



Gambar 4. Isometric Drawing

3.5 Perhitungan Headtotal system

Perhitungan headtotal system mengacu pada pipeline engineering [3]. Setelah mengetahui headloss mayor & minor, head tekanan, head ketinggian, dan head kecepatan yang telah dimuat pada tabel 3, berikutnya adalah melakukan perhitungan headloss mayor menggunakan persamaan berikut ini :

Tabel 3. Perhitungan Head total sistem

Headloss mayor & minor	110.74 m
Head Tekanan	0 m
Head Ketinggian	31.8 m
Head Kecepatan	0.76 m
Total Head Sistem (software)	149.21 m

$$H = \Delta Z + H_p + HL + H_v$$

$$H = 31,8m + 0m + 110,74m + 0,7699m$$

$$H = 143,31m$$

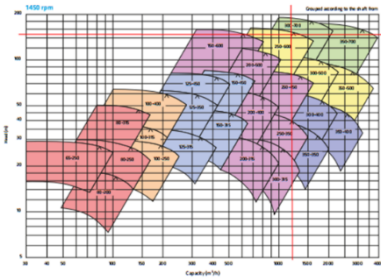
Berdasarkan hasil perhitungan total head sistem adalah 143,31 m (manual) dan 149.21 m (*software*). sehingga nilai % error antara perhitungan manual dan software adalah 3,94 %.

3.6 Pemilihan & Perhitungan Daya Pompa

3.6.1 Pemilihan Pompa

Pemilihan pompa berdasarkan head total sistem dan kapasitas total, pompa dirangkai secara parallel sehingga kapasitas sistem dibagi

sebanyak pompa yang digunakan yaitu 3. Berikut merupakan pemilihan pompa menggunakan *pump selection chart* pada merk pompa standart :



Gambar 5. Pump Selection Chart

Berdasarkan *pump selection chart* didapatkan spesifikasi pompa sebagai berikut :

● **Spesifikasi Pompa**

- Jenis Pompa : *Double Suction Pump*
- Merek Pompa : Standart
- Discharge Flange : DN 400 mm / 16 Inch
- Head : 160 m
- Speed : 1450 rpm
- Motor Power : 900 kW
- Pump Efficiency : 80 %
- Pump Designation : SDS-H400-50

3.6.2 Perhitungan Daya Hidrolis Pompa

Rumus penentuan daya pompa mengacu pada buku pompa & kompresor [9]. Sebuah pompa membutuhkan sejumlah daya untuk melakukan kerja yaitu memindahkan sejumlah volume air pada ketinggian tertentu. Daya hidrolis pada penelitian ini dapat dihitung menggunakan persamaan yang tertulis pada bagian 2 sebagai berikut :

$$Ph = \rho \times g \times Q \times H$$

$$Ph = 995,7 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,339 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 149,21 \text{ m}$$

$$Ph = 494,013 \text{ kW}$$

Jadi daya hidrolis yang diperlukan untuk mendistribusikan fluida adalah sebesar 494.013 kilowatt.

3.6.2 Perhitungan Daya Poros Pompa

Daya poros adalah daya yang harus ditransmisikan oleh poros ke pompa ditambah kerugian daya di dalam pompa, sehingga pompa bisa berkerja sesuai dengan daya hidrolis. Daya poros pada penelitian ini dapat ditentukan menggunakan persamaan yang telah disebutkan pada bagian 2 adalah sebagai berikut :

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

$$P = \frac{494,013 \text{ kW}}{80\%}$$

$$P = 617,516 \text{ kW}$$

Jadi daya poros yang diperlukan untuk memutar 1 pompa dengan daya hidrolis sebesar 494.013 kilowatt dan memiliki efisiensi 80% adalah 617.516 kilowatt.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Penentuan diameter *waterspray system* dan *hydrant* dilakukan tiap *line-number* sistem dan berdasarkan nilai debit yang mengalir pada sistem serta batas kecepatan yang diizinkan. Nilai debit mengacu pada Standard NFPA 14, 15, dan API 2510 sedangkan batas kecepatan aliran dalam pipa *steel* mengacu pada rancangan pedoman perencanaan jaringan irigasi pipa dari kementerian pekerjaan umum. Hasil kalkulasi diameter kemudian divalidasi ulang menggunakan standard API 574, sehingga dapat dihasilkan nilai diameter pipa yang digunakan dalam sistem antara lain : 6” Sch 40, 8” Sch 40, 14” Sch 40. 16” Sch 40 dan 24” Sch 40.
2. Kalkulasi head untuk menentukan pompa dilakukan secara manual dan *software* menggunakan Persamaan *Darcy Weisbach*. Berdasarkan hasil kalkulasi secara manual didapatkan nilai head 152,77 m sedangkan hasil perhitungan menggunakan *software* didapatkan nilai head 149,21 m dengan presentase error 2,39 % serta daya pompa sebesar 494,013 kW. Sehingga dapat dilakukan pemilihan spesifikasi pompa menggunakan *selection chart* kemudian didapatkan pompa type *double suction pump*, Merk Standart-SDS-H400-50 dengan kapasitas head 160 m, kecepatan 1450 Rpm, efisiensi 80% dan daya 900 kW.

5. PUSTAKA

[1] API 2510. (2001). *API 2510 : Design and Construction of LPG Installations: Vol. Eight Edition*.

[2] Irawan, I. (2022). *Perencanaan Jalur Perpipaan Fire Fighting Foam dan Water Spray System Sebagai Instalasi Perlindungan Kebakaran Pada Tanki TK-7201, TK-7202, dan TK-7203 Pada Plant Industri Gresik* [D4]. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

[3] Liu, H. (2003). *Pipeline Engineering* (1st ed., Vol. 1). CRC Press LLC.

[4] Margariyan, E. (2021). *Perancangan Jalur Perpipaan Fire Fighting System Jenis Hydrant dan Sprinkler pada Storage Tank* [D4]. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

[5] NFPA 14. (2016). *NFPA 14 : Standard for the installation of standpipe and hose systems*.

[6] NFPA 15. (2012). *NFPA 15 : standard for water spray fixed systems for fire protection*.

- [7] Parisher, R. A. (2002). *Pipe Drafting And Design* (Second Edition). Butterworth-Heinemann.
- [8] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum/26/PRT/M/2008. (2008). *Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan*.
- [9] Sularso. (2004). *POMPA & KOMPRESOR, Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan* (Eight Edition). PT Pradnya Paramita.