

PEMILIHAN JENIS DAN SPESIFIKASI POMPA PADA DESAIN SISTEM FIREFIGHTING JENIS HYDRANT, SPRINKLE DAN FIRE MONITOR PADA PABRIK GULA

Rizky Earlyawan Maulana^{1*}, Heroe Poernomo², Ni'matut Tamimah³

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

Email: rizkyearlyawan@student.ppps.ac.id, heroep@politera.ac.id, nimatuttamimah@ppns.ac.id

Abstract - Gempolkrep sugar mill is located in Mojokerto, East Java. In the sugar mill there should be several security systems to protect the worker and product. One of the security systems that must be available in a sugar mill is a firefighting system. In the author's observation, the Gempolkrep sugar mill has an inadequate firefighting system so that it needs a firefighting system design that complies with applicable standards and regulations. In this final project will be done by designing firefighting systems in sugar mills that are suitable for NFPA 850. In firefighting system design, headloss calculation is needed to determine pump power and pump selection. The result is that as many as 16 hydrants, 13 fire monitors and 75 sprinkler heads are used. Headloss value based on manual calculations and pipe flow analysis software is 97.43 m and 100.43 m with a percentage error of 2.99%. The pump power is 117,9 kW, so the pump used is TAKI-Pumps SPM Centrifugal Pumps 200-50 with 220 kW power with electric motor Purity Motor Pump YE3-355M-2 250 kW and diesel motor PD Series Portable Fire Diesel Pump 6126TL 250 kW.

Keyword: Firefighting System, NFPA 850, SNI, Pump, Headloss

Nomenclature

Q	Debit aliran	(m ³ /s)
V	Kecepatan aliran	(m/s)
D	Diameter dalam pipa	(m)
Re	Bilangan Reynold	
ρ	Rapat massa fluida	(kg/m ³)
μ	Kekentalan mutlak	(Pa.s)
ν	Kekentalan kinematik	(m ² /s)
f	Friction factor	
ϵ	Kekasaran material	(mm)
l	Panjang pipa	(m)
K_L	Loss Coefficient	
H	Head total pompa	(m)
$h_{l_{mayor}}$	Headloss mayor	(m)
$h_{l_{minor}}$	Headloss minor	(m)
h_P	Head tekan	(m)
h_K	Head kecepatan	(m)
Z	Head statik	(m)
P	Tekanan	(Pa)
g	Percepatan gravitasi bumi	(m/s ²)
Ph	Daya pompa	(W)

1. PENDAHULUAN

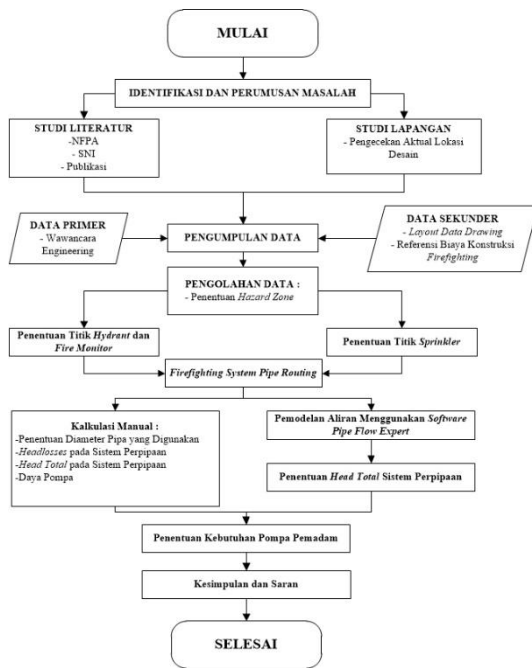
Pabrik Gula Gempolkrep merupakan pabrik gula yang terletak di Kabupaten Mojokerto. Dalam rangka pemenuhan gula nasional dan dukungan terhadap swasembada gula nasional, proyek revitalisasi telah digulirkan. Dalam perencanaan proyek tersebut, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan, salah satunya adalah tanggung jawab sosial perusahaan dalam bidang ketenagakerjaan, kesehatan, dan keselamatan kerja. Salah satu kecelakaan kerja yang dapat terjadi adalah kebakaran. Menurut (Keputusan Menteri Tenaga Kerja RI NO. KEP-186/MEN/1999), kebakaran berakibat sangat merugikan dan perlu ditanggulangi. Dalam observasi yang telah dilakukan, diketahui bahwa pada Pabrik Gula Gempolkrep tidak memiliki alat proteksi kebakaran yang memadai. Tercatat, pernah terjadi kebakaran tepatnya pada bagasse storage pada 28 Agustus 2017 dan 31 Maret 2018 yang membuat sebagian bagasse terbakar. Sehingga perlu didesain *firefighting system* jenis *hydrant*, *sprinkle*, dan *fire monitor*. Dalam *paper* ini akan dijelaskan mengenai analisis pemilihan pompa untuk menyuplai air pemadam berdasarkan beberapa kriteria meliputi *head* total pompa dan daya pompa yang dibutuhkan.

2. METODOLOGI

2.1 Diagram Alir

Berikut ini adalah sistematika pengerjaan mengenai pemilihan jenis dan spesifikasi pompa

pada desain sistem *firefighting* jenis *hydrant*, *sprinkle* dan *fire monitor* pada pabrik gula yang disajikan berupa diagram alir pengerjaan.



Gambar 1. Diagram Alir Pengerjaan

2.2 Sistem Hydrant

Sistem *hydrant* adalah sebuah sistem proteksi kebakaran pada gedung yang menggunakan air bertekanan sebagai medianya [2]. Sistem ini biasanya digunakan untuk memadamkan kebakaran skala besar dan dioperasikan secara manual.



Gambar 2. Sistem Hydrant

2.3 Fire Monitor

Fire monitor adalah alat penyemprot air yang dipergunakan pada suatu instalasi hydrant untuk melindungi objek yang mudah terbakar dan dikhususkan untuk area terbuka dengan bahan mudah terbakar dalam jumlah besar [6].



Gambar 3. Fire Monitor

2.3 Sistem Deluge Sprinkler

Sistem *deluge sprinkler* adalah sistem dimana seluruh *sprinkler head* terbuka secara bersamaan dan digunakan untuk mereduksi panas yang

terjadi akibat peningkatan suhu yang dapat memicu kebakaran yang lebih hebat.



Gambar 4. Sistem Deluge Sprinkler

2.4 Ketentuan Desain Firefighting

a) Jarak Pemasangan Hydrant

Jarak pemasangan *hydrant* tidak boleh melebihi 300 ft atau 100 m [7].

b) Susunan Pemasangan Sprinkler

Jarak antar pemasangan *sprinkler head* adalah 1,5 m x 1,5 m [7].

c) Debit Hydrant

Debit *hydrant* terjauh harus memiliki nilai tidak kurang dari 500 gpm [7].

d) Debit Fire Monitor

Debit dari *fire monitor* adalah diatas 250 gpm [6].

e) Debit Sprinkler

Debit untuk satu *sprinkler deluge head* adalah 22,7 – 39,7 l/m [7].

f) Diameter Pipa Sprinkler

Penentuan diameter pipa *sprinkler* untuk kebakaran sedang memiliki ketentuan pada gambar 5 dan gambar 6 berikut ini [9].

Tabel 7.4.3. (1). Pipa cabang untuk sistem bahaya kebakaran sedang.

No.	Pipa cabang	Ukuran pipa (mm)	Jumlah maksimum kepala sprinkler yang diijinkan pada pipa cabang.
A	Pipa cabang pada ujung pipa pembagi.		
1	Susunan cabang tunggal dengan 2 kepala sprinkler. Dua pipa cabang terakhir.	25	1
		32	2
2	Susunan cabang tunggal dengan 3 kepala sprinkler	25	2
		32	3
3	Tipe cabang terakhir.	25	2
		32	3
		40	4
		50	9
B	Pipa cabang lain :	25	3
		32	4
		40	6
		50	9

Gambar 5. Diameter Pipa Cabang Sprinkler

Tabel 7.4.3. (2) : Pipa pembagi untuk sistem bahaya kebakaran sedang

No.	Pipa cabang	Ukuran pipa (mm)	Jumlah maksimum kepala sprinkler yang diijinkan pada pipa cabang.
A	Pipa cabang pada ujung sistem.		
1	Susunan cabang tunggal dengan 2 kepala sprinkler	32	2
		40	4
		50	8
		65	16
2	Susunan lain	32	3
		40	6
		50	9
		65	18
B	Pipa pembagi di antara ujung sistem dan katup kendali.		Perhitungan hidrolis dihitung tersendiri menurut butir 7.4.4. Sistem bahaya kebakaran sedang.

Gambar 6. Diameter Pipa Pembagi Sprinkler

f) Diameter Pipa Hydrant

Pada tabel 7.7b berikut ini, memuat tentang penentuan diameter pipa minimal yang digunakan dalam sistem *hydrant* [8].

Tabel 7.7 b. Diameter pipa minimal (dalam inci), ditinjau dari jarak total pipa dan total akumulasi aliran

Total akumulasi aliran		Jarak total pipa terjauh dari keluaran		
gpm	Liter/menit	< 15,2 m	15,2 ~ 30,5 m	> 30,5 m
100	379	2 inci	2 ½ inci	3 inci
101 ~ 500	382 ~ 1.893	4 inci	4 inci	6 inci
501 ~ 750	1.896 ~ 2.839	5 inci	5 inci	6 inci
751 ~ 1.250	2.843 ~ 4.731	6 inci	6 inci	6 inci
1.251 ke atas	4.735 keatas	8 inci	8 inci	8 inci

Gambar 7. Diameter Pipa Hydrant

2.5 Persamaan Fluida

a) Debit Aliran

Persamaan debit (Q) pada aliran seragam dapat ditentukan dengan mengalikan antara kecepatan dan luas basah saluran [4], atau:

$$Q = V \times A \tag{1}$$

b) Bilangan Reynold

Bilangan *Reynold* bertujuan untuk mengetahui jenis aliran dalam pipa dengan beberapa parameter. Memiliki jenis laminar jika nilai $Re < 2300$, transisi jika $2300 < Re < 4000$, dan turbulen ketika $Re > 4000$ [4].

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{V D}{\nu} \tag{2}$$

c) Koefisien Gesek

Koefisien gesek adalah nilai factor kerugian yang diakibatkan oleh adanya gesekan antara fluida dan saluran basah pipa. Nilai f berbeda tergantung jenis aliran pada fluida yang dideskripsikan dengan bilangan *Reynold*-nya [4]. Untuk aliran laminar:

$$f = 64/Re \tag{3}$$

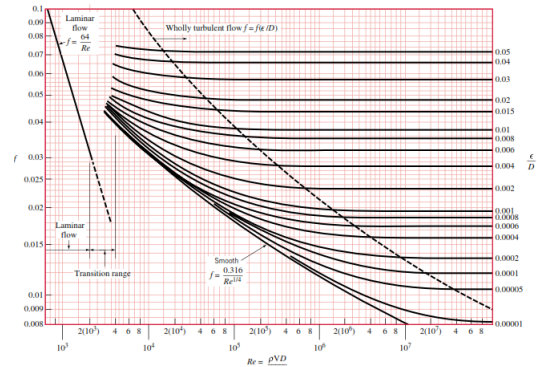
Sedangkan untuk aliran turbulen dapat diketahui dengan menggunakan *moody diagram* untuk dapat ditemukan *plot point* antara bilangan *Reynold* dan nilai kekasaran relatifnya.

$$Kekasaran\ Relatif = \frac{\epsilon}{D} \tag{4}$$

Table 14.1 Equivalent Roughness for New Pipes.

Pipe	Equivalent Roughness, ϵ	
	Feet	Millimeters
Riveted steel	0.003–0.03	0.9–9.0
Concrete	0.001–0.01	0.3–3.0
Wood stave	0.0006–0.003	0.18–0.9
Cast iron	0.00085	0.26
Galvanized iron	0.0005	0.15
Commercial steel or wrought iron	0.00015	0.045
Drawn tubing	0.000005	0.0015
Plastic, glass	0.0 (smooth)	0.0 (smooth)

Gambar 8. Nilai ϵ



Gambar 9. Moody Diagram

2.6 Persamaan Head Total Pompa

a) Headloss Mayor

Headloss mayor dapat didefinisikan sebagai kehilangan energi akibat fluida yang mengalir dalam pipa lurus [3], atau dapat dituliskan:

$$hl_{mayor} = f \frac{l V^2}{D 2g} \tag{5}$$

b) Headloss Minor

Headloss minor adalah kehilangan energi akibat komponen sistem perpipaan (*fitting*) [4], atau dapat dituliskan:

$$hl_{minor} = K_L \frac{V^2}{2g} \tag{6}$$

c) Head Tekan

Head tekan merupakan kerugian akibat perbedaan tekanan antara sisi *suction* dan *discharge* pompa [5], atau dituliskan sebagai berikut:

$$hP = \frac{P_2 - P_1}{2g} \tag{7}$$

d) Head Kecepatan

Head kecepatan adalah perbedaan antara kecepatan pada titik hisap pompa dan titik tekan pompa [5], atau dapat dituliskan:

$$hK = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \tag{8}$$

e) Head Statik

Head statik adalah kerugian akibat perbedaan ketinggian permukaan air pada titik hisap pompa dan titik tekan pompa [5], atau dapat dituliskan:

$$Z = Z_1 - Z_2 \tag{9}$$

f) Head Total Pompa

Head total pompa adalah total dari *headloss*, *head tekan*, *head kecepatan*, dan *head statik* [5]. Dapat dituliskan sebagai berikut:

$$H = hl_{mayor} + hl_{minor} + hP + hK + Z \tag{10}$$

2.7 Daya Pompa

Daya pompa dapat dihitung dengan mengalikan fluida yang mengalir per detik dengan energi H [1], atau dapat dituliskan:

$$Ph = \rho \times g \times Q \times H \quad (11)$$

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Jumlah Alat Pemadam

Jumlah alat pemadam dapat diperoleh setelah membuat gambar desain berdasarkan luasan area yang dilindungi, peletakan serta jangkauan area dari alat pemadam tersebut.



Gambar 10. Desain Peletakan Hydrant, Fire Monitor dan Sprinkler pada Pabrik Gula

Sehingga, untuk jumlah kebutuhan alat pemadam dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1: Jumlah Alat Pemadam (buah), berdasarkan Luasan Area yang Dilindungi dan Coverage Alat Pemadam.

Jenis	Jumlah (buah)	Keterangan
Hydrant	11	Area New
Hydrant	5	Area Existing
Fire Monitor	13	Area New (Yard)
Deluge Sprinkler	32	Turbine (Existing)
Deluge Sprinkler	12	Transformer (Existing)
Deluge Sprinkler	9	D.E.G (New)
Deluge Sprinkler	8	Steam Turbine A (New)
Deluge Sprinkler	8	Steam Turbine B (New)
Deluge Sprinkler	6	Transformer (New)

3.2 Penentuan Kebutuhan Debit

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

Tabel 2: Debit (gpm) yang Dibutuhkan berdasarkan Jenis dan Jumlah Alat Pemadam yang Beroperasi Secara Bersamaan pada Titik Terjauh

Jenis	Jumlah (buah)	Debit (gpm)	Keterangan
Hydrant	1	500	Area Bagasse Storage (existing)
Fire Monitor	2	1000	Area Bagasse Yard (new)

Deluge Sprinkler	32	312	Turbine (Existing)
Deluge Sprinkler	6	58	Transformer (New)

Sehingga untuk kebutuhan debit air pemadam didapatkan sebesar 1870 gpm.

3.3 Perhitungan Headloss

Perhitungan headloss adalah meliputi headloss mayor dan minor yang dilakukan menggunakan persamaan (5) dan (6), sehingga didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 3: Nilai hl_{mayor} (m) dan hl_{minor} (m) berdasarkan jaringan pipa dan debit yang mengalir melalui pipa.

Jaringan Pipa	hl_{mayor} (m)	hl_{minor} (m)
Suction	0,8	1,98
Discharge	1,52	3,82
Pipa utama 1 (area new)	1,78	1,33
Pipa utama 2 (area existing)	1,96	0,66
Pipa utama fire monitor	2,25	0,25
Pipa pembagi hydrant dan fire monitor	3,69	0,59
Sprinkler Turbine (existing)	9,32	6,11
Sprinkler Transformer (new)	0,87	0,46
Total	22,19	14,54

3.4 Perhitungan Head Tekan

Hasil perhitungan head tekan berdasarkan persamaan (7) adalah:

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

3.6 Perhitungan Head Kecepatan

Hasil perhitungan head kecepatan berdasarkan persamaan (8) adalah:

$$hK = 0,017 \text{ m}$$

3.7 Perhitungan Head Statik

Head statik yang diperoleh berdasarkan persamaan (9) adalah:

$$Z = 3,5 \text{ m}$$

3.8 Perhitungan Head Total Pompa

Head total pompa berdasarkan persamaan (10), adalah sebagai berikut:

$$H = 100,43 \text{ m}$$

3.9 Head Total Pemodelan Software

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

7. Pembimbing OJT PG-Gempolkrep (Mas Laode, Nungki, Ojan) yang telah memberikan ilmu dan pengalaman yang bermanfaat ketika OJT.

6. PUSTAKA

- [1] Ernandy N.S., Poernomo H., Budiyanto E. N. 2019. *Desain Firefighting pada Pabrik Gula berdasarkan Perhitungan Harga Material dan Estimasi Biaya Jasa Konstruksi*. 3rd CPEAA. 93-99.
- [2] Bromindo. Pengertian Hydrant Sebagai Sistem Proteksi Kebakaran. Diakses pada 17 Juli 2020. <https://www.bromindo.com/pengertian-hydrant/>.
- [3] Liu, Henry. 2003. *Pipeline Engineering*. USA: CRC Press LLC.
- [4] Moran, M. J., Shapiro, H. N., Munson, B. R., & DeWitt, D. P. 2003. *Introduction to Thermal Systems Engineering: Thermodynamics, Fluid Mechanics, and Heat Transfer*. *Introduction to Thermal Systems Engineering: Thermodynamics, Fluid Mechanics, and Heat Transfer*. USA: The Lehigh Press.
- [5] Nabhan A.R. 2019. *Perencanaan Firefighting Menggunakan Fluida Air dan Busa di Gedung CPC Perusahaan Minyak Nabati [tugas akhir]*. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [6] National Fire Protection Association (NFPA) 24, *Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances*. USA: 2016.
- [7] National Fire Protection Association (NFPA) 850, *Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations*. USA: 2015.
- [8] SNI-03-1745-2000, *Tata cara perencanaan dan pemasangan sistem pipa tegak dan slang untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan rumah dan gedung*. Jakarta: BSN.
- [9] SNI-03-3989-2000, *Tata cara perencanaan dan pemasangan sistem springkler otomatis untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan gedung*. Jakarta: BSN.