

Perencanaan *Fire Fighting Foam* Menggunakan Fluida Air dan Busa di *Crude Oil Refinery*

Chandra Bahari Dirgantara^{1*}, Projek Priyonggo Sumangun L.², Benedicta Dian Alfanda³

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*,2,3}

Email: chandrdirgantara@student.ppns.ac.id^{1*}; projek.priyonggo@ppns.ac.id²; Benedictadian@ppns.ac.id³

Abstract – *Crude Oil Refinery* have various wells to obtain natural products in the form of crude oil in a large-scale production capacity. In oil well area there was an explosion caused by a lightning strike. This incident caused 7 production tanks caught fire. Handling to extinguish fires using fresh water through available fire extinguishing system. However, using fresh water in this system is less efficient. So, installation of foam fire fighting needed in the form of foam fluid to overcome in fire. Problems discussed in the research included designing a foam fire extinguisher installation. Calculate the amount of water and foam requirements, and the required pump capacity in the form of manual calculations and Pipe Flow Expert Software for comparison. Storage tank area has a surface area of 998.5 m². Minimum discharge time 65 minutes with minimum application speed 6.5 liters / minute. Crude oil storage have 3 hydrant pillars required with total head in this system is 51,05 meters. Total requirement for 3% foam solution is 20441.22 liters and 97% water requirement is 660932.78 liters. Calculation of pump power using Pipe Flow Expert software is 26,14 kW and manual calculation is 24,57 kW.

Keywords : fluid service, headloss, hydrant pillar, pump power, software analysis

Nomenclature

A	= Luas penampang pipa [m ²]
ID	= Diameter internal pipa [m]
V	= Kecepatan aliran pipa [m/s]
Q	= Debit [m ³ /s]
Re	= Reynolds number [-]
P	= Tekanan operasi [MPa]
e	= Harga kekasaran pipa
f	= Friction factor
g	= Percepatan gravitasi [9,8 m/s ²]
H _{L Mayor}	= Headloss mayor [m]
H _{L Minor}	= Headloss minor [m]
K	= Nilai K factor
H _{pump}	= Headloss pompa [m]
P _{pump}	= Daya pompa [Kw]
H _A	= Head statis total [m]
H _p	= Head tekanan yang bekerja [m]
H _k	= Perbedaan head kecepatan [m]

1. PENDAHULUAN

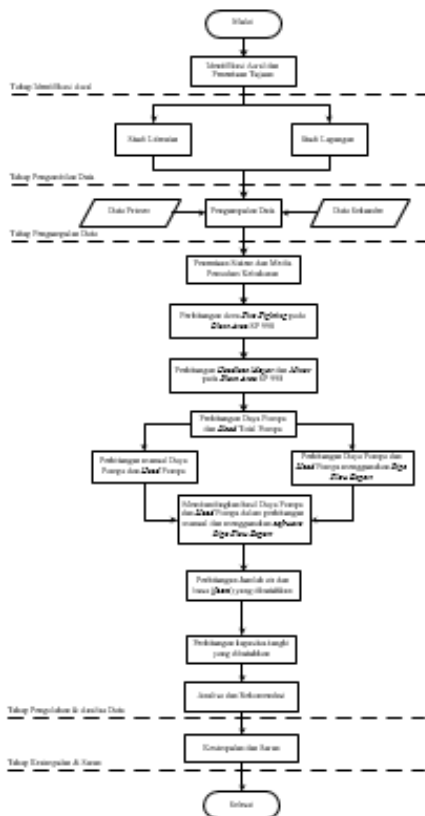
Pada *plant area* sumur minyak terjadi kebakaran yang diakibatkan oleh sambaran petir. Kejadian tersebut menyebabkan 7 tangki produksi mengalami kebakaran. Penanganan yang dilakukan untuk memadamkan kebakaran tersebut menggunakan *fresh water* melalui sistem pemadam kebakaran yang tersedia. Namun penggunaan *fresh water* dalam sistem

kurang efisien karena jenis fluida yang terdapat dalam tangki produksi adalah *crude oil*. Dari kasus tersebut, maka yang digunakan untuk memadamkan jika terjadi kebakaran pada tangki yang berisi *crude oil* dengan menggunakan campuran air dengan busa (*foam*). *Foam* / busa dapat menyelimuti titik api yang terbakar, sehingga api akan padam karena oksigen tidak dapat masuk dan bereaksi dengan bahan bakar / fluida, dalam hal ini fluida yang ditunjukkan adalah *crude oil*. Maka dalam penelitian ini, proses pengerjaan *fire fighting foam* diperlukan perhitungan *headloss total*, perhitungan *head* pompa dan penentuan pompa menggunakan *software Pipe Flow Expert*.

2. METODOLOGI

2.1 Metodologi Penelitian

Alur pengerjaan penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1 yang menunjukkan diagram alur penelitian ini.



Gambar 1 diagram alir penelitian

2.2 Software Pipe Flow Expert

Pemodelan dengan *software Pipe Flow Expert* dilakukan untuk mengetahui nilai *head pump* serta daya pompa yang diperlukan. Pemodelan tersebut berupa jalur sistem perpipaan pada sistem *fire fighting foam*.

• Fungsi Aplikasi Software Pipe Flow Expert

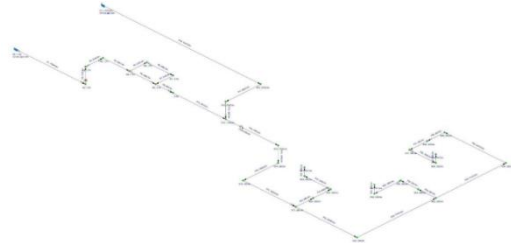
Pipe flow expert ini dirancang untuk membantu insinyur untuk menggambar sistem jaringan pipa kompleks kemudian menganalisa dan memecahkan berbagai masalah di dalam sebuah jaringan pipa tersebut. Program ini juga bisa digunakan untuk melakukan simulasi perancangan terhadap sebuah jaringan pipa untuk mendapatkan sejumlah hasil yang nantinya akan menjadi acuan untuk melakukan perancangan yang sebenarnya di lapangan.

• Kotak Input Data

Kotak *input data* terletak di sisi kiri panel gambar. Kotak *input* ini akan menampilkan data untuk *node* yang sedang dipilih atau pipa dan dapat digunakan untuk mengubah data. Data untuk *node*, pipa, pompa dan lain-lain dapat diubah pada setiap saat selama proses desain.

• Pipe routing

Pada gambar 2 pemodelan jalur sistem *fire fighting foam* yang akan dianalisa memiliki panjang sebesar 142,1 m serta fluida yang terdapat pada analisa tersebut berupa *foam* dan *water*



Gambar 2 Desain routing sistem fire fighting foam

2.3 Perhitungan Surface Area

Pada penelitian ini perhitungan dilakukan pada 2 area yaitu Area A dan Area B, maka untuk menghitung luas *surface area* dapat dihitung dengan menggunakan rumus luas Persegi panjang

$$\begin{aligned} \text{Luas area A} &= P \times L \\ &= 14,5 \times 25,5 \\ &= 369,75 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas area B} &= P \times L \\ &= 27,5 \times 22,5 \\ &= 618,75 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Luas} &= \text{area A} + \text{area B} \\ &= 369,75 + 618,75 \\ &= 988,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2.4 Head Total Pompa

Head total pompa harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti yang direncanakan, dapat ditentukan dari kondisi sistem yang akan dilayani pompa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Analisis Headloss

Hasil perhitungan *headloss* pada sistem *foam fire fighting* berdasarkan *line number* terdapat 2 perhitungan, yaitu *headloss mayor* dan *headloss minor*. Kedua perhitungan tersebut akan mendapatkan nilai *head total*. Berikut contoh detail perhitungan dari *headloss mayor*, *headloss minor*, dan *head total* pada *line number 31-2"-FF-CS-001* yang merupakan pipa *liquid service line* yang tersambung dengan *foam inductor* diketahui debitnya yakni 0,005 m³/s dan *internal diameter* 2,067 inch atau 0,05248 mm

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi}{4} \times ID^2 \\ &= \frac{\pi}{4} \times 0,05248^2 \\ &= 0,0022 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,005}{0,0022} = 2,42 \text{ m/s}$$

Dengan diketahuinya kecepatan aliran, maka dilakukan perhitungan selanjutnya untuk menentukan *Reynold Number*, dengan persamaan sebagai berikut.

$$Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu} = \frac{1010 \text{ kg/m}^3 \times 2,42 \text{ m/s} \times 0,05248 \text{ m}}{0,002 \text{ kg/ms}} = 64216,980$$

Maka Aliran tersebut termasuk kedalam aliran turbulen karena memiliki *Reynold Number* lebih dari 4000. Setelah penentuan *Reynold Number* maka selanjutnya menentukan harga kekasaran dibagi dengan *inside diameter* dalam satuan mm dengan hasil seperti pada perhitungan berikut

$$\frac{e}{ID} = \frac{0,460}{52,48} = 0,000877$$

Dari parameter tersebut dapat diketahui nilai *friction factor* yang dicari pada *moody diagram*. Sehingga hasilnya yakni 0,027. Setelah itu, maka perhitungan *headloss mayor* dapat diketahui berdasarkan perhitungan berikut ini

$$H_L \text{ Mayor} = \frac{f \times L \times v^2}{2 \times g \times ID} = \frac{0,027 \times 19,5 \times 2,42^2}{2 \times 9,8 \times 0,05248} = 3,01 \text{ m}$$

Jadi, total *headloss mayor* pada pipa *line number* 31-2"-FF-GV-001 adalah 3,01 meter.

Kemudian untuk perhitungan *headloss minor* dapat diketahui berdasarkan nilai *k factor* seperti pada tabel 1

Tabel 1 Nilai *K factor* pipa *line number* 13-2"-FF-CS-001

Fitting	K	n	K x n
Elbow 90°	0,3	2	0,6
Expander 2"x3"	0,21	1	0,21
Gate Valve	0,12	1	0,12
K_{total}			0,96

$$A = \frac{\pi}{4} \times ID^2 = \frac{\pi}{4} \times 0,05248^2 = 0,0022 \text{ m}^2$$

$$H_L \text{ Minor} = K_{tot} \times \frac{v^2}{2g} = 0,96 \times \frac{2,42^2}{2 \times 9,8} = 0,288 \text{ m}$$

Jadi, total *headloss minor* pada pipa *line number* 31-2"-FF-GV-001 adalah 0,288 meter.

Setelah didapatkan nilai kedua *headloss* tersebut yaitu *headloss mayor* dan *minor*, maka

keduanya dijumlahkan untuk mendapatkan nilai *headloss total* sebagai berikut :

$$H_L \text{ Total} = H_L \text{ Mayor} + H_L \text{ Minor} = 3,01 + 0,288 = 3,29 \text{ meter}$$

Hasil perhitungan diatas dapat dikelompokkan berdasarkan *line number* dalam sistem *foam fire fighting* berdasarkan *headloss mayor* dan *headloss minor* pada tabel 2

Tabel 2 Nilai *headloss total* pada setiap *line number*

No	Line Number	Headloss Total (m)
1	31-2"-FF-CS-001	3,29
2	31-6"-FW-CS-001	29,25
3	31-6"-FS-CS-001	1,34
4	31-6"-FS-CS-002	3,21
5	31-6"-FS-CS-003	1,98
6	31-6"-FS-CS-004	2,32
7	31-4"-FS-CS-001	4,83
8	31-4"-FS-CS-002	4,83
9	31-4"-FS-CS-003	4,83
		51,05

3.2 Hasil Analisis Head Pump

Perhitungan *headloss* setiap *line number* baik *headloss mayor* maupun *headloss minor*, maka seluruh *headloss* tersebut akan dijumlahkan untuk mendapatkan *headloss total* yang terjadi di sistem tersebut.

Nilai datum *nozzle* pompa didapatkan dari titik tengah *nozzle suction* pompa hingga dasar permukaan tanah, maka selanjutnya melakukan perhitungan *head* pompa yang dibutuhkan untuk menyuplai fluida keseluruhan sektor jaringan. Perhitungan dilakukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$H_{pump} = H_L + H_A + H_P + H_K = 51,05 + (-2,26) + 61,21 + 4,21 = 114,21 \text{ meter}$$

Head pompa yang dibutuhkan untuk mendistribusikan fluida keseluruhan sektor dalam sistem ini adalah sebesar 114,21 meter.

3.3 Hasil Analisis Daya Pompa

Penentuan besar daya pompa untuk kebutuhan pemilihan pompa yang dibutuhkan dalam sistem, maka perhitungan daya pompa dilakukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$P_{pump} = \rho \times g \times H_{pump} \times Q = 1000 \times 9,8 \times 114,21 \times 0,022 = 24574,84 \text{ W} = 24,57484 \text{ kW} = 32,95535 \text{ Hp}$$

3.4 Analisis Head Pompa Software Pipe Flow Expert

Penentuan berapa besar daya pompa untuk kebutuhan pemilihan pompa yang dibutuhkan dalam sistem, maka perhitungan daya pompa dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Pipe Flow Expert* seperti pada gambar 3.

Pump Data Name: Pump Catalog: General Manufacturer: Generic Type: End suction Size: 8x15 A110 Stages: 0 Speed: 975 Rpm Impeller Diam: 13,500inch Min Speed: 500 Rpm Max Speed: 975 Rpm Min Diam: 11,000 inch Max Diam: 15,000 inch	Fluid Data Fluid: FOAM Density: 1000 kg/m ³ Viscosity: 0,0030 cP Temperature: 50,000 °C Vapor Pressure: 0,0000bar a Atm Pressure: 1,0132 bar a Design Curve Static Head: 148,120 m hd Fluid Shut-off @: 8,9014 m ³ /g BEP: 82,5% @ 2,168 m ³ /sec Power at BEP: 33,22 kW NPSHr at BEP: 1,394 m hd Fluid Max Flow Power: 143,13 kW @ 2,524 m ³ /sec	Operating Notes Prof. Op. Region: 70% - 130% of BEP Prof. Flow Range: 0,0482 - 0,0896 m ³ /sec Note: This pump performance is generally similar to similar ranges from other pump manufacturers. Atlas Copco AF08, G4000 1500, F4000 1500, G4000 1511, Summit 2168 & Duro-Mark III Series ANSI pumps. Data Point Flow: 2,437 m ³ /sec Head: 54,80 m hd Fluid Efficiency: 75,23% Power: 26,14 kW NPSHr: 1,131 m hd Fluid
---	---	---

Gambar 3 Hasil analisa menggunakan software Pipe Flow Expert

3.5 Prosentase Perbandingan dari Hasil Perhitungan Manual dan Software Pipe Flow Expert dalam menentukan Daya Pompa

Berdasarkan hasil perhitungan metode manual dan software (*Pipe Flow Expert*) didapatkan hasil yang berbeda dengan rincian sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \% \text{ perbandingan} &= \frac{\text{Perhitungan Manual}}{\text{Perhitungan software}} \times 100\% \\ &= \frac{24,57}{26,14} \times 100\% \\ &= 6,01\% \end{aligned}$$

3.6 Perhitungan Jumlah Air dan Liquid yang Dibutuhkan

Perhitungan jumlah *liquid* dan air yang dibutuhkan :

$$\text{Foam solution discharge rate} = \text{luas surface area} \times \text{application rate.}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, foam solution discharge rate} &\text{ adalah} \\ \text{Foam solution discharge rate} &= 988,5 \text{ m}^2 \times 6,5 \text{ Lpm/m}^2 \\ &= 6425,25 \text{ Lpm} \\ &= 1696,266 \text{ Gpm} \end{aligned}$$

Setelah diketahui *foam solution discharge rate* = 1696,266 Gpm, dengan *discharge time* 65 menit dan *liquid* yang digunakan adalah AFFF 3% (*concentrate* 0,03). Kemudian menghitung jumlah *foam concentrate* dengan menggunakan rumus :

$$\text{Quantity} = \text{foam solution discharge rate} \times \text{discharge time} \times \text{concentrate.}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, jumlah liquid} &\text{ adalah :} \\ \text{Quantity} &= 1696,266 \text{ Gpm} \times 65 \text{ menit} \\ &= 681,374 \text{ m}^3 \\ &= 681,374 \text{ m}^3 \times 0,03 \\ &= 20,44122 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, jumlah *liquid* yang dibutuhkan untuk memproteksi *surface area* adalah 20,44122 m³.

Foam solution discharge rate = 1696,266 Gpm, dengan *discharge time* 65 menit, prosentase *liquid* yang digunakan 3% dan 97% air dapat diketahui jumlah kebutuhan air sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air} &= \text{foam solution discharge rate} \times \text{discharge time} \times 97\% \\ &= 1696,266 \text{ Gpm} \times 65 \text{ menit} \\ &= 681,374 \text{ m}^3 \\ &= 681,374 \text{ m}^3 \times 0,97 \\ &= 660,9328 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, jumlah air yang dibutuhkan untuk memproteksi *surface area* adalah 660,9328 m³.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan keseluruhan yang sudah dilaksanakan, didapatkan perhitungan total nilai *surface area* yang diproteksi adalah 988,5 m². Hasil perhitungan dari nilai total *headloss mayor* dan *headloss minor* didapatkan sebesar 51,05 m. Maka, nilai *headloss total* tersebut dapat digunakan untuk menentukan nilai *head* pompa, didapatkan nilainya sebesar 114,21 m. Dari perhitungan ini dapat dilakukan perhitungan daya pompa yang dibutuhkan yaitu sebesar 32,95535 Hp. Jumlah air dan *liquid* yang dibutuhkan dengan mengacu hasil perhitungan nilai *surface area* adalah untuk air sebesar 660,9328 m³ dan *liquid* sebesar 20,44122 m³.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Association, N. F. P. (2000). NFPA 30: Flammable and Combustible Liquids Code: NFPA 30A: Code for Motor Fuel Dispensing Facilities and Repair Garages. The Association.
- [2] Badan Standardisasi Nasional. (2000). SNI 03-1745-2000 - Pipa Tegak dan Slang. http://ciptakarya.pu.go.id/pbl/asset/doc/sni/SNI_PIPA.PDF
- [3] Codes, A. I. (2011). NFPA 11 : Standard for High-Expansion Foam 2010 Edition.
- [4] Parisher, R. A. (2001). Pipe drafting and design. Elsevier.
- [5] Park, B. (2010). Standard for High-Expansion Foam 2010 Edition.

- [6] Roof, C., Tank, S., Top, O., & Roof, F. (2005). Fixed or Semi-Fixed Fire Protection Systems for Storage Tanks. *Homeland Security Technologies for the 21st Century*, 817, 243–256.
- [7] Santoso, E., & Priyo, A. (2017). Analisa Pengaruh Water Hammer Terhadap Pipe Stress Jalur Pipa Avtur Terminal ISG Tanjung Perak–DPPU Bandara Juanda. *Proceedings Conference on Piping Engineering and Its Application*, 2(1), 51–54.
- [8] Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi. (1980). Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi No:Per.04/Men/1980 tentang Syarat-Syarat Pemasangan dan Pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan. *Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi*, 04, 1–10. <https://doi.org/10.1002/hyp.9884>.