



Perancangan Pipa Sistem Pemadam Kebakaran di Stasiun Pengumpul Minyak Mentah

Suhaeri¹, Hari Azhari²

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No. 1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : dosen00906@unpam.ac.id ¹

Masuk : 6 Maret 2024

Direvisi: 6 April 2024

Disetujui: 26 April 2024

Abstract: Crude oil gathering stations are locations where crude oil is collected before being transported to processing facilities or ports. The fire suppression system pipeline is an important component in the safety infrastructure of this station. This system is designed to detect, control, and extinguish fires quickly and effectively. In determining the pump must consider the needs of the area to be extinguished. The ring line headers (distribution pipes) or pipes surrounding the crude oil storage area must be designed, and be able to deliver the necessary water needs from the fire pump and pay attention to the economic aspects. The fire assumption designed is if one tank is burned and the other tank is cooled with water to prevent fire. The pump chosen is a centrifugal type pump and in addition a jockey pump is needed to maintain pressure in the main pipe or if the pressure drops to a certain value, the jockey pump will automatically start. The water pool to supply fire protection needs is designed to meet the minimum needs for 4 hours. Based on the design results obtained that the centrifugal pump capacity requirement is 0.148 m³ / s with a power of 25.84 kW and installed 1 pump driven by an electric motor and 1 pump driven by a diesel motor. For the main pipe size, a pipe with a nominal diameter of 12 inches with schedule 40 is needed. For the water pool in the form of roving castings with an effective volume of 4 hours.

Keywords: Oil Gathering; Fire Suppression; Header Ring Line.

Abstrak: Stasiun pengumpul minyak mentah merupakan lokasi tempat minyak mentah dikumpulkan sebelum diangkut ke fasilitas pengolahan atau pelabuhan. Pipa sistem pemadam kebakaran menjadi komponen penting dalam infrastruktur keamanan stasiun ini. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi, mengendalikan, dan memadamkan kebakaran dengan cepat dan efektif. Dalam menentukan pompa harus memperhatikan kebutuhan area yang akan dipadamkan. Header ring line (pipa distribusi) atau pipa yang mengelilingi area penyimpanan minyak mentah harus dirancang, dan mampu menyalurkan kebutuhan air yang diperlukan dari pompa pemadam kebakaran serta memperhatikan aspek ekonomis. Asumsi kebakaran yang dirancang adalah jika salah satu tanki terbakar dan tanki yang satu didinginkan dengan air agar tidak terjadi kebakaran. Pompa yang dipilih adalah pompa jenis sentrifugal dan di samping itu diperlukan pompa jockey yang berfungsi untuk mempertahankan tekanan pada pipa utama atau bila tekanan turun sampai nilai tertentu, pompa jockey otomatis akan hidup. Kolam air untuk mensuplai kebutuhan proteksi kebakaran dirancang dapat memenuhi kebutuhan minimal selama 4 jam. Berdasarkan hasil perancangan diperoleh bahwa kebutuhan kapasitas pompa sentrifugal yaitu 0.148 m³/s dengan daya 25.84 kW dan di pasang 1 pompa yang digerakkan oleh motor listrik dan 1 pompa yang digerakan oleh motor diesel. Untuk ukuran pipa utama dibutuhkan pipa dengan diameter nominal 12 inci dengan schedule 40. Untuk kolam air berupa coran keliling dengan volume efektif selama 4 jam.

Kata kunci: Minyak Mentah; Sistem Pemadam Kebakaran; Header ring line (pipa distribusi).

PENDAHULUAN

Minyak mentah merupakan salah satu sektor industri vital dalam ekonomi global dan regional. Dengan sumber daya alam minyak mentah yang melimpah negara Indonesia memiliki banyak stasiun pengumpul minyak mentah yang berperan penting dalam proses produksi dan distribusi minyak. Namun, dalam operasional sehari-hari, risiko kebakaran di stasiun pengumpul minyak mentah merupakan ancaman serius yang dapat menyebabkan kerugian besar dalam hal kehidupan manusia, lingkungan, dan aset perusahaan. Tantangan utama yang dihadapi adalah pengembangan dan perancangan pipa sistem pemadam kebakaran yang efisien dan handal.

Hal ini melibatkan pemilihan bahan pipa yang tahan terhadap suhu tinggi dan korosi akibat paparan minyak mentah, perancangan jalur pipa yang optimal, serta pemilihan teknologi pemadam kebakaran yang sesuai seperti sprinkler atau foam system. Selain itu, perlu juga mempertimbangkan aspek biaya dan kepatuhan terhadap peraturan dan standar keselamatan yang berlaku. Industri minyak dan gas memiliki persyaratan yang ketat terkait keamanan dan perlindungan terhadap kebakaran. Sebab itu, sistem perancangan pipa pemadam kebakaran harus mematuhi standar dan regulasi yang berlaku, seperti National Fire Protection Association (NFPA) dan American Petroleum Institute (API).

Perancangan pipa sistem pemadam kebakaran di stasiun pengumpul minyak mentah memiliki relevansi yang sangat tinggi dalam industri saat ini. Dengan semakin kompleksnya infrastruktur minyak dan gas, serta tuntutan ketat terkait keselamatan dan lingkungan, peningkatan efisiensi dan efektivitas sistem pemadam kebakaran menjadi sangat penting. Selain itu, tesis ini juga akan memberikan kontribusi berharga dalam mengurangi risiko kebakaran dan dampaknya terhadap lingkungan dan masyarakat sekitar, sejalan dengan upaya pemerintah dan industri untuk mencapai standar keselamatan yang lebih tinggi. Dengan demikian, topik ini relevan dalam mendukung perkembangan berkelanjutan industri minyak dan gas di Indonesia.

Beberapa contoh kasus kebakaran stasiun pengumpul yang terjadi di berbagai negara seperti kebakaran dan ledakan di stasiun pengumpul minyak milik perusahaan Gulf Oil Caribbean Petroleum tahun 2009 yang menyebabkan 2 orang meninggal dan ratusan orang harus dievakuasi ("Liquid Hydrocarbon Fuel Tanks,"). Di Indonesia, kejadian kebakaran pada stasiun pengumpul minyak pernah beberapa kali terjadi seperti pada 2 April 2011 terjadi kebakaran tangki 31 T-2 kilang minyak PT. Pertamina di Cilacap dengan kerugian mencapai Rp. 270 miliar (nasional news, 2011). Selain itu, kebakaran terjadi pada tangki crude oil milik PT. Medco E&P Indonesia 22 Januari 2011 di Ukui (Riau), yang mengakibatkan kerugian finansial cukup besar dikarenakan kehilangan sekitar 1.100 barel minyak mentah di tangki tersebut (Anugrah, 2011). Kejadian terbaru terjadi di depo Pertamina di wilayah Plumpang, Jakarta Utara, Jumat (3/3). Kebakaran terjadi sekitar pukul 20.20 WIB. Setidaknya 17 orang dilaporkan meninggal dunia akibat insiden ini. Sementara 50 orang mengalami luka-luka dengan berbagai tingkat keparahan.

Berdasarkan beberapa kasus kebakaran stasiun pengumpul yang terjadi maka perancangan pipa sistem pemadam kebakaran di stasiun pengumpul minyak mentah dapat meliputi beberapa aspek yaitu mulai dari perancangan pipa, kebutuhan kolam penampungan air, pemilihan bahan pipa yang tahan terhadap korosi dan suhu tinggi dan menentukan kebutuhan material dalam perancangan sistem pemadam kebakaran.

METODOLOGI

Pada penelitian ini menggunakan tiga metode, yaitu metode eksperimen, perhitungan, dengan menentukan kapasitas pompa, volume kolam air standar 4-6 jam, menentukan dimensi pipa Hasil eksperimen dan perhitungan kemudian dianalisis. Objek sebagai data pembandingan pada perancangan sistem kebakaran, diambil di daerah Indragiri Hulu, Riau-Pekanbaru, tepatnya di desa Buat. Sistem ini dilakukan pada tahun 2012. Data yang diperoleh berdasarkan site visit lokasi, hal ini dimaksudkan untuk mengetahui elevasi pipa dan peralatan yang akan digunakan dalam sistem pemadam kebakaran untuk pengumpul minyak mentah. Teknik mengumpulkan data tersebut dilakukan dengan cara:

1. Studi Literatur
Tinjau literatur terkait desain sistem pemadam kebakaran pada stasiun pengumpul minyak mentah yang dilakukan dengan membaca, wawancara dan mengolah data, yang diperoleh dari literatur. Data yang dibaca adalah data yang berhubungan dengan hasil-hasil yang akan direncanakan. Data pustaka ini selanjutnya akan dipergunakan sebagai parameter pembandingan untuk mengukur akurasi.
2. Wawancara
Melakukan wawancara untuk memperoleh data yang akurat untuk di bandingkan dengan hasil studi dengan menggunakan literatur.
3. Pengumpulan Data
 - a. Gambar Layout kondisi lapangan
 - b. Gambar Piping & Instrument Diagram (P&ID)
 - c. Pengumpulan data teknis
4. Alat dan Bahan
Proses perancangan pipa system pemadam kebakaran di stasiun pengumpul minyak mentah menggunakan software AutoCad.



Gambar 1. Lokasi Sistem Pemadam Kebakaran

Instrumen data berupa:

1. Area proteksi
Area yang akan diproteksi yaitu dua tanki penyimpanan minyak mentah yang masing-masing mempunyai kapasitas yaitu 23,000 bbl.
2. Sumber air
Sumber air berasal dari kolam air yang volumenya sebanding dengan kapasitas ntuk pemadaman jika terjadi kebakaran pada tanki pengumpul minyak mentah.
3. Pendukung proteksi
Pada proteksi yang diterapkan, sebagai berikut :Terdapat 2 fire monitor dengan asumsi kapasitas 500 gpm sehingga kapasitas total fire monitor 1000 gpm = 0.063 m³/s dan 4 hidran dengan masing-masing kapasitas 250 gpm sehingga kapasitas totalnya yaitu 1000 gpm = 0.063 m³/s untuk hidran.
4. Peralatan
Asumsi kebakaran sebagai berikut :Jika salah satu tanki kebakaran dan tanki yang satu lagi dilakukan pendinginan agar tidak terjadi kebakaran, dengan 2 fire monitor operation dan 4 hidran yang beroperasi beserta water spray yang terdapat di tanki. Jarak di rancang antara hidran satu dengan yang lain yaitu 50 meter, sedangkan standar yang diijinkan yaitu 45 sampai 90 meter [1], sehingga jarak tersebut diijinkan. Untuk selang pemadam kebakaran digunakan 2 ½ inchi [2]. dengan panjang kira-kira 100 feet atau 30 meter serta nozzle yang dibutuhkan dengan kapasitas tekanan antara 100 psig (690 kPa).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perhitungan Kapasitas Pompa

Pompa yang digunakan dalam sistem pemadam kebakaran adalah pompa sentrifugal. Khusus untuk pompa pemadam dalam sistem pemadam kebakaran, pompa tersebut harus mempunyai minimal kecepatan fluida yang dimiliki yaitu 500 gpm atau 1892 L/min [3]. Untuk menjaga tekanan di dalam pipa digunakan pompa pompa *jockey*. Agar tekanan dalam pipa stabil, saat sistem proteksi kebakaran digunakan.

a. Kebutuhan Water Spray Pada Tanki

Pompa yang dipakai adalah pompa sentrifugal

Data tanki yang diproteksi untuk masing-masing tanki :

Diameter	= 20.20 m
Tinggi	= 12.19 m
Tipe Atap	= <i>Supported cone roof</i>

Standar kecepatan fluida yang diijinkan per luas area yang akan diproteksi 0.10 gpm/ft² (4.1 lpm/m²) dan termasuk *safety factor* 0.05 gpm/ft² (2.0 lpm/m²), [4]

Kebutuhan minimum air pemadam yang disuplai :

$$1 \text{ gpm/ft}^2 = \frac{0.227}{0.0929} = 2.44 \text{ m}^3/\text{hr/m}^2$$

$$1 \text{ m}^3/\text{hr} = 4.40 \text{ gpm}$$

$$0.10 \text{ gpm/ft}^2 = 0.10 \times 2.44 = 0.244 \text{ m}^3/\text{hr/m}^2$$

$$\begin{aligned} 0.05 \text{ gpm/ft}^2 &= 0.05 \times 2.44 = 0.122 \text{ m}^3/\text{hr/m}^2 \\ &= (\pi \times (\text{jari-jari tanki})^2) \times (0.244 \text{ m}^3/\text{hr/m}^2) \\ &= (3.14 \times (10.10 \text{ m})^2) \times (0.244 \text{ m}^3/\text{hr/m}^2) \\ &= 320.31 \text{ m}^2 \times 0.244 \text{ m}^3/\text{hr/m}^2 \\ &= 78.15 \text{ m}^3/\text{hr} \\ &= \frac{78.15}{3600} \\ &= 0.0217 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Untuk konsentrat yang digunakan yaitu AFFF (*Aqueous Film-Forming Foam Concentrates*) 3% [5], sehingga :

$$\begin{aligned} &= 3\% \times 0.0217 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 6.51 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan untuk total untuk *water spray*, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &= 0.0217 \text{ m}^3/\text{s} + 6.51 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 0.02235 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (untuk kebutuhan 1 tanki)} \end{aligned}$$

Untuk kebutuhan untuk 1 tanki sebagai berikut :

$$= 0.02235 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Kapasitas Pompa Sentrifugal

Kebutuhan kapasitas pompa yang harus disediakan, yaitu:

- 1) Kebutuhan untuk *water spray*
= 0.02235 m³/s
- 2) Kebutuhan pendukung proteksi
 - a) Fire monitor @500 gpm x 2 = 1.000 gpm = 0.063 m³/s
 - b) Hidran 2 ways @250 gpm x 4 = 1.000 gpm = 0.063 m³/s

Jadi jumlah kecepatan aliran secara keseluruhan yang harus disuplai oleh pompa sentrifugal yaitu:

$$\begin{aligned} &= (0.02235 + 0.063 + 0.063) \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 0.148 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan kapasitas pompa sentrifugal yaitu 0.148 m³/s.

c. Kapasitas Pompa Jockey

Besaran Laju alir yang perlu di suplai oleh *jockey pump* ditentukan oleh besaran kebocoran (*leaking rate*) pada sistim perpipaan sistim proteksi pemadam kebakaran berdasarkan metode yang disarankan dalam NFPA-20 [6].

Pendekatan yang lain berdasarkan (*engineering practice*) menggunakan nilai kapasitas 1,5% dari laju alir pompa utama air pemadam sebagai nilai laju untuk pompa *jockey* yaitu asumsi bahwa kebutuhannya 1.5% x total kecepatan fluida yang mengalir pada *header* pipa

$$\begin{aligned} &= 1.5\% \times 0.148 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 0.015 \times 0.148 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 2.22 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Maka kapasitas pompa *jockey* yang dibutuhkan adalah 2.22x10⁻³ m³/s.

d. Perhitungan Pada Sisi Isap

Data yang diperoleh:

- | | |
|--|--|
| 1) Head elevasi (z1) | = 1 m |
| 2) Diameter pipa | = 8 inchi (berdasarkan data pompa) = 0.2 m |
| 3) Panjang Pipa (L) | = 7000 mm = 7 m |
| 4) ν air | = 1 cSt |
| 5) Tekanan atmosphere | = 1 atm = 101.325 kPa |
| 6) Tinggi elevasi | = 1m |
| 7) ρ air | = 1000 kg/m ³ |
| 8) Viskositas kinematik air pada suhu 300C | = 0.801 x 10 ⁻⁶ m ² /s |

Kecepatan pada sisi hisap yang diijinkan = 2-3 ft/s, sehingga diambil 2.5 ft/s = 0.76 m/s.

Jadi tekanan pada sisi hisap pompa adalah :

$$\begin{aligned} &= \text{Tekanan atmosfer} - \text{Head isap} \\ &= 1 \text{ atm} +/-(\text{Tinggi elevasi(m)}/10 \times \text{SG}) \text{ atm} \\ &= 1 \text{ atm} - (1/10 \times 1) \text{ atm} \\ &= 0.9 \text{ atm} = 91.1925 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Sehingga nilai $P_1 = -91.2 \text{ kPa}$, tanda (-) menunjukkan sumber air berada di bawah bagian isap pompa.

e. Perhitungan Tekanan Pada Sisi Buang

Data yang diperoleh:

- | | |
|--|---|
| 1) Head elevasi (z1) | = 1.5 m |
| 2) Diameter pipa | = 6 inchi (berdasarkan data pompa) = 0.15 m |
| 3) Panjang Pipa (L) | = 3000 mm = 3 m |
| 4) v_{air} | = 1 cSt |
| 5) Tekanan <i>atmosphere</i> | = 1 atm = 101.325 kPa |
| 6) Viskositas kinematik air pada suhu 300C | = $0.801 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ |

Kecepatan pada sisi hisap yang diijinkan = 6-9 ft/s, sehingga diambil 7ft/s = 2.13 m/s.

Jadi tekanan pada sisi buang pompa adalah:

$$\begin{aligned} &= (\text{tekanan pada distribusi pipa}) + P_{\text{atm}} + P_{\text{elevasi}} \\ &= 690 \text{ kPa} + 101.325 \text{ kPa} + (1.5\text{m}/10 \times 1) \text{ atm} \\ &= 690 \text{ kPa} + 101.325 \text{ kPa} + 15.2 \text{ kPa} \\ &= 806.525 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Sehingga nilai $P_2 = +806.525 \text{ kPa}$ tanda (+) menunjukkan air berada di atas sisi buang pompa

f. Perbedaan Tekanan

Perbedaan tekanan atau *differential head*. Jadi Perbedaan tekanan pada sisi isap dan sisi buang sebagai berikut : Perbedaan tekanan

$$\begin{aligned} &= p_2 - p_1 \\ &= (806.525 - 91.1925) \text{ kPa} \\ &= 715.332 \text{ kPa} \end{aligned}$$

g. Head Kerugian Pipa Distribusi

Data yang diperoleh :

- | | |
|--|---|
| 1) Panjang header | = 713 m |
| 2) Diameter header | = 12 inchi = 0.319 m |
| 3) Kecepatan Buang | = 7 ft/s = 2.13 m/s |
| 4) Viskositas kinematik air pada suhu 30°C | = $0.801 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ |

Head kerugian pada pipa distribusi :

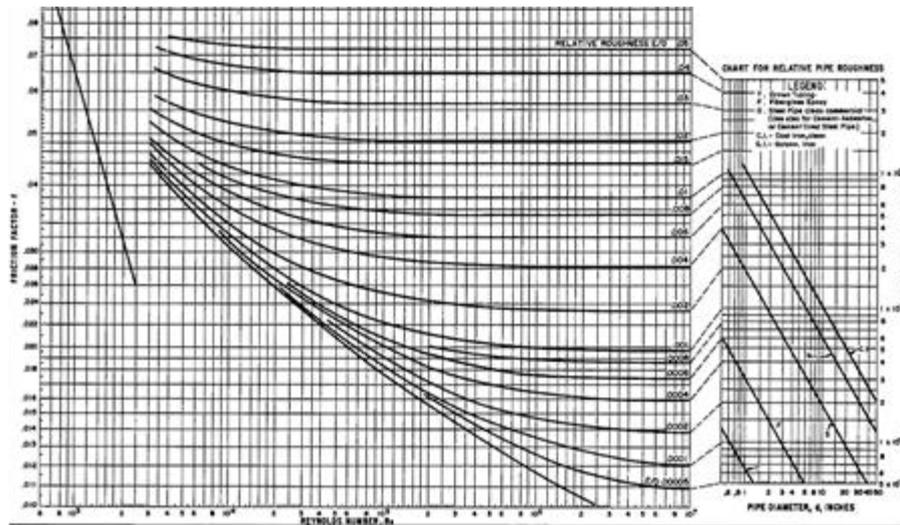
Bilangan Reynold

$$\begin{aligned} Re &= \frac{v \cdot D}{\nu} \\ &= \frac{2.13 \text{ m/s} \cdot 0.319 \text{ m}}{0.801 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 848277 \end{aligned}$$

Syarat $Re > 4000$, aliran bersifat **turbulen**, sehingga pada pipa distribusi merupakan aliran *turbulen*.

Nilai faktor gesekan :

Untuk nilai gesekan dicari melalui diagram *moody*, data yang diperoleh adalah diameter 12 inchi dengan material steel [7].



Material	e (mm)	e (inches)
Concrete	0.3 - 3.0	0.012 - 0.12
Cast Iron	0.26	0.010
Galvanized Iron	0.15	0.006
Asphalted Cast Iron	0.12	0.0048
Commercial or Welded Steel	0.045	0.0018
PVC, Glass, Other Drawn Tubing	0.0015	0.00006

Gambar 2. Pipe Materials and Common Pipe Roughness

Dari gambar diatas diperoleh nilai untuk nilai kekasaran relatif ($\frac{\epsilon}{D}$) yaitu = 0.0001499 => 0.00015. Sehingga head kerugian gesek di dalam pipa-pipa, dan head kerugian di dalam belokan-belokan, reduser, katup-katup dan sebagainya sepanjang saluran pipa yang dinyatakan sebagai berikut (menurut persamaan Darcy):

$$h_f = f \cdot \frac{L_f}{D_h} \cdot \frac{v^2}{2}$$

$$h_f = 0.00015 \frac{713m}{0.3m} \cdot \frac{(2.13m/s)^2}{2} = 0.808 \text{ J/kg.}$$

h. Head Kerugian Sisi Isap

Head kerugian pada sisi isap :

Bilangan Reynold

Re = 189763

Syarat Re > 4000, aliran bersifat turbulen, sehingga pada pipa distribusi merupakan aliran turbulen

Tabel 1. Material Pada Sisi Isap

No	Deskripsi	Speksifikasi	Jumlah	Satuan
1	Pipa	8” Sch. 40 API 5L Gr. B	7	m
2	Flange	8” 150# WN	2	unit
3	Fitting	8” Sch. 40 Elbow 90 deg	3	unit
4	Valve	8” 150# RF Foot Valve	1	unit
5	Bolt & Nuts	Stud Bolts & Nut Full Thrd UNC ¾” x 4 ½” A193-B7 & A194-2H	16	unit
6	Gasket	Gasket Spiral Wound ¾” 150LB Graphite filler IR/OR SS RF 4.5 mm	2	unit

Nilai faktor gesekan :

Untuk nilai gesekan dicari melalui diagram moody, data yang diperoleh adalah diameter 8 inci dengan material steel. Sehingga nilai kekasaran relatif ($\frac{\epsilon}{D}$)diperoleh : 0.000225

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D_h} \cdot \frac{v^2}{2}$$

$$= 0.000225 \cdot \frac{7m}{0.2m} \cdot \frac{(0.76m/s)^2}{2} = 0.00227 \text{ J/kg}$$

Pada katup isap dengan saringan (foot valve) :

Kerugian katup ⁽¹⁵⁾,

$$f = 1.84$$

$$h_{fl} = f \frac{v^2}{2}$$

$$= 1.84 \frac{(0.76m/s)^2}{2 \times 9.81m/s^2} = 0.054 \text{ m} = 0.5 \text{ J/kg}$$

Pada elbow 90°,

$$f = 0.131 + 1.847 \left(\frac{D}{2R}\right)^{3.5} \left(\frac{\theta}{90}\right)^{0.5}$$

dengan $D/R = 1$ ⁽¹⁶⁾

$$= 0.131 + 1.847 \left(\frac{1}{2}\right)^{3.5} \left(\frac{90}{90}\right)^{0.5} = 0.294$$

$$h_f = f \frac{v^2}{2} = 0.294 \frac{(0.76m/s)^2}{2} = 0.0849 \text{ J/kg}$$

Total pendekatan untuk kerugian gesekan karena adanya katup, belokan dan lain-lain pada sisi isap adalah

$$h_{is} = 0.00225 \text{ J/kg} + 0.5 \text{ J/kg} + 0.0849 \text{ J/kg} = 0.58715 \text{ J/kg}$$

i. Kerugian Head Sisi Buang

Head kerugian pada sisi buang :

Bilangan Reynold

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

$$= \frac{2.13m/s \cdot 0.15m}{0.801 \times 10^{-6} m^2/s} = 398876$$

Syarat $Re > 4000$, aliran bersifat **turbulen**, sehingga aliran pada pipa distribusi merupakan aliran **turbulen**.

Nilai faktor gesekan :

Untuk nilai gesekan dicari melalui diagram *moody*, data yang diperoleh adalah diameter 6 inchi dengan material steel. Sehingga nilai kekasaran relatif $\left(\frac{\epsilon}{D}\right)$ diperoleh : 0.0006.

Sehingga gesekan pada pipa,

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2}$$

$$= 0.0006 \cdot \frac{3m}{0.15m} \cdot \frac{(2.13m/s)^2}{2} = 0.027 \text{ J/kg}$$

Tabel 2. Material Pada Sisi Buang

No	Deskripsi	Size	Qty	Unit
1	Pipe, Seamless, PE, ASME B36.10, ASTM A106 GR B SMLS, SCH 40	6"	3	M
2	Pipe, Seamless, PE, ASME B36.10, ASTM A106 GR B SMLS, SCH 40	3"	1	M
3	WN FLANGE RF SCH.40 150#, CS ASTM A105, ASME B16.5	6"	2	Ea
4	WN FLANGE RF SCH.40 150#, CS ASTM A105, ASME B16.6	4"	2	Ea
5	ELBOW 90°, SMLS, CS, ASTM A-234 Gr WPB, BW SCH.40	6"	2	Ea
6	ELBOW 90°, SMLS, CS, ASTM A-234 Gr WPB, BW SCH.41	4"	1	Ea
7	TEE EQUAL, BW, ASTM A182, SCH 40, ASME B16.9	4"	1	Ea
8	REDUCER TEE SMLS, CS ASTM A234 Gr WPB, BW	6"x4"	1	Ea
9	SOCKOLET, A182 F316H UNS 31609 MSS SP 97 3000 LB SW	6"x3/4"	1	Ea
10	GATE VALVE, 150#, RF A216 WCB BODY, 13CR TRIM STELLETE COATED, BOLTED BONNET, OS&Y RISING STEM SOLID/FLEXIBLE WEDGE, STUFFING BOX STEM SEAL, NACE MR0175	6"	1	Ea
11	CHECK VALVE, 150#, RF A216 WCB BODY, 13CR TRIM STELLETE COATED, BOLTED BONNET, OS&Y RISING STEM SOLID/FLEXIBLE WEDGE, STUFFING BOX STEM SEAL, NACE MR0176	6"	1	Ea
12	GATE VALVE 800#, SW X NPT, ASTM A182 F6A BODY, 13CR SEAT MAT BOLTED BONNET, AS&Y RISING STEM, SOLID WEDGE, STUFFING BOX STEM, ASME B16.34, API 602	3/4"	1	Ea
13	BOLT&NUT A193-B7 A194-2H, W/2HVY-HEX-NUTS UNIF	3/4"x 100	24	Ea
14	BOLT&NUT A193-B7 A194-2H, W/2HVY-HEX-NUTS UNIF	5/8" x 100	16	Ea
15	GASKET, SPIRAL WOUND, 316L, RF, NO INNERRING, SS, 300#, RING ASME B 16.20	6"	3	Ea
16	GASKET, SPIRAL WOUND, 316L, RF, NO INNERRING, SS, 300#, RING ASME B 16.20	4"	2	Ea
17	PIPE NIPPLE SCH.80 Dia. 3/4"8100 lg (a-106 Gr. B)	3/4"	1	Ea

Tabel diatas merupakan material yang terdapat di bagian sisi buang pompa (hanya untuk 1 unit pompa). Tabel berdasarkan MTO (*Material Take Off*) yang terdapat pada lampiran. Perhitungan pendekatan sebagai berikut :

Pada *gate valve* 6" :

$$f = 1.39$$

$$h_l = \frac{f v^2}{2}$$

$$= \frac{1.39 (2.13m/s)^2}{2} = 3.15 \text{ J/kg}$$

Total pendekatan untuk kerugian gesekan karena adanya katup, belokan dan lain-lain pada sisi buang adalah

$$h_{ld} = (\text{kerugian pada pipa distribusi}) + (\text{kerugian pada sisi buang})$$

$$= (1.035) \text{ J/kg} + (0.027 + 3.15) \text{ J/kg} = 4.212 \text{ J/kg}$$

j. Head Total

Berdasarkan perhitungan diatas didapat hasil untuk *head* total, sebagai berikut:

Head tekanan :

Pada sisi isap ,

$$h_{ps} = \frac{P_s}{\rho} = \frac{91200Pa}{1000kg/m^3} = 91.2 \text{ J/kg}$$

Pada sisi buang,

$$h_{ps} = \frac{P_d}{\rho} = \frac{806525Pa}{1000kg/m^3} = 806.525 \text{ J/kg}$$

Head kerugian :

$$h_l = h_{ld} + h_{ls}$$

$$= (4.212 + 0.58878) \text{ J/kg} = 4.80078 \text{ J/kg}$$

Head Kecepatan keluar :

$$\frac{v^2}{2} = \frac{(2.13m/s)^2}{2} = 2.268 \text{ J/kg}$$

Head Elevasi :

Pada sisi isap,

$$= 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 1\text{m} = 9.81 \text{ J/kg}$$

Pada sisi buang,
 $= 9.81\text{m/s}^2 \cdot 1.5\text{m} = 14.715 \text{ J/kg}$

Head total :

$$H = \frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} + g \cdot z$$

$H = \text{head tekan-tekanan} + \text{head kerugian gesek} + \text{head kecepatan} + \text{head elevasi}$

$$H = (91.2 + 806.525) \text{ J/kg} + 4.80078 \text{ J/kg} + 2.268 \text{ J/kg} + (9.81+14.715) \text{ J/kg} = 929.32 \text{ J/kg}$$

k. NPSH

NPSH (*Net Positive Suction Head*) yang tersedia adalah *head* yang dimiliki zat cair pada sisi hisap pompa dikurangi dengan tekanan uap jenuh zat cair ditempat tersebut. HPSHa merupakan NPSH yang terdapat sistem perancangan sistem pemadam kebakaran. NPSH yang tersedia tergantung pada tekanan atmosfer atau tekanan absolut pada permukaan zat cair dan kondisi instalasinya. Besarnya dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$h_{sv} = \frac{P_a}{\rho} - \frac{P_v}{\rho} - h_s - h_{ls}$$

Data yang diperoleh :

- Asumsi suhu air = 30 °C
- Tekanan uap jenuh = 0.04325 kg/cm² = 4.24 kPa
- Massa jenis air = 0.9957 kg/l = 9.76 kPa
- Tekanan *atmosphere* = 1 atm = 101.325 kPa

$$h_{sv} = \frac{P_a}{\rho} - \frac{P_v}{\rho} - h_s - h_{ls}$$

$$= \frac{101325Pa}{1000\text{kg/m}^3} - \frac{42400Pa}{1000\text{kg/m}^3} - (9.81 + 14.715) - 0.8123$$

$$= 101.325 - 4.24 - 24.5 - 0.8123 = 71.77 \text{ J/kg}$$

l. Kapasitas Kolam Air

Volume yang dibutuhkan untuk mensuplai kebutuhan air pada pemadam kebakaran, sebagai berikut :

Tabel 3. Kebutuhan kolam air

NO	Waktu	Unit	Aliran Fluida	Design
			GMP (Gallon per Menit)	Volume Water pond (meter cubic)
1	4	Jam	2345,85	2131
2	5	Jam	2345,85	2664
3	6	Jam	3445,85	4696

Minimum kebutuhan air digunakan selama 4 jam
 Kebutuhan *flow rate* yaitu 2708.36 gpm = 170.871 l/s
 Kebutuhan volume kolam air yaitu :
 1 gallon = 0.003785412 m³
 = 2345.85 gpm x 0.003785412
 = 8.88 m³/menit

Jadi kebutuhan volume kolam air yaitu 8.88 m³/menit x (4 x 60 menit)
 = 2131.2 m³

Sehingga ukuran efektif yang dibutuhkan yaitu
 = t x l x p = (2 x 27 x 43) meter

m. Perhitungan ukuran pipa dan tebal pipa

Pipa *header* atau pipa distribusi merupakan pipa yang digunakan untuk mengalirkan fluida cair. Pipa yang digunakan adalah pipa baja API 5L *Grade B* atau L124 *seamless, black pipe* dan *bevelled end*.

Kapasitas pompa sentrifugal yang diperoleh berdasarkan perhitungan yaitu $0.148 \text{ m}^3/\text{s} = 2345.85 \text{ gpm}$ dan kebutuhan pompa jockey untuk menjaga tekanan dibutuhkan kapasitas $2.22 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 35.19 \text{ gpm}$. Akan tetapi di pasaran untuk kapasitas pompa sentrifugal yaitu $2500 \text{ gpm} = 0.1577 \text{ m}^3/\text{s}$ dan untuk pompa jockey yaitu $40 \text{ gpm} = 0.00252 \text{ m}^3/\text{s}$. Dengan demikian pompa akan dirancang dengan sistem paralel, karena dengan sistem ini dapat meningkatkan kecepatan fluida (Q). Layout pompa diletakkan dari tanki pengumpul lebih dari 50 ft (15.3 meter). Panjang untuk header pipa yaitu 713 meter. Pompa sentrifugal akan dipasang dengan kapasitas = $0.1577 \text{ m}^3/\text{s}$, dengan asumsi bahwa 1 unit untuk pompa diesel dan 1 unit unit pompa elektrik.. Dan untuk pompa Jockey akan dipasang 1 unit dengan kapasitas $2.52 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$.

n. Perhitungan Pipa Distribusi (Header)

Data yang diperoleh berdasarkan perhitungan di atas :

- a. Kapasitas = $0.148 \text{ m}^3/\text{s}$
- b. Panjang header = 713 m
- d. Diameter header = $12 \text{ inchi} = 0.319 \text{ m}$
- e. Kecepatan Buang = $7 \text{ ft/s} = 2.13 \text{ m/s}$

Tekanan di hidran maupun di fire monitor adalah $100 \text{ psig} = 690 \text{ kPa}$

Jadi tekanan yang terjadi pada pipa distribusi yaitu : = 690 kPa

o. Perhitungan Diameter Pipa

Menentukan diameter pipa menggunakan rumus sebagai berikut:

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot D_n^2 \quad (\text{untuk lingkaran})$$

Kapasitas = $0.148 \text{ m}^3/\text{s}$
 Kecepatan sisi buang = $7 \text{ ft/s} = 2.13 \text{ m/s}$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.148 \text{ m}^3/\text{s}}{2.13 \text{ m}^3 / \text{s}} = 0.069 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot D_n^2$$

$$0.069 \text{ m}^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot D_n^2 ,$$

$$D_n = 0.296 \text{ m} = 12 \text{ inchi}$$

Jadi kebutuhan pipa agar sesuai dengan kebutuhan kapasitas debit yang mengalir pada pipa, yaitu 12 inchi.

p. Perhitungan Tebal Pipa

Ketebalan pipa dapat dicari sebagai berikut :

Data yang diperoleh :

- a. $P = \text{Max. operation Pressure} = 100 \text{ psit}$
- b. $D = \text{Outside Diameter of Pipe} = 12 \text{ inchi}$
- c. $S = \text{Max. Allowable Stress Value} = 2000 \text{ psi}$
- d. $Y = \text{Coefficient Factor}$ (lihat di Asme B31.1 hal 22)
- e. $E = \text{Welding Factor}$ (1 untuk *Seamless* / 0.85 *Welded Pipe*)

$$t = \frac{P_1 \cdot D}{2(SE + P_1 Y)} = \frac{100 \text{ psix} 12 \text{ inchi}}{2(2000 \text{ psi} + 100 \text{ psix} 0.4)} = 0.299 \text{ inchi}$$

Karena tebal pipa di pasaran yaitu 0.406 inchi, maka digunakan tebal 0.406 inchi atau *schedule 40* dengan rincian sebagai berikut :

Diameter dalam	= 11.7 inchi
Diameter luar = diameter nominal	= 12 inchi
Merupakan DRL (<i>Double Random Length</i>)	= 12 m

Untuk komposisi kimia dari API 5L *Gradei B* atau L 245 dapat dilihat pada tabel di bawah ini [8]:

2. Penentuan kebutuhan material

Berdasarkan hasil perhitungan diatas diperoleh data sebagai berikut: Untuk *fire monitor* dibutuhkan tekanan kerja sebesar 100 psi dengan kapasitas debit aliran 500 gpm, sedangkan untuk hidran (tipe 2 ways) dibutuhkan tekanan kerja 100 psi dan kapasitas debit aliran 250 gpm.

Pompa Pemadam kebakaran :

Pompa sentrifugal yaitu = 0.148 m³/s, sehingga dipakai 2345.85 gpm karena di pasaran tersedia 2500 gpm. Dipasang 1 pompa Elektik dan 1 pompa diesel.

Pompa *jockey* dibutuhkan kapasitas 2.22 x 10⁻³ m³/s, sehingga dipakai 40 gpm karena di pasaran yang tersedia. *Foam chamber* seri 73, dengan kapasitas debit aliran minimal 0.02235 m³/s. Dilengkapi dengan deflektor tipe II serta juga dilengkapi dengan stainer ukuran 2"x 2" x 2".

Fire hose atau selang karet ukuran 2 ½" panjang 20 meter (karena adanya ketersediaan di pasaran).

Untuk meletakkan perlengkapan dibutuhkan bok hidran dengan ukuran yang tersedia tipe C, ukuran L x W x H (cm) : 66 x 20 x 95 sebanyak 2 unit. Untuk nozzle diperlukan dengan kapasitas tekanan 100psi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan material, mengacu pada gambar plot plan, Piping & Instrument Diagram (P&ID) maupun gambar isometrik dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kapasitas pompa sentrifugal yang harus disediakan yaitu 0.148 m³/s dengan kebutuhan 1 pompa diesel dan 1 pompa elektrik. Dan daya yang dibutuhkan untuk mesin penggerak pompa sentrifugal sebesar 25.84 kW.
2. Kebutuhan volume untuk kolam air dengan minimal proteksi kebakaran selama 4 jam yaitu 2131 m³, dengan ukuran (2 x 27 x 43) meter.
3. Kebutuhan pipa distribusi utama atau pipa header yaitu 12 inchi dengan *schedule 40* dengan menggunakan material pipa API 5L Grade B.
4. Proteksi kebakaran didukung oleh peralatan sistem kebakaran yaitu alarm sebagai tanda bahaya dan juga 2 fire monitor, 4 hidran, dan juga 2 hose box hidrant serta anggaran biaya yang dibutuhkan dalam perancangan system tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] API/ANSI STANDARD 610. *Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas*. 17th Edition, September 2010, Errata, July 2011.
- [2] API Recommended Practice 2028. *Flame Arresters in Piping System*, 3th edition, Februari 2002. Reaffirmed Desember 2010 and 2-Year Extension, Februari 2015
- [3] NFPA 20. *Standard For The Installation Of Stationary Pumps For Fire Protection*. Edition 2019
- [4] API Recommended Practice 2030. *Application of Fixed Water Spray Systems for Fire Protection in the Petroleum Industry*. 4th edition. September 2014.
- [5] API RP 2001-2011. Fire Protection in Refineries. Candidate Ballot Draft 8-3-2011
- [6] NFPA 20. *Standard For The Installation Of Stationary Pumps For Fire Protection*. Edition 2019
- [7] API 14E. Recommended Practice for Design and Installation of Offshore Production Platform Piping Systems. 5th Edition. Januari 1991. Reaffirmed, March 2013.
- [8] API 5L. *Specification for Line Pipe*, Forty-Sixth Edition, April 2018.
- [9] Sularso, Tahara, Haruo, Pradya Paramita, Jakarta, (2000). Pompa dan Kompresor. Bagian 1 Pompa, 1-162.