

RISK ASSESSMENT DAN REDESIGN SISTEM SPRINKLER GEDUNG DIREKTORAT DAN GEDUNG J PPNS

Febri Dwi Mayangsari¹⁾, Moch. Luqman Ashari²⁾, dan Mades Darul Khairansyah³⁾

¹⁾Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

²⁾Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

³⁾Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

E-mail: febridwiw6@gmail.com

Abstract

Directorate Building, Graha Dewa Ruci Building, Post Graduate Building, Integration Laboratory Building, and Library Building are the center for academic and administrative activities of the Shipbuilding Institute of Polytechnic Surabaya (SHIPS). This study aims to determine the level of fire risk using a Fire Risk Assessment (FRA) qualitative method based on NFPA 551 of 2019 and redesigning a sprinkler system with water extinguishing media based on NFPA 13 of 2019 and SNI 03-3989-2000 to provide more protection for the building. From the risk assessment results, it was found that the level of fire risk was low in the Directorate Building, Graha Dewa Ruci Building, Post Graduate Building, Integration Laboratory Building, and Library Building after adding sprinklers and other active fire protection systems at risk control that can reduce the severity value. Based on the calculation results, the number of sprinkler heads needed is 883 pieces. Calculations on the farthest sprinkler head results from the redesign obtained pump head manually 117,541 m and pump head using Pipe Flow Expert software 121,157 m and pump power of 56,96 kW for manual calculations and 58,7 kW for calculations Pipe Flow Expert software.

Keywords: *Fire Risk Assessment, Pipe Flow Expert, Pump Head, Redesign, Sprinkler*

PENDAHULUAN

Pada tahun 2018, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) menjadi satu-satunya perguruan tinggi di dunia yang menerima penghargaan internasional di bidang K3, yaitu *Educational Award* dari *World Safety Organization* (WSO). Hal tersebut menjadi salah satu pemicu PPNS untuk terus berupaya meningkatkan penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) di PPNS. Salah satu penerapan SMK3 yang perlu ditingkatkan di PPNS adalah sistem penanggulangan pemadaman kebakaran.

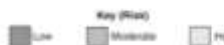
Kebakaran merupakan kasus yang menelan kerugian yang besar, baik kerugian secara materi, luka, dan kematian hingga citra buruk jika kebakaran terjadi di perusahaan atau suatu organisasi (Putri, 2019). Kebakaran yang terjadi pada Gedung dan hunian akan berdampak negatif kepada masyarakat, baik sisi sosial maupun ekonomi (Sufianto et al., 2017). Pada penelitian ini akan dilakukan *risk assessment* dan *redesign* sistem *sprinkler*

pada Gedung Direktorat, Gedung Graha Dewa Ruci, Gedung Pasca Sarjana, Gedung Laboratorium Integrasi, dan Gedung Perpustakaan PPNS yang diharapkan sistem *sprinkler* dapat memadamkan api apabila terjadi kebakaran pada Gedung tersebut.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan dilakukan *risk assessment* yang berfokus pada bahaya kebakaran menggunakan *Fire Risk Assessment* (FRA) metode kualitatif. Dalam menentukan nilai risiko kebakaran diperoleh dari *likelihood* dan *consequence* yang dapat ditentukan dengan *risk matrix* dari NFPA 551 Tahun 2019. Yang dimaksud dengan penentuan menggunakan *risk matrix* adalah dengan melihat Gambar 1.

Frequent	High	High	High	High
Probable	High	High	High	High
Occasional	High	High	High	High
Rare	High	High	High	High
Improbable	High	High	High	High
	Negligible	Marginal	Critical	Catastrophic



 Key (Risk): Low, Moderate, High

Gambar 1. *Risk Matrix*

Redesign sistem *sprinkler* dilakukan berdasarkan NFPA 13 Tahun 2019 dan SNI 03-3989-2000. Media pemadam yang digunakan adalah air karena Secara makro kelas kebakaran pada Gedung Direktorat dan Gedung J adalah kelas A. Sistem *sprinkler* yang dirancang berjenis *wet pipe system* karena memiliki tingkat keandalan yang secara inheren lebih tinggi daripada jenis sistem lainnya (Pusparani, 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fire Risk Assessment

Penilaian risiko pada *Fire Risk Assessment* ini mengacu *probability levels*, *severity categories*, dan *risk matrix* yang bersumber dari NFPA 551 Tahun 2019, *risk matrix* terdapat pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2. didapatkan tingkat *severity* pada *inherent fire risk* di seluruh Gedung mengalami penurunan setelah ditambahkan *risk control* berupa APAR, alarm, detektor, *hydrant*, dan *sprinkler*. Dari seluruh *risk*

control tersebut hanya empat yang telah tersedia di kelima Gedung yaitu APAR, alarm, detektor, *hydrant*. Sedangkan instalasi *sprinkler* hanya tersedia pada Gedung Graha Dewa Ruci lantai 2 dan lantai 3. Sehingga perlu dilakukan *redesign* sistem *sprinkler* pada kelima Gedung tersebut.

No.	Gedung	Bahaya	Inherent Fire Risk			Risk Control	Residual Fire Risk		
			Severity	Probability	Risk		Severity	Probability	Risk
1	Direktorat	Kebakaran	Marginal	Remote	Low	APAR, alarm, detektor, hydrant, sprinkler	Negligible	Remote	Low
2	Graha Dewa Ruci	Kebakaran	Marginal	Remote	Low	APAR, alarm, detektor, hydrant, sprinkler	Negligible	Remote	Low
3	Pasca Sarjana	Kebakaran	Marginal	Remote	Low	APAR, alarm, detektor, hydrant, sprinkler	Negligible	Remote	Low
4	Laboratorium Integras	Kebakaran	Critical	Remote	Moderate	APAR, alarm, detektor, hydrant, sprinkler	Marginal	Remote	Low
5	Perpustakaan	Kebakaran	Marginal	Remote	Low	APAR, alarm, detektor, hydrant, sprinkler	Negligible	Remote	Low

Gambar 2. Hasil *Fire Risk Assessment*

Perhitungan Jumlah Kepala Sprinkler

Berdasarkan NFPA 13 Tahun 2019, SNI 03-3989-2000, dan Keputusan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia No. KEP.186/MEN/1999, Gedung Direktorat dan Gedung J diklasifikasikan pada sifat hunian berupa bahaya kebakaran ringan karena termasuk ke dalam jenis tempat kerja berupa gedung perkantoran, gedung pendidikan, dan gedung perpustakaan. Perhitungan jumlah *sprinkler* dilakukan berdasarkan SNI 03-3989-2000. Berikut merupakan contoh perhitungan *sprinkler* untuk ruang *meeting* pada Gedung Graha Dewa Ruci lantai 1:

$$\text{Jari-jari pancaran } \textit{sprinkler} (r) = \frac{S}{2} = \frac{4,6}{2} = 2,3 \text{ m}$$

$$\text{Jarak Maksimum } \textit{Sprinkler} \text{ ke Dinding} = \sqrt{\left(\frac{r^2}{2}\right)} = \sqrt{\left(\frac{2,3^2}{2}\right)} = 1,7 \text{ m}$$

$$\text{Jangkauan } \textit{Overlapping Sprinkler} (X) = S - \left(\frac{1}{4} \times S\right) = 4,6 - \left(\frac{1}{4} \times 4,6\right) = 3,45 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah } \textit{sprinkler} \text{ memanjang} = \frac{\text{panjang ruangan}}{X} = \frac{8,8}{3,45} = 2,55 \approx 3 \textit{ sprinkler}$$

$$\text{Jumlah } \textit{sprinkler} \text{ melebar} = \frac{\text{lebar ruangan}}{X} = \frac{5,8}{3,45} = 1,68 \approx 2 \textit{ sprinkler}$$

$$\text{Jumlah } \textit{sprinkler} = 2 \times 3 = 6 \textit{ sprinkler}$$

Perhitungan Kebutuhan Air

Perhitungan kebutuhan air dilakukan pada *sprinkler* dan *hydrant* karena sistemnya merupakan sistem kombinasi. Debit *sprinkler* adalah 80 L/min (NFPA 13, 2019). Debit *hydrant* adalah 1893 $\frac{L}{min}$ (NFPA 14, 2019). Berdasarkan NFPA 13 Tahun 2019,

waktu minimal operasi pemadaman oleh *sprinkler* adalah 30 menit. Pada perhitungan ini akan menggunakan waktu minimal operasi pemadaman pada *hydrant*, yaitu selama 45 menit. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa kolam uji dapat memenuhi kebutuhan air *hydrant* dan *sprinkler* selama 45 menit. Berikut adalah perhitungan kebutuhan air *sprinkler* dan *hydrant*:

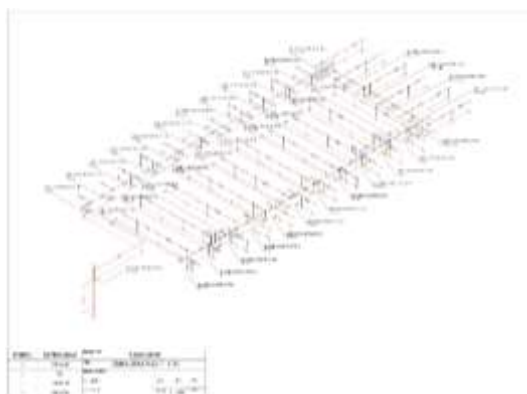
$$\begin{aligned} V &= Q \times t \\ &= 80 \frac{L}{min} \times 45 \text{ min} \\ &= 3600 \text{ L} \times 0,001 \text{ m}^3 \\ &= 3,6 \text{ m}^3 \times 883 \text{ sprinkler head} \\ &= 3178,8 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= Q \times t \\ &= 1893 \frac{L}{min} \times 45 \text{ min} \\ &= 85185 \text{ L} \times 0,001 \text{ m}^3 \\ &= 85,185 \text{ m}^3 \times 4 \text{ pilar hydrant} \\ &= 330,74 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, total kebutuhan air *hydrant* dan *sprinkler* adalah 3519,54 m³. Kolam uji Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) yang memiliki volume 7200 m³ dapat menjamin kebutuhan air *hydrant* dan *sprinkler* pada operasi pemadaman dalam waktu 45 menit.

Head Pump dan Daya Pompa

Perhitungan *headloss* terdiri dari *Head Major* dan *Head Minor* yang ada pada pipa *suction* hingga pipa cabang. Sebelum melakukan perhitungan perlu membuat isometri pipa sistem *sprinkler*. Contoh isometri *pipa sprinkler* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Isometri Pipa *Sprinkler* Pada Gedung Graha Dewa Ruci Lantai 3

Jenis material pipa yang digunakan pada *redesign* ini adalah galvanis *steel*. Kapasitas debit air yang digunakan pada pipa *suction*, pipa *discharge*, dan pipa tegak adalah 0,0329 m³/s karena ketiga pipa tersebut melayani *hydrant* dan *sprinkler*. Sehingga, pipa tersebut menggunakan kapasitas debit total dari *hydrant* dan *sprinkler*. Kapasitas debit air yang digunakan pada pipa pembagi dan pipa cabang adalah 0,0013 m³/s karena hanya melayani *sprinkler* saja. Berikut adalah perhitungan *head pump* dan daya pompa:

- **Perhitungan Bilangan Reynolds Pipa Suction 6"**

$$\begin{aligned} Re &= \frac{vD}{\nu} && \text{(Pritchard, 2011)} \\ &= \frac{1,61306 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,16119 \text{m}}{8,03 \times 10^{-7} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} \\ &= 323796,8 \end{aligned}$$

$Re \geq 4000$ aliran dalam pipa *suction* adalah turbulen.

- **Perhitungan Head Mayor Pipa Suction 6"**

Mencari nilai f

$$\begin{aligned} \frac{1}{\sqrt{f}} &= -2 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}} \right) && \text{(Pritchard, 2011)} \\ \frac{1}{\sqrt{f}} &= -2 \log \left(\frac{0,0002854}{3,7} + \frac{2,51}{323796,8\sqrt{f}} \right) \\ &= 0,01675 \end{aligned}$$

Kemudian mencari *headloss* menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} hL &= f \frac{L v^2}{D 2g} && \text{(Pritchard, 2011)} \\ &= 0,01675 \frac{11,02 \text{ m}}{0,16119 \text{ m}} \frac{(1,61306 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \\ &= 0,15187 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Perhitungan Head Minor Pipa Suction 6"**

Elbow 90°

$$\begin{aligned} h &= f \frac{L_e v^2}{D \cdot 2g} && \text{(Pritchard, 2011)} \\ &= 0,01675 \frac{30 \times (1,61306 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \\ &= 0,199921436 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 1
Headloss Minor Pipa Suction 6"

No	Fitting	D. Pipa	Jumlah	v (m/s)	K atau Le/D	g (m/s)	HL Minor (m)
1	Elbow 90	0,16119	3	1,61306	30	9,81	0,199921436
Total							0,199921436

Total Headloss pipa suction 6" = headloss mayor + headloss minor

$$= 0,15187 \text{ m} + 0,19992 \text{ m}$$

$$= 0,35179 \text{ m}$$

- **Total Headloss**

Tabel 2
Total Headloss

Deskripsi	Nilai	Satuan
Headloss pipa suction	0,35179	m
Headloss pipa discharge 6"	5,47087	m
Headloss pipa discharge 4"	24,75608	m
Headloss pipa tegak 6"	0,48544	m
Headloss pipa pembagi 4"	0,04968	m
Headloss pipa cabang 1,5"	0,23833	m
Total Headloss	31,35219	m

- **Head Statik**

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1$$

$$= 9,92 \text{ m} - (-5 \text{ m})$$

$$= 14,92 \text{ m}$$

- **Head Tekan**

$$h_P = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g}$$

$$= \frac{690000 \text{ Pa} - 0 \text{ Pa}}{996 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$= 70,62 \text{ m}$$

- **Head Kecepatan**

$$h_K = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

$$= \frac{(3,57462 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 - (0,14125 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$= 0,6503 \text{ m}$$

- **Head Pompa dan Daya Pompa**

Perhitungan head pump manual

$$H = h_L + h_f + \Delta Z + h_P + h_K$$

$$= 31,35219 \text{ m} + 14,92 \text{ m} + 70,62 \text{ m} + 0,6503 \text{ m}$$

$$= 117,542 \text{ m}$$

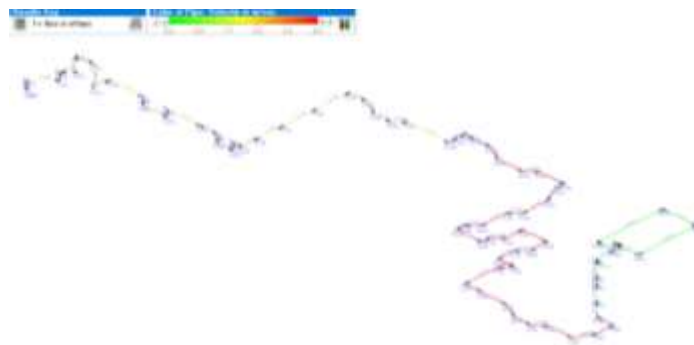
Perhitungan daya pompa manual

$$P_{in} = \frac{\rho \times g \times Q \times H}{\eta}$$

$$= \frac{996 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,0329 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 117,541 \text{ m}}{0,6633}$$

$$= 56,96 \text{ kW}$$

Perhitungan *head pump* dan daya pompa menggunakan *software Pipe Flow Expert*



Gambar 4. Pemodelan Sistem Perpipaan Pada *Sprinkler* Terjauh

Data Point	
Flow:	0,0329 m ³ /sec
Head:	121,157 m.hd Fluid
Efficiency:	66,33%
Power:	58,70 kW
NPSHr:	5,298 m.hd Fluid

Gambar 5. Hasil *Pipe Flow Expert* Pada *Sprinkler* Terjauh

Tabel 3

Perbandingan *Head Pump* dan Daya Pompa Manual dan Menggunakan *Software*

No.	Deskripsi	Manual	Software	%error
1	Head pompa	117,542 m	121,157 m	3,08%
2	Daya pompa	56,96 kW	58,7 kW	3,06%

Berdasarkan Tabel 3. didapatkan hasil perhitungan *head* pompa dan daya pompa secara manual dan menggunakan *software* sangat akurat karena %error $\leq 10\%$. Pompa utama yang tersedia di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) tidak memenuhi daya yang diperlukan pada sistem ini. Pompa utama yang tersedia adalah pompa Teco yang memiliki daya 75 HP atau 55 kW. Sehingga, sistem *sprinkler* pada *redesign* ini akan menggunakan pompa Purity yang memiliki daya 100 HP atau 75 kW dengan debit (Q) sebesar 2000 L/menit. Pompa ini dapat mencapai *head* 130 m.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil *Fire Risk Assessment* (FRA) berdasarkan NFPA 551 Tahun 2019, setelah dilakukan *risk control*, tingkat *severity* pada seluruh Gedung menurun dan *residual fire risk* pada kelima Gedung adalah *Low*. Jumlah *sprinkler* yang dibutuhkan untuk memproteksi kelima Gedung berjumlah 883 *sprinkler*. Pada perhitungan *head* total pompa didapatkan nilai sebesar 117,541 m (manual) dan 121,157 m (*software Pipe Flow Expert*). Pada perhitungan daya pompa didapatkan nilai sebesar 56,96 kW (manual) dan 58,7 kW (*software Pipe Flow Expert*). Pompa *existing* tidak memenuhi daya yang diperlukan pada sistem *sprinkler* hasil *redesign*, sehingga perlu dilakukan penggantian pompa. Pompa yang direkomendasikan adalah Purity yang memiliki daya 100 HP atau 75 kW.

DAFTAR PUSTAKA

- BSN. (2000). *SNI 03-3989-2000 Tata cara perencanaan dan pemasangan sistem springkler otomatis untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan gedung*.
- NFPA 13 - Standard for the Installation of Sprinkler Systems. (2019). *National Fire Protection Association*.
- NFPA 14 Standard for The Installation of Standpipe and Hose Systems. (2019). *National Fire Protection Association*.
- NFPA 551 Guide for the Evaluation of Fire Risk Assessments 2019 Edition. (2019). *National Fire Protection Association*.
- Pritchard, P. J. (2011). *Fox and McDonald's Introduction to Fluid Mechanics Eighth Edition*. John Willey and Sons, Inc.
- Pusparani, V. R., Setiawan, P. A., & Arumsari, N. (2019). Perancangan Sistem Pemanas Ruang dan Sistem Sprinkler pada Laboratorium Plumbing Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. *Proceeding 4rd Conference of Piping Engineering and Its Application*, 4(2656), 153–158.
- Putri, E. C. (2019). Analisis Penilaian Risiko Kebakaran di Gedung X. *Forum Ilmiah*, 16(2), 105–118.
- Sufianto, H., Nugroho, A. M., & Aditama, M. S. (2017). Perilaku Tanggap Kebakaran pada Bangunan Kampus Studi Kasus : Kampus Universitas Brawijaya , Malang. *Jurnal Arsitektur Dan Perkotaan "KORIDOR,"* 9–20.