

## DESAIN JUMLAH TABUNG DAN SENSOR DALAM RANCANG BANGUN FIRE SUPPRESSION SYSTEM

Ikbal<sup>1)</sup>\*, Tofan Abdurrahman<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Teknik Mesin, Politeknik PGRI Banten. Jl. Raya Serang-Cilegon KM.12, Serdang, Serang-Banten

\*email korespondensi: [ikbal@politeknikpgribanten.ac.id](mailto:ikbal@politeknikpgribanten.ac.id)

### INFORMASI ARTIKEL

Received:  
19/07/2023

Accepted:  
20/09/2023

Online-Published:  
13/11/2023

### ABSTRAK

Sektor industri yang memiliki risiko tinggi terhadap bahaya kebakaran sehingga diperlukan sistem untuk melindungi aset maupun pekerja. Penelitian ini dilakukan untuk membuat sistem yang benar-benar efektif. Studi ini menggunakan metode dengan memanfaatkan efektivitas sebuah sensor inframerah yang berada pada ruangan 300 m<sup>2</sup>. Sensor diletakkan pada jarak 1 hingga 7 meter dari api lilin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ruangan tersebut cukup efektif jika dipasang 5 sensor, masing-masing berada pada radius 4 meter, dan 2 tabung sistem pemadam kebakaran yang dipasang pada pipa berdiameter 3 inch. Waktu respon sistem masih berada dalam standar 10 detik.

**Kata Kunci :** Sensor, Pemadam kebakaran, Tabung.

### ABSTRACT

The industrial sector is at high risk of fire hazards, so a system is needed to protect assets and workers. This research aimed to develop an effective system. The study used a method that utilized the effectiveness of an infrared sensor in a 300 square meter room. The sensor was placed 1 to 7 meters from the candle flame. The results showed that the room was highly effective if five sensors were installed, each at a radius of 4 meters, and two fire extinguishing system tubes were mounted on a 3-inch diameter pipe. The system's response time was still within the standard 10 seconds.

**Keywords :** Sensor, Fire suppression, Tube.

© 2023 The Authors. Published by  
Machinery: Jurnal Teknologi Terapan

doi:

[doi.org/10.5281/zenodo.10122201](https://doi.org/10.5281/zenodo.10122201)

## 1 PENDAHULUAN

Sektor Industri sebagai salah satu tempat yang memiliki risiko tinggi yang memiliki aset dan para pekerja penting dalam perusahaan yang perlu di perhatikan keselamatan dan keamanan dari bahaya dalam ruangan ataupun di luar ruangan, termasuk dari bahaya kebakaran, baik karena kesalahan sistem ataupun kesalahan yang di lakukan para pekerja sehingga masalah kebakaran menjadi penting (Lee, et al., 2020). Telah dilakukan berbagai penelitian untuk melakukan pemadaman kebakaran yang tepat, termasuk pemadaman kebakaran menggunakan monitor skala besar yang diletakkan di luar (Miyashita, et al., 2014) atau robot pemadam kebakaran untuk pemadaman kebakaran jarak pendek di lingkungan yang tertutup (McNeil & Lattimer, 2017), juga berbagai studi eksperimental waktu evakuasi di stasiun kereta bawah tanah (Yoon, et al., 2013)

(Huo, et al., 2016) mempelajari simulasi evakuasi manusia dalam gedung pencakar langit yang terbakar. Ini menunjukkan bahwa persepsi risiko dan keadaan emosional individu akan terpengaruh dalam kasus kebakaran yang sebenarnya. Penelitian (Khattari, 2017) dari simulasi kebakaran terowongan skala kecil menunjukkan bahwa kecepatan angin sangat mempengaruhi parameter. (Long, 2009) melakukan simulasi numerik kebakaran asrama dengan menggunakan FDS, (Hu & Chen, 2014) menggunakan simulasi untuk menganalisis evakuasi keamanan perpustakaan universitas dalam situasi darurat sedangkan (Yoon, et al., 2013) menyatakan pentingnya meningkatkan keamanan dengan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi waktu evakuasi dan mengembangkan strategi evakuasi yang lebih efektif. Untuk memprediksi proses perkembangan kebakaran, hasil prediksi simulasi kebakaran dan parameter yang

relevan dapat digunakan untuk memperoleh waktu kedatangan bahaya kebakaran. Berdasarkan literatur terkait (Li, et al., 2018), diperoleh kriteria berikut:

1. Visibilitas  
Batas visibilitas untuk personel di ruang kecil adalah 5m; di ruang besar adalah 10m.
2. Ketinggian dan suhu asap  
Ketika lapisan asap lebih dari 2m di atas tanah atau lantai, dianggap bahwa suhu batas toleransi manusia adalah 200°C. Selain itu, menurut penelitian, aman jika suhu udara yang dapat dihirup kurang dari 60°C.
3. CO  
Dalam pekerjaan ini, konsentrasi CO di bawah  $3000 \times 10^{-6}$  ppm dianggap sebagai nilai kritis untuk menilai bahaya.
4. Standar racun FED  
Asap beracun dievaluasi menggunakan FED atau FEC, yang dihitung oleh perangkat lunak, berdasarkan metode konsentrasi komponen asap yang cocok. Ketika nilai FED kurang dari 0,1, aman bagi mereka yang terpapar. Ketika FEC lebih besar dari 1.0, akan menyebabkan kerusakan pada sebagian besar orang.

Berdasarkan kriteria tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menghitung jumlah tabung gas dan jumlah sensor yang efektif dalam ruang CCR (*Center Control Room*) yang memiliki volume 1050 m<sup>3</sup> dengan luas sebesar 300 m<sup>2</sup>. Sehingga diharapkan setiap aset dan personel dalam ruangan tersebut dalam terlindungi.

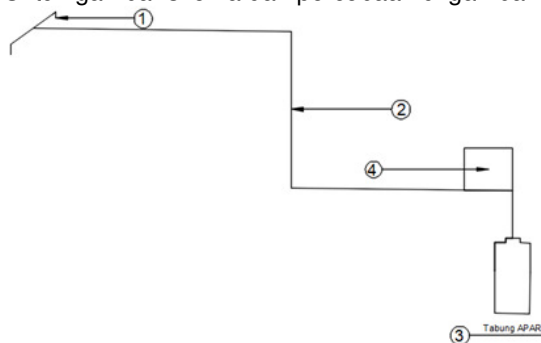
## 2. BAHAN DAN METODA

### 2.1 Alat

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah ruang kosong dengan luas 300 m<sup>2</sup> menggunakan :

1. Tabung *fire system FM 200*
2. Pipa
3. *Nozzle*
4. Laptop
5. *Arduino Uno*
6. *Arduino IDE*
7. *Infrared Flame sensor*
8. Smoke sensor MQ-2
9. *Liquid Crystal Display(LCD) 16x2 +I2C*
10. *Light Emitting Dioda (LED)*
11. *Relay 5V 1Channel, Output 250 VAC*
12. *Solenoid Valve DC ½ Inch 12V*
13. Kabel *Jumper Male to Female*
14. *Power Supply DC 12V 10A*

Untuk gambar skema dan percobaan di gambarkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



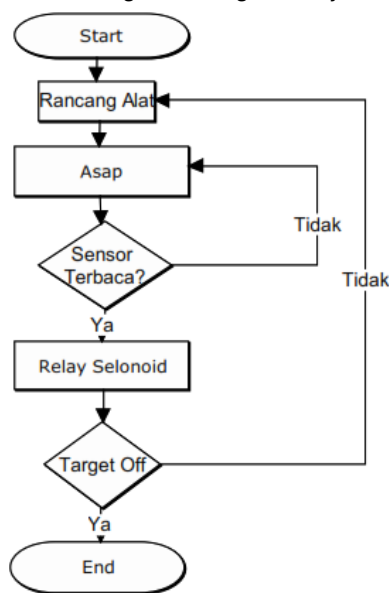
NO.	Penjelasan	Bahan	Ukuran	Jumlah
1	Sensor & Nozzle	Campuran	5 cm	5
2	Pipa	Baja	3 inch	1
3	Tabung APAR	Baja	4 lbs	1
4	Control Box	Campuran	40 x 40 cm	1

**Gambar 1.** Skema instalasi pada ruang 300m<sup>2</sup>



**Gambar 2.** Instalasi dan Simulasi

Untuk proses percobaan disajikan dalam bentuk diagram alir seperti Gambar 3. Pada diagram alir tersebut, setelah alat dirancang dan dibuat, maka tahap selanjutnya membaca data asap dan titik api. Jika sensor membaca ada indikasi kebakaran maka sistem memberikan perintah ke *relay* untuk menjalankan penembakan fluida apak. Proses ini dicoba dengan berbagai data jarak sensor dan titik api.



**Gambar 3.** Diagram alir penelitian

## 2.2 Pengujian

Pengujian di lakukan dengan membuat titik api yang di ukur mulai dari jarak 1 meter. Kemudian menghitung kebutuhan tabung dan jumlah sensor. Untuk menghitung jumlah tabung yang diperlukan perlu mencari berat udara dari volume yang tersedia dengan persamaan (Aji, et al., 2020):

$$W = \left(\frac{V}{S}\right) \left[\frac{c}{100} - c\right] \quad (1)$$

dimana

V : Volume ruang

S : Berat Jenis *specifik* HFC-227 = 0,1369

C : Konsentrasi *clean agent* = 4,5

Kemudian jumlah tabung gas yang dibutuhkan didapat dari persamaan :

$$n = \frac{W}{Q} \quad (2)$$

dimana :

Q = Berat *clean agent* FM 200 = 227,5

Untuk *flowrate* dapat dicari dari persamaan

$$Q = \frac{W (Kg)}{t (s)} \quad (3)$$

Sebuah simulasi komputer dapat digunakan untuk mengevaluasi keamanan evakuasi di supermarket besar. Simulasi komputer dapat digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi evakuasi dan mengembangkan strategi evakuasi yang lebih efektif (Qiang & Hong-yu, 2011). Jika personel dapat meninggalkan area berbahaya sebelum waktu kedatangan bahaya kebakaran, desain keselamatan kebakaran bangunan dianggap aman untuk para pengunjung. “*Rules for Site Test and Determinant of Fire Products*” (GA588-2005) (Du, et al., 2012) menetapkan bahwa sinyal alarm kebakaran detektor api inframerah tipikal harus dalam waktu 30 detik.

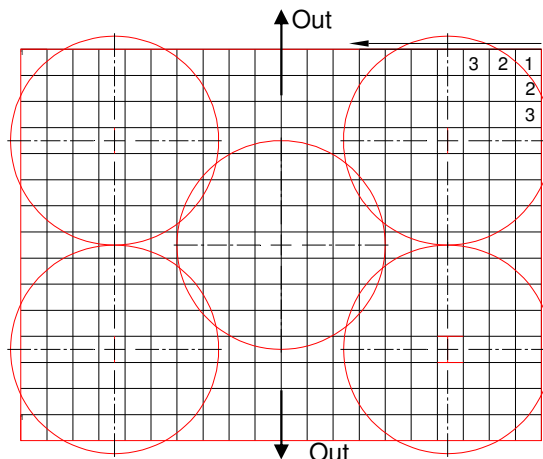
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari Hasil penelitian yang dilakukan pada ruang seluas 300 m<sup>2</sup>, didapatkan bahwa jangkauan dari sensor untuk api kecil dari 1 lilin hanya mampu mengcover radius 3 meter dan berhenti pada radius 4 meter. Ketika ditambah api dengan penambahan 1 lilin hasil yang didapatkan mencapai jarak 7 meter dengan rentan waktu 10 detik. Jangkauan *fire detector* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jangkauan *Fire Detector*

No.	Jumlah Lilin	Jangkauan (Radius :m)	Waktu	Keterangan
1	1	1	2	terdeteksi
2	1	2	4	terdeteksi
3	1	3	-	Tidak terdeteksi
4	2	4	6	terdeteksi
5	2	5	8	terdeteksi
6	2	6	10	terdeteksi
7	2	7	-	Tidak terdeteksi

Dari tabel tersebut dibuatlah permodelan sederhana untuk jangkauan sensor dengan gambar 2D dan 3D Seperti Gambar 4 dan Gambar 5.



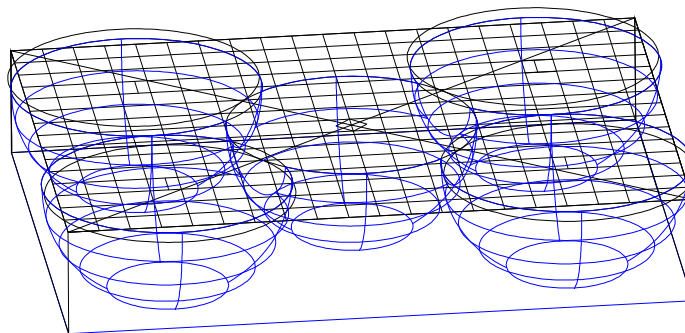
Gambar 4. Permodelan letak sensor yang efektif

Grid permodelan dibuat untuk 1 grid mewakili jarak 1 meter sehingga jika panjang 20 meter dan lebar 15 meter maka diwakili grid 20 x 15 grid. Koordinat sensor dan koordinat yang dinilai efektif dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Titik sensor & Koordinat yang dinilai efektif

Titik Sensor	Koordinat
1	4;4
2	17;4
3	4;12
4	17;12
5	10.5;6.5

Permodelan secara 3D dibuat dari konsep setengah lingkaran dengan radius 4 meter dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Permodelan 3D posisi sensor dan jangkauan

Dari permodelan sederhana tersebut diketahui bahwa jumlah sensor untuk ruangan 300m<sup>2</sup> sudah cukup efektif dengan posisi 2 pintu keluar dan waktu deteksi alarm selama 10 detik yang masih masuk kategori aman menurut standar GA588-2005. Jumlah tabung yang digunakan sebanyak 2 tabung yang memiliki kapasitas 500 lbs atau 227,5 Kg dengan *flowrate* sebanyak 36,14 Kg/s dengan menggunakan pipa 3 inci.

#### 4. KESIMPULAN

Dari percobaan yang dilakukan didapatkan bahwa ruangan dengan luas 300 m<sup>2</sup> cukup efektif hal ini ditandai dengan waktu maksimal 10 detik sensor telah mampu mendeteksi titik api yang skala api 2 lilin. Dan dengan *flowrate* pada pipa 3 inci mampu mengalirkan *fire agent* FM 200 sebanyak 36,14 Kg/s. Sehingga dalam waktu tersebut ruang CCR (*Center Control Room*) masuk kategori aman sesuai standar GA588-2005. Dari hasil ini untuk ruangan dengan luasan yang berbeda dapat diketahui secara sederhana kebutuhan sensor dan keamanan sistem yang akan dibuat

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aji, A. S. B., Ismail, K. M. & others, 2020. Rancangan Clean Agent Fire Suppression System Di Ruang Panel Chiller Terminal 1 Bandar Udara International Juanda Dengan Luas Ruangan 29, 43 Meter. *Langit Biru: Jurnal Ilmiah Aviasi*, Volume 13, p. 223–232. (<https://journal.ppicurug.ac.id/index.php/jurnal-ilmiah-aviasi/article/view/130>)
- Du, Y., Mao, X., Xu, D. & Ren, F., 2012. Analyzing the effects of failure on fire equipment in building by FAST. *Procedia Engineering*, Volume 45, p. 655–662. (<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.08.218>)
- Hu, J.-w. & Chen, S.-s., 2014. Analysis of Security Evacuation Simulation and Optimization of a University Library. *Procedia Engineering*, Volume 71, pp. 558-566. (<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.04.080>)
- Huo, F. et al., 2016. Experimental study on characteristics of pedestrian evacuation on stairs in a high-rise building. *Safety science*, Volume 86, p. 165–173. (<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.02.025>)

- Khattri, S. K., 2017. From small-scale tunnel fire simulations to predicting fire dynamics in realistic tunnels. *Tunnelling and Underground Space Technology*, Volume 61, p. 198–204. (<https://doi.org/10.1016/j.tust.2016.10.010>)
- Lee, E.-J., Ruy, W.-S. & Seo, J., 2020. Application of reinforcement learning to fire suppression system of an autonomous ship in irregular waves. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, Volume 12, p. 910–917. (<https://doi.org/10.1016/j.ijnaoe.2020.11.001>)
- Li, M.-x., Zhu, S.-b., Wang, J.-h. & Zhou, Z., 2018. Research on fire safety evacuation in a university library in Nanjing. *Procedia engineering*, Volume 211, p. 372–378. (<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.12.025>)
- Long, M., 2009. Numerical Simulation of College Dormitory Fire Based on FDS. *Safety and Environmental Engineering*. (<https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.04.004>)
- McNeil, J. G. & Lattimer, B. Y., 2017. Robotic fire suppression through autonomous feedback control. *Fire technology*, Volume 53, p. 1171–1199. (<https://link.springer.com/article/10.1007/s10694-016-0623-1>)
- Miyashita, T. et al., 2014. Modeling and analysis of water discharge trajectory with large capacity monitor. *Fire safety journal*, Volume 63, p. 1–8. (<https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2013.09.028>)
- Qiang, L. I. A. N. G. & Hong-yu, J. I. N., 2011. The Study on Safety Evaluation of Evacuation in a Large Supermarket. *Procedia Engineering*, Volume 11, p. 273–279. (<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.04.657>)
- Yoon, S.-H., Lee, M.-J. & Yee, J.-J., 2013. An experimental study on evacuation times in a subway station using evacuation parameters. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, Volume 12, p. 93–100. (<https://doi.org/10.3130/jaabe.12.93>)