

EFISIENSI PENGGUNAAN *SPRINKLER* PADA BANGUNAN APARTEMEN (STUDI KASUS PADA PROYEK APARTEMEN X JAKARTA SELATAN)

Andry Wisnu Prabowo^{1*}, Kartika Setiawati², Demmy Adhi Mulya Dharma³

1,2. Jurusan Teknik Sipil dan Infrastruktur, Politeknik Astra, Cibatu, Cikarang Selatan, Bekasi, 17530, Indonesia

3. Jurusan Teknik dan Rekayasa, Universitas Selamat Sri, Batang, 51263, Indonesia

E-mail: andry.wisnu@polytechnic.astra.ac.id*

Abstract-- *One of the main aspects that must be considered in the building process is the security system, including the sprinkler installation system. This system is designed according to fire protection standards to avoid, extinguish, and manage fires within the building. The planning of this sprinkler system aims to understand and calculate flow rates and pressures, as well as plan the water requirements for fire extinguishment in an apartment building. This study conducts analysis and calculations by determining the discharge coefficient (K-factor) of the sprinkler for fluid flow velocity. The calculation results show that the relationship between the flow rate in the automatic sprinkler and pressure loss is influenced by the area of the building, pipe diameter, and pipe length. This research also aims to determine the sprinkler requirement needed for a particular apartment building. This planning follows applicable standards such as the Standar Nasional Indonesia (SNI) and the National Fire Protection Association (NFPA) which must be adhered to in the planning of automatic sprinkler systems in apartment buildings. Based on the analysis conducted, the sprinklers in Unit Apartment X previously had 565 sprinklers, which can be optimized by 30% to 393 sprinklers, thus reducing the construction costs compared to the existing condition.*

Keywords : *Sprinkler, Discharge, Pressure Loss*

Abstrak-- Salah satu aspek utama yang harus diperhatikan dalam proses pembangunan adalah sistem keamanan, termasuk sistem instalasi *sprinkler*. Sistem ini dirancang sesuai standar proteksi kebakaran untuk menghindari, memadamkan, dan menangani kebakaran di dalam gedung. Perencanaan sistem *sprinkler* ini bertujuan untuk memahami dan menghitung kecepatan aliran dan tekanan, serta merencanakan kebutuhan air untuk pemadaman kebakaran di gedung apartemen. Dalam penelitian ini dilakukan analisis dan perhitungan dengan menentukan koefisien pelepasan (*discharge coefficient*) dari *sprinkler* (*K-factor*) untuk kecepatan aliran fluida. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa hubungan antara kecepatan aliran pada *sprinkler* otomatis dengan kerugian tekanan dipengaruhi oleh area gedung, diameter pipa, dan panjang pipa. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui berapa kebutuhan *sprinkler* yang dibutuhkan pada suatu gedung apartemen. Perencanaan ini mengikuti standar yang berlaku seperti Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *National Fire Protection Association* (NFPA) yang wajib dipatuhi dalam perencanaan sistem *sprinkler* otomatis di gedung apartemen. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, *sprinkler* pada Unit Apartemen X sebelumnya terdapat 565 *sprinkler* dapat diefisiensikan 30 % menjadi 393 *sprinkler*, sehingga biaya konstruksi yang dikeluarkan lebih sedikit dibandingkan kondisi eksisting.

Kata Kunci : *Sprinkler, Discharge, Kehilangan Tekanan*

I. PENDAHULUAN

Dalam industri konstruksi, terutama dalam pembangunan apartemen, penggunaan sistem *sprinkler* menjadi semakin penting untuk menjaga keamanan penghuni. *Sprinkler* tidak hanya berfungsi untuk memadamkan kebakaran secara otomatis, tetapi juga mengurangi risiko kerugian materi dan nyawa manusia. Seiring dengan pertumbuhan industri konstruksi dan peningkatan permintaan akan tempat tinggal, penting untuk mempertimbangkan efisiensi penggunaan *sprinkler* dalam proyek-proyek apartemen. Berdasarkan NFPA-13, *sprinkler* adalah sistem pemadam kebakaran yang terpasang secara permanen di dalam bangunan dan secara otomatis

dapat memadamkan kebakaran dengan menyemprotkan air saat terjadi kebakaran [2].

Perencanaan ini akan mengikuti standar yang berlaku baik di Indonesia maupun secara internasional, termasuk Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *National Fire Protection Association* (NFPA). Namun, penting bagi kontraktor dan pengembang untuk memilih sistem *sprinkler* yang tepat sesuai dengan standar keamanan dan peraturan yang berlaku.

Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini akan dibahas mengenai efisiensi penggunaan *sprinkler* termasuk di dalamnya biaya dan mengukur efisiensi mutu dan waktu pada proyek pembangunan

apartemen. Jane Smith dalam Putri, R. D. [2], titik api terjadi ketika ada tiga faktor yang bersamaan, yaitu adanya bahan bakar, oksigen, dan suhu yang cukup tinggi. Dengan mengontrol oksigen, suhu, dan bahan bakar di bawah batas tertentu, dapat dicegah titik api dan menciptakan lingkungan yang lebih aman. Prinsip ini menjadi dasar dalam upaya pencegahan dan penanggulangan kebakaran.

II. METODE PENELITIAN

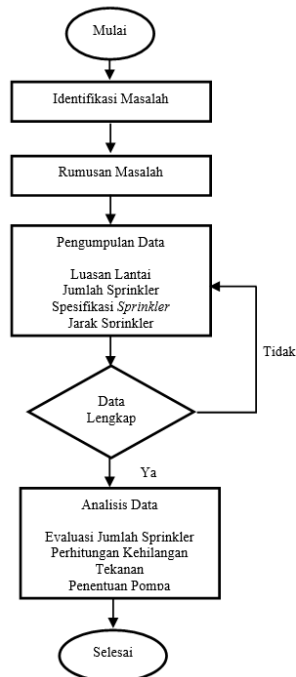
Penelitian ini membandingkan jumlah *sprinkler* eksisting dan optimasi serta menghitung pengaruh pengurangan *sprinkler* terhadap kinerja *sprinkler* dalam memadamkan kebakaran. Objek yang akan diteliti adalah Unit Apartemen X dari lantai 1 hingga lantai 5 di *Tower South* Apartemen X. Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain: dimensi plafon tiap unit, spesifikasi *sprinkler*, spesifikasi pompa, spesifikasi pipa aliran, standar tekanan apartemen, dan jumlah *sprinkler* pada kondisi eksisting.

2.1 Lokasi

Lokasi penelitian adalah tempat atau area dimana penelitian dilakukan, baik itu berupa observasi maupun pengumpulan data. Dalam penelitian ini, lokasi yang diteliti berada di Apartemen X, Jl. TB Simatupang, Cilandak, Jakarta Selatan 12430.

2.2 Diagram Alir

Tahapan pengambilan dan pengolahan data dalam penelitian secara umum digambarkan dengan diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir

2.3 Observasi

Tahap observasi yang merupakan terdiri atas studi literatur mengenai kebutuhan *sprinkler* pada ruangan, konsumsi air, dan tekanan yang dihasilkan dari pancaran air yang keluar dari kepala *sprinkler* itu sendiri disertai parameter-parameter yang perlu dipelajari dalam pengambilan data.

2.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data meliputi: pengukuran dimensi ruangan dan spesifikasi *sprinkler* yang digunakan pada ruangan. Observasi juga dilakukan pada kondisi pompa, tekanan dan kebutuhan air pada *sprinkler* yang ada berupa jenis dan jumlahnya serta lama penggunaan *sprinkler*, dan posisi perletakan *sprinkler* di ruangan. Pengukuran luas cakupan pancaran *sprinkler* dan jarak antar kepala *sprinkler* diukur setiap jarak 4 meter sesuai dengan pedoman SNI 03-3989-2000 tentang Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan *Sprinkler* [1].

Dari gambar *as built drawing* diperoleh data mengenai detail dimensi ruangan untuk kebutuhan perhitungan dan pembuatan desain perletakan *sprinkler* :

1. Luasan Area Unit A : 108,18 m²
2. Luasan Area Unit B : 99,52 m²
3. Luasan Area Unit C : 101,38 m²
4. Luasan Area Unit D : 142,20 m²
5. Luasan Area Unit E : 108,99 m²
6. Luasan Area Unit F : 99,65 m²
7. Luasan Area Unit G : 99,65 m²
8. Luasan Area Unit H : 108,99 m²
9. Luasan Area Koridor : 69,63 m²

Standarisasi *sprinkler* pada Apartemen X berdasarkan SNI 03-3989-2000 dan NFPA-13 menyatakan jarak cakupan efektif *sprinkler* adalah 12,1 m² dengan jarak antar kepala *sprinkler* yakni 4 meter dalam setiap jalur bujur sangkar yang dibangun antar *sprinkler*.

Pada bangunan Apartemen X di beberapa unit terdapat jumlah *sprinkler* yang sama dan di beberapa unit lainnya terdapat juga jumlah *sprinkler* yang berbeda. Pada penelitian ini, semua unit akan dianalisa kebutuhan *sprinkler* sesuai SNI 03-3989-2000 dan NFPA-13.

2.5. Perhitungan Kebutuhan *Sprinkler*

Data yang telah didapat dari proses pengukuran dan observasi kemudian dihitung banyaknya kebutuhan *sprinkler* pada ruangan tersebut berdasarkan SNI 03-3989-2000 yaitu:

$$\text{Jumlah Sprinkler} = \text{Luasan Unit} / \text{Luas Cakupan} \quad (1)$$

Dalam penelitian ini, luasan bidang kerja yang dimaksud adalah luasan area unit sebagai objek yang akan diefisiensi kebutuhan *sprinklernya*.

2.6 Perhitungan *Pressure Loss*

Perhitungan tekanan air yang dilakukan pada penelitian ini berdasarkan dari panjang pipa dan jenis pipa menurut Teori *Pressure Loss Hazen-Williams* [4].

$$P_f = 6.05 \left(\frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \phi^{4.87}} \right) \times 10^5 \times L \quad (2)$$

2.7 Tahapan Perhitungan Tekanan Akibat Belokan Pipa

Dalam penelitian ini, perhitungan tekanan akibat belokan pipa dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai faktor yang mempengaruhi aliran fluida dalam pipa [5].

Penurunan tekanan akibat belokan pipa dihitung menggunakan persamaan *Hazen-Williams*.

$$h_f = 0,002083 \times \frac{L}{C^{1.85}} \times \left(\frac{Q^{1.85}}{D^{4.87}} \right) \quad (3)$$

2.8 Perhitungan Tekanan Akibat Gesekan Pipa

Dalam penelitian ini, perhitungan tekanan akibat gesekan pipa dilakukan dengan menggunakan rumus *Darcy-Weisbach*.

$$\Delta P = f \times \frac{L}{D} \times \frac{\rho \times V^2}{2} \quad (4)$$

2.9 Perhitungan Tekanan Akibat Kekasaran Manning

Dalam penelitian ini, perhitungan kekasaran *Manning* dilakukan dengan mengacu pada panjang pipa dan jenis pipa. Pendekatan ini menggunakan rumus *Manning* yang secara umum digunakan untuk menghitung aliran dalam saluran terbuka dan pipa tertutup [3]. Rumus *Manning* dinyatakan sebagai berikut:

$$Q = \frac{1}{n} \times AR^{2/3} \times S^{1/2} \quad (5)$$

Dari sini didapat nilai n yang bisa digunakan untuk menghitung kehilangan tekanan dengan rumus:

$$h_f = \frac{n \times L \times V^2}{2 \times g \times D^{1,333}} \quad (6)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Kebutuhan *Sprinkler* Eksisting

Untuk perhitungan kebutuhan *sprinkler* eksisting di setiap area (unit), dilakukan di 5 (lima) unit apartemen dengan cara observasi. Hasil perhitungan kebutuhan *sprinkler* di setiap area (unit) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah *Sprinkler* Eksisting

No	Area	Jumlah <i>Sprinkler</i>
1	Unit A (5 Lantai)	80

No	Area	Jumlah <i>Sprinkler</i>
2	Unit B (5 Lantai)	50
3	Unit C (5 Lantai)	50
4	Unit D (5 Lantai)	80
5	Unit E (5 Lantai)	75
6	Unit F (5 Lantai)	50
7	Unit G (5 Lantai)	50
8	Unit H (5 Lantai)	70
9	Koridor (5 Lantai)	60

(Sumber: *As Built Drawing* Apartemen X)

Jumlah *sprinkler* eksisting adalah 565 buah.

Berdasarkan SNI 03-3989-2000 dan NFPA-13 jarak cakupan efektif *sprinkler* adalah 12,1 m² dengan jarak antar kepala *sprinkler* yakni 4 meter dalam setiap jalur bujur sangkar yang dibangun antar *sprinkler*.

3.2 Perhitungan Kebutuhan *Sprinkler*

Berdasarkan peraturan SNI 39-3989-2000 kebutuhan *sprinkler* dapat diperhitungkan sebagai berikut:

Diambil sampel kebutuhan *Sprinkler* Unit A
 Luas unit A = 540,88 m²
 Jarak antar *sprinkler* = 4 m
 Luas cakupan *sprinkler* = 12,1 m²
 Maka, dengan menggunakan Pers. (1) didapat:
 Jumlah *Sprinkler* = Luasan Unit / Cakupan
 = 540,88 m² / 12,1 m²
 = 44,70
 = 45 buah

Ringkasan hitungan diatas dapat dilihat pada Tabel 2. berikut ini:

Tabel 2. Jumlah *Sprinkler* Optimasi

No	Area	Jumlah
1	Unit A (5 Lantai)	45
2	Unit B (5 Lantai)	42
3	Unit C (5 Lantai)	42
4	Unit D (5 Lantai)	59
5	Unit E (5 Lantai)	46
6	Unit F (5 Lantai)	42
7	Unit G (5 Lantai)	42
8	Unit H (5 Lantai)	46
8	Koridor (5 Lantai)	29
Total		393

Maka, hasil kebutuhan *sprinkler* pada Unit Apartemen X berdasarkan SNI 39-3989-2000 adalah

menggunakan pola susunan cabang tunggal sehingga perhitungan tekanan air dihitung dari ujung terdekat ke ujung terjauh.

Tekanan Air Titik 1

$$\begin{aligned} P_t &= (Q/k)^2 \\ &= (73,81 \text{ lt/m} / 80)^2 \\ &= 0,85 \text{ bar} \end{aligned}$$

Perhitungan *Pressure Loss Hazen-Williams* dengan Pers. (2) didapat:

$$P_f = 6.05 \left(\frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \phi^{4.87}} \right) \times 10^5 \times L$$

$$P_f = 6.05 \left(\frac{73,81^{1.85}}{120^{1.85} 25^{4.87}} \right) \times 10^5 \times 4 \text{ m}$$

$$P_f = 0,15 \text{ bar}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tekanan} &= P_t + P_f \\ &= 0,85 \text{ bar} + 0,15 \text{ bar} \\ &= 1 \text{ bar} \end{aligned}$$

Tekanan Air Titik 2

$$\begin{aligned} Q_s &= 80 \times (P_t)^{0.5} \\ &= 80 \times (1 \text{ bar})^{0.5} \\ &= 80,18 \text{ lt/min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_p &= 73,81 \text{ lt/min} + 80,18 \text{ lt/min} \\ &= 154 \text{ lt/min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_f &= 6.05 \left(\frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \phi^{4.87}} \right) \times 10^5 \times L \\ &= 6.05 \left(\frac{154^{1.85}}{120^{1.85} 25^{4.87}} \right) \times 10^5 \times 4 \text{ m} \\ &= 0,59 \text{ bar} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tekanan} &= 0,59 \text{ bar} + 1 \text{ bar} \\ &= 1,59 \text{ bar} \end{aligned}$$

Tekanan Air Titik 3

Dari Titik 2 didapat $Q_s = 80,18 \text{ lt/min}$ dan $Q_p = 154 \text{ lt/min}$

$$\begin{aligned} P_f &= 6.05 \left(\frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \phi^{4.87}} \right) \times 10^5 \times L \\ &= 6.05 \left(\frac{154^{1.85}}{120^{1.85} 25^{4.87}} \right) \times 10^5 \times 4 \text{ m} \\ &= 0,59 \text{ bar} \end{aligned}$$

Jumlah tekanan pada Titik 3 adalah:

$$\begin{aligned} P_t &= 1,59 \text{ bar} - 0,59 \text{ bar} \\ &= 1 \text{ bar} \end{aligned}$$

3.5 Perhitungan Tekanan Akibat Belokan Pipa

Untuk mengetahui tekanan yang diperlukan pada pompa dan *sprinkler* dalam sebuah gedung, diperlukan perhitungan tekanan yang spesifik.

Data lapangan :

Kapasitas Pompa : 1000 GPM

Jumlah *Sprinkler* : 393 *Sprinkler*

Jumlah Lantai : 5 Lantai

Tinggi per Lantai : 3 Meter

Tekanan *Head Sprinkler* : 7 Bar

Diameter Pipa : 0,025 Meter (1 inch)

Koefisien *Hazen-Williams* : 120

Panjang Total Pipa : 1532,08 Meter

Jumlah *Fitting* : 350 *Fitting*

Maka, perhitungan tekanan akibat gesekan pipa *sprinkler* adalah sebagai berikut:

Konversi kapasitas pompa dalam satuan lt/min dan m^3/s .

$$\begin{aligned} 1 \text{ Gallon per Minute} &= 3,78541 \text{ lt/min} \\ &= 0,06309 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Luas penampang pipa (A) untuk diameter 25 mm = 0,025 meter

$$A = \pi \times \frac{D^2}{4}$$

$$A = 3,14 \times \frac{0,025^2}{4}$$

$$A = 0,000491 \text{ m}^2$$

Setelah diketahui luas penampang pipa, selanjutnya hitung kecepatan aliran yang melaju pada pipa tersebut.

$$\begin{aligned} v &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{0,06309 \text{ m}^3/\text{s}}{0,000491 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

$$v = 128,5914 \text{ m/s}$$

$$v = 128,5914 \text{ m/s}$$

Hasil perhitungan kecepatan diatas terlalu tinggi sehingga tidak bisa diaplikasikan kepada jaringan pipa *sprinkler*.

Menurut NFPA-13, untuk kategori *Ordinary Hazard*, termasuk dalam gedung apartemen, kecepatan aliran pada sistem *sprinkler* maksimal 2 m/s. Jika kecepatan aliran = 2 m/s maka, debit (Q) adalah :

$$Q = v \times A$$

$$Q = 2 \text{ m/s} \times 0,000491 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,000981 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0,000981 \text{ m}^3/\text{s} \times 1000 = 0,98125 \text{ L/s}$$

$$Q = \frac{0,000981 \text{ m}^3/\text{s} \times 60}{3,78541 \text{ L/min}} = 15,55 \text{ GPM}$$

Panjang pipa 1.532,08 m = 5026,509 ft

Substitusikan nilai-nilai yang diketahui ke dalam Pers. (3):

$$h_f = 0,002083 \times \frac{5026,509}{120^{1,85}} \times \left(\frac{15,55^{1,85}}{1^{4,87}} \right)$$

$$h_f = 0,049069 \text{ ft}$$

Diketahui bahwa, 1 feet = 0,3048 bar/ft

$$h_f = 0,049069 \text{ feet} \times 0,3048 \text{ bar/ft}$$

$$h_f = 0,001496 \text{ bar}$$

Kehilangan tekanan akibat *fitting* dapat dihitung dengan menggunakan ekuivalen panjang untuk *fitting*. Asumsikan rata-rata per *fitting* adalah setara dengan 0,12 meter panjang sambungan *tees* dan 0,14 meter panjang sambungan *elbow* 90 derajat. Panjang sisi sambungan tersebut diambil berdasarkan standar JIS (*Japanese Industrial Standard*), ANSI (*American National Standard Institute*), dan DIN (*Deutsche Industrie Normen*).

Jumlah *Fitting* = 350

$$\begin{aligned}\text{Panjang Ekuivalen} &= 350 \times (0,12 \text{ m} + 0,14 \text{ m}) \\ &= 91 \text{ m} \\ &= 298,5564 \text{ ft}\end{aligned}$$

Menggunakan persamaan *Hazen-Williams* untuk menghitung kehilangan tekanan akibat panjang ekuivalen *fitting*.

$$h_f^{\text{fit}} = 0,002083 \times \frac{298,5564}{120^{1,85}} \times \left(\frac{15,55^{1,85}}{1^{4,87}} \right)$$

$$h_f^{\text{fit}} = 0,002915 \text{ feet}$$

$$h_f^{\text{fit}} = 0,002915 \text{ feet} \times 0,3048 \text{ bar/feet}$$

$$h_f^{\text{fit}} = 0,0008885 \text{ bar}$$

Total kehilangan tekanan adalah jumlah dari kehilangan tekanan akibat belokan dalam pipa dan *fitting*.

$$h_{\text{total}} = h_f + h_f^{\text{fit}}$$

$$h_{\text{total}} = 0,001496 \text{ bar} + 0,0008885 \text{ bar}$$

$$h_{\text{total}} = 0,001585 \text{ bar}$$

Tekanan yang dibutuhkan di pompa untuk memastikan tekanan di *head sprinkler* adalah 7 bar harus memperhitungkan kehilangan tekanan total.

$$P_{\text{pump}} = 0,001585 \text{ bar} + 7,00 \text{ bar}$$

$$P_{\text{pump}} = 7,001585 \text{ bar}$$

Kebutuhan tekanan pompa minimal adalah 7,001585 bar

3.6 Perhitungan Kehilangan Tekanan Akibat Gesekan Pipa

Untuk mengetahui tekanan yang diperlukan pada pompa dan *sprinkler* dalam sebuah gedung, diperlukan perhitungan tekanan yang spesifik. Perhitungan tekanan akibat gesekan pipa *sprinkler* adalah sebagai berikut:

Tekanan hidrostatik (ketinggian)

$$\text{Total ketinggian} = 5 \text{ lantai} \times 3 \text{ meter} = 15 \text{ meter}$$

$$P = \rho \times g \times h$$

Keterangan :

$$\rho : \text{densitas Air} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g : \text{percepatan gravitasi} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$h : \text{tinggi} = 15 \text{ meter}$$

$$P = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 15 \text{ meter}$$

$$P = 147150 \text{ Pa}$$

Diketahui bahwa, 1 pascal = 100.000 bar

$$P = \frac{147150 \text{ Pa}}{100.000}$$

$$P = 1,4715 \text{ bar}$$

Dengan kecepatan aliran 2 m/s dan menggunakan diagram *Moody*, didapatkan koefisien gesekan (f) sekitar 0,02 untuk pipa halus. Maka Pers. (4) menjadi:

$$\Delta P = 0,02 \times \frac{1532,08}{0,025} \times \frac{1000 \times 2^2}{2}$$

$$\Delta P = 2451328 \text{ Pa}$$

$$\Delta P = 24,51328 \text{ bar}$$

Debit total 1000 GPM harus dibagi diantara 393 *sprinkler*.

Debit per *sprinkler* :

$$Q_{\text{sprinkler}} = \frac{1000 \text{ GPM}}{393 \text{ Sprinkler}}$$

$$Q_{\text{sprinkler}} = 2,544529 \text{ GPM}$$

$Q_{\text{sprinkler}}$ dalam

$$\text{m}^3/\text{s} = \frac{2,544529 \text{ GPM} \times 3,78541 \text{ L/min}}{60 \times 1000}$$

$$Q_{\text{sprinkler}} \text{ dalam } \text{m}^3/\text{s} = 0,000161 \text{ m}^3/\text{s}$$

Maka kecepatan aliran air menjadi

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

$$v = \frac{0,000161 \text{ m}^3/\text{s}}{0,000491 \text{ m}^2}$$

$$v = 0,327205 \text{ m/s}$$

$$\Delta P = 0,02 \times \frac{1532,08}{0,025} \times \frac{1000 \times 0,327205^2}{2}$$

$$\Delta P = 65611,56 \text{ Pa}$$

$$\Delta P = 0,656116 \text{ bar}$$

$$P_{\text{total}} = P_{\text{elevasi}} + P_{\text{friksi}} + P_{\text{sprinkler}}$$

$$P_{\text{total}} = 1,4715 \text{ bar} + 0,656116 \text{ bar} + 7 \text{ bar}$$

$$P_{\text{total}} = 9,12 \text{ bar}$$

3.7 Perhitungan Kehilangan Tekanan Akibat Kekasaran Manning

Luas penampang pipa (A)

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$A = \frac{3,14 \times 0,025^2}{4}$$

$$A = 0,000490625 \text{ m}^2$$

Jari-jari hidraulik (R)

$$R = \frac{D}{4}$$

$$R = \frac{0,025}{4}$$

$$R = 0,00625 \text{ m}$$

Gradien hidraulik (S)

$$S = \frac{h_f}{L}$$

Dimana H adalah perubahan tinggi (m) dan L adalah panjang pipa (m).

$$S = \frac{15 \text{ m}}{1532,08 \text{ m}}$$

$$S = 0,009790611 \text{ m/m}$$

Penyelesaian untuk mencari nilai n menggunakan Pers. (5) dengan parameter sebagai berikut :

Diketahui bahwa, 1 GPM = 3,78541

$$L/\text{min} = \frac{3,78541 \text{ L/min}}{1000} = 0,003785 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$n = \frac{1}{Q} \times \frac{AR^{2/3}}{S^{1/2}}$$

$$n = \frac{1}{1000 \times 0,003785} \times$$

$$\frac{0,000490625 \times (0,00625^{2/3})}{(0,00979^{1/2}) \times 0,00979}$$

$$n = \frac{1}{3,78541} \times \frac{0,033361 \times 0,000490625}{0,009791}$$

$$n = 0,000441638$$

Pressure Loss dihitung menggunakan koefisien kekasaran Manning (n) dari Pers. 5 ke Pers. 6 menjadi:

$$h_f = \frac{n \times L \times V^2}{2 \times g \times D^{1,333}}$$

Keterangan :

h_f : Kehilangan Tekanan (Pressure Loss) dalam meter air (mH₂O)

n : koefisien kekasaran Manning

L : panjang total pipa (m)

V : kecepatan aliran (m/s)

G : percepatan gravitasi (m/s²)

D : diameter pipa (m)

$$h_f = \frac{0,000441638 \times 1532,08 \text{ meter} \times (2 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times (0,025 \text{ meter})^{1,333}}$$

$$h_f = \frac{2,7064 \text{ m}}{0,1435 \text{ m}}$$

$$h_f = 18,8475 \text{ m}$$

Konversi kehilangan tekanan ke satuan bar:

$$h_f \times 0,0980665 \text{ (1 meter air mH}_2\text{O)}$$

$$h_f = 18,8475 \text{ m} \times 0,0980665$$

$$h_f = 1,8483 \text{ bar}$$

Untuk mengetahui kebutuhan tekanan pada pompa yang diperlukan dalam sebuah gedung, diperlukan total seluruh faktor kehilangan tekanan pada pipa, sebagai berikut:

Kehilangan tekanan akibat belokan pipa + kehilangan tekanan akibat gesekan pipa + kehilangan tekanan akibat pengaruh kekasaran *manning*.

$$\text{Total} = 0,001585 \text{ bar} + 2,12762 \text{ bar} + 1,8483 \text{ bar}$$

$$\text{Total} = 3,9775 \text{ bar}$$

$$\text{Kebutuhan Tekanan Pompa} = 3,9775 \text{ bar} + 7 \text{ bar} = 10,9775 \text{ bar}$$

Maka, jumlah kehilangan total seluruh tekanan adalah 3,9775 bar dan kebutuhan pompa adalah 10,9775 bar.

Pompa eksisting menggunakan kapasitas 750 GPM. Dari perhitungan diatas, setelah *sprinkler* dioptimasi, maka terdapat kebutuhan kenaikan tekanan kerja pompa agar kinerja *sprinkler* tetap optimal yaitu tekanan air saat keluar minimal 7 bar. Tabel 5, Tabel 6 dan Tabel 7 menunjukkan tipe pompa yang bisa digunakan sesuai kebutuhan. Dengan kebutuhan tekanan pompa sebesar 10,9775 bar maka dipilih pompa dengan tekanan kerja 10 – 16 bar sesuai Tabel 7 yaitu *Electric Pump* dengan kapasitas 1.000 GPM.

Tabel 5. Spesifikasi Pompa Jockey

Parameter	Spesifikasi
Merk	Ready Buffalo
Kapasitas	50 gallon per minute
Tekanan Minimum	8 bar
Tekanan Maksimum	10 bar
Tipe Pompa	Centrifugal
Daya Pompa	3 kW
Putaran Pompa	2900 rpm
Tegangan	300 V, 3 phase, 50 hz
Head	85 meter
Monitoring	Sistem Monitoring Tekanan Otomatis

Tabel 6. Spesifikasi Pompa Diesel

Parameter	Spesifikasi
Merk	John Deere
Tipe Mesin	4-Silinder, 4,5L Diesel
Kapasitas Aliran	1000 gallon per minute (GPM)
Tekanan Minimum	10 bar
Tekanan Maksimum	16 bar
Jenis Sistem Hidraulik	Closed Center
Tekanan Hidraulik	2250 psi (155,1 bar)
Aliran Pompa	15 GPM (56,8 l/min)
Sistem PTO	540/1000 RPM
Kapasitas Bahan Bakar	19,5 galon (73,8 liter)

Tabel 7. Spesifikasi Pompa Elektrik

Parameter	Spesifikasi
Merk	Listed
Kapasitas Aliran	1000 gallon per minute
Tekanan Minimum	10 bar
Tekanan Maksimum	16 bar
Jenis Motor	Listrik

IV. KESIMPULAN

Hasil analisis dan efisiensi jumlah *sprinkler* dapat disimpulkan menjadi beberapa hal, antara lain:

1. *Sprinkler* pada Apartemen X sebelumnya berjumlah 565 *sprinkler* dapat diefisiensikan sebesar 30% menjadi 393 *sprinkler* dengan jarak antar *sprinkler* 4 m dan jarak cakupan 12,1 m².
2. Kapasitas pompa yang diperlukan dan sesuai dengan kebutuhan tekanan yang dikeluarkan oleh *sprinkler* adalah 1000 GPM. Menaikkan kapasitas pompa diperlukan karena kapasitas pompa eksisting 750 GPM maksimal tekanannya hanya 10 bar.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional (2000). *SNI-03-3989-2000: Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Sprinkler Otomatik untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung*. Jakarta.
- [2] Putri, R. D. (2017). *Perencanaan dan Analisis Sistem Sprinkler otomatis dan kebutuhan air pemadaman Fire fighting hotel XX*. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 6(1), 6-12.
- [3] Wellang, M., Hasim, M. F., & Simin, I. F. (2019). *Analisa Koefisien Kekasaran Manning (n) dan Chezy (c) pada Saluran Terbuka dengan Variasi Debit Aliran dan Kemiringan*. *Jurnal Teknik Sipil Macca*, 4(1), 11-21.
- [4] Aisyah, S., Effendi, Z., & Pratama, W. Y. (2021). *Analisa Head Losses pada Diameter Pipa terhadap Terbentuknya Kavitasi Pompa*. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 9(1), 17-22.
- [5] Nurnawaty., & Sumardi. (2020). *Analisis Perubahan Tinggi Tekanan Akibat Sudut Belokan 90° dan 45° dengan menggunakan Fluid Friction Apparatus*. *Jurnal Teknik Hidro*, 13(1), 28-37