

Analisis Hidrolis Jalur Perpipaan *Fire Fighting System* Jenis *Sprinkler* dan *Hydrant* pada Tower Eksekutif Hunian Pekerja Konstruksi 2

Arista Widya Nur Ulima^{1*}, Ekky Nur Budiyo², Emy Sofia³

Program studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1*}

Program studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia²

Program studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia³

Email: aristawidya@student.ppns.ac.id^{1*}; ekky@ppns.ac.id^{2*}; emysofia@ppns.ac.id^{3*};

Abstract – Executive Tower is a residential building used by construction workers who play an important role in the development of the Capital City of the archipelago in East Kalimantan, which is still in the construction stage, so it is necessary to design -a fire fighting system as an effort to prevent fires in accordance with SNI and NFPA. Based on the results of analysis and data processing, the water requirement of 125,67 m³, with a tank capacity of 130 m³. The total head value based on manual calculations of 118,267 m, while the result of the software calculation is 117,215 m, so that an error percentage value obtained is 0,898%. The pump head required of 141,351, with a pump power of 96,520 kW. Based on the results of these calculations, a pump specification with the Grundfos brand 125 – 80 – 315 was obtained.

Keywords: head pump, pump power, pump specifications, tank capacity, water requirement

Nomenclature

D	Diameter pipa (m)
A	Luas penampang pipa (m²)
Q	Debit aliran (m³/s)
v	Kecepatan fluida (m/s)
ρ	Massa jenis fluida (kg/m³)
μ	Dynamic viscosity (kg/m.s)
Re	Reynolds number
f	Friction factor
g	Percepatan gravitasi (m/s²)
L	Panjang pipa (m)
H_{L mayor}	Kerugian gesekan pipa lurus (m)
H_{L minor}	Kerugian akibat fitting (m)
H_L	Headloss mayor & minor total (m)
ΔZ	Head ketinggian (m)
ΔP	Head tekanan (m)
H_f	Head kecepatan (m)
H_{pump}	Head total pompa (m)
P_h	Daya pompa (kW)

1. PENDAHULUAN

Tower Eksekutif Hunian Pekerja Konstruksi Tahap II adalah bangunan tempat tinggal yang digunakan oleh pekerja konstruksi yang berperan penting dalam pembangunan Ibu Kota Nusantara di Kalimantan Timur. Sebelumnya telah dilakukan pembangunan pada tahap 1 tahun 2023 berjumlah 22 unit tower. Berdasarkan hasil analisa, Tower Eksekutif Hunian Pekerja Konstruksi merupakan tower yang masih dalam tahap pembangunan dan belum memiliki perancangan sistem pemadam

kebakaran. Terjadinya kebakaran dapat dicegah dengan melakukan pengendalian terhadap instalasi *fire fighting* jenis *sprinkler* dan *hydrant*. Pada tahap 2 ini difokuskan untuk perencanaan *fire fighting system* jenis *sprinkler* dan *hydrant* pada tower berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) dan NFPA (National Fire Protection Association). Perancangan *fire fighting system* pada tower ini meliputi perhitungan jumlah kebutuhan air dan kapasitas tangki, perhitungan *head pump*, penentuan daya pompa, serta penentuan spesifikasi pompa.

2. METODOLOGI

Metodologi dalam penelitian ini meliputi tahap identifikasi masalah, tahap pengumpulan data, serta tahap pengolahan data. Penelitian ini dilakukan melalui serangkaian tahapan yang dirancang secara terstruktur untuk mencapai hasil yang optimal dan menyeluruh.

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini dimulai dengan melakukan perhitungan jumlah kebutuhan air dan kapasitas tangki pada *fire fighting system* Tower Eksekutif. Setelah mendapatkan perhitungan tersebut, maka akan dilakukan perhitungan *head total* manual untuk mendapatkan nilai *head pump* dan menggunakan *software* untuk memverifikasi perhitungan manual. Selanjutnya, dilakukan perhitungan *head pump* yang didapatkan dari *head total*, *head* ketinggian, *head* kecepatan, dan *head* tekanan. Kemudian, menentukan daya pompa serta

spesifikasi pompa yangn digunakan dalam *fire fighting system* Tower Eksekutif.

2.2 Perhitungan Jumlah Kebutuhan Air dan Kapasitas Tangki

Tahapan pertama yang harus dilakukan adalah menentukan kebutuhan air guna mencegah potensi kekurangan suplai saat sistem beroperasi. Pasokan air untuk *hydrant* gedung harus memiliki kapasitas minimal 500 gpm atau 1893 liter per menit dan mampu mengalirkan air selama setidaknya 30 menit [7].

$$Q = k \cdot \sqrt{P} \quad (1)$$

$$V = Q \times t \quad (2)$$

Dalam pengoperasian *fire fighting system*, kapasitas tangki merupakan salah satu hal penting yang harus diperhitungkan, dengan tujuan agar dapat memenuhi kebutuhan air yang dibutuhkan dan tidak mengalami kekurangan suplai air [1].

$$V_{\text{tangki}} = P \times l \times t \quad (3)$$

2.3 Perhitungan Head Total Manual

Head total pompa meliputi:

1. *Headloss Mayor* merupakan kerugian tekanan yang terjadi akibat aliran melalui pipa lurus.

Luas penampang pipa [3].

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (4)$$

Kecepatan fluida (*velocity*) [3].

$$v = \frac{Q}{A} \quad (5)$$

Nilai *reynolds number* [3].

$$Re = \frac{vD\rho}{\mu} \quad (6)$$

Faktor gesekan (*friction factor*) menggunakan *colebrook formula* [3].

$$\frac{1}{\sqrt{f_{\text{calc}}}} = -2,0 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f_{\text{guess}}}} \right) \quad (7)$$

Headloss mayor menggunakan persamaan Darcy-Weisbach [3].

$$H_{L \text{ mayor}} = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (8)$$

2. *Headloss Minor* terjadi akibat kerugian yang disebabkan oleh *fitting* pada sistem perpipaan [3].

$$H_{L \text{ minor}} = k \frac{v^2}{2g} \quad (9)$$

2.4 Perhitungan Head Total menggunakan Software

Pemodelan *fire fighting system* juga dilakukan menggunakan *Software Pipe Flow Expert* untuk memverifikasi perhitungan manual. Setelah itu, didapatkan pemodelan dan hasil *running fire fighting system*. MAPE (*Mean Absolute Percent Error*) merupakan perhitungan yang digunakan untuk menghitung nilai persentase *error* [2]

$$\% \text{ error} = \frac{H_{\text{total manual}} - H_{\text{total software}}}{H_{\text{total manual}}} \quad (10)$$

2.5 Perhitungan Head Pump

Setelah seluruh komponen *head* (*headloss* pada pipa, *head* ketinggian, *head* tekanan, dan *head* kecepatan) telah diketahui, maka dilakukan perhitungan *head pump* yang dibutuhkan untuk menyuplai fluida ke seluruh jalur [9].

$$H_{\text{pump}} = H_L + \Delta Z + \Delta P + H_f \quad (11)$$

2.6 Penentuan Daya Pompa

Daya pompa dihitung dengan mengalikan jumlah N fluida yang mengalir per detik ($\rho \cdot g \cdot Q$) dengan energi H [1].

$$P_h = \rho g Q H_{\text{pump}} \quad (12)$$

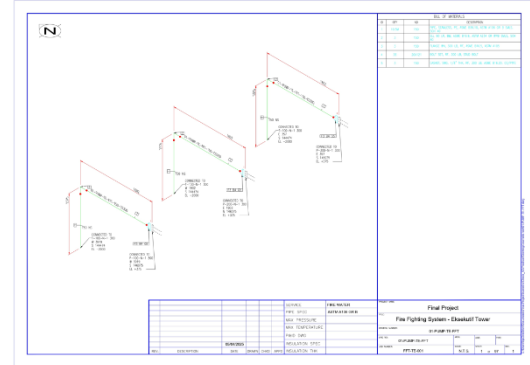
2.7 Penentuan Spesifikasi Pompa

Berdasarkan kebutuhan debit dan total *head* sistem, dilakukan pemilihan pompa yang sesuai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Penelitian

Dalam spesifikasi, data yang digunakan untuk analisis hidrolis *fire fighting system* yaitu jumlah kebutuhan *sprinkler* untuk seluruh area Tower Eksekutif adalah sebanyak 384 unit, serta total kebutuhan *hydrant box* untuk seluruh bangunan Tower Eksekutif adalah sebanyak 4 unit, dan *isometric drawing* Tower Eksekutif. *Isometric drawing* ini digunakan untuk mengetahui *head pump* pada *fire fighting system*. Salah satu contoh *isometric drawing* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Isometric Drawing*

3.2 Perhitungan Jumlah Kebutuhan Air dan Kapasitas Tangki

1. *Kebutuhan Air Sprinkler*

Waktu kerja *sprinkler* yang ditetapkan adalah 30 menit. Berdasarkan parameter tersebut, debit yang dibutuhkan sebesar 56 liter/menit, sehingga total volume kebutuhan air per *sprinkler* adalah 1680 liter. Kategori kebakaran *light hazard* memiliki area perlindungan maksimal seluas 278,71 m². Dalam kategori ini, satu *sprinkler* dirancang untuk mencakup area seluas 6,79 m²[8]. Jadi, total *sprinkler* yang akan dihitung dalam sistem ini adalah 41 *sprinkler*

Dengan demikian, volume air yang diperlukan agar sistem *sprinkler* dapat berfungsi adalah sebesar 68880 liter atau 68,88 m³.

2. Kebutuhan Air Hydrant Box

Debit yang digunakan pada *hydrant box* sebesar 1893 liter/menit, dengan waktu selama 30 menit. Dengan demikian, volume air yang dibutuhkan agar sistem *hydrant box* dapat berfungsi dengan baik adalah sebesar 56790 liter atau 56,79 m³. Total volume air yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem pemadam kebakaran di Tower Eksekutif adalah 125670 liter atau 125,67 m³

3. Kapasitas Tangki

Untuk menyuplai kebutuhan air tersebut, tangki penyimpanan (*ground water tank*) direncanakan diletakkan di bawah tanah. Dengan demikian, volume tangki yang akan digunakan sebesar 130 m³.

4. Perhitungan Debit

Debit air untuk sistem *sprinkler* dihitung berdasarkan jumlah *head* dan debit tiap *head* sebesar 0,038 m³/s. Sementara itu, debit yang dibutuhkan untuk sistem *hydrant box* 0,032 m³/s. Jadi, *fire fighting system* membutuhkan debit air sebesar 0,070 m³/s atau setara 251,34 m³/h agar dapat beroperasi secara optimal dalam menangani kondisi darurat kebakaran.

3.3 Perhitungan Head Total Manual

Nilai *headloss mayor*, *headloss minor*, dan *head total* pada pada jalur pipa *sprinkler* dan *hydrant box* Tower Eksekutif dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Headloss Total

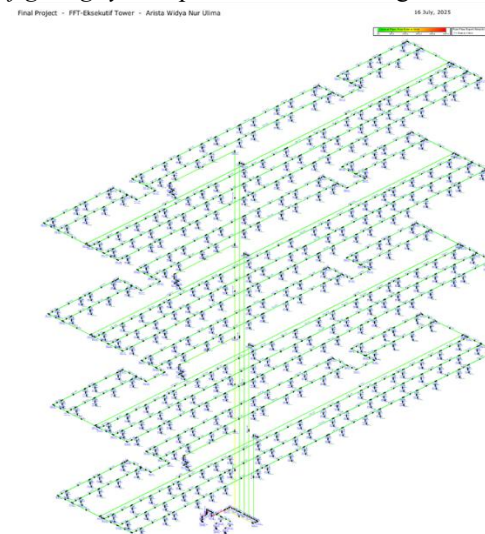
Section	Line Number	HL Mayor (m)	HL Minor (m)	Head Total (m)
Mainline	01-PUMP-TE-FFT	0,295	0,171	3,716
	02-PUMP-TE-FFT	0,149	1,674	
	03-PUMP-TE-FFT	0,802	0,624	
Sprinkler Lt 1	04-SPRKL1-TE-FFT-001	0,334	0,387	19,667
	04-SPRKL1-TE-FFT-002	2,478	0,180	
	04-SPRKL1-TE-FFT-003	3,626	0,618	
	04-SPRKL1-TE-FFT-004	2,920	0,579	
	04-SPRKL1-TE-FFT-005	2,408	0,554	
	04-SPRKL1-TE-FFT-006	1,980	0,382	
	04-SPRKL1-TE-FFT-007	0,918	0,166	
	04-SPRKL1-TE-FFT-008	1,792	0,346	
Sprinkler Lt 2	05-SPRKL2-TE-FFT-001	0,473	0,387	19,800
	05-SPRKL2-TE-FFT-002	2,473	0,180	
	05-SPRKL2-TE-FFT-003	3,625	0,618	
	05-SPRKL2-TE-FFT-004	2,920	0,579	
	05-SPRKL2-TE-FFT-005	2,408	0,554	
	05-SPRKL2-TE-FFT-006	1,980	0,382	
	05-SPRKL2-TE-FFT-007	0,918	0,166	
	05-SPRKL2-TE-FFT-008	1,793	0,346	
Sprinkler Lt 3	06-SPRKL3-TE-FFT-001	0,613	0,387	19,945
	06-SPRKL3-TE-FFT-002	2,478	0,180	
	06-SPRKL3-TE-FFT-003	3,625	0,618	
	06-SPRKL3-TE-FFT-004	2,920	0,579	
	06-SPRKL3-TE-FFT-005	2,404	0,554	
	06-SPRKL3-TE-FFT-006	1,980	0,382	
	06-SPRKL3-TE-FFT-007	0,918	0,168	
	06-SPRKL3-TE-FFT-008	1,793	0,346	
Sprinkler Lt 4	07-SPRKL4-TE-FFT-001	0,904	0,468	14,621
	07-SPRKL4-TE-FFT-002	2,970	0,218	
	07-SPRKL4-TE-FFT-003	4,344	0,750	
	07-SPRKL4-TE-FFT-004	4,288	0,680	

Tabel 2. Nilai Headloss Total (Lanjutan)

Section	Line Number	HL Mayor (m)	HL Minor (m)	Head Total (m)
Sprinkler Lt 4	07-SPRKL4-TE-FFT-005	3,051	0,694	10,432
	07-SPRKL4-TE-FFT-006	2,368	0,463	
	07-SPRKL4-TE-FFT-007	1,089	0,199	
	07-SPRKL4-TE-FFT-008	2,131	0,436	
Hydrant Box Lt 1-4	08-HYDRN 1-TE-FFT-002	2,005	5,209	30,087
	08-HYDRN 2-TE-FFT-003	2,005	5,209	
	08-HYDRN 3-TE-FFT-004	2,005	5,209	
	08-HYDRN 4-TE-FFT-005	2,005	5,209	
Head Total	08-HYDRN-TE-FFT-001	0,649	0,581	118,267
		80,834	37,433	

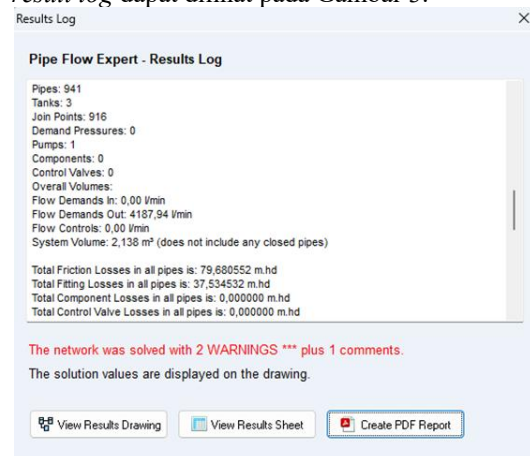
3.4 Perhitungan Head Total Software

Pemodelan *fire fighting system* juga dilakukan menggunakan *Software Pipe Flow Expert* untuk memverifikasi perhitungan manual. Setelah itu, didapatkan pemodelan dan hasil *running fire fighting system* pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Modelling Pipe Flow Expert

Berdasarkan hasil simulasi, didapatkan nilai *friction loss (headloss mayor)* sebesar 79,680 m dan *fitting loss (headloss minor)* sebesar 37,534 m yang terdapat pada *result log*. Adapun *result log* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Result Log Pipe Flow Expert

Sehingga didapatkan nilai *head total software* sebesar 117,215 m. Dengan demikian, nilai persentase *error* perhitungan *head total manual*

dan *software* sebesar 0,898%, yang jika dikaitkan dengan klasifikasi akurasi berdasarkan *range* MAPE berada dalam kategori "Kemampuan Model Peramalan Sangat Baik" (MAPE < 10%).

3.5 Perhitungan Head Pump

Total *head pump* yang diperlukan untuk mengalirkan fluida dari titik hisap ke seluruh jalur sistem adalah sebesar 141,351 m.

3.6 Perhitungan Daya Pompa

Daya pompa yang dibutuhkan untuk mendistribukan fluida adalah sebesar 96,520 kW.

3.7 Penentuan Spesifikasi Pompa

Pada perencanaan ini pompa yang akan digunakan sebanyak 3 pompa, masing-masing dengan kapasitas total *head* sebesar 141,351 m dengan debit sebesar 251,34 m³/h. Pada pemilihan spesifikasi pompa ini menggunakan *selection chart* milik perusahaan pompa Grundfos. Dari *selection chart* tersebut, diperoleh bahwa jenis pompa yang cocok adalah merek Grundfos dengan jenis *centrifugal pump* tipe 125 – 80 – 315. Dengan spesifikasi frekuensi sebesar 50 Hz dan kecepatan sebesar 3000 rpm, daya pompa sebesar 96,520 kW serta efisiensi pompa sebesar 77,1%.

4. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil kalkulasi yang telah dilakukan, didapatkan jumlah total kebutuhan air untuk *fire fighting system* sebesar 125,67m³ dan kapasitas tangki atau *ground water tank* yaitu 130 m³.
2. Berdasarkan hasil kalkulasi nilai *head total* secara manual didapatkan nilai sebesar 118,267 m dan kalkulasi menggunakan *software* sebesar 117,215 m dengan nilai persentase *error* sebesar 0,898%. Total *head* pompa yang dibutuhkan sebesar 141,351 m, serta daya pompa sebesar 96,52 kW. Pemilihan spesifikasi pompa menggunakan *selection chart* sehingga didapatkan pompa yang cocok yaitu *centrifugal pump*, merek Grundfos, 125-80-315, 3000 rpm, serta efisiensi pompa 77,1%.

5. PUSTAKA

- [1] Indriyani, F. N. (2023). PERANCANGAN JALUR PERPIPAAN FIRE FIGHTING SYSTEM JENIS SPRINKLER DAN HYDRANT PADA GEDUNG ESDM SURABAYA. Politeknik perkapalan Negeri Surabaya.

- [2] Maricar, M. A. (2019). Analisa Perbandingan Nilai Akurasi Moving Average dan Exponential Smoothing untuk Sistem Peramalan Pendapatan pada Perusahaan XYZ. *Jurnal Sistem Dan Informatika*, 13, 37–46
- [3] Menon, E. S. (2005). *Piping calculations manual*.
- [4] Morrison, F. A. (2013). *An introduction to fluid mechanics*. Cambridge University Press.
- [5] Munson, B. R., Okiishi, T. H., Huebsch, W. W., Rothmayer, & P, A. (2013). Fundamentals of Fluid Mechanics Seventh Edition. In *Instrumentation, Measurements, and Experiments in Fluids*.
- [6] NFPA 13. (2019). *NFPA 13 standard for the installation of sprinkler systems*, 2019.
- [7] SNI, 03-1745-2000. (2000). Tentang Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Pipa Tegak dan Slang untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Rumah dan Gedung. Badan Standart Nasional, 1–83.
- [8] SNI 03-3989-2000. (2000). Tata cara perencanaan dan pemasangan sistem springkler otomatis untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan gedung. Badan Standarisasi Nasional, 1–83.
- [9] Sularso, & Tahara, H. (2000). *Pompa & Kompresor*. 26–27.