

PERANCANGAN SISTEM *SPRINKLER* PADA GEDUNG PERKULIAHAN E,F,G

Alfian Djafar¹, Gad Gunawan², Doddy Suanggana³, Happy Aprilia⁴

^{1,2,3,4} Institut Teknologi Kalimantan

*email: alfian.djafar@gmail.com

ABSTRAK

Berdasarkan hasil evaluasi pada Gedung perkuliahan E, F dan G, salah satu fasilitas yang masih minim adalah bagian proteksi kebakaran. Kondisi gedung hanya memiliki APAR yang tersebar di tiap lantai. Proteksi Kebakaran aktif seperti sistem *sprinkler* belum tersedia di gedung ini. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem *sprinkler* pada Gedung perkuliahan E, F dan G. Penelitian ini memiliki tahapan pelaksanaan berupa tinjauan pustaka, Tinjauan lapangan, spesifikasi data, dan perencanaan sistem *sprinkler*. Untuk perencanaan sistem *sprinkler*, beberapa tahapan yang dilakukan adalah identifikasi tingkat bahaya kebakaran, arah pancaran *sprinkler*, tingkat suhu kepala *sprinkler*, jarak maksimum antar *sprinkler*, daerah yang dilindungi *sprinkler*, irisan antar *sprinkler*, luas area *sprinkler*, menentukan pressure, flow rate dan pressure drop, volume air untuk kebutuhan *sprinkler*. Berdasarkan hasil penelitian, dibutuhkan *sprinkler* head sebesar 234 buah yang tersebar di 3 lantai. Dibutuhkan debit dan tekanan serta ukuran pipa pada *sprinkler* terjauh masing-masing sebesar 22,604 GPM, 16,293 psi, dan 1". Pada pipa pembagi, ukuran pipanya sebesar 4", dengan debit dan tekanan sebesar 30,883 GPM dan 30,414 psi. Volume air untuk kebutuhan *sprinkler* untuk 3 lantai sebesar 2779,47 galon.

Kata kunci: debit, *sprinkler*, tekanan, volume

ABSTRACT

Based on the evaluation of the lecture buildings E, F, and G, one of the facilities that were still minimal it was the fire protection section. The condition of the building only has fire extinguishers scattered on each floor. Active fire protection such as sprinkler systems was not yet available in this building. Therefore, this study aims to designed a sprinkler system in the lecture halls E, F, and G. This research had implementation stages in the form of literature review, field review, data specifications, sprinkler system planning. For sprinkler system planning, several stages were carried out, namely identification of fire hazard level, the direction of sprinkler beam, sprinkler head temperature level, the maximum distance between sprinklers, sprinkler protected area, slices between sprinklers, sprinkler area, determining pressure, flow rate, and pressure drop, Volume of water for sprinkler needs. Based on the research, it tooks 234 sprinkler heads spread over 3 floors. It tooks the flow rate and pressure as well as the pipe size at the farthest sprinkler of 22.604 GPM, 16.293 psi, and 1". In the distribution pipe, the pipe size is 4", with a flow rate and pressure of 30,883 GPM and 30,414 psi. The volume of water for sprinkler needs for 3 floors is 2779,47 gallons.

Keywords: *sprinkler, flow rate, pressure, volume*

PENDAHULUAN

Institut Teknologi Kalimantan (ITK), adalah perguruan tinggi yang didirikan sebagai wujud pelaksanaan strategi utama dalam bidang penguatan kemampuan Sumber Daya Manusia (SDM), serta Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) nasional dalam Koridor Ekonomi Kalimantan. Hal ini disusun dalam Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan

Ekonomi Indonesia (MP3EI) 2011-2025 (Renstra ITK, 2019).

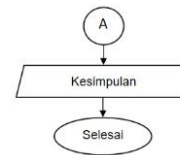
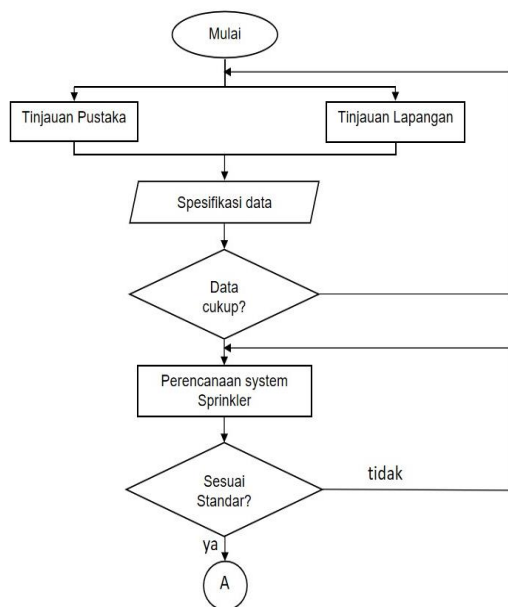
Sejak beroperasi di Balikpapan hingga 2021, ITK telah memiliki 17 program studi dengan total 3002 mahasiswa aktif, didukung dengan penambahan 3 gedung perkuliahan dan gedung laboratorium terpadu serta fasilitas alat laboratorium yang ada di dalamnya. Mengingat peran dan fungsinya dalam mel

aksanakan Tridharma Perguruan Tinggi, ITK dituntut untuk melakukan pengembangan dan peningkatan sarana dan prasarana di lingkungan ITK..

Pembangunan gedung untuk menunjang perkuliahan di ITK terus dilakukan. dalam perencanaannya, ada 3 aspek yang diperhatikan. perencanaan dari segi struktur, arsitektur dan sistem Mekanikal Elektrikal Plambing (MEP) yang akan digunakan. Jika struktur menekankan kekuatan, arsitek mengedepankan pada keindahan, maka MEP lebih mengedepankan pada fungsi. Sekuat apapun bangunan, seindah apapun bangunan, perlu ditunjang dengan sistem MEP yang memenuhi laik fungsi. Pemasangan MEP perlu memperhatikan 8 (delapan) kelas kriteria yaitu koordinasi dengan pekerjaan struktur sipil, keamanan, fungsi, kemudahan konstruksi, biaya, efisiensi integrasi, kemudahan pengembangan, kemudahan perawatan (Guo, Tai, & Chen, 2013).

Untuk mencegah dampak kerusakan dan keselamatan pengguna gedung, perlu melakukan evaluasi keandalan fisik bangunan (Rizal, 2016). Berdasarkan hasil evaluasi pada Gedung perkuliahan E, F G, salah satu fasilitas yang masih minim adalah bagian proteksi kebakaran. Kondisi gedung hanya memiliki APAR yang tesebar di tiap lantai. Proteksi Kebakaran aktif seperti sistem *sprinkler* belum dimiliki oleh gedung ini. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem *sprinkler* pada Gedung perkuliahan E, F dan G.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 1 merupakan diagram alir penelitian. Secara lengkapnya, berikut tahapan pelaksanaan pada penelitian ini:

Tinjauan Pustaka

Langkah awal yang dilakukan adalah mencari referensi mengenai sistem springkler melalui artikel ilmiah, buku, maupun peraturan-peraturan yang berkaitan dengan sistem proteksi kebakaran seperti Standar Nasional Indonesia (SNI) dan juga National Fire Protection Association 13 (NPFA 13).

Tinjauan Lapangan

Selain studi literatur, tinjauan lapangan juga dilakukan seperti observasi langsung di gedung, wawancara dengan rumpun sarana prasarana, melakukan dokumentasi.

Spesifikasi Data

Data awal yang dibutuhkan untuk penelitian ini berupa *As Build Drawing* gedung E, F, G untuk mengetahui lay out gedung luar ruangan. Selain itu, kondisi dari Gedung diperhatikan.

Perencanaan Sistem Sprinkler

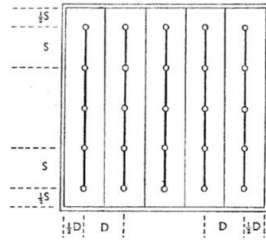
Melakukan perencanaan *sprinkler* dengan tahapan sebagai berikut :

- a. Identifikasi tingkat bahaya kebakaran
- b. Arah pancaran *sprinkler*
- c. Tingkat suhu kepala *sprinkler*
- d. Jarak maksimum antar *sprinkler*
- e. Daerah yang dilindungi *sprinkler*
- f. Irisan antar *sprinkler*
- g. Luas area *sprinkler*
- h. *Pressure*, debit dan *pressure drop*
- i. Volume air untuk kebutuhan *sprinkler*

Untuk merancang system *sprinkler*, acuan yang digunakan adalah Standar Nasional Indonsia (SNI) dan NPFA 13, serta jurnal penelitian. Mengacu pada SNI, perencanaan *sprinkler* dikategorikan tergantung tingkat bahaya kebakarannya.

Penempatan kepala *sprinkler*, dapat dilihat pada Gambar 2. penempatan kepala *sprinkler* menyesuaikan dengan tingkat bahaya kebakarannya. Klasifikasi Bahaya kebakaran berupa kebakaran ringan, sedang, dan juga berat. S adalah perencanaan penempatan *sprinkler* head pada pipa cabang, sedangkan D

adalah jarak antara deretan *sprinkler* head. Untuk bahaya kebakaran ringan, nilai D dan S maksimum 4,6 m.



Gambar 2. Standar Penempatan kepala *sprinkler* (SNI, 2000)

Penentuan jarak jangkauan *sprinkler*, dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan (Al Haramain, 2017):

$$X = a - \left(\frac{1}{4} \cdot a\right) \quad (1)$$

adalah jarak maksimum Antar *sprinkler* head. $\frac{1}{4}$ dalam persamaan merupakan overlap antar *sprinkler* head (Ihsan, 2019). Adanya overlap bertujuan agar daluruh ruangan bisa dilindungi oleh *sprinkler* head. Untuk Mencari pressure dalam pipa, dapat menggunakan persamaan berikut:

$$p = \sqrt{\frac{Q}{k}} \quad (2)$$

Sprinkler alternatif dapat digunakan untuk melindungi terhadap berbagai jenis bahaya kebakaran seperti yang diklasifikasikan oleh NFPA 13, harus diakui bahwa mungkin ada batasan dalam penggunaan *sprinkler* tertentu. misalnya, alat penyiram dengan lubang kecil atau faktor K terbatas pada hunian dengan bahaya ringan. *sprinkler* orifice faktor 5,6 K dan umumnya berfungsi sebagai tolok ukur untuk membandingkan debit *sprinkler* lainnya. *sprinkler* dengan K-faktor kurang dari 5,6 secara tradisional dianggap sebagai *sprinkler* orifice kecil.

Berdasarkan persamaan Hazen William, besarnya pressure drop dapat diketahui :

$$p = \frac{45,2 \cdot L \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot d^{4,87}} \quad (3)$$

Berdasarkan standar NFPA, persamaan untuk mengetahui flow ratenya untuk 1 *sprinkler* adalah (Putri, 2017)

$$Q_1 = A \cdot density \quad (4)$$

Menentukan Jumlah Volume Air Dalam operasi, air diperlukan untuk *sprinkler* yang dapat beroperasi. Volume air yang dibutuhkan *sprinkler* harus dipertimbangkan sehingga berlebih. Volume kebutuhan air pada *sprinkler* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$V = Q \cdot T \quad (5)$$

Persamaan 5 menunjukkan cara mencari Volume kebutuhan air (V). Dimana V merupakan hasil kali Kapasitas air *sprinkler* dengan Waktu operasional sistem (Ruslan, 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan studi literatur terkait dengan perancangan sistem *sprinkler*, beberapa data yang dikumpulkan sebagai berikut:

Identifikasi tingkat bahaya kebakaran

Berdasarkan kategori bahaya kebakaran, gedung Pendidikan atau perkuliahan dikategorikan sebagai bangunan dengan bahaya kebakaran ringan.

Arah pancaran *sprinkler*

Peletakan dari *sprinkler head* untuk perancangan ini diletakkan di bagian plafon, dimana arah pancarannya ke bawah.

Tingkat suhu kepala *sprinkler*

Berdasarkan data BPS, suhu tertinggi di Balikpapan adalah $34,5^{\circ}$. Sehingga pemilihan warna bulb pada *sprinkler head* adalah:

Suhu bulb: $34,5 + 30 = 64,5^{\circ}$. Berdasarkan standar SNI, suhu yang mendekati adalah 69° , *sprinkler head* berwarna merah.

Jarak maksimum antar *sprinkler*

Kategori kebakaran ringan jarak maksimum antar *sprinkler* maksimum $4,6 \times 4,6$ m atau. Untuk jarak antara *sprinkler* dengan dinding, maksimum $\frac{1}{2} \cdot 4,6 = 2,3$ m dengan mengacu pada standar SNI.

Daerah yang dilindungi *sprinkler*

Luar area yang dilindungi adalah 21 m^2 jika mengacu pada standar SNI.

Irisan antar *sprinkler*

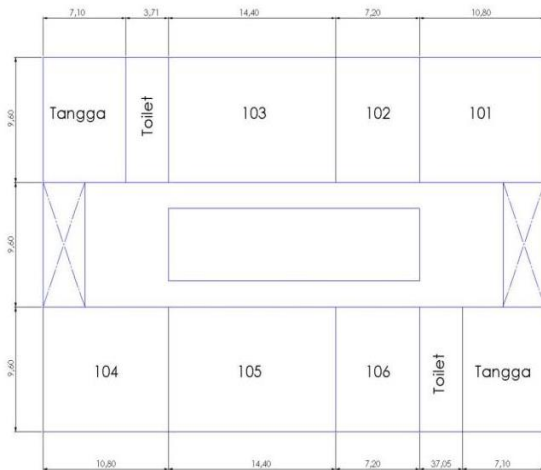
Untuk mencegah agar tidak ada daerah yang tidak terlindungi, maka jarak antar *sprinkler* overlap $\frac{1}{4}$ bagian.

Luas area *sprinkler*

Jumlah kepala *sprinkler* maksimum untuk bahaya ringan 500 dimana kepala *sprinkler* cadangan sebanyak 6 buah. Ukuran nominal lubang kepala *sprinkler* 10.

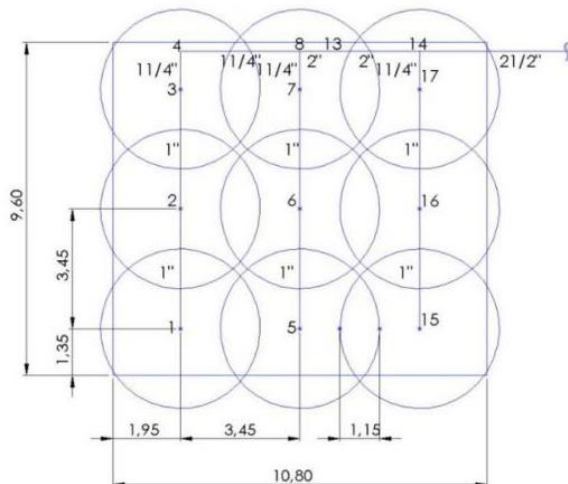
Selain studi literatur, studi lapangan juga dilakukan. Studi lapangan dilakukan dengan observasi dan wawancara dengan rumpun perencanaan dan rumpun sarana prasarana ITK. Data awal yang didapatkan adalah ukuran

ruangan dalam satu gedung. Ukuran ruangan dapat dilihat pada Gambar 3. Gedung perkuliahan E,F,G memiliki desain yang sama, dimana Terdapat 6 ruang perkuliahan, toilet, area tangga dan juga koridor. Seperti yang terlihat pada Gambar3, Ukuran dari Ruang 101, 102, dan 103 masing- masing sebesar 10,8 m x 9,6 m, 7,2 m x 9,6 m, 104 m x 9,6 m. Ruang 104 memiliki ukuran yang sama dengan 101. Ruang 105, sama dengan 103, sedangkan Ruang 106 memiliki ukuran yang sama dengan 102.



Gambar 4. Denah gedung perkuliahan E, F, dan G

Perencanaan penempatan *sprinkler* head diletakkan pada ruang perkuliahan dan koridor saja, sedangkan area tangga dan toilet tidak diberikan *sprinkler* head. Sebagai contoh, Penempatan *sprinkler* head dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Penempatan *sprinkler* head pada ruang 104

Berdasarkan Gambar 5, panjang dan lebar ruangan 104 pada lantai 1 masing-masing sebesar 10,8 m dan 9,6 m, sehingga luasnya 103,68 m². Gedung perkuliahan termasuk kemudian overlap ¼ bagian agar seluruh

ruangan bisa dilindungi. Dengan bahaya kebakaran ringan, maka daerah perlindungannya memiliki jarak sebesar 4,6 m menggunakan persamaan (1), jarak efektif antar *sprinkler* head adalah:

$$X = a - \left(\frac{1}{4} \cdot a\right)$$

$$X = 4,6 - \left(\frac{1}{4} \cdot 4,6\right) = 3,45 \text{ m}$$

Dari sini, luas daerah efektif yang dilindungi adalah

$$L = 3,45 \cdot 3,45 = 11,9 \text{ m}^2$$

Berdasarkan luas area yang dilindungi, maka Jumlah *sprinkler* yang dibutuhkan untuk ruangan 104 adalah :

$$\text{jumlah sprinkler} = \frac{103,68}{11,9} = 8,71 \approx 9 \text{ buah}$$

Tabel 1. Jumlah head *sprinkler*

Nama Ruang	Panjang	Lebar	Luas	Total	
Lt. 1	101	10,8	9,6	103,68	9
	102	14,4	9,6	138,24	12
	103	7,2	9,6	69,12	6
	104	10,8	9,6	103,68	9
	105	7,2	9,6	69,12	6
	106	14,4	9,6	138,24	12
	koridor	43,2	10,3	249,81	22
Total head <i>sprinkler</i> lantai 1				76	
Lt. 2	201	10,8	9,6	103,68	9
	202	14,4	9,6	138,24	12
	203	7,2	9,6	69,12	6
	204	10,8	9,6	103,68	9
	205	7,2	9,6	69,12	6
	206	14,4	9,6	138,24	12
	koridor	43,2	10,3	249,81	22
Total head <i>sprinkler</i> lantai 2				76	
Lt. 3	301	10,8	9,6	103,68	9
	302	14,4	9,6	138,24	12
	303	7,2	9,6	69,12	6
	304	10,8	9,6	103,68	9
	305	7,2	9,6	69,12	6
	306	14,4	9,6	138,24	12
	koridor	43,2	10,3	249,81	22
Total head <i>sprinkler</i> lantai 3				76	

Sebagai ilustrasi penempatan *sprinkler* head dapat dilihat pada Gambar 3. *sprinkler* head yang berjumlah 9 buah ditunjukkan pada node 1, 2, 3, 5, 6, 7, 15, 16, dan 17. Jarak antar *sprinkler* 3,45 dengan overlap 1,15 m. sehingga, jarak antara *sprinkler* dengan dinding sebesar 1,95 m dan 1,35. Hal ini memenuhi persyaratan dimana jarak antar *sprinkler* menurut standar SNI, maksimum 2,3 m. Dengan cara yang sama, maka ruangan yang lain dan juga koridor dapat direncanakan jumlah *sprinkler*nya. jumlah *sprinkler* head dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, jumlah *sprinkler* head pada tiap lantai adalah 76 buah. Sehingga, total *sprinkler* head 3 lantai adalah 228. Karena anjuran adanya *sprinkler* cadangan, maka total *sprinkler* head dijumlahkan dengan 6 buah

sebagai persyaratan pemenuhan *sprinkler head* menurut SNI untuk kategori bahaya kebakaran ringan.

Setelah menentukan jumlah total *sprinkler head*, proses selanjutnya menentukan ukuran pipa pembagi, pipa cabang untuk mendistribusikan air ke *sprinkler head*. Ukuran pipa mengacu pada Tabel 2. Secara umum, penempatan *sprinkler head* yang dilengkapi dengan ukuran pipa pada gedung perkuliahan E, F, dan G ditunjukkan pada Gambar 4. Sebanyak 228 buah *sprinkler head* yang tersbar di ruang kelas dan juga koridor. Mengacu pada table penentuan ukuran pipa, pipa terkecil sebesar 1", dan yang terbesar pada pipa pembagi pada node 102 ke 103 sebesar 4".

Tabel 2. Ukuran pipa *sprinkler* untuk kebakaran ringan

Jumlah <i>sprinkler</i>	Inch	mm
2	1	25
3	1 ¼	32
4-5	1 ½	40
6-10	2	50
11-30	2 ½	65
31-60	3	75
60-....	4	100

Menentukan pressure, flow rate dan pressure drop

Untuk menyederhanakan prosesnya, perhitungan dibagi menjadi 2 wilayah. Wilayah 1 merupakan daerah yang dibatasi oleh garis merah, sedangkan wilayah 2 ditandai dengan garis hitam seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Wilayah 1 dihitung terlebih dahulu, kemudian melanjutkan perhitungan pada wilayah 2.

Wilayah 1 dapat dilihat pada Gambar 5, dihitung mulai dari node 1 hingga node 41. Terdapat jumlah *sprinkler head* sebanyak 31 buah. Data awal yang digunakan untuk melakukan perhitungan pada wilayah 1 adalah: Faktor K adalah *sprinkler orifice*. Nilai factor K = 5,6. Nilai ini berdasarkan kategori tingkat bahaya kebakaran ringan.

Luas yang terlindungi oleh 1 *sprinkler* = 21 m² atau senilai 226,042 ft².

Nilai Koefisien *friction loss* untuk material pipa Black steel adalah 120. Gambar 6 menunjukkan *Density* dengan menyesuaikan tingkat bahaya kebakaran yaitu kebakaran ringan. Untuk kategori bahaya kebakaran ringan, nilainya sebesar 0,1 gpm/ft² Dengan menggunakan persamaan (5), besarnya debit yang dibutuhkan oleh 1 *sprinkler* adalah

$$Q_1 = A \cdot density \quad A1$$

$$Q_1 = 226,042 \cdot 0,1 = 22,604 \text{ gpm}$$

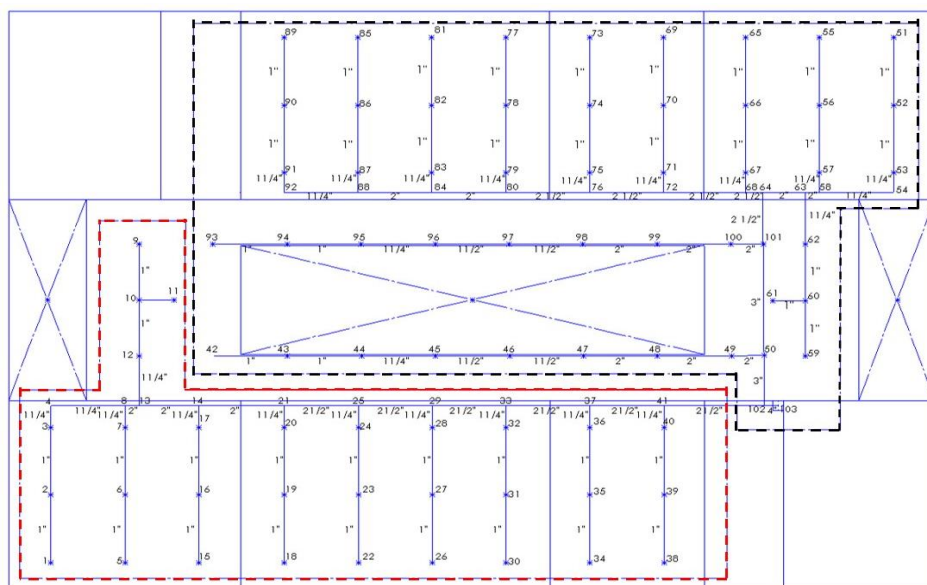
Besarnya *pressure* untuk 1 *sprinkler* berdasarkan persamaan (3),

$$p_1 = \sqrt{\frac{Q_1}{k}} \quad A2$$

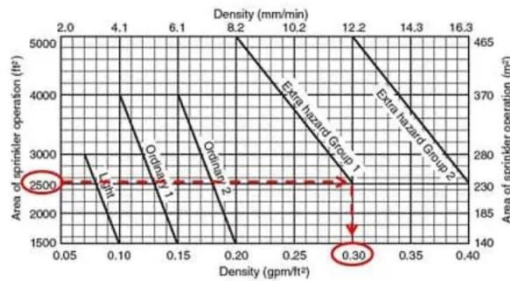
$$p_1 = \sqrt{\frac{22,6}{5,6}} = 16,293 \text{ psi}$$

Jadi, debit pada node 1 adalah

$$Q_1 = 22,604 \text{ gpm, dan } p_1 = 16,293 \text{ psi.}$$



Gambar 5. Penempatan sprinkler head pada Gedung perkuliahan E,F, dan G



Gambar 6. Density curve (Area)

Dengan mengetahui *effective pipeline* $L = 3,45$ meter = 11,3189 ft, $C =$ pipe material 120 $D =$ Diameter dalam 1" = 1,097", *pressure drop* dari node 2 ke node 1 dengan mengacu pada persamaan (4), adalah

$$p_{1-2} = \frac{45,2 \cdot 11,319 \cdot 22,604^{1,85}}{120^{1,85} \cdot 1,097^{4,87}} \quad A3$$

$$p_{1-2} = 1,486 \text{ psi}$$

Pressure pada node 2 akan menjadi

$$p_2 = p_1 + p_{1-2} \quad A4$$

$$p_2 = 16,293 + 1,486 = 17,779 \text{ psi}$$

sprinkler pada node 2 memiliki *flow rate* nilai sebesar

$$Q_2 = k\sqrt{p_2} \quad A5$$

$$Q_2 = 5,6\sqrt{17,779} = 23,612 \text{ gpm}$$

Setelah mengitung pipa#1, langkah selanjtnya adalah meninjau Pipa #2 dari node 3 ke node 2. Besarnya debit sebesar

$$Q_{2-3} = Q_1 + Q_2 \quad A6$$

$$Q_{2-3} = 22,604 + 23,612 = 46,216 \text{ gpm}$$

Besarnya *pressure drop* pada pipa #2 node 3 ke node 2 adalah

$$p_{2-3} = \frac{45,2 \cdot L \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot d^{4,87}} \quad A7$$

$$p_{2-3} = \frac{45,2 \cdot 11,319 \cdot 46,216^{1,85}}{120^{1,85} \cdot 1,097^{4,87}}$$

$$p_{2-3} = 5,579 \text{ psi}$$

Pressure pada node 3 akan menjadi

$$p_3 = p_2 + p_{2-3} \quad A8$$

$$p_3 = 17,779 + 5,579 = 23,357 \text{ psi}$$

sprinkler pada node 3 memiliki *flow rate* sebesar

$$Q_3 = k\sqrt{P_3} \quad A9$$

$$Q_3 = 5,6\sqrt{23,357} = 27,064 \text{ gpm}$$

Selanjutnya, panjang pipa #3 dari no 3 ke node 4 ditinjau. Pipa #3 memiliki sambungan berupa *elbow* pada node 4. Untuk sambungannya, Panjang ekuivalennya menyesuaikan dengan Tabel 3.

Diameter pipa 1 ¼" memiliki Panjang 1,1 meter. Berdasarkan Tabel 3, pipa 1 ¼" memiliki Panjang ekuivalen dari sambungan schedule 40 sebesar 3". Persamaan Panjang ekuivalen pipa:

$$L_{eq} = L_{pipa} + \left[\frac{\text{diameter dalam aktual}}{\text{diameter dalam schedule 40}} \right]^{4,87} \quad A10$$

[panjang ekuivalen sambungan schedule 40]

Diameter dalam actual dan juga diameter dalam schedule 40 dapat dilihat pada Tabel 4. Pipa 1 ¼" memiliki diameter dalam actual 1,442" dan diameter dalam schedule 40 sebesar 1,38".

Substitusi ke persamaan A11, sehingga didapatkan panjang pipa #3 sebesar:

$$L_{eq} = 11,319 + \left[\frac{1,442}{1,38} \right]^{4,87} \cdot [3] = 7,325 \text{ ft} \quad A11$$

Tabel 4. Diameter dalam tiap ukuran pipa

pipe size	thin wall	standard wall (Sch 40)
1/8 in	0,307	0,269
1/4 in	0,41	0,364
3/8 in	0,545	0,493
1/2 in	0,674	0,622
3/4 in	0,884	0,824
1 in	1,097	1,049
1 1/4 in	1,442	1,38
1 1/2 in	1,682	1,61
2 in	2,157	2,067
2 1/2 in	2,635	2,469
3 in	3,26	3,068
4 in	4,26	4,026
5 in	5,295	5,047
6 in	6,357	6,065
8 in	8,329	7,981

Pressure drop pipa #4 node 4 ke node 3

Diameter pipa yang digunakan adalah 1 ¼", dengan nilai d sebesar 1,442",

$$p_{3-4} = \frac{45,2 \cdot L \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot d^{4,87}} p_{3-4} \quad A12$$

$$= \frac{45,2 \cdot 7,325 \cdot 73,281^{1,85}}{120^{1,85} \cdot 1,442^{4,87}} = 2,236$$

Pressure pada node 4 akan menjadi

$$p_4 = p_3 + p_{3-4} \quad A13$$

$$p_4 = 23,357 + 2,236 = 25,594 \text{ psi}$$

Debit pada node 4

$$Q_4 = k\sqrt{P_4} \quad A14$$

fitting and valves expressed in equivalent Feet (meters) of pipe															
fitting and valves	1/2 in	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	3 1/2 in	4 in	5 in	6 in	8 in	10 in	12 in
	15 mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
45 elbow	-	1 (0,3)	1 (0,3)	1 (0,3)	2 (0,6)	2 (0,6)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	4 (1,2)	5 (1,5)	7 (2,1)	9 (2,7)	11 (3,3)	13 (4)
90 standard elbow	1 (0,3)	2 (0,6)	2 (0,6)	3 (0,9)	4 (1,2)	5 (1,5)	6 (1,8)	7 (2,1)	8 (2,4)	10 (3)	12 (3,7)	14 (4,3)	18 (5,5)	22 (6,7)	27 (8,2)
90 long-tum elbow	0,5 (0,2)	1 (0,3)	2 (0,6)	2 (0,6)	2 (0,6)	3 (0,9)	4 (1,2)	5 (1,5)	5 (1,5)	6 (1,8)	8 (2,4)	9 (2,7)	13 (4)	16 (4,9)	18 (5,5)
Tee or cross(flow turned 90)	3 (0,9)	4 (1,2)	5 (1,5)	6 (1,8)	8 (2,4)	10 (3)	12 (3,7)	15 (4,6)	17 (5,2)	20 (6,1)	25 (7,6)	30 (9,1)	35 (10,7)	50 (15,2)	60 (18,3)
butterfly valve	-	-	-	-	-	1 (0,3)	1 (0,3)	1 (0,3)	-	2 (0,6)	2 (0,6)	3 (0,9)	4 (1,2)	5 (1,5)	6 (1,8)
gate valve	-	-	-	-	-	1 (0,3)	1 (0,3)	1 (0,3)	1 (0,3)	2 (0,6)	2 (0,6)	3 (0,9)	4 (1,2)	5 (1,5)	6 (1,8)
vane type flow switch			6 (1,8)	9 (2,7)	10 (3)	14 (4,3)	17 (5,2)	22 (6,7)	-	30 (9,1)	-	16 (4,9)	22 (6,7)	29 (8,8)	36 (11)
swing clock	-	-	5 (1,5)	7 (2,1)	9 (2,7)	11 (3,3)	14 (4,3)	16 (4,9)	19 (5,85)	22 (6,7)	27 (8,2)	32 (10)	45 (14)	55 (17)	65 (20)

Gambar 7. Panjang ekuivalen pipa baja *schedule 40* (SNI, 2000)

$$Q_4 = 5,6\sqrt{25,594} = 28,330 \text{ gpm}$$

Pipa #4 node 8 ke 4

Khusus untuk node 8. Pipa ini memiliki sambungan T pada node 8. Untuk ukuran pipa 1 1/4", panjang ekuivalen sesuai tabel adalah 6. Panjang ekuivalen dari pipa 8-4 adalah

$$L_{eq} = 11,319 + \left[\frac{1,442}{1,38} \right]^{4,87} \cdot [6] = 18,751 \text{ ft}$$

A15

Diameter pipa yang digunakan adalah 1 1/4", sehingga pressure dropnya sebesar

$$p_{4-8} = \frac{45,2 \cdot L \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot d^{4,87}} \quad \text{A16}$$

$$p_{4-8} = \frac{45,2 \cdot 18,751 \cdot 101,611^{1,85}}{120^{1,85} \cdot 1,442^{4,87}} = 10,48$$

Pressure pada node 8 akan menjadi Debit pada node 8

$$p_8 = p_4 + p_{4-8} \quad \text{A18}$$

$$p_8 = 25,594 + 10,48 = 36,07 \text{ psi}$$

$$Q_8 = k\sqrt{P_8}$$

$$Q_8 = 5,6\sqrt{36,07} = 33,634 \text{ gpm}$$

Data perhitungan selanjutnya adalah:

$$\begin{aligned} p_5 &= 16,2 & Q_5 &= 22,6 & Q_{5-6} &= 46,2 \\ & & & & & & 93; & & 04; & & 16; \\ p_6 &= 17,7 & Q_6 &= 23,6 & Q_{6-7} &= 73,2 \\ & & & & & & 79; & & 12; & & 81; \\ p_7 &= 23,3 & Q_7 &= 27,0 & Q_{7-8} &= 79,6 \\ & & & & & & 57; & & 64; & & 28; \\ p_8 &= 26,7 & Q_8 &= 28,5 \\ & & & & & & 28; & & 92; \end{aligned}$$

Dari persamaan didapat $p_8 = 36,07 \text{ psi}$ dan $p_8 = 26,728 \text{ psi}$. dipilih yang tertinggi, yakni 36,07 psi.

$$\frac{Q_{7-8}A}{Q_{7-8}} = \frac{\sqrt{p_8 A}}{\sqrt{p_8}} \quad \text{A19}$$

$$Q_{7-8}A = \frac{\sqrt{36,07}}{\sqrt{26,728}} \cdot 79,628 = 92,508 \text{ gpm}$$

Koreksi nilai p_7

$$p_7 = p_8 - p_{7-8}A \quad \text{A20}$$

$$p_7 = 26,728 - 5,19 = 12,59 \text{ psi}$$

Dengan proses perhitungan sama, node yang lain diselesaikan. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5. Wilayah 1 diselesaikan hingga node 102, dan akan dihubungkan dengan node 102 yang ada di wilayah 2.

Selengkapnya, penyelesaian perhitungan hingga node 103 pada wilayah 2 dapat dilihat pada Tabel 6. Wilayah 2 pada Gambar 5 ditunjukkan pada daerah yang diberi garis hitam. Wilayah 2 menghitung node 53 hingga 103. Node yang menghubungkan antara Wilayah 1 dan 2 adalah node 102. dari perbandingan perhitungan debit dan pressure, terlihat bahwa nilai yang terbesar terjadi pada node 102-50 dibandingkan dengan node 102-41. Nilai debit dan pressure yang dipilih pada node 102-50 yang masing-masing nilainya sebesar 30,675 gpm dan 30,006 psi Nilai debit diakhir pipa, yakni node 103-102 sebesar 30,883 gpm, sedangkan nilai pressurenya 30,414 psi.

Tabel 5. Perhitungan Debit, pressure, pressure drop wilayah 1

Node	L (ft)	Q (gpm)	p (psi)	Dp (psi)	D Qui	Node	L (ft)	Q (gpm)	p (psi)	Dp (psi)	D Qui	
2	1	11,319	22,604	16,293	1,486	24	23	11,319	23,612	17,779	5,579	46,216
3	2	11,319	23,612	17,779	5,579	25	24	11,041	27,064	23,357	3,371	73,281
4	3	7,325	27,064	23,357	2,236	29	25	27,793	28,952	26,728	0,834	102,232
8	4	18,751	28,330	25,594	10,480	27	26	11,319	22,604	16,293	1,486	
6	5	11,319	22,604	16,293	1,486	28	27	11,319	23,612	17,779	5,579	46,216
7	6	11,319	23,612	17,779	5,579	29	28	11,041	27,064	23,357	3,371	73,281
8	7	11,041	27,064	23,357	3,371	33	29	27,793	28,952	26,728	0,834	102,232
13	8	14,508	28,952	26,728	1,154	31	30	11,319	22,604	16,293	1,486	
10	9	15,568	22,604	16,293	2,043	32	31	11,319	23,612	17,779	5,579	46,216
11	10	11,558	23,980	18,336	5,781	33	32	11,041	27,064	23,357	3,371	73,281
12	10	9,350	27,501	24,117	2,913	37	33	29,270	28,952	26,728	0,878	102,232
13	12	15,798	29,115	27,030	9,087	35	34	11,319	22,604	16,293	1,486	
13	14	21,424	33,654	36,117	2,093	36	35	11,319	23,612	17,779	5,579	46,216
16	15	11,319	22,604	16,293	1,486	37	36	11,041	27,064	23,357	3,371	73,281
17	16	11,319	23,612	17,779	5,579	41	37	27,793	28,952	26,728	0,834	102,232
14	17	11,041	27,064	23,357	3,371	39	38	11,319	22,604	16,293	1,486	
21	14	29,516	28,952	26,728	0,886	40	39	11,319	23,612	17,779	5,579	46,216
19	18	11,319	22,604	16,293	1,486	41	40	11,041	27,064	23,357	3,371	73,281
20	19	11,319	23,612	17,779	5,579	102	41	31,848	28,952	26,728	0,956	102,232
21	20	11,041	27,064	23,357	3,371							
25	21	27,793	28,952	26,728	0,834							
23	22	11,319	22,604	16,293	1,486							

Tabel 6 Perhitungan Debit, pressure, pressure drop wilayah 2

Node	L (ft)	Q (gpm)	p (psi)	Dp (psi)	D Qui	Node	L (ft)	Q (gpm)	p (psi)	Dp (psi)	D Qui	
52	51	11,319	22,604	16,293	1,486	75	74	11,319	23,612	17,779	5,5786	46,216
53	52	11,319	23,612	17,779	5,579	76	75	10,713	27,064	23,357	3,2706	73,281
54	53	6,997	27,064	23,357	2,136	72	76	27,793	28,897	26,628	0,8331	102,18
58	54	18,751	28,275	25,493	10,469	70	69	11,319	22,604	16,293	1,4856	
56	55	11,319	22,604	16,293	1,486	71	70	11,319	23,612	17,779	5,5786	46,216
57	56	11,319	23,612	17,779	5,579	72	71	10,713	27,064	23,357	3,2706	73,281
58	57	10,713	27,064	23,357	3,271	68	72	29,023	28,897	26,628	0,87	102,18
63	58	14,521	28,897	26,628	1,154	66	65	11,319	22,604	16,293	1,4856	
60	59	15,568	22,604	16,293	2,043	67	66	11,319	23,612	17,779	5,5786	46,216
61	60	11,558	23,980	18,336	5,781	68	67	10,713	27,064	23,357	3,2706	73,281
60	62	9,350	27,501	24,117	2,913	64	68	19,092	28,897	26,628	0,5723	102,18
62	63	16,103	29,115	27,030	9,262	101	64	25,145	29,206	27,2	0,8463	108,78
64	63	18,793	33,736	36,292	1,838	43	42	11,319	22,604	16,293	1,4856	0
90	89	11,319	22,604	16,293	1,486	44	43	11,319	23,612	17,779	5,5786	46,216
91	90	11,319	23,612	17,779	5,579	45	44	11,319	27,064	23,357	1,7466	50,677
92	91	6,997	27,064	23,357	2,136	46	45	11,319	28,058	25,104	0,9641	55,123
88	92	18,751	28,275	25,493	10,469	47	46	11,319	28,592	26,068	1,0142	56,65
86	85	11,319	22,604	16,293	1,486	48	47	11,319	29,143	27,082	0,3128	57,735
87	86	11,319	23,612	17,779	5,579	49	48	11,319	29,311	27,395	0,32	58,453
88	87	10,713	27,064	23,357	3,271	50	49	17,294	29,481	27,715	1,7522	116,53
84	88	23,626	28,897	26,628	1,877	94	93	11,319	22,604	16,293	1,4856	
82	81	11,319	22,604	16,293	1,486	95	94	11,319	23,612	17,779	5,5786	46,216
83	82	11,319	23,612	17,779	5,579	96	95	11,319	27,064	23,357	1,7466	50,677
84	83	10,713	27,064	23,357	3,271	97	96	11,319	28,058	25,104	0,9641	55,123
80	84	23,626	28,897	26,628	1,877	98	97	11,319	28,592	26,068	1,0142	56,65
78	77	11,319	22,604	16,293	1,486	99	98	11,319	29,143	27,082	0,3128	57,735
79	78	11,319	23,612	17,779	5,579	100	99	11,319	29,311	27,395	0,32	58,453
80	79	10,713	27,064	23,357	3,271	101	100	17,258	29,481	27,715	1,7485	116,53
76	80	29,270	28,897	26,628	0,877	50	101	38,86	30,397	29,464	0,542	118,33
74	73	11,319	22,604	16,293	1,486	102	50	28,575	30,675	30,006	0,4082	119,86
						103	102	28,447	30,883	30,414	0,1131	121,44

Volume air untuk kebutuhan sprinkler

Sebagai tambahan untuk Volume kebutuhan air sprinkler per gedung menggunakan persamaan:

$$V = Q \times T$$

Dimana, Kapasitas air senilai 30,883 gpm, dikalikan dengan jumlah sprinkler yang pecah pada 1 lantai. Dengan mengetahui nilai Q, dengan waktu operasi sistem senilai 30 menit, maka besarnya volume kebutuhan airnya untuk 1 lantai adalah sebesar:

$$\begin{aligned} V(\text{kebutuhan air}) &= Q \times T \times 3 \text{ lantai} \\ &= 30,883 \times 30 \times 3 \text{ lantai} \\ &= 2779,47 \text{ galon.} \end{aligned}$$

KESIMPULAN DAN SARAN**Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian, dibutuhkan sprinkler head sebesar 234 buah yang tersebar di 3 lantai. Dibutuhkan debit dan tekanan serta

ukuran pipa pada *sprinkler* terjauh masing-masing sebesar 22,604 GPM, 16,293 psi, dan 1". Pada pipa pembagi, ukuran pipanya sebesar 4", dengan debit dan tekanan sebesar 30,883 GPM dan 30,414 psi. Volume air untuk kebutuhan *sprinkler* untuk 3 lantai sebesar 2779,47 galon.

Saran

Penempatan *sprinkler* dirancang untuk posisi kepala *sprinkler* di bagaian atas, perlu melakukan perancangan *sprinkler* di dinding sebagai alternatif jika *sprinkler* bagian atas membutuhkan renovasi bagian plafon.

REFERENSI

- Al Haramain, Muhammad, dkk. Perancangan Sistem Pemadam Kebakaran Pada Perkantoran Dan Pabrik Label Makanan PT XYZ Dengan Luas Bangunan 1125 m². Jurnal Mesin Teknologi (SINTEK Jurnal) Volume 11 No. 2 Desember 2017 e-ISSN : 2549-9645
jurnal.umj.ac.id/index.php?journal=sintek
- Guo, S.-J., Tai, C.-S., & Chen, H.-C. (2013). *The Application of MEP Systems Installation for Interface Integration in Building Construction*. *Journal of Marine Science and Technology*, 21 (1), 15-23.
- Hidayati, B., Haryanto, H., & Pebrianty, Z. (2018). Perencanaan Sistem Tata Udara Gedung Bpd/Lpm Kantor Kepala Desa Lumpatan II. *PETRA: Jurnal Teknologi Pendingin dan Tata Udara*, 5 (2), 1-7.
- S.W. Rizal, "Evaluasi Keandalan Fisik Bangunan Gedung (Studi Kasus Politeknik Negeri Pontianak)," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 16, no. 2, pp. 1-14, 2016.
- SNI, "Tata cara perencanaan dan pemasangan sistem springkler otomatis untuk pencegahan kebakaran pada bangunan gedung" SNI, 03-3989-2000, 2000.
- Ihsan Silahuddin, Tatang Efendi, Mei Sutrisno, Ruth Ester Ambat, "Perencanaan Ulang Sistem Proteksi Kebakaran Pada Gedung Serbaguna Tekmira Jend. Sudirman No. 623 Bandung" *Potensi*, 2019.
- Muhammad Ruslan¹, M. Saleh Al Amin², Emidiana³, "Perancangan Sistem Fire Alarm Kebakaran Pada Gedung Laboratorium XXX", *Jurnal TEKNO (Civil Engineering, Elektrical Engineering and Industrial Engineering)*, 2021.
- Rahesa Dwi Putri, "Perencanaan dan Analisis Sistem *Sprinkler* otomatis dan kebutuhan air pemadaman Fire fighting hotel XX", *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*: vol.06, No.1, 2017.
- BPS, "Suhu Udara Menurut Bulan di Balikpapan (derajat Celcius), 2019-2020", <https://kaltim.bps.go.id/indicator/151/287/1/suhu-udara-menurut-bulan-di-balikpapan.html>, diakses pada tanggal 21 Oktober 2021