

Perhitungan *Emergency Response Plan* (ERP) Pada Bangunan Gedung Farmasi di Surabaya

Moch. Luqman Ashari

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Ayu Puspa Arum Masniarni Kusuma Wardani

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Desfita Putri Maharani

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Corresponding Author : ashari.luqman@ppns.ac.id

Abstract. *a situation where Indonesia continues to lose vacant land, high-rise buildings are one way out to expand areas of activity. However, it should be underlined that high-rise buildings also have a risk of fire, which can cause greater material losses and fatalities. This study aims to develop an Emergency Response Plan (ERP) plan for a multi-storey building that has seven floors. This plan is expected to meet the standards set by the government through laws and other regulations so that a building has an emergency response procedure. This research begins with data collection of the dimensions of the building and the function of each floor in the building. From this data, an estimate of the capacity of the building can then be obtained, which can then be calculated for the need for emergency exits, emergency stairs, and the time needed to escape from the building. After calculations and analysis, the building under study requires two units of emergency exits each for each floor. The widest required emergency exit is on the 5th floor because there are so many people in that place. The width of the stairs taken into account is one meter which is in accordance with the design of the building. Furthermore, the total mathematical calculation time for the greatest evacuation time is on the 5th floor in corridor I, which is 3.13 minutes. This is because of the small width of the corridor.*

Keywords: *ERP, Evacuation, Building, Fire*

Abstrak. Dalam keadaan Indonesia yang terus kehilangan lahan kosong, bangunan gedung bertingkat menjadi salah satu jalan keluar untuk memperluas area beraktivitas. Namun perlu digarisbawahi bahwa gedung bertingkat juga memiliki risiko terbakar sehingga dapat menyebabkan kerugian materi maupun korban jiwa yang lebih besar. Penelitian ini bertujuan untuk menyusun perencanaan *Emergency Response Plan* (ERP) pada gedung bertingkat yang memiliki tujuh lantai. Perencanaan ini diharapkan dapat memenuhi standar yang ditetapkan oleh pemerintah melalui undang-undang maupun peraturan lain agar suatu gedung memiliki prosedur tanggap darurat. Penelitian ini diawali dengan pendataan dimensi dari bangunan gedung dan fungsi setiap lantai pada bangunan. Dari data tersebut kemudian didapatkan estimasi kapasitas bangunan yang selanjutnya dapat dihitung kebutuhan pintu darurat, tangga darurat, dan waktu yang diperlukan untuk dapat menyelamatkan diri dari gedung. Setelah dilakukan perhitungan dan analisis, bangunan gedung yang diteliti membutuhkan dua unit pintu darurat masing-masing untuk seriap lantai. Pintu darurat yang dibutuhkan dengan ukuran paling lebar adalah pada lantai 5 karena banyaknya orang yang berada di tempat tersebut. Ukuran lebar tangga yang diperhitungkan adalah satu meter yang mana sudah sesuai dengan

Received September 30, 2023; Revised Oktober 2, 2023; November 22, 2023

* Moch. Luqman Ashari, ashari.luqman@ppns.ac.id

rancangan bangunan. Selanjutnya waktu perhitungan matematis total untuk waktu evakuasi yang paling besar adalah lantai 5 pada koridor I, yaitu selama 3,13 menit. Hal tersebut karena kecilnya ukuran lebar dari koridor.

Kata Kunci : ERP, Evakuasi, Gedung, Kebakaran

PENDAHULUAN

Kebakaran gedung merupakan salah satu bencana yang dapat menyebabkan kerusakan serius, baik pada gedung yang terbakar maupun lingkungan sekitarnya. Gedung bertingkat memiliki banyak risiko terjadinya kebakaran, seperti instalasi aliran listrik, adanya bahan-bahan yang mudah terbakar seperti kertas, serta bahan lainnya⁽¹⁾. Ketika api terjadi, penting untuk segera menyelamatkan diri.

Menurut ISO 14000², ERP atau *Emergency Response Plan* merupakan suatu sistem yang mengintegrasikan seluruh elemen baik fisik maupun non-fisik guna menanggulangi akibat yang ditimbulkan oleh bencana maupun kecelakaan. ERP dibuat untuk menentukan Langkah-langkah yang harus diambil ketika terjadi suatu keadaan darurat yang mengancam keselamatan dan keamanan suatu individu maupun kelompok. Tujuan utama dari ERP adalah untuk melindungi jiwa, meminimalisasi kerugian yang dapat ditimbulkan, serta memulihkan situasi ke kondisi seperti semula sesegera mungkin.

Gedung yang dibangun di Surabaya ini merupakan gedung lantai tujuh yang difungsikan sebagai gedung perkantoran dan tempat produksi. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Nomor 21/PRT/M/2018 Tentang Pedoman Teknis Penyelenggaraan Sistem Manajemen Keselamatan Bangunan Gedung³, setiap gedung dengan klasifikasi tertentu harus memiliki persyaratan dan prosedur yang dijadikan pedoman memastikan keselamatan bangunan gedung, termasuk penanganan darurat dan tanggap darurat. Maka dari itu, diperlukan suatu prosedur rencana tanggap darurat atau ERP

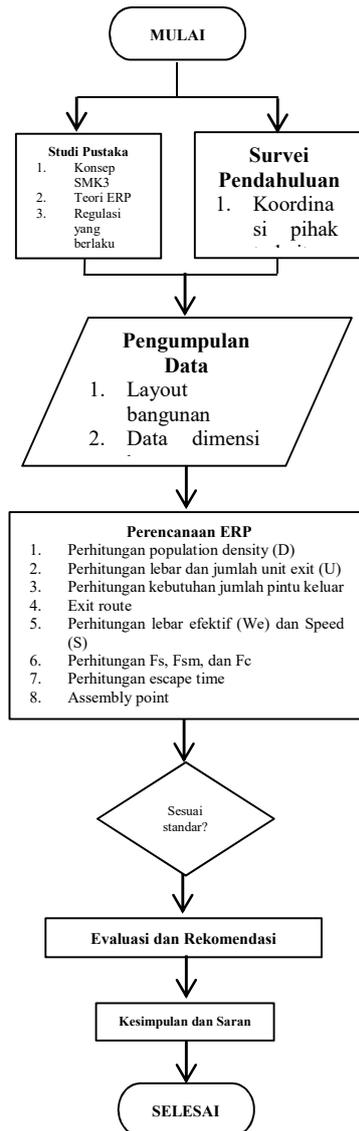
di dalam gedung tersebut untuk menanggulangi bencana atau kecelakaan, khususnya kebakaran.

Studi yang dilaksanakan oleh Shiwakoti (2011) menunjukkan bahwa perilaku pejalan kaki dalam keadaan darurat jarang memiliki data yang lengkap sebagai bentuk validasi prediksi model. Hal ini mengakibatkan bahwa kita tidak dapat bergantung pada model matematika sebelum diterapkan pada situasi yang sesungguhnya⁴.

Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk merancang prosedur tanggap darurat dalam gedung bertingkat di Surabaya. Perancangan ini meliputi penentuan pintu darurat dan tangga darurat. Selain itu ditentukan pula waktu evakuasi yang dibutuhkan ketika berada dalam gedung. Hal ini sebagai harapan agar dapat mengurangi kegagalan dalam pelaksanaan proses evakuasi pada gedung.

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan langkah kerja sistematis yang bertahap dan terstruktur untuk menyelesaikan persoalan yang tengah dibahas dalam penelitian ini. Adanya pembuatan diagram alir diharapkan dapat membantu alur penelitian ini semakin terarah dan bisa memberikan hasil yang maksimal.



Gambar 1. Diagram Alir

Pada penelitian ini akan dirancang *Emergency Response Plans* (ERP) pada bangunan gedung perkantoran berlantai Lima. Berdasarkan SNI 03-6574-2001⁵, bangunan ini termasuk dalam klasifikasi bangunan kelas 5 yaitu bangunan kantor yang dipergunakan untuk tujuan-tujuan usaha profesional, pengurusan administrasi, dan usaha komersial dengan bahaya kebakaran ringan (*Light Hazard Occupancies*) untuk lantai 3 sampai 5, serta bahaya kebakaran tinggi untuk lantai 1 dan 2.

1. Pra-Penelitian

Pada tahap ini, dilakukan studi pustaka mengenai pendahuluan terdahulu maupun literatur-literatur yang berhubungan dengan topik yang akan dikaji. Selain itu, juga dilakukan studi literatur dengan berkoordinasi langsung dengan pihak yang bersangkutan dan membaca denah bangunan yang akan dilakukan perancangan ERP. Langkah-langkah penelitian yang digunakan dalam menyelesaikan masalah dipelajari terlebih dahulu dalam bagian studi literatur, sehingga pelaksanaan penelitian dapat dilaksanakan dengan benar⁶.

2. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap ini, data-data yang diperlukan untuk mendukung proses perancangan

dikumpulkan kemudian diolah untuk mendapatkan hasil yang dibutuhkan dan sesuai dengan standar. Data yang dikumpulkan seperti layout bangunan, dimensi bangunan, jenis aktivitas dan bahan yang ada dalam bangunan, serta kapasitas orang yang ditampung dalam bangunan tersebut. Kemudian untuk pengolahan data dilakukan dengan berbagai rumus dan juga ketentuan-ketentuan yang berlaku sesuai dengan standar.

a. Menentukan Jumlah Orang (N)

Populasi dalam suatu ruangan dapat diestimasi menggunakan *density factor* yang dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1 *Density Factors*

Tempat-tempat dalam Bangunan Umum dan Perdagangan	m ² /orang
Tempat pertemuan	1
Ruang makan	2
Kantor	8
Tempat tinggal	10
Garasi	30
Rumah sakit	10
Perindustrian	6
Gedung pendidikan	4

Sumber: Perda DKI No.3 Tahun 1992⁷

Untuk menentukan jumlah populasi dalam suatu ruangan, diperlukan persamaan dibawah ini:

$$N = \frac{A}{Df}$$

Dimana:

N = Jumlah orang

A = Luas ruangan

Df = *Density factor*

b. *Population Density*

$$D = \frac{N}{A}$$

Dimana:

D = *Population Density* (person/ft²)

N = *Population* (person)

A = Luas *escape* (ft²)

c. Lebar *unit Exit*

$$U = \frac{\text{Jumlah orang}}{40 \times \text{standar waktu}}$$

Dimana:

1 unit exit = 21"

2 unit exit = 21" + 21"

3 unit exit = 21" + 21" + 18"

Seterusnya ditambah dengan 18" atau 450mm

d. Jumlah Unit Exit

$$E = \frac{U}{4} + 1$$

e. Lebar Efektif (We)

Lebar efektif adalah lebar jalur yang digunakan dalam melakukan *escape* (exit route) dan tangga darurat setelah dikurangi dengan halangan (*clearance*) yang ada. Untuk menetapkan

lebar jalan ke luar dari suatu jalur pintu dalam upaya menghitung kapasitasnya, hanya lebar bebas dari jalur pintu harus diukur ketika pintu dalam posisi terbuka penuh. Lebar bebas harus ukuran lebar bersih yang bebas dari tonjolan.⁸

We = Unit Exit – Clearance

Tabel clearance dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2 *Boundary Layer Width*

Exit route element	Boundary Layer	
	(in.)	(cm)
Stairways—wall or side of tread	6	15
Railings, handrails ^a	3.5	9
Theater chairs, stadium benches	0	0
Corridor, ramp walls	8	20
Obstacles	4	10
Wide concourses, passageways	< 18	46
Door, archways	6	15

Sumber: SFPE 5th edition, 2016⁹

f. Speed (S)

Speed merupakan kecepatan perpindahan manusia selama proses evakuasi berlangsung..
Jika $D < 0,54$ person/m² maka nilai S dapat langsung diambil dari tabel:

Tabel 3 Maximum Exit Flow Speed

Exit route element	Speed (along line of travel)		
	(ft/min)	(m/s)	
Corridor, aisle, ramp, doorway	235	1.19	
Stairs			
Riser (in.)	Tread (in.)		
7.5	10	167	0.85
7.0	11	187	0.95
6.5	12	196	1.00
6.5	13	207	1.05

Sumber: SFPE 5th edition, 2016

Jika $D > 3,8$ person/m² maka tidak ada pergerakan.

Jika D berada $0,54 < D < 3,8$ (person/m²) maka S dihitung dengan rumus:

$$S = k - (a \times k \times D)$$

Dimana:

S = Speed (ft/s)

D = Population density (person/ft²)

K = Konstanta sesuai tabel...., dengan:

k1 : dengan a = 2,86 untuk S dalam ft/min dan D dalam person/ft²

k2 : dengan a = 0,266 untuk S dalam m/s dan D dalam person/m²

Tabel 4 Konstanta untuk Kecepatan Evakuasi

Exit route element	k1	k2
	Corridor, aisle, ramp, doorway	275
Stairs		
Riser (in.)	Tread (in.)	
7.5	10	196
7.0	11	212
6.5	12	229
6.5	13	242

Sumber: SFPE 5th edition, 2016

g. Specific Flow Of Person (Fs)

Fs adalah jumlah orang yang melintasi titik pada exit route per unit waktu per unit lebar efektif

$$Fs = S \times D$$

Dengan:

Fs = specific flow (person/min.ft)

S = speed (ft/min)

D = population density (person/ft²)

Hasil Fs yang diperoleh dibandingkan dengan nilai maximum exit flow speed (Fsm) pada

tabel.....Nantinya, nilai F_s yang diambil adalah nilai yang paling terendah.

Tabel 5 *Maximum Specific Flow*

Exit route element		Maximum specific flow	
		Person/minute of effective width	Person/s.m of effective width
Corridor, aisle, ramp, doorway		24.0	1.3
Stairs			
Riser (in.)	Tread (in.)		
7.5	10	17.1	0.94
7.0	11	18.5	1.01
6.5	12	20.0	1.09
6.5	13	21.2	1.16

Sumber: NFPA, 2018¹⁰

h. Calculated Flow (F_c)

F_c adalah estimasi jumlah orang yang melewati titik pada escape route per unit waktu.

$$F_c = F_s \times W_e$$

Dengan:

F_c = calculated flow (person/min)

F_s = spesific flow (person/min.ft)

W_e = effective widht (ft)

i. Time Escape (t_p)

Time escape adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengosongkan sebuah ruangan.

$$t_p = \frac{P}{F_c}$$

Dengan:

t_p = time escape (min)

P = population (person)

F_c = calculated flow (person/min)

3. Analisis dan Rekomendasi

Pada tahap ini, dilakukan analisis terhadap hasil data yang sudah diolah, apakah hasil tersebut sudah sesuai regulasi atau tidak. Jika terdapat hasil keluaran yang tidak memenuhi standar, maka harus dilakukan pengolahan data ulang disertai dengan rekomendasi-rekomendasi agar hasil keluaran dapat sesuai dengan standar. Adapun hasil keluaran pada perencanaan ERP ini adalah pintu dan tangga darurat, jalur evakuasi, dan waktu evakuasi dalam gedung.

4. Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan tahapan paling akhir pada penelitian. Pada kesimpulan, akan diketahui jawaban akhir dari tujuan dilakukannya penelitian ini, sedangkan saran berisikan usulan-usulan yang ditujukan kepada penulis dan penelitian selanjutnya.

HASIL PENELITIAN

A. Perhitungan Tiap Ruang

1. Perhitungan Jumlah Populasi

Pada lantai satu hingga tujuh, telah dilakukan perhitungan jumlah populasi pada tabel berikut ini:

Tabel 6 Jumlah Populasi Bangunan Gedung (N)

Lt.	Luas (m ²)	Kegunaan	N (orang)
1	600	R. Produksi	100
	210	Gudang	35
2	600	R. Teknisi	100
	210	Gudang	35

**PERHITUNGAN EMERGENCY RESPONSE PLAN (ERP) PADA BANGUNAN
GEDUNG FARMASI DI SURABAYA**

3	42	Ruang Rapat	136
	622	Ruang Kerja I	77
	210	Ruang Kerja II	26
4	210	Cafeteria	105
	49	Ruang Sekretariat	6
	40	Ruang Purchasing	5
	70	Ruang Direktur	7
5	364	Convention Hall	364
	24	Dapur	2
	24	Rest Room I	4
	56	Education Room	14

2. Perhitungan Kebutuhan Lebar Unit Exit (U) dan Jumlah Unit Exit (E)

Perhitungan U dan E disesuaikan dengan tingkat bahaya dan risiko pada bangunan gedung ini. Didapatkan hasil sesuai dengan tabel 7 di bawah ini:

Tabel 7 Kebutuhan Lebar Unit Exit dan Unit Exit

Kegunaan	Bahaya Kebakaran	N (org)	U (unit)	E (buah)
R. Produksi	Berat	100	1,25 ≈2	1,5 ≈2
Gudang	Berat	35	0,44 ≈1	1,25 ≈2
R. Teknisi	Berat	100	1,25 ≈2	1,5 ≈2
Gudang	Berat	35	0,44 ≈1	1,25 ≈2
Ruang Rapat	Ringan	136	1,13 ≈2	1,5 ≈2
Ruang Kerja I	Ringan	77	0,64 ≈1	1,25 ≈2
Ruang Kerja II	Ringan	26	0,22 ≈1	1,25 ≈2
Cafeteria	Ringan	105	0,88 ≈1	1,25 ≈2
Ruang Sekretariat	Ringan	6	0,05 ≈1	1,25 ≈2
Ruang Purchasing	Ringan	5	0,04 ≈1	1,25 ≈2
Ruang Direktur	Ringan	7	0,06 ≈1	1,25 ≈2
Convention Hall	Ringan	364	3,03 ≈4	2 ≈2
Dapur	Ringan	2	0,02 ≈1	1,25 ≈2
Rest Room I	Ringan	4	0,03 ≈1	1,25 ≈2
Education Room	Ringan	14	0,12 ≈1	1,25 ≈2

3. Perhitungan Speed (S) dan Specific Flow of Person (Fs)

Tabel 8 di bawah ini merupakan hasil perhitungan S dan Fs yang telah dilakukan.

Tabel 8 Hasil Perhitungan S dan Fs

Kegunaan	D (org/m ²)	S (m/s)	Fs (org/ms)
R. Produksi	0,166667	1,19	0,198333
Gudang	0,166667	1,19	0,198333
R. Teknisi	0,166667	1,19	0,198333
Gudang	0,166667	1,19	0,198333
Ruang Rapat	3,238095	1,19	3,853333
Ruang Kerja I	0,123794	1,19	0,147315
Ruang Kerja II	0,12381	1,19	0,147333
Cafeteria	0,5	1,19	0,595
Ruang Sekretariat	0,122449	1,19	0,145714
Ruang Purchasing	0,125	1,19	0,14875

Ruang Direktur	0,1	1,19	0,119
Convention Hall	1	1,19	1,19
Dapur	0,041667	1,19	0,049583
Rest Room I	0,095238	1,19	0,113333
Education Room	0,25	1,19	0,2975

Sumber: Peneliti, 2023

4. Perhitungan Lebar Efektif (We) dan Calculated Flow (Fc)

Tabel 9 di bawah ini merupakan hasil perhitungan We dan Fc yang telah dilakukan.

Tabel 9 Hasil Perhitungan We dan Fc

Kegunaan	Ukuran lebar (m)	C (m)	We (m)	Fc (org/sec)
R. Produksi	1,05	0,3	0,75	0,14875
Gudang	1,05	0,3	0,75	0,14875
R. Teknisi	1,05	0,3	0,75	0,14875
Gudang	1,05	0,3	0,75	0,14875
Ruang Rapat	1,05	0,3	0,75	2,89
Ruang Kerja I	1,05	0,3	0,75	0,110486
Ruang Kerja II	1,05	0,3	0,75	0,1105
Cafeteria	1,05	0,3	0,75	0,44625
Ruang Sekretariat	1,05	0,3	0,75	0,109286
Ruang Purchasing	1,05	0,3	0,75	0,111563
Ruang Direktur	1,05	0,3	0,75	0,08925
Convention Hall	1,05	0,3	0,75	0,8925
Dapur	1,05	0,3	0,75	0,037188
Rest Room I	1,05	0,3	0,75	0,085
Education Room	1,05	0,3	0,75	0,223125

Sumber: Peneliti, 2023

5. Perhitungan Time Escape (tp)

Tabel 10 di bawah ini merupakan hasil perhitungan tp yang telah dilakukan.

Tabel 10 Hasil Perhitungan tp

Kegunaan	Populasi sebenarnya	TP (sec)
R. Produksi	30	336
Gudang	2	13
R. Teknisi	15	101
Gudang	2	13
Ruang Rapat	15	5,2
Ruang Kerja I	20	181
Ruang Kerja II	15	136
Cafeteria	15	33,7
Ruang Sekretariat	4	36,6
Ruang Purchasing	3	26,9
Ruang Direktur	1	11,2
Convention Hall	200	224
Dapur	3	80,7
Rest Room I	2	23,5
Education Room	4	17,9

Sumber: Penulis, 2023

B. Perhitungan Pada Lobby dan Koridor

1. Perhitungan lebar Efektif (We)

Tabel 11 di bawah ini merupakan hasil perhitungan We yang telah dilakukan.

Tabel 11. Perhitungan Lebar efektif (We)

Lt.	Ket	Lebar (m)	C	We (m)
1	Lobby 1	2,75	0,2	2,55
2	Lobby 2	2,75	0,2	2,55
3	Lobby 3	2,75	0,2	2,55
4	Lobby 4	2,75	0,2	2,55
5	Koridor 1	1,5	0,2	1,3
	Lobby 5	2,75	0,2	2,55
	Koridor 2	2,5	0,2	1,3

Sumber: Penulis, 2023

2. Perhitungan Fs, Fc, dan tp

Tabel 12 di bawah ini merupakan hasil perhitungan Fs, Fc, dan Tp yang telah dilakukan.

Tabel 12. Perhitungan Fs, Fc, Tp

Lt.	Ket	Fs (org/ms)	Fc (org/sec)	Tp (sec)
1	Lobby 1	0,116	0,298	107,5
2	Lobby 2	0,116	0,298	57,14
3	Lobby 3	1,22	3,11	16,07
4	Lobby 4	0,31	0,76	50,2
5	Koridor 1	0,122	0,16	207
	Lobby 5	0,9	2,19	9,60
	Koridor 2	0,194	0,446	49,3

Sumber: Penulis, 2023

C. Perhitungan Tangga

1. Perhitungan lebar Efektif (We) dan Speed (S)

Tabel 13 di bawah ini merupakan hasil perhitungan We dan Syang telah dilakukan

Tabel 13. Perhitungan We dan S

Tangga	Lebar (m)	C(m)	We (m)	S (m/s)
1	1,5	0,09	1,41	0,85
2	1,5	0,09	1,41	0,85
3	1,5	0,09	1,41	0,85
4	1,5	0,09	1,41	0,85

Sumber: Penulis, 2023

2. Perhitungan Fs, Fc, dan tp

Tabel 14 di bawah ini merupakan hasil perhitungan Fs, Fc, dan Tp yang telah dilakukan.

Tabel 14. Perhitungan Fs, Fc, dan Tp

Tangga	Fs (org/ms)	Fc (org/sec)	Tp (sec)
1	0,358688	0,5	33,6
2	0,262224	0,37	135,2
3	0,536417	0,76	24,8
4	1,47695	2,08	13,5

Sumber: Penulis, 2023

PEMBAHASAN

1. Perhitungan Tiap Ruang

Perhitungan tiap ruangan ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan unit exit (lebar dan jumlahnya) dari tiap ruangan serta waktu yang dibutuhkan untuk mengosongkan ruangan tersebut ketika terjadi kejadian gawat darurat. Ruangan ini terdiri 5 lantai dimana tiap lantainya berisikan ruangan dengan luas dan kegunaan yang berbeda-beda. Ruangan terluas yakni ruangan kerja 1 sebesar 622m^2 dan ruangan terkecil adalah dapur dan rest room sebesar 24m^2 . Sedangkan untuk tingkat resiko kebakarannya, lantai 1 dan 2 yang berisikan ruang produksi, ruang teknisi, dan gudang merupakan ruangan dengan resiko kebakaran berat, dan untuk ruangan pada lantai lainnya beresiko ringan.

Pada perhitungan populasi, luas ruangan dan density factor diperlukan. Jumlah populasi berbanding lurus dengan luas ruangan dan berbanding terbalik dengan nilai density factor. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa populasi terbanyak berada pada ruangan convention hall yakni sebanyak 364 orang, dan ruangan dengan populasi paling sedikit berada di dapur yakni sebanyak 2 orang.

Untuk mengetahui kebutuhan unit exit pada tiap ruangan harus dilakukan perhitungan lebar unit exit yang dibutuhkan (U) dan jumlahnya (E). Pada perhitungan lebar unit exit (U), diperoleh hasil yang berbeda-beda tiap ruangnya. Pada gudang, ruang kerja 1 dan 2, cafeteria, ruang sekretariat, ruang purchasing, ruang direktur, dapur, rest room, dan education room membutuhkan lebar total unit exit minimal 1 unit atau 525 mm. Pada ruang produksi, ruang teknisi, dan ruang rapat membutuhkan lebar total unit exit minimal selebar 2 unit atau 1.050 mm. Pada convention hall membutuhkan lebar total minimal selebar 4 unit atau 1.950 mm. Setelah nilai U dari tiap ruangan didapat, maka kebutuhan jumlah unit exit dapat ditentukan. Dari hasil perhitungan diketahui bahwa pada tiap ruangan membutuhkan unit exit sebanyak 2 buah.

Pada perhitungan Speed (S) membutuhkan nilai population density (D) pada perhitungannya. Dari perhitungan nilai D di tiap ruangan, didapatkan hasil bahwa nilai D disemua ruangan bernilai kurang dari $0,54 \text{ org/m}^2$, sehingga untuk mendapatkan nilai S dapat langsung diambil dari tabel maximum exit flow speed dengan elemen exit route berupa pintu dengan nilai S sebesar $1,19 \text{ m/s}$ dan bernilai sama pada tiap ruangan. Sedangkan untuk perhitungan F_s bergantung pada nilai D dan S. Semakin besar nilai D dan S pada suatu ruangan, maka nilai F_s juga akan semakin besar. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai F_s terbesar dan terkecil berturut-turut $3,85$ (ruang rapat) dan $0,04$ (dapur).

Untuk perhitungan lebar efektif (W_e) harus diketahui terlebih dahulu ukuran lebar dan nilai clearance dari tiap ruangan. Dikarenakan tiap ruangan membutuhkan jumlah unit exit yang sama yakni 2 buah, maka ukuran lebar pada tiap ruangan juga bernilai sama yakni $1,05 \text{ m}$. Clearance yang digunakan adalah boundary layer pintu yakni sebesar $0,15 \text{ m}$. Dikarenakan terdapat 2 buah unit exit, maka nilai clearance dikali dua menjadi $0,3 \text{ m}$ pada setiap ruangan. Dari ukuran lebar dan nilai clearance yang sama ini menyebabkan nilai W_e pada semua ruangan juga bernilai sama, yakni sebesar $0,75 \text{ m}$. Sedangkan untuk perhitungan F_c bergantung pada nilai F_s dan W_e . Semakin besar nilai F_s dan W_e pada suatu ruangan, maka nilai F_c juga akan semakin besar. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai F_c terbesar dan terkecil berturut-turut $2,84$ (ruang rapat) dan $0,085$ (rest room I).

Setelah nilai F_c dan jumlah populasi didapat, maka time escape (t_p) dapat dicari pada tiap ruangan. Nilai t_p ini berbanding lurus dengan populasi dan berbanding terbalik dengan F_c . Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa ruangan yang paling lama untuk dikosongkan ketika terjadi kejadian gawat darurat adalah ruang produksi dengan waktu selama 366 detik. Sedangkan ruangan yang paling cepat untuk dikosongkan ketika terjadi kejadian gawat darurat adalah ruang rapat dengan waktu selama 5 detik.

2. Perhitungan Pada Lobby dan Koridor

Ruang lingkup perhitungan lobby dan koridor adalah area didalam gedung yang menjadi lintasan atau jalur evakuasi setelah seluruh penghuni keluar dari ruangnya masing-masing ketika terjadi kegiatan gawat darurat. Bangunan ini memiliki 5 lantai dengan 5 lobby dan 2 koridor didalamnya. Pada perhitungan lobby dan koridor, hal yang dihitung adalah lebar efektif (w_e) lobby dan koridor sebagai unit exit dan waktu yang dibutuhkan untuk melintasi lobby dan koridor sebagai jalur evakuasi (t_p).

Pada perhitungan W_e , clearance yang digunakan adalah boundary layer koridor yakni sebesar 0,2 m. Sehingga didapatkan hasil lebar efektif untuk setiap lobby sebesar 2,55 m dan koridor sebesar 1,3 m. Selanjutnya dilakukan perhitungan F_s dan F_c pada setiap lobby dan koridor agar bisa menghitung kebutuhan waktu evakuasi. Besarnya nilai F_s bergantung pada banyaknya ruangan dalam lobby atau koridor tersebut. Semakin banyak ruangan didalamnya maka nilai F_s akan semakin besar. Dari hasil perhitungan diketahui F_s pada lobby 1 dan 2 sebesar 0,116, pada lobby 3 sebesar 1,22, pada lobby 4 sebesar 0,31, pada lobby 5 sebesar 0,9, pada koridor 1 sebesar 0,122, dan pada koridor 2 sebesar 0,194. Sedangkan untuk perhitungan F_c bergantung pada nilai F_s dan W_e . Semakin besar nilai F_s dan W_e pada lobby dan koridor, maka nilai F_c juga akan semakin besar. Dari hasil perhitungan diketahui F_c pada lobby 1 dan 2 sebesar 0,298, pada lobby 3 sebesar 3,11, pada lobby 4 sebesar 0,76, pada lobby 5 sebesar 2,19, pada koridor 1 sebesar 0,16, dan pada koridor 2 sebesar 0,446.

Setelah nilai F_c didapat, maka time escape (t_p) dapat dicari pada tiap lobby dan koridor. Nilai t_p ini berbanding lurus dengan populasi dan berbanding terbalik dengan F_c . Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa lobby atau koridor yang paling cepat untuk dilewati sebagai jalur evakuasi yakni lobby 5 dengan waktu selama 9,60 detik. Sedangkan lobby atau koridor yang paling lama untuk dilewati sebagai jalur evakuasi ketika terjadi kejadian gawat darurat adalah koridor 1 dengan waktu selama 207 detik.

3. Perhitungan Tangga

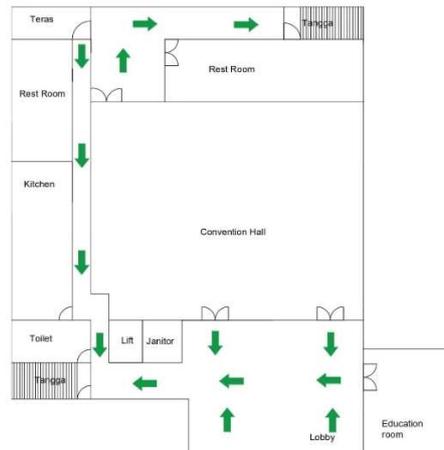
Ruang lingkup perhitungan tangga adalah area tangga pada setiap lantai yang menjadi lintasan atau jalur evakuasi setelah seluruh penghuni keluar dari ruangnya masing-masing ketika terjadi kegiatan gawat darurat. Bangunan ini memiliki 5 lantai dengan 1 tangga tiap lantainya. Pada perhitungan tangga hal yang dihitung adalah speed (S) dan lebar efektif (w_e) tangga sebagai unit exit dan waktu yang dibutuhkan untuk tangga sebagai jalur evakuasi (t_p).

Pada perhitungan W_e tangga, clearance yang digunakan adalah boundary layer handrail sebesar 0,09 m. Dikarenakan setiap tangga memiliki dimensi dan ukuran yang sama yakni lebar 1,5 m maka nilai W_e pada semua tangga juga bernilai sama yakni 1,41. Untuk perhitungan speed, digunakan konstanta kecepatan evakuasi 1,16 dikarenakan tangga pada bangunan ini memiliki riser 6,5 inc dan tread 12 inch. Setelah perhitungan didapatkan nilai S pada tiap tangga sebesar 0,85 m/s.

Selanjutnya dilakukan perhitungan F_s dan F_c pada tangga agar bisa menghitung kebutuhan waktu menurut tangga tersebut pada saat evakuasi. Dari hasil perhitungan diketahui F_s pada tangga 1 sebesar 0,358, pada tangga 2 sebesar 0,262, pada tangga 3 sebesar 0,536, dan pada tangga 4 sebesar 1,476. Sedangkan untuk perhitungan F_c bergantung pada nilai F_s dan W_e . Semakin besar nilai F_s dan W_e tangga, maka nilai F_c juga akan semakin besar. Dari hasil perhitungan diketahui F_c pada tangga 1 sebesar 0,5, pada tangga 2 sebesar 0,37, pada tangga 3 sebesar 0,76, dan pada tangga 4 sebesar 2,08.

Setelah nilai F_c didapat, maka time escape (t_p) dapat dicari pada tiap tangga. Nilai t_p ini berbanding lurus dengan populasi dan berbanding terbalik dengan F_c . Dari hasil perhitungan diketahui t_p pada tangga 1 sebesar 33,6 detik, pada tangga 2 sebesar 135,2 detik, pada tangga 3 sebesar 24,8 detik, dan pada tangga 4 sebesar 13,5 detik.

4. Layout Jalur Evakuasi



Gambar 2 Layout Jalur Evakuasi Lantai 5

Sumber: Peneliti, 2023

Pada gambar di atas merupakan layout jalur evakuasi pada lantai 5. Lantai 5 pada gedung ini merupakan lantai yang mana memiliki waktu jalur evakuasi terlama akibat banyaknya jumlah orang yang menetap dan kecilnya ukuran koridor.

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian hasil dan pembahasan dalam penelitian ini, bangunan gedung ini membutuhkan dua unit pintu darurat masing-masing untuk seriap lantai. Pintu darurat yang dibutuhkan dengan ukuran paling lebar adalah pada lantai 5 karena banyaknya orang yang berada di tempat tersebut. Ukuran lebar tangga yang diperhitungkan adalah satu meter yang mana sudah sesuai dengan rancangan bangunan. Selanjutnya waktu perhitungan matematis total untuk waktu evakuasi yang paling besar adalah lantai 5 pada koridor I, yaitu selama 3,13 menit. Hal tersebut karena kecilnya ukuran lebar dari koridor. Latihan simulasi evakuasi tanggap darurat rutin yang diikuti oleh seluruh orang yang ada di gedung merupakan rekomendasi terbaik saat ini agar pengetahuan mengenai prosedur tanggap darurat dapat bermanfaat ketika sedang terjadi bencana alam seperti kebakaran.

UCAPAN TERIMAKASIH

Secara khusus, penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Luqman Ashari selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam proses pengerjaan artikel ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada perusahaan tempat penelitian ini atas kesempatan untuk melakukan penelitian. Terima kasih kepada seluruh pihak yang turut membantu dalam proses pengerjaan hingga penyelesaian artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Darea AC, Doda DVD, Kaunang WPJ. PENERAPAN SISTEM TANGGAP DARURAT KEBAKARAN DI GEDUNG-GEDUNG UNIVERSITAS. *Jurnal KESMAS*. 2021;10(1):112-117.
2. ISO. ISO 14000: A Green Standard. Published online 2015.
3. Kementerian Pekerjaan Umum. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Nomor 21/PRT/M/2018 Tentang Pedoman Teknis Penyelenggaraan Sistem Manajemen Keselamatan Bangunan Gedung. Published online 2018.
4. Fatmawati A, Ashari MochL, Khairansyah MD. Perhitungan Waktu Evakuasi Pada Gedung J PPNs. In: *Conference on Safety Engineering and Its Application*. ; 2020.
5. SNI. SNI 03-6574-2001 Tentang Tara Cara Pemasangan Pencahayaan Darurat, Tanda

- Arah dan Sistem Peringatan Bahaya Pada Bangunan Gedung. Published online 2001.
6. Glorius Y, Panjaitan TWS. *Perancangan Emergency Response Plan Di PT E-T-A Indonesia*. Vol 1.; 2013.
 7. Jakart PDD. Peraturan Daerah Provinsi Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta Nomor 8 Tahun 2008. Published online 2008.
 8. SNI. SNI 03-1746-2000 Tentang Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sarana Jalan Keluar untuk Penyelamatan Terhadap Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung. Published online 2000.
 9. SPFE. SPFE Handbook of Fire Protection Engineering, 5th edition. Published online 2016.
 10. NFPA. National Fire Protection Association. Published online 2018.