

## **EFEKTIFITAS EVAKUASI KEBAKARAN DENGAN MENGGUNAKAN *SMART DESIGN* PADA MALL MALIOBORO**

### **THE EFFECTIVENESS F FIRE EVACUATION USING *SMART DESIGN* AT MALIBORO MALL**

**Nimas Sekarlangit**

Universitas Atma Jaya Yogyakarta  
[nimas.sekarlangit@uajy.ac.id](mailto:nimas.sekarlangit@uajy.ac.id)

#### **Abstrak**

Salah satu konsep penting proteksi kebakaran di bangunan adalah evakuasi yang cepat dan memadai kepada semua penghuni gedung. Pada saat terjadi kebakaran, ada empat hal yang perlu diperhatikan berkaitan dengan bahaya api, yaitu penghuni bangunan (manusia), isi bangunan (harta), struktur bangunan dan bangunan yang letaknya bersebelahan. Mal Malioboro termasuk mall pertama di Yogyakarta dengan fungsi yang kompleks. Proteksi kebakaran pada mal ini dapat dikategorikan menggunakan proteksi kebakaran konvensional, dengan hanya memiliki satu jalur evakuasi kebakaran. Penggunaan jalur evakuasi kebakaran konvensional dapat menyebabkan efektifitas evakuasi terganggu. Oleh sebab itu makalah ini akan meneliti tentang efektifitas evakuasi kebakaran pada Mal Malioboro sebelum dan setelah menggunakan smart design bagi pengunjung normal dan yang memiliki keterbatasan. Metode yang digunakan adalah metode simulasi menggunakan angka. Rumus-rumus yang digunakan berkaitan dengan waktu yang dibutuhkan pengunjung untuk menyelamatkan diri ketika terjadi kebakaran pada bangunan. Hasilnya efisiensi waktu evakuasi yang dapat dilakukan oleh mal malioboro sebelum dan sesudah menggunakan smart design adalah 70%.

**Kata kunci : evakuasi kebakaran, proteksi kebakaran, *smart design***

#### **Abstract**

One important concept of fire protection in buildings is a rapid and adequate evacuation of all occupants of the building. In the event of a fire, there are four things that need to be considered related to the danger of fire, there are the occupants of the building (humans), the contents of the building (property), the structure of buildings and buildings that are located side by side. Malioboro Mall includes the first mall in Yogyakarta with complex functions. Fire protection in these malls can be categorized using conventional fire protection, with only one fire evacuation route. The use of conventional fire evacuation routes can cause the effectiveness of evacuation to be disrupted. Therefore this paper will examine the effectiveness of fire evacuation at Malioboro Mall before and after using the smart design for normal visitors and those who have limitations. The method used is a simulation method using calculations. The formulas are the time it takes for visitors to save themselves when building fires. The result is that the evacuation time efficiency can be done by the Malioboro mall before and after using smart design is 70%.

**Keywords: fire evacuation, fire protection, *smart design***

## **1. PENDAHULUAN**

Perkembangan struktur bangunan yang semakin kompleks dan pengunjung bangunan yang semakin beragam serta tuntutan keselamatan yang semakin tinggi, membuat pihak pemilik atau pengembang bangunan harus mulai memikirkan Fire Safety Management. Pada saat terjadi kebakaran, ada empat hal yang perlu diperhatikan berkaitan dengan bahaya api, yaitu penghuni

bangunan (manusia), isi bangunan (harta), struktur bangunan dan bangunan yang letaknya bersebelahan. Tiga hal yang pertama berkaitan dengan bahaya api yang ada pada bangunan yang terbakar, sedangkan hal yang terakhir merupakan pertimbangan bagi bangunan lainnya dan lingkungan komunitas secara menyeluruh [1].

Salah satu konsep penting keselamatan kebakaran di bangunan adalah evakuasi yang cepat dan memadai dari semua penghuni gedung jika terjadi kebakaran. Banyak langkah-langkah keselamatan kebakaran yang diperkenalkan dalam desain bangunan. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa penghuni dapat dengan aman meninggalkan gedung sebelum bangunan runtuh [2].

Mall Malioboro merupakan mall pertama di Yogyakarta dengan fungsi yang kompleks. Letak Mall Malioboro terletak di area wisata Malioboro, hal itu menyebabkan mall ini selalu ramai dikunjungi dalam berbagai fase (pagi, siang, sore, malam). Sistem kebakaran pada mall ini dapat dikategorikan menggunakan sistem kebakaran konvensional, dengan hanya memiliki satu jalur evakuasi kebakaran. Pengunjung jalur evakuasi kebakaran konvensional dapat menyebabkan efektifitas evakuasi terganggu. Oleh sebab itu makalah ini akan meneliti tentang efektifitas evakuasi kebakaran pada Mall Malioboro sebelum dan setelah menggunakan smart design bagi pengunjung normal dan yang memiliki keterbatasan.

## 2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode simulasi menggunakan angka. Rumus-rumus yang digunakan berkaitan dengan waktu yang dibutuhkan pengunjung untuk menyelamatkan diri ketika terjadi kebakaran pada bangunan. Rumus tersebut akan diterapkan untuk sistem keamanan dan evakuasi kebakaran konvensional dan pada sistem pintar. Hal ini bertujuan untuk membandingkan waktu yang diperlukan untuk mengetahui efektifitas pengunjung sistem pintar pada bangunan.

## 3. PEMBAHASAN

### 3.1 Sistem Kebakaran Konvensional

Aspek pertama dari keselamatan kebakaran terjadi sebelum api menyala yaitu dalam hal jumlah pengunjung di dalam gedung. Untuk toko-toko dan tempat komersial, area kebakaran ketika terdeteksi dan ketika pemadam kebakaran tiba diplot terhadap waktu masing-masing. Pendekatan ini mengasumsikan bahwa api sedang mulai menyala dan dalam tahap semakin besar dalam beberapa menit, biasanya diperlukan waktu sampai api menyebar. Salah satu aspek dari keselamatan kebakaran di gedung-gedung adalah waktu deteksi yaitu interval antara waktu api menyala dan waktu di mana api terdeteksi. Aspek lain yang sangat bervariasi dari kebakaran di bangunan adalah waktu pra-pergerakan penghuni yaitu interval interval antara waktu di mana peringatan kebakaran diberikan dan waktu di mana langkah pertama dilakukan menuju pintu keluar [3].

Mall Malioboro memiliki jumlah lantai sebanyak 8, dengan lantai dasar, dan dua lantai basement serta tiga lantai keatas. Mall ini memiliki luas bruto 23.533 m<sup>2</sup>. Pada keadaan darurat, kelompok pengunjung yang berbeda dari berbagai daerah akan digabungkan sebelum pintu keluar [4]. Karena pengurangan laju aliran di pintu keluar, kemungkinan terjadi kemacetan akan terjadi. Antrian akan terjadi dan hanya dapat berjalan dalam beberapa langkah, berdiri dalam antrian, bergerak maju dan melewati pintu keluar [5]. Efek psikologis pengunjung sangat penting jika terjadi keadaan darurat. Semua tindakan pengunjung yang diambil dalam evakuasi akan terpengaruh. Karena itu, perilaku manusia harus dipelajari dengan lebih cermat [6].

Pada Mall Malioboro jumlah pintu darurat yang digunakan hanya 2 pintu, sedangkan sesuai standart, pintu darurat yang digunakan adalah 3 pintu. Lebar minimal yang sebaiknya digunakan pada Mal Malioboro adalah antara 1,7-2,0 m sedangkan pintu darurat yang ada pada mall malioboro adalah 90 cm. Standar lebar pintu darurat akan dihitung dengan perhitungan dibawah ini berdasarkan rumus :

$$\text{Jumlah orang per lantai} = \text{Luas Netto} \times \text{Beban Okupansi} \quad (1)$$

$$\text{Standar lebar pintu darurat} = \frac{\text{Jumlah orang per lantai} \times 9,2\text{mm}}{\text{standar jumlah pintu darurat}} \quad (2)$$

Berdasarkan perhitungan yang melibatkan jumlah orang per lantai dan standar jumlah pintu darurat yaitu 3 pintu per lantai maka terlihat bahwa pintu darurat pada Mal Malioboro tidak memenuhi syarat. Karena dengan rata-rata jumlah orang per lantai 581 orang, maka lebar pintu darurat minimal adalah 1.80 m.

Pada perhitungan efektifitas evakuasi kebakaran , hal utama adalah mobilitas pengunjung. Mobilitas pengunjung ini merumuskan tingkah laku pengunjung ketika mendapatkan notifikasi kebakaran, dan jenis penghuni yang ada di area tersebut. Faktor ini mengoreksi estimasi waktu yang dihitung untuk faktor yang komplikasi seperti orang-orang yang membutuhkan bimbingan atau bantuan, panik, tidak jelas skema evakuasi, dan lain-lain. Perilaku manusia yang mempengaruhi waktu evakuasi adalah orang independen (misalnya pekerja), orang bergantung (murid), orang imobilisasi (pasien, orang tua), tidak ada rencana evakuasi yang jelas, orang dalam keadaan panik, orang dengan kapasitas persepsi yang terbatas seperti pasien, lanjut usia, penyandang cacat, para tamu tidur di hotel, dll [7].

Perhitungan waktu evakuasi yang dibutuhkan oleh pengunjung bangunan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut [7] :

$$\text{RSET} = t_d + t_i + t_c + t_e \quad (3)$$

Dimana :

$t_d$  = Waktu dari api mulai menyala hingga pemberitahuan adanya kebakaran sampai ke pengunjung (s)

$t_i$  = Waktu yang digunakan untuk mencapai jalur evakuasi dari jarak terjauh pada bangunan (s)

$t_c$  = Waktu tunggu pengunjung hingga mulai dilakukan evakuasi

$t_e$  = Waktu ketika penghuni turun ke bawah menggunakan tangga evakuasi

**Dengan :**

Standar waktu yang dibutuhkan dari waktu dari api mulai menyala hingga pemberitahuan adanya kebakaran sampai ke pengunjung ( $t_d$ ) adalah 515 s

Waktu yang digunakan untuk mencapai jalur evakuasi dari jarak terjauh pada bangunan ( $t_i$ ) adalah :

$$t = s/v \quad (4)$$

t = Waktu Tempuh (s)

s = Jarak Terjauh (m)

v = Kecepatan berdasarkan tingkat kepadatan (m/s)

Dengan kecepatan berdasarkan tingkat kepadatan :

$$D = Q/V \quad (5)$$

D = Kepadatan (org/ m)

Q = Arus pengunjung(org/ m)

V = Kecepatan(m/s)

Tabel 1. Tabel Kepadatan, Kecepatan Da Waktu Yang Dibutuhkan Untuk Mencapai Pintu Darurat

No	Ruang	Kepadatan (orang/m <sup>2</sup> )	Arus pengunjung (m/s)	Kecepatan Pengunjung (m/s)	Jarak Terjauh Menuju Pintu (m)	Waktu Yang dibutuhkan (s)
1	Parkir	<b>0.270</b>	0.5	<b>1.84</b>	30	<b>16</b>
2	Komersial Area	<b>0.179</b>	0.5	<b>2.79</b>	30	<b>11</b>
3	Komersial Area	<b>0.179</b>	0.5	<b>2.79</b>	48	<b>18</b>
4	Komersial Area	<b>0.179</b>	0.5	<b>2.79</b>	79	<b>29</b>
5	Komersial Area	<b>0.179</b>	0.5	<b>2.79</b>	79	<b>29</b>
6	Komersial Area	<b>0.179</b>	0.5	<b>2.79</b>	79	<b>29</b>

Sumber : Analisis Penulis, 2016

Analisis pada tabel 1 menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai pintu darurat dalam jarak terjauh pada kondisi normal, tanpa adanya faktor psikologis dari pengunjung bangunan dan dengan asumsi pintu darurat mudah ditemukan. Setelah mencapai pintu darurat pengunjung harus menunggu untuk dievakuasi karena jumlah orang yang banyak. Waktu tunggu untuk semua pengunjung dalam satu lantai untuk dievakuasi melalui pintu darurat ( $t_c$ ) :

$$\text{Waktu tunggu} = \frac{\text{Jumlah orang tiap lantai}}{(\text{jumlah pintu} \times \text{lebar pintu} \times \text{waktu alir})} \quad (6)$$

Dari hasil analisis berdasarkan jumlah orang tiap lantai dibanding jumlah pintu, lebar pintu dan waktu alir, maka didapatkan waktu tunggu rata-rata yang harus ditempuh pengunjung adalah 315 detik atau 5 menit. Setelah dievakuasi dari pintu darurat maka pengunjung harus turun sampai lantai dasar. Waktu Turun ke bawah ( $t_e$ ):

$$t_e = \frac{1,25.H+}{0,44} \cdot p \quad (7)$$

1,25 = Koefisien kemiringan tangga

H+ = Ketinggian bangunan (m)

P = Faktor Tingkah Laku Pengunjung

0,44 = Kecepatan Yang Digunakan Untuk Menuruni Anak Tangga (m/s)

Berikut adalah factor tingkah laku pengunjung (p) yang mungkin terjadi pada mall malioboro saat terjadi kebakaran :

Tabel 2. Tabel Faktor Tingkah Laku Pengunjung

No	p (Tipe Penghuni)	Value
1.	Orang normal, panik dan tidak ada jalur evakuasi yang baik	3
2.	Difabel, panic dan tidak ada jalur evakuasi yang baik	5
3.	Anak-anak, panik dan tidak ada jalur evakuasi yang baik	4

- |    |   |   |
|----|---|---|
| 4. | Difabel anak-anak, panik dan tidak ada jalur evakuasi yang baik | 6 |
|----|---|---|

Berdasarkan perhitungan-perhitungan di atas maka di dapatkan waktu yang digunakan bagi pengunjung Malioboro untuk menyelamatkan diri ketika terjadi kebakaran (Required Safe Egress Time-RSET) dengan menggunakan system pemadam kebakaran dan system evakuasi pada eksisting bangunan, yaitu :

Tabel 3. Tabel RSET

No	RSET	Konvensional	
		Detik	Menit
1.	Orang normal, panik dan tidak ada jalur evakuasi yang baik	890.32	14.84
2.	Difabel, panik dan tidak ada jalur evakuasi yang baik	977.32	16.29
3.	Anak-anak, panik dan tidak ada jalur evakuasi yang baik	933.32	15.56
4.	Difabel anak-anak, panik dan tidak ada jalur evakuasi yang baik	1020.32	17.01

Sumber : Analisis Penulis, 2016

Pada Mall Malioboro jalur evakuasi tidak jelas, dan petunjuk tangga darurat sangat kecil dan tidak komunikatif, sehingga pada simulasi waktu diatas, di keluarkan saat-saat pengunjung panic dan tidak ada jalur evakuasi yang jelas. Pada kondisi eksisting saat ini tidak ada jalur evakuasi khusus untuk difabel, sehingga semuanya menggunakan tangga darurat untuk mengeluarkan pengunjung. Oleh sebab itu pada simulasi waktu juga disebutkan keadaan difabel dan dalam keadaan panic serta jalur evakuasi tidak jelas.

### 3.2 Sistem Kebakaran Pintar

Pada evakuasi kebakaran pintar, lebih banyak menggunakan sistem sensor yang terintegrasi dengan server. Detektor titik asap dan api konvensional biasanya mendeteksi keberadaan partikel-partikel tertentu yang dihasilkan oleh asap dan api melalui ionisasi atau fotometri. Kelemahan penting dari detektor titik adalah jarak terbatas dan gagal digunakan di ruang terbuka atau besar. Kekuatan menggunakan video dalam deteksi kebakaran adalah kemampuan untuk memonitor ruang yang besar dan terbuka. Algoritma pendeteksian api dan api saat ini didasarkan pada penggunaan informasi warna dan gerak dalam video [8].

Adanya sistem sensor menyebabkan waktu yang digunakan untuk memberitahukan adanya kebakaran kepada pengunjung mall menjadi lebih cepat. Pada Mall Malioboro menggunakan beberapa jenis evakuasi kebakaran, antara lain :

1. Setiap ruangan dan area pada mall malioboro di beri sensor panas yang terhubung dengan server. Sensor-sensor tersebut dapat mengukur level asap atau panas, kemudian melaporkan informasi tersebut ke panel sentral. (Dirdjojuwono, 2003)



Gambar 1. Sensor pada ruangan

2. Terdapat sensor yang dapat merekam semua smartphone yang memasuki mall malioboro dan akan di simpan oleh server apabila ada keadaan bahaya, maka sinyal oada smartphone yang berada di dalam gedung tersebut akan dimatikan dan langsung diganti dengan sms peringatan tanda bahaya disertai dengan petunjuk di mana tempat yang terbakar dan terdapat panduan untuk menuju pintu darurat oleh pengunjung



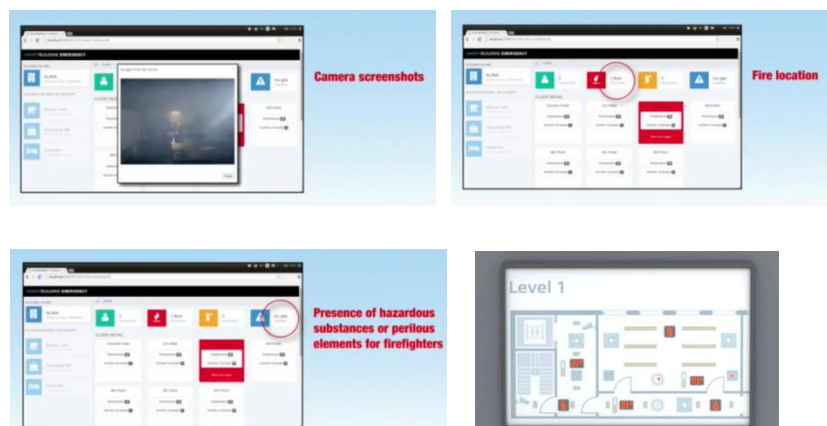
Gambar 2. Dari sensor menuju ke operator dan diteruskan ke pengunjung

3. Pada jalur pintu keluar , lampu berwarna hijau akan menyala yang menandakan bahwa pintu tersebut adalah pintu yang benar, dan untuk pintu-pintu yang hanya merupakan pintu biasa, di kanan kiri pintu akan muncul lampu warna merah. Juga terdapat lampu pada plafon yang bertugas menunjukkan arah dengan berkedip ke arah pintu keluar.



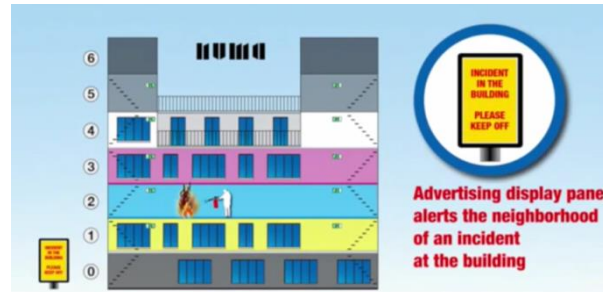
Gambar 3. Penunjuk pintu keluar

4. Pada setiap ruangan akan diberikan kamera yang bertugas juga untuk memberikan informasi tentang keadaan lokasi kebakaran dengan foto-foto yang diberikan ke server, kemudian server dapat menentukan lokasi kebakaran dan memberikan laporan kekuatan zat beracun yang ditimbulkan oleh ruangan tersebut. Pada bagian entrance mall malioboro akan diberikan denah bangunan digital yang akan menyala apabila terjadi kebakaran dan akan memberikan informasi letak kebakaran dan suhu yang ditimbulkan.



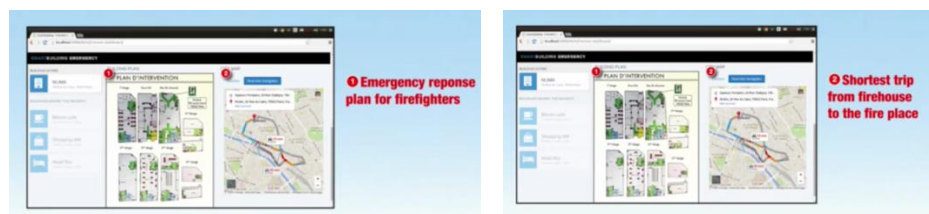
Gambar 4. Kamera yang bertugas juga untuk memberikan informasi tentang keadaan lokasi kebakaran

5. Tanda bahaya yang diterima oleh server juga segera mengintegrasikan video iklan yang ada di luar mall malioboro dan langsung berganti menjadi tanda peringatan bahaya bahwa mall tersebut sedang mengalami kebakaran dan membutuhkan bantuan.



Gambar 5. Peringatan bahaya

6. Server juga segera mengirimkan informasi kepada kantor pemadam kebakaran dan menunjukkan lokasi mall tersebut serta jalur tercepat untuk menuju ke mall tersebut, sehingga pemadam kebakaran bisa segera melakukan tindakan.



Gambar 6. Server juga segera mengirimkan informasi kepada kantor pemadam kebakaran

Adanya evakuasi kebakaran pintar yang di pasang di Mall Malioboro, dapat membuat pengunjung merasa tidak panik, karena semua informasi jelas, dari letak kebakaran, kondisi bangunan saat ini, dan jalur evakuasi terdekat yang harus mereka lalui. Oleh sebab itu waktu yang dibutuhkan dari waktu dari api mulai menyala hingga pemberitahuan adanya kebakaran sampai ke pengunjung ( $t_d$ ) mengalami penurunan sekitar 346 second, seperti terlihat dibawah ini :

- Poor Alarm (Konvensional) 515 detik
- Good Alarm (Smart) 169 detik

Akibat hilangnya rasa panik dan terdapat jalur evakuasi yang jelas, maka pengunjung dapat meminimalkan waktu yang dibutuhkan untuk menuruni tangga darurat dari lantai paling atas menuju ke lantai dasar. Berkurangnya waktu untuk menuju ke pintu darurat dan berkurangnya waktu pengunjung untuk menuruni tangga, menyebabkan jumlah waktu yang digunakan untuk melakukan evakuasi pengunjung sejak api mulai menyala, hingga pengunjung berada di luar bangunan pun berkurang.

Dilakukan pula penghitungan dengan mengganti lebar pintu darurat dan jumlah pintu darurat sesuai dengan standarisasi luas bangunan dan jumlah pengunjung yang ada. Jumlah pintu yang menjadi tiga buah dan lebar pintu darurat menjadi 2,5-1,8 m menyebabkan waktu tunggu pengunjung untuk menuruni tangga menjadi berkurang, yang semula adalah 315 detik atau 5,1 menit menjadi 73detik atau 1,2 menit.

Oleh sebab itu hal ini mempengaruhi waktu yang digunakan untuk melakukan evakuasi pengunjung sejak api mulai menyala, hingga pengunjung berada di luar bangunan, seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. Tabel RSET Setelah Menggunakan Sistem Keamanan dan Evakuasi Kebakaran Pintar Dengan Jumlah Pintu Dan Lebar Pintu Sesuai Standar

No	RSET	Smart	
		Detik	Menit
1	Orang Normal	314.32	5.24
2	Anak-anak	357.32	5.96
3	Difabel	401.32	6.69
4	Difabel anak-anak	444.32	7.41

Sumber : Analisis Penulis, 2016

Pada tabel diatas terlihat apabila Mal Malioboro melakukan perbaikan pada sistem keamanan dan evakuasi kebakaran menggunakan sistem pintar dan mengganti pintu darurat sesuai standar , maka waktu yang dibutuhkan dari mulai awal peringatan hingga pengunjung sampai pada lantai dasar adalah 5-7 menit per orang sehingga efisiensi yang bias dilakukan oleh Mall Maliobor adalah 70%.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis tentang sistem keamanan dan evakuasi kebakaran, maka di dapat kesimpulan bahwa pada keadaan eksisting, diperlukan waktu 14-18 menit untuk mengeluarkan pengunjung dari lantai paling atas (lantai 4) menuju ke luar bangunan, sedangkan setelah menggunakan sistem keamanan dan evakuasi kebakaran menggunakan sistem pintar dan mengganti pintu darurat sesuai standar , maka waktu yang dibutuhkan adalah 5-7 menit sehingga efisiensi yang dapat dilakukan oleh mall malioboro adalah 70%.

Penggunaan sistem pintar dalam manajemen kebakaran dapat mempercepat waktu evakuasi, akan tetapi apabila terjadi bencana lain maka diperlukan penelitian lebih lanjut tentang sistem bangunan pintar yang tanggap bencana. Sehingga smart design juga dapat membantu dalam menyelamatkan penghuni saat terjadi bencana alam.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Hesna, B. Hidayat, And S. Suwanda, "Evaluasi Penerapan Sistem Keselamatan Kebakaran Pada Bangunan Gedung Rumah Sakit Dr. M. Djamil Padang," J. Rekayasa Sipil, Vol. 5, No. 2, P. 65, 2018.
- [2] P. Van De Leur, "Building Evacuation, Rules And Reality," Heron, Vol. 50, No. 4, Pp. 237–246, 2005.
- [3] D. Charters, D. Mcgrail, N. Fajemirokun, Y. Wang, N. Townsend, And P. Holborn, "Preliminary Analysis Of The Number Of Occupants, Fire Growth, Detection Times And Pre-Movement Times For Probabilistic Risk Assessment," In Fire Safety Science, 2003, Pp. 357–368.
- [4] P. A. Thompson And E. W. Marchant, "Computer And Fluid Modelling Of Evacuation," Saf. Sci., Vol. 18, No. 4, Pp. 277–289, 1995.
- [5] S. Okazaki And S. Matsushita, "A Study Of Simulation Model For Pedestrian Movement With Evacuation And Queuing," Eng. Crowd Saf., No. 1, Pp. 271–280, 1993.
- [6] C. M. Y. Ng And W. K. Chow, "A Brief Review On The Time Line Concetp In Evacuation," 2006.
- [7] Sfpe, Sfpe Handbook Of Fire Protection Engineering (2016), No. 1. 2016.
- [8] L. Phillips Iii, W., Shah, M., "Flame Recognition In Video - Pattern Recognition Letters," Elsevier, Vol. 23, No. 1–3, January 2002, Pp. 319–327, 2002.
- [9] Dirdjojuwono, R. W. "Sistem Bangunan Pintar ". Bogor: Pustaka Wirausaha Muda, 2003