



**TUGAS AKHIR – TI 141501**

**PERENCANAAN *EMERGENCY RESPONSE PLAN* (ERP) DAN  
PENENTUAN ALAT PEMADAM API RINGAN (APAR) PADA  
GEDUNG *RESEARCH CENTRE-ITS***

FIQI ANWAR HIDAYAT  
NRP 2511.100.039

DOSEN PEMBIMBING:  
Dr.Ir. Sri Gunani Partiw, M.T

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



**FINAL PROJECT – TI 141501**

**PLANNING ON EMERGENCY RESPONSE PLAN (ERP) AND  
DETERMINATION OF PORTABLE FIRE EXTENGUISHER  
AT RESEARCH CENTRE BUILDING ITS**

FIQI ANWAR HIDAYAT  
NRP 2511.100.039

SUPERVISOR  
Dr.Ir. Sri Gunani Partiwi, M.T

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERENCANAAN *EMERGENCY RESPONSE PLAN* (ERP) DAN  
PENENTUAN ALAT PEMADAM API RINGAN (APAR) PADA  
GEDUNG *RESEARCH CENTRE*-ITS**

**PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

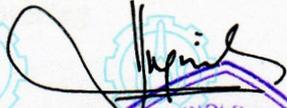
Oleh:

**FIQI ANWAR HIDAYAT**

**NRP. 2511 100 039**

Disetujui oleh

Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

  
Dr. Ir. Sri Gunani Partiwati, MT

NIP. 196605311990022001

  
SURABAYA, JULI 2015

# PERENCANAAN *EMERGENCY RESPONSE PLAN* (ERP) DAN ALAT PEMADAM API RINGAN (APAR) PADA GEDUNG *RESEARCH CENTRE-ITS*

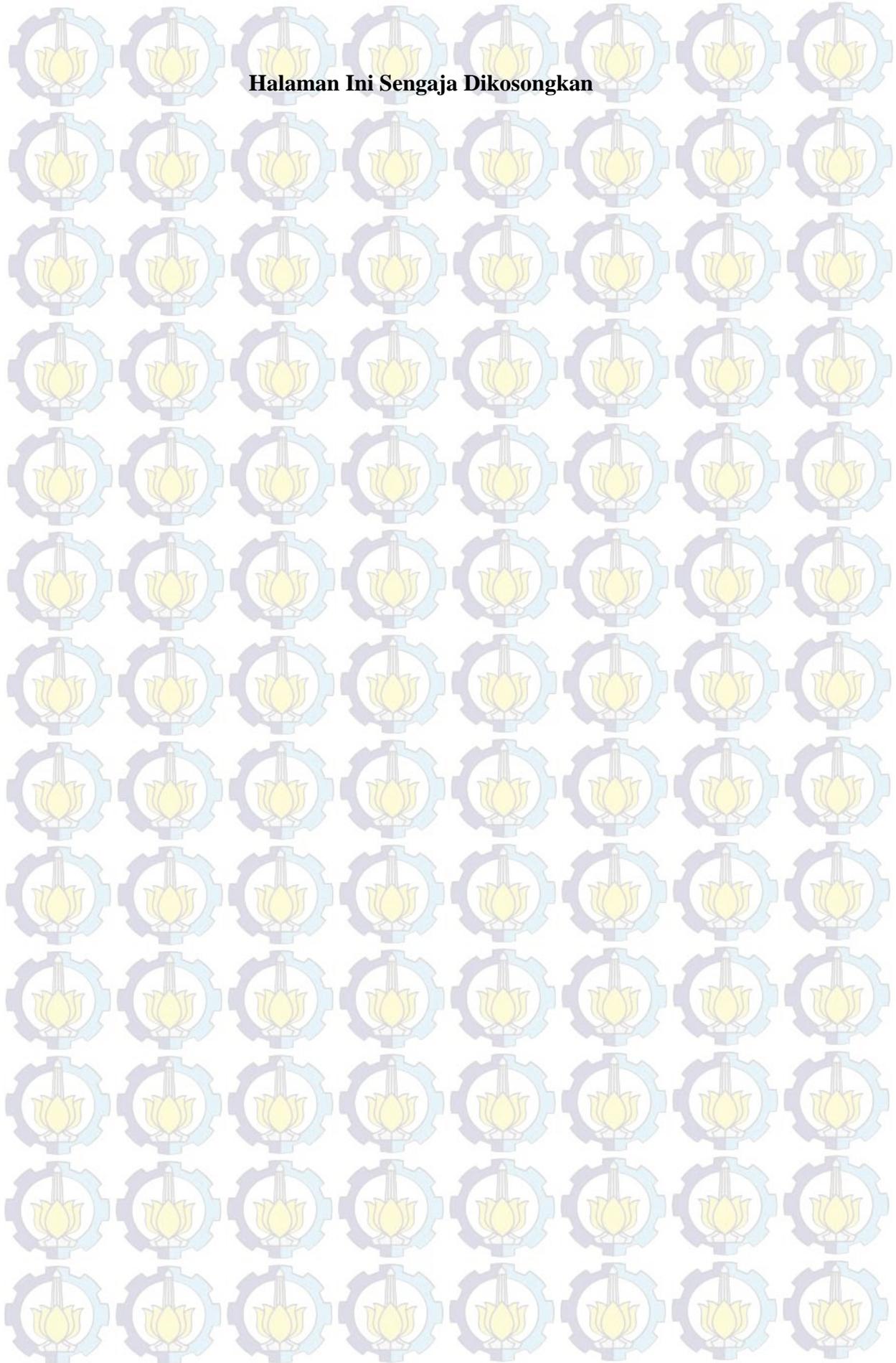
Nama Mahasiswa : Fiqi Anwar Hidayat  
NRP : 2511100039  
Pembimbing : Dr.Ir. Sri Gunani Partiw, M.T

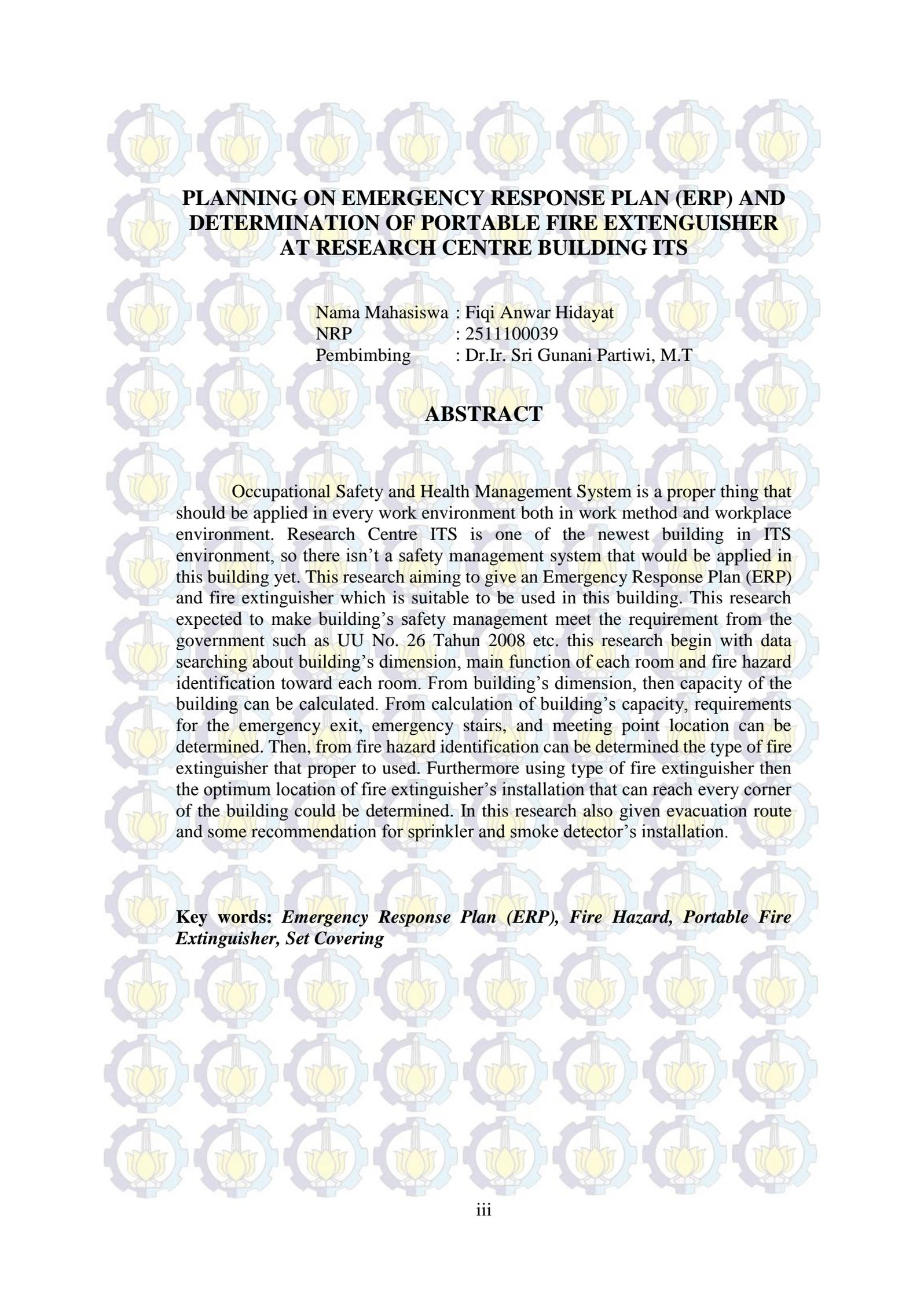
## ABSTRAK

Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) merupakan hal yang seharusnya diaplikasikan pada lingkungan kerja baik pada tata cara kerja maupun lingkungan tempat bekerja. Gedung *Riset Centre ITS* merupakan salah satu gedung baru yang ada di lingkungan kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember sehingga belum ada perencanaan mengenai SMK3 pada gedung tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan perencanaan *Emergency Response Plan* (ERP) dan menentukan Alat Pemadam Api Ringan (APAR). Perencanaan ini diharapkan mampu memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh pemerintah seperti UU No. 26 Tahun 2008 dsb. Penelitian ini diawali dengan pencarian data mengenai dimensi bangunan, fungsi setiap ruangan serta identifikasi *fire hazard*. Dari dimensi bangunan dan fungsi gedung kemudian didapatkan estimasi kapasitas gedung. Dari estimasi kapasitas gedung selanjutnya dihitung kebutuhan pintu darurat, tangga darurat dan lokasi *meeting point*. Sementara dari identifikasi *fire hazard* didapat APAR yang sesuai dengan masing-masing karakteristik *fire hazard*. selanjutnya dari jenis APAR yang digunakan kemudian untuk mengetahui letak pemasangan APAR yang optimal dan mampu menjangkau seluruh bangunan digunakan metode *set covering*. Dalam penelitian ini juga diberikan rute evakuasi dan rekomendasi pemasangan *sprinkler* dan *smoke detector*.

**Kata kunci:** Alat Pemadam Api Ringan (APAR), *Emergency Response Plan* (ERP), *Fire Hazard*, *Set Covering*

**Halaman Ini Sengaja Dikosongkan**





## **PLANNING ON EMERGENCY RESPONSE PLAN (ERP) AND DETERMINATION OF PORTABLE FIRE EXTENGUISHER AT RESEARCH CENTRE BUILDING ITS**

Nama Mahasiswa : Fiqi Anwar Hidayat

NRP : 2511100039

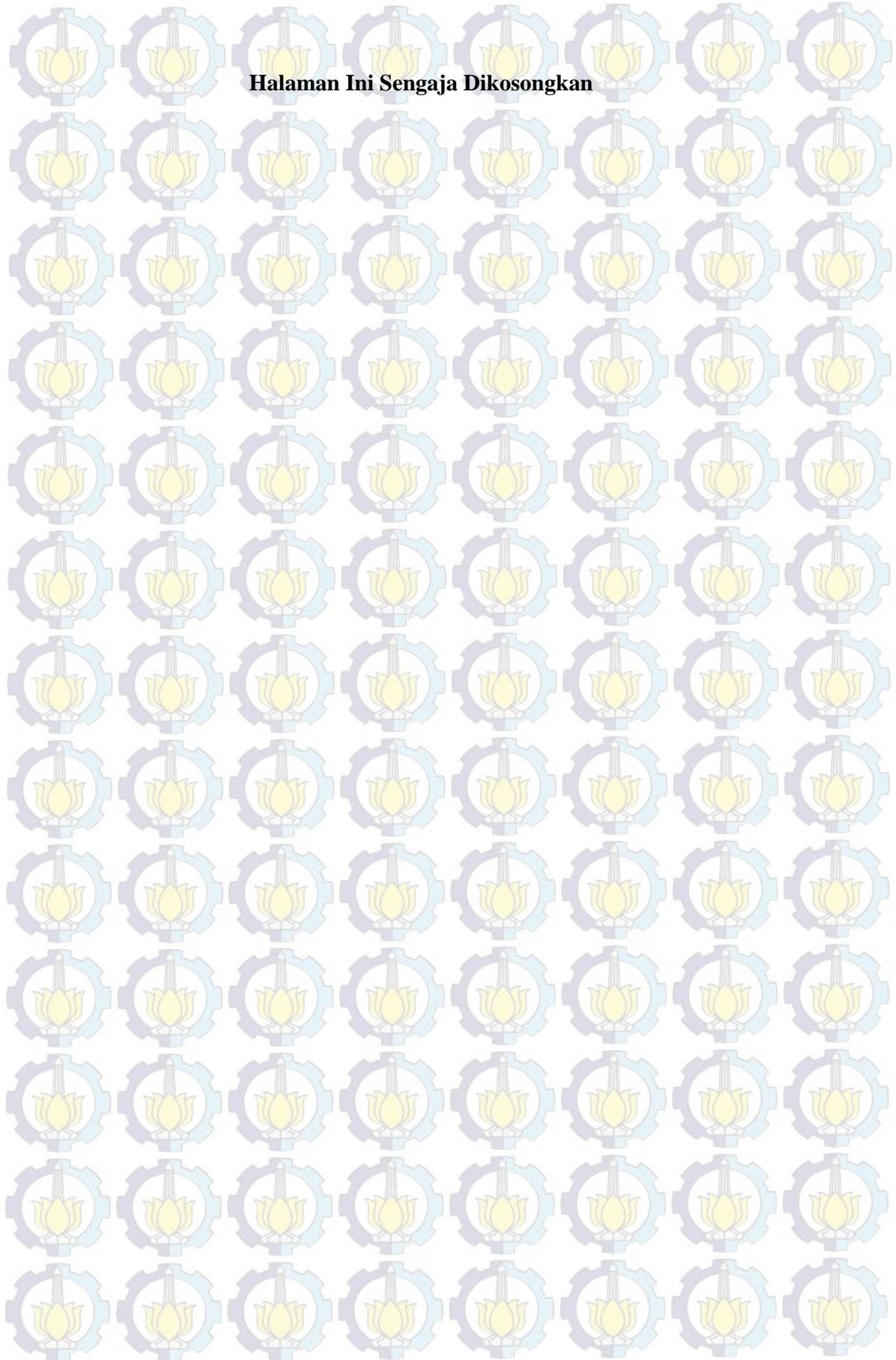
Pembimbing : Dr.Ir. Sri Gunani Partiw, M.T

### **ABSTRACT**

Occupational Safety and Health Management System is a proper thing that should be applied in every work environment both in work method and workplace environment. Research Centre ITS is one of the newest building in ITS environment, so there isn't a safety management system that would be applied in this building yet. This research aiming to give an Emergency Response Plan (ERP) and fire extinguisher which is suitable to be used in this building. This research expected to make building's safety management meet the requirement from the government such as UU No. 26 Tahun 2008 etc. this research begin with data searching about building's dimension, main function of each room and fire hazard identification toward each room. From building's dimension, then capacity of the building can be calculated. From calculation of building's capacity, requirements for the emergency exit, emergency stairs, and meeting point location can be determined. Then, from fire hazard identification can be determined the type of fire extinguisher that proper to used. Furthermore using type of fire extinguisher then the optimum location of fire extinguisher's installation that can reach every corner of the building could be determined. In this research also given evacuation route and some recommendation for sprinkler and smoke detector's installation.

**Key words:** *Emergency Response Plan (ERP), Fire Hazard, Portable Fire Extinguisher, Set Covering*

**Halaman Ini Sengaja Dikosongkan**



## KATA PENGANTAR

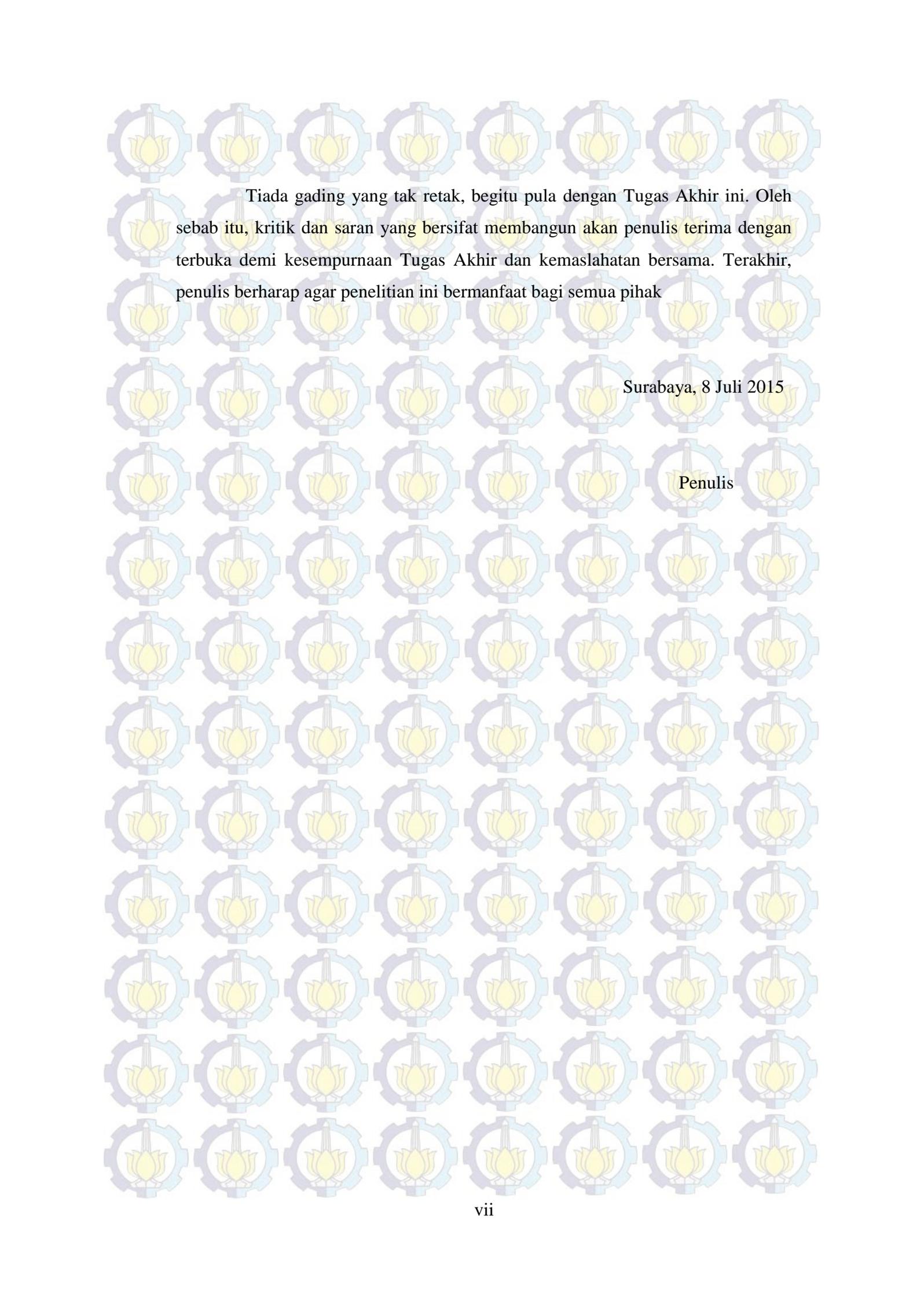
Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, berkat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar dan tepat waktu.

Laporan Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 di Jurusan Teknik Industri dengan judul “Perencanaan *Emergency Response Plan* (ERP) dan Penentuan Alat Pemadam Api Ringan (APAR) Pada Gedung *Research Centre-ITS*”. Selama pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir, penulis menerima bantuan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada :

1. Allah SWT, Tuhan sekalian alam. Tempat berlindung dan meminta pertolongan. Pemberi rencana terbaik dan selalu menjadi pemberi solusi dikala penulis menemui jalan buntu.
2. Kedua orang tua tercinta, Bapak Fatoni dan Ibu Siti Muawanah, deputi Allah SWT di muka bumi, yang tanpa henti-hentinya telah memberikan doa, semangat dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan program pendidikan S1 di Teknik Industri ITS. Serta kakak kandung penulis, Lia Fadhilah atas saran-saran dan wejangannya.
3. Dr. Ir. Sri Gunani Partiw,MT, yang telah memberikan bimbingan, arahan dan motivasi kepada penulis hingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.
4. Bapak Ibu Dosen dan seluruh *stakeholder* jurusan Teknik Industri ITS
5. Bapak Wahyu Setiawan, selaku Kepala PIMPITS, yang telah membantu penulis dalam melakukan penilaian, wawancara dan mendukung penulis dalam dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
6. JGMM aka GFC : Aan, Angga, Ajie, Bagus Fak, Mas Dodon, Didik, Ngoro Edo, Evans, Fadel, Mas Blek, Fais, Fikri, Imung, Toger, Martian, Odhi, Randy, Redy Byung Jun, Rendy Kacung, Rifky, Rio, Risal, Rizal Eko, Wawan, kumpulan arek-arek tidak normal yang membuat ladang

perjuangan menjadi rumah yang ramah dan menyenangkan. *You'll find your universe, my brothers.*

7. Departemen Sosial Masyarakat HMTI ITS 4<sup>th</sup> Generation: Mas Okki, Mbak Rara, Mas Hysmi, Mas Andika, Mbak Sari, Argon, Anies, Dilla, Riska, Ajie, Redy, Imung, Elvi, Rio, terima kasih kenangan dan pengalaman yang telah diberikan diberikan kepada penulis, terima kasih banyak untuk rasa kekeluargaan yang luar biasa. *Legends never die, they just fade away.*
8. Tim MAHAGANA ITS “*Reborn*”, Terima kasih atas pengalaman dan pengayoman yang telah diberikan bahkan saat penulis masih berpredikat MABA.
9. MAHAPATI-ITS, Terima kasih untuk gunung-gunung yang telah didaki dan perjalanan-perjalanan yang telah dilalui. Indonesia terlalu indah untuk tidak dijelajahi.
10. Rekan-rekan Kelas XII IA 5 (Mafia Barokallah), rekan sejawat yang selalu ada saat masa-masa krusial.
11. Rekan-rekan Angkatan 2011 TI ITS (VERESIS), terima kasih untuk 4 tahun yang sangat berharga.
12. Keluarga besar Bani Kamani, atas doa-doa dan saran-sarannya selama ini.
13. Rekan-Rekan Sosdev Sepuluh Nopember, ITS EXPO 2012, terima kasih untuk pengalaman dan orang-orang luar biasa yang telah ditemui.
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas segala bantuan, motivasi dan doa bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

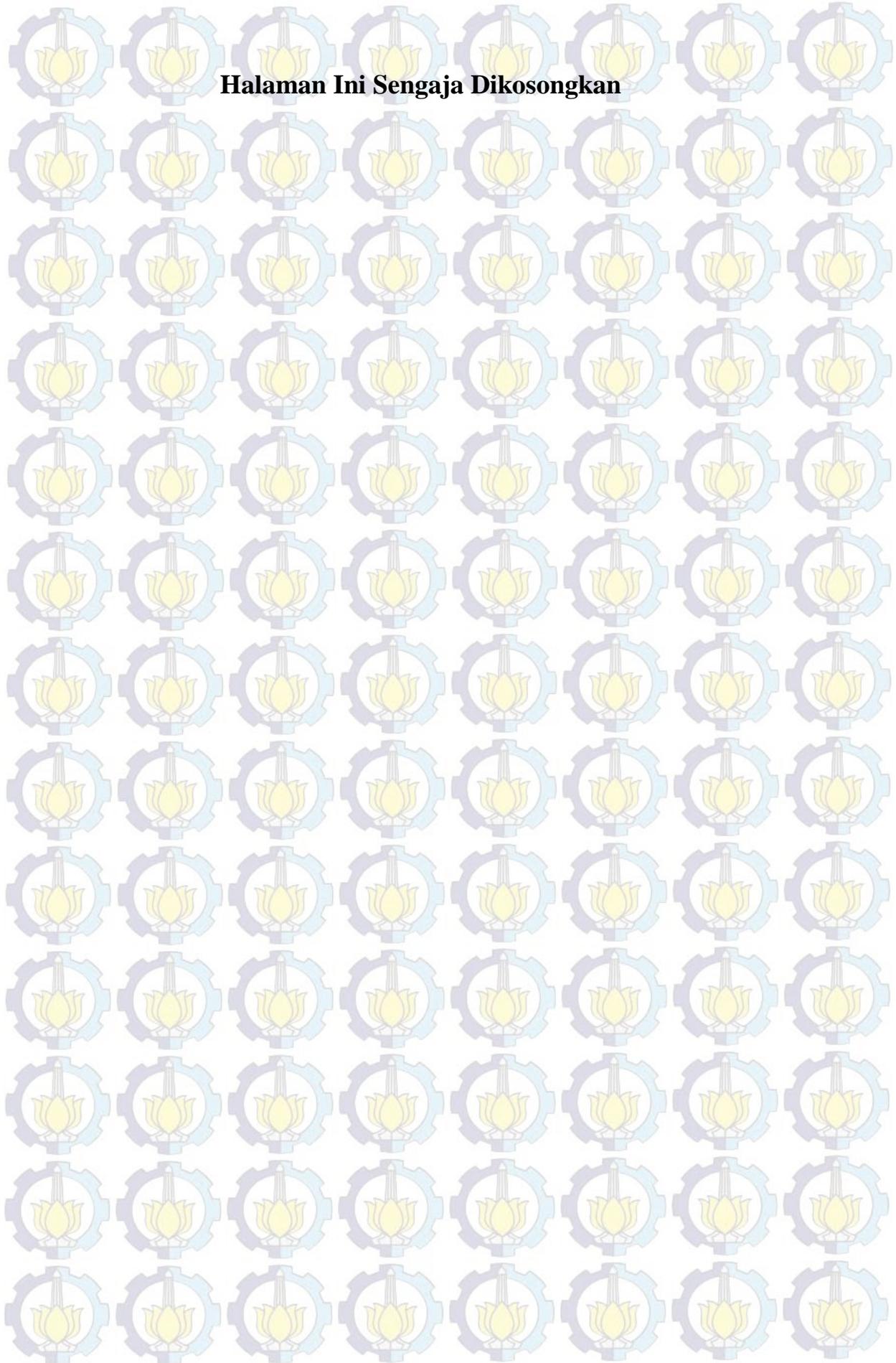


Tiada gading yang tak retak, begitu pula dengan Tugas Akhir ini. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang bersifat membangun akan penulis terima dengan terbuka demi kesempurnaan Tugas Akhir dan kemaslahatan bersama. Terakhir, penulis berharap agar penelitian ini bermanfaat bagi semua pihak

Surabaya, 8 Juli 2015

Penulis

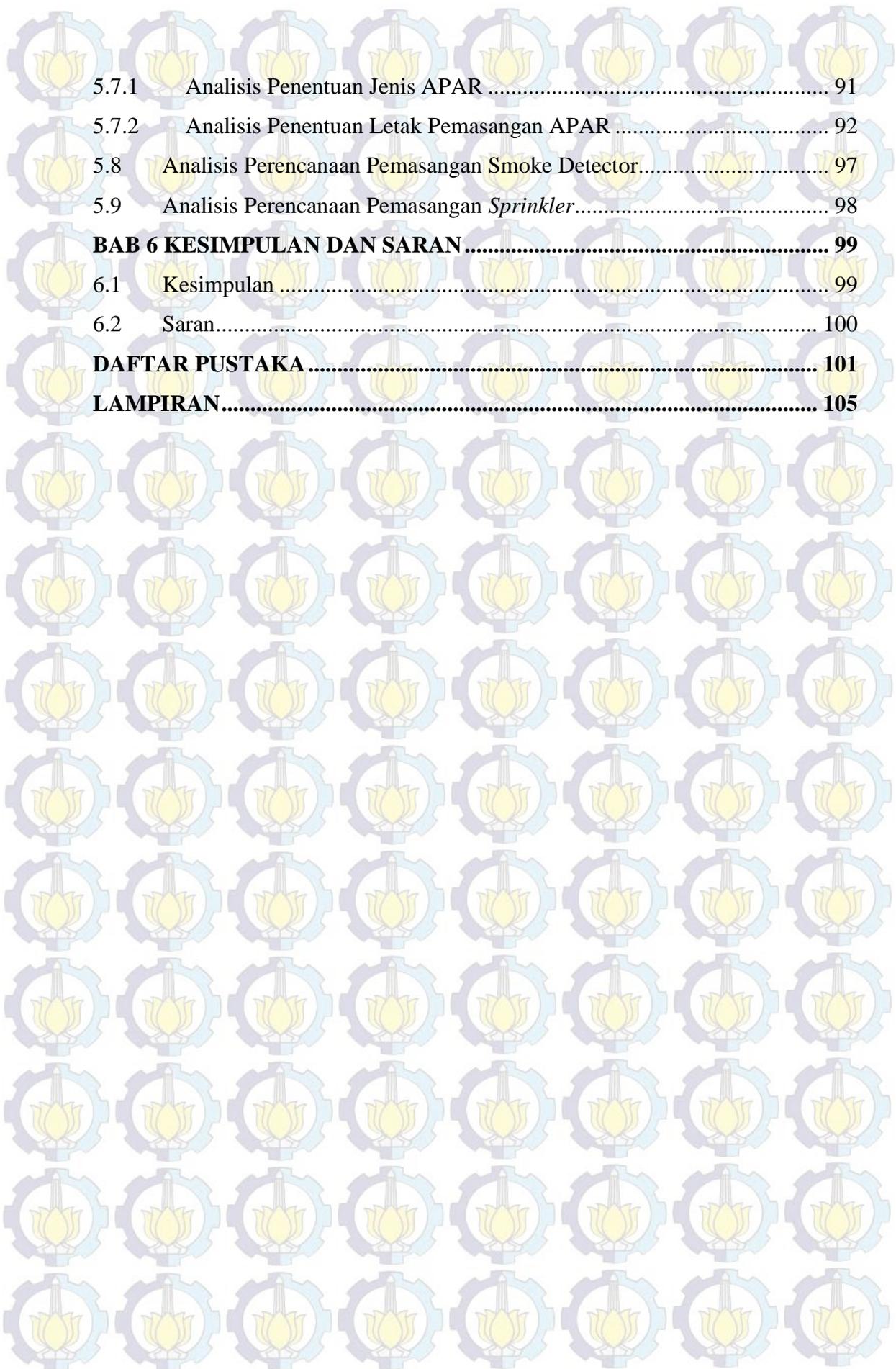
**Halaman Ini Sengaja Dikosongkan**



## DAFTAR ISI

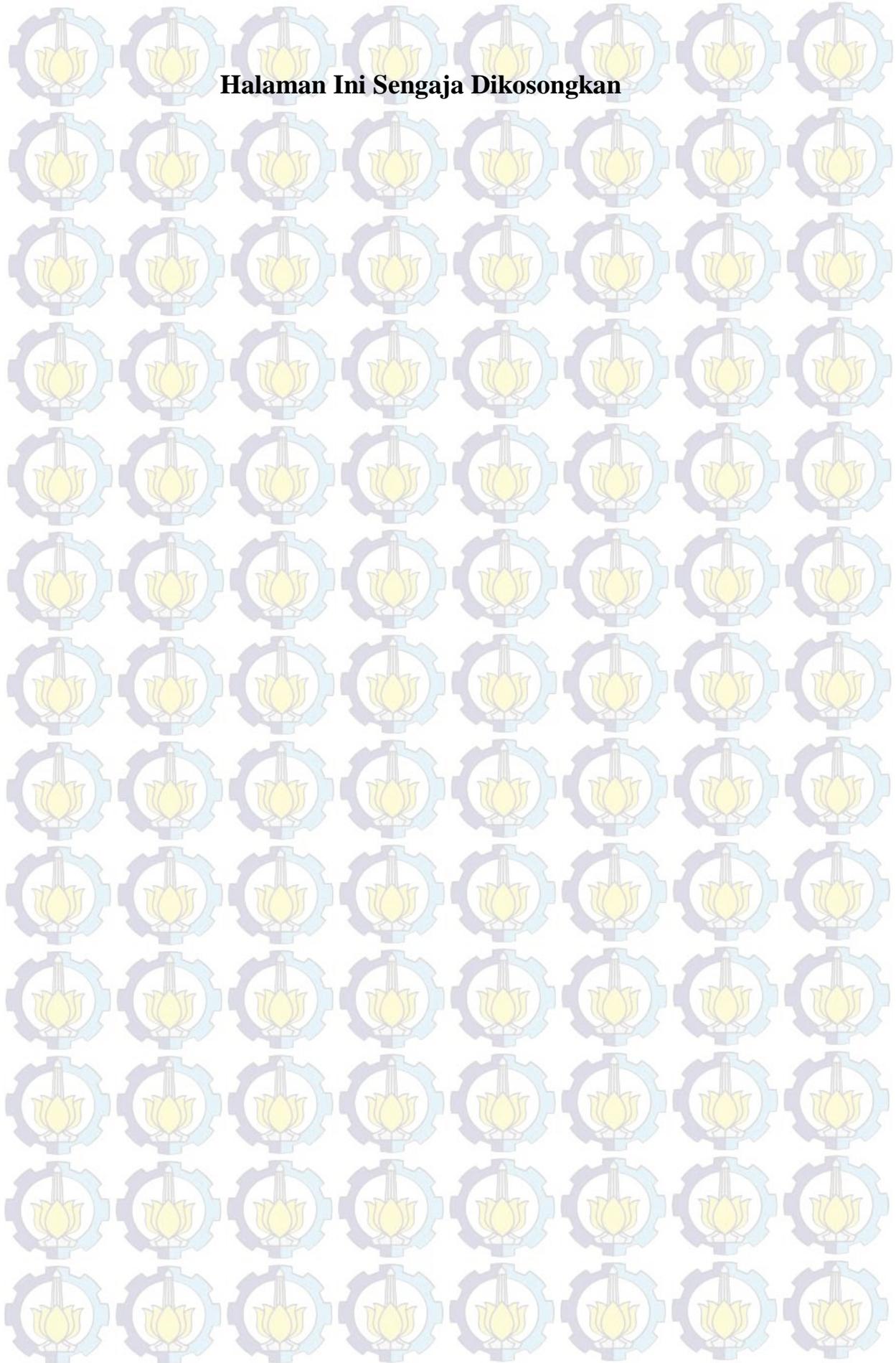
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	7
1.3 Tujuan .....	7
1.4 Manfaat .....	7
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	8
1.5.1 Asumsi .....	8
1.5.2 Batasan .....	8
1.6 Sistematika Penulisan .....	8
<b>Bab 2 Tinjauan Pustaka</b> .....	<b>11</b>
2.1 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) .....	11
2.2 Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) .....	11
2.3 Klasifikasi Bangunan .....	13
2.3.1 Klasifikasi Bangunan Berdasarkan Tinggi Dan Jumlah Lantai .....	13
2.3.2 Klasifikasi Bangunan Berdasarkan Sifat Hunian .....	14
2.4 Peraturan Tentang Penanganan Keadaan Berbahaya .....	15
2.5 <i>Emergency Response Plan (ERP)</i> .....	16
2.5.1 Strategi Melarikan Diri ( <i>Escape Strategy</i> ) .....	17
2.5.2 Sarana Menyelamatkan Diri ( <i>Means of Escape</i> ) .....	18
2.5.3 <i>Emergency Response Procedure</i> .....	24
2.5.4 Sistem Proteksi Dini .....	24
2.6 Alat Pemadam Api Ringan (APAR) .....	25
2.6.1 Klasifikasi APAR .....	26
2.6.2 Perencanaan Pemasangan APAR .....	27

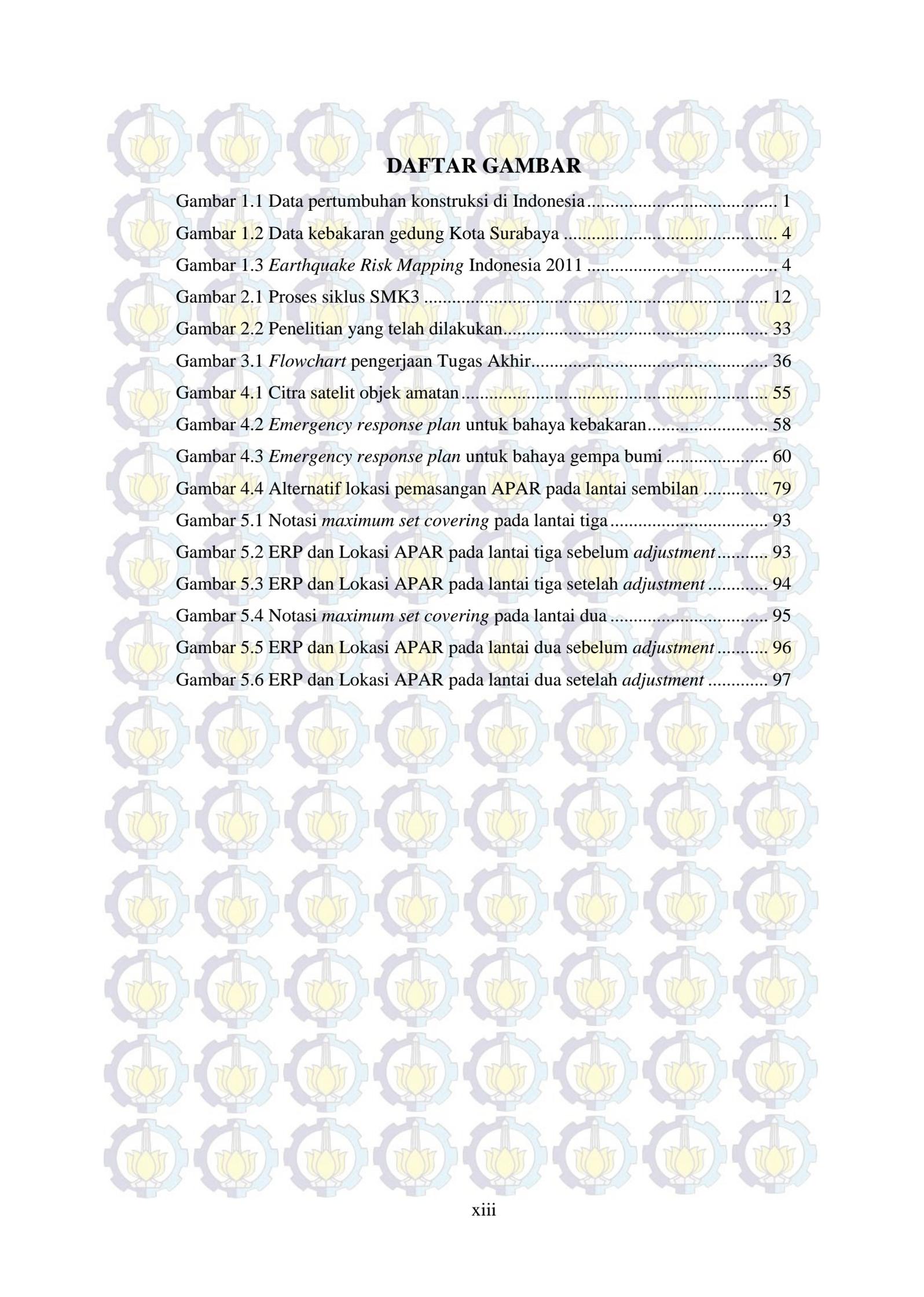
2.7	<i>Maximum set covering</i> .....	31
2.8	Penelitian yang telah dilakukan .....	32
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>35</b>
3.1	Pra penelitian .....	35
3.2	Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data .....	37
3.3	Analisa Dan Perencanaan Rekomendasi Perbaikan .....	38
3.4	Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran .....	39
<b>BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA .....</b>		<b>41</b>
4.1	Gambaran Objek Amatan .....	41
4.2	Evaluasi dan Penghitungan Emergency Response Plan (ERP) .....	44
4.2.1	Sarana Melarikan Diri ( <i>Means of Escape</i> ) .....	44
4.2.2	Penghitungan Jumlah Orang .....	44
4.2.3	Penghitungan Kebutuhan Pintu Darurat .....	52
4.2.4	Penghitungan Kebutuhan Tangga Darurat .....	54
4.2.5	Perencanaan Jalur Evakuasi ( <i>Exit Route</i> ) .....	54
4.2.6	Perencanaan Tanda Keluar ( <i>Exit Sign</i> ) .....	55
4.2.7	Perencanaan Titik Kumpul ( <i>Meeting Point</i> ) .....	55
4.2.8	<i>Emergency Response Procedure</i> .....	57
4.3	Perencanaan Pemasangan APAR .....	60
4.3.1	Penentuan jenis APAR .....	60
4.3.2	Penentuan Letak Pemasangan APAR .....	76
4.4	Perencanaan Sistem Proteksi Dini .....	82
4.4.1	Perencanaan Pemasangan <i>Smoke Detector</i> .....	83
4.4.2	Perencanaan Pemasangan <i>Sprinkler</i> .....	83
<b>5 BAB 5 ANALISIS DAN ALTERNATIF REKOMENDASI .....</b>		<b>85</b>
5.1	Analisis Jumlah Kebutuhan Pintu Darurat .....	85
5.2	Analisis Jumlah Kebutuhan Tangga Darurat .....	86
5.3	Analisis Perencanaan Jalur Evakuasi .....	87
5.4	Analisis Penentuan Tanda Keluar .....	88
5.5	Analisis Perencanaan Titik Kumpul ( <i>Meeting Point</i> ) .....	88
5.6	Analisis <i>Emergency Reponse Procedure</i> .....	89
5.7	Analisis Pemasangan APAR .....	91



5.7.1	Analisis Penentuan Jenis APAR .....	91
5.7.2	Analisis Penentuan Letak Pemasangan APAR .....	92
5.8	Analisis Perencanaan Pemasangan Smoke Detector.....	97
5.9	Analisis Perencanaan Pemasangan <i>Sprinkler</i> .....	98
<b>BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>99</b>
6.1	Kesimpulan .....	99
6.2	Saran.....	100
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>101</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>105</b>

**Halaman Ini Sengaja Dikosongkan**

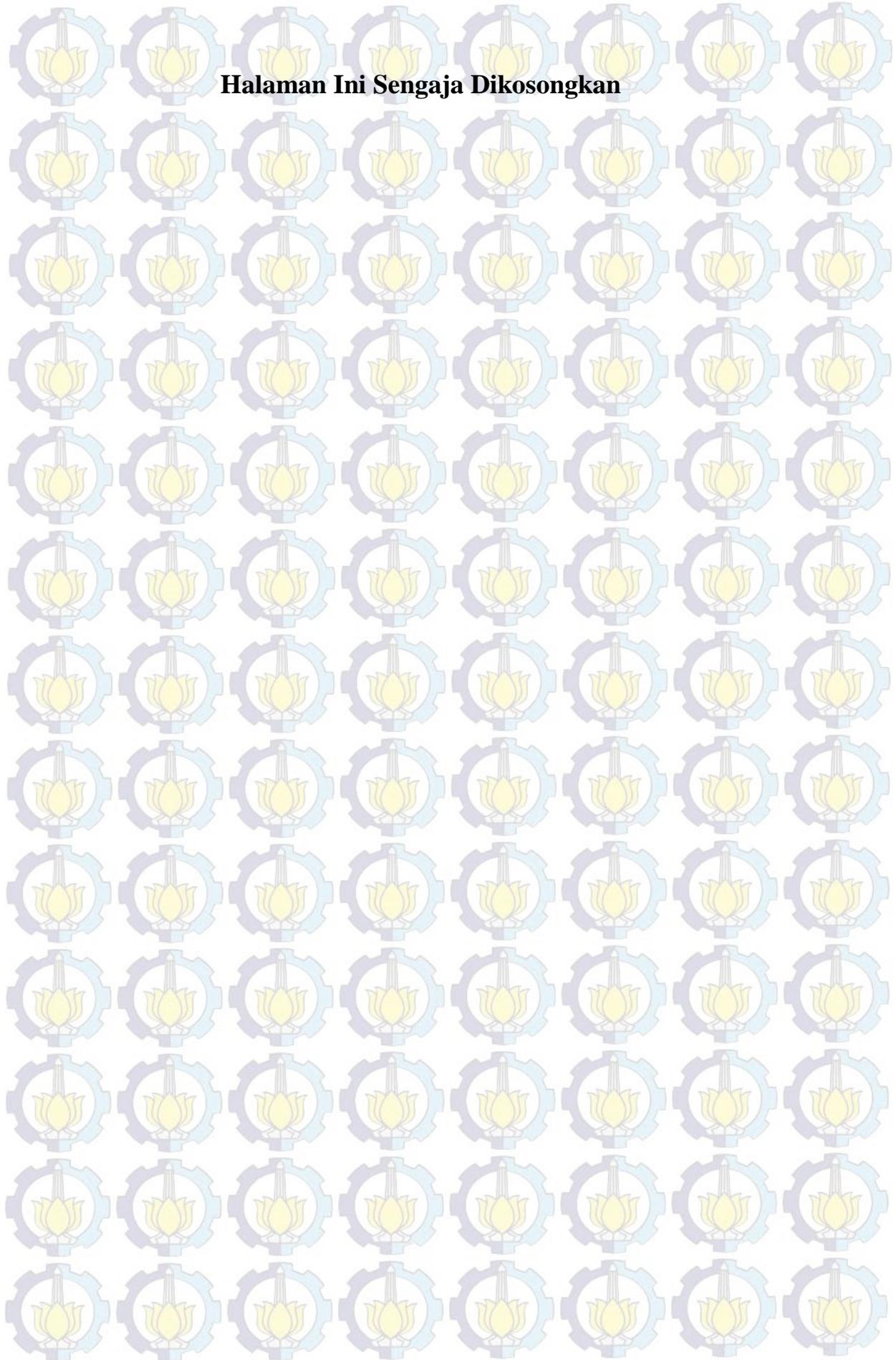


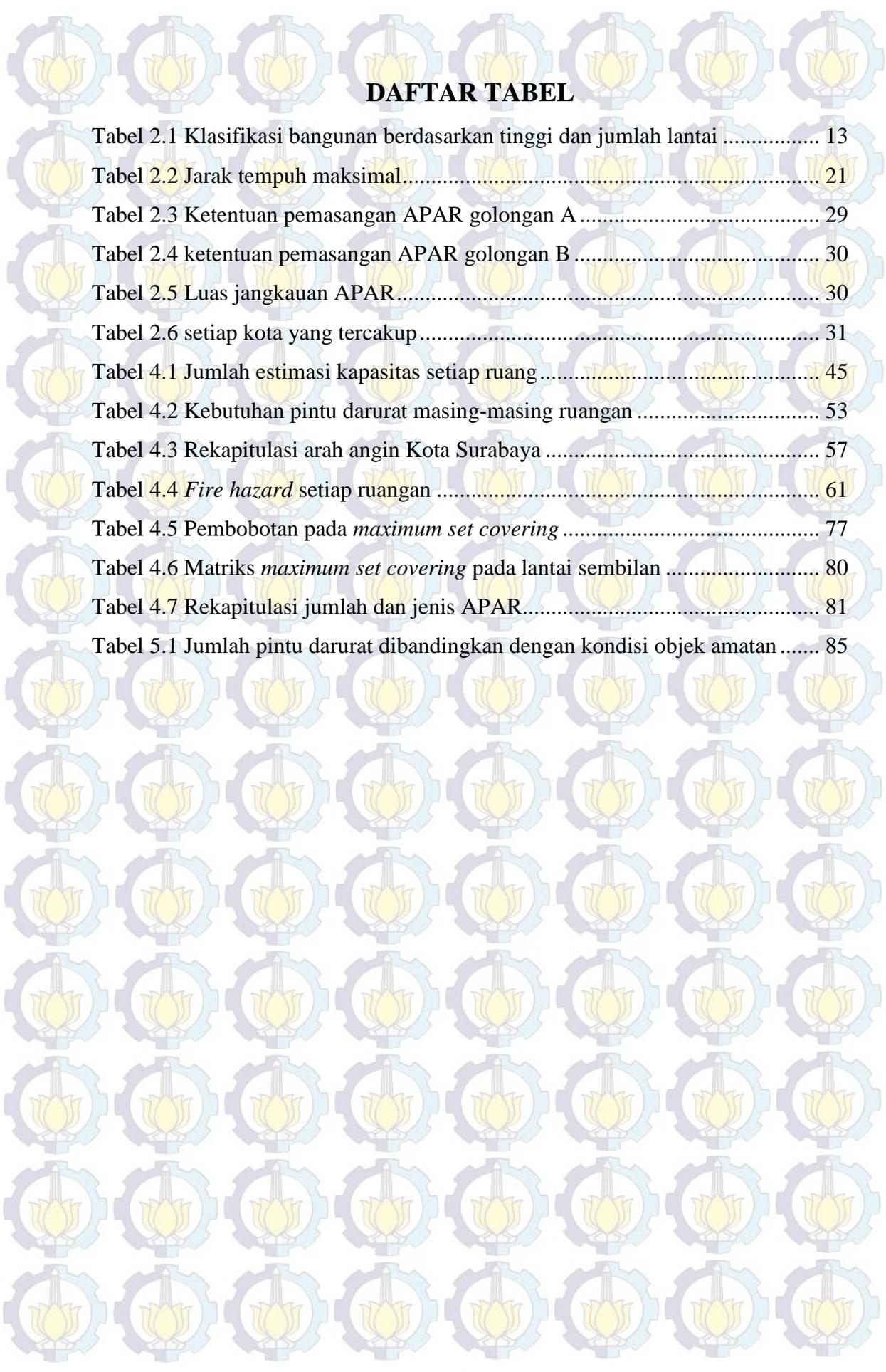


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Data pertumbuhan konstruksi di Indonesia.....	1
Gambar 1.2 Data kebakaran gedung Kota Surabaya .....	4
Gambar 1.3 <i>Earthquake Risk Mapping</i> Indonesia 2011 .....	4
Gambar 2.1 Proses siklus SMK3 .....	12
Gambar 2.2 Penelitian yang telah dilakukan.....	33
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> pengerjaan Tugas Akhir.....	36
Gambar 4.1 Citra satelit objek amatan.....	55
Gambar 4.2 <i>Emergency response plan</i> untuk bahaya kebakaran.....	58
Gambar 4.3 <i>Emergency response plan</i> untuk bahaya gempa bumi .....	60
Gambar 4.4 Alternatif lokasi pemasangan APAR pada lantai sembilan .....	79
Gambar 5.1 Notasi <i>maximum set covering</i> pada lantai tiga.....	93
Gambar 5.2 ERP dan Lokasi APAR pada lantai tiga sebelum <i>adjustment</i> .....	93
Gambar 5.3 ERP dan Lokasi APAR pada lantai tiga setelah <i>adjustment</i> .....	94
Gambar 5.4 Notasi <i>maximum set covering</i> pada lantai dua .....	95
Gambar 5.5 ERP dan Lokasi APAR pada lantai dua sebelum <i>adjustment</i> .....	96
Gambar 5.6 ERP dan Lokasi APAR pada lantai dua setelah <i>adjustment</i> .....	97

**Halaman Ini Sengaja Dikosongkan**

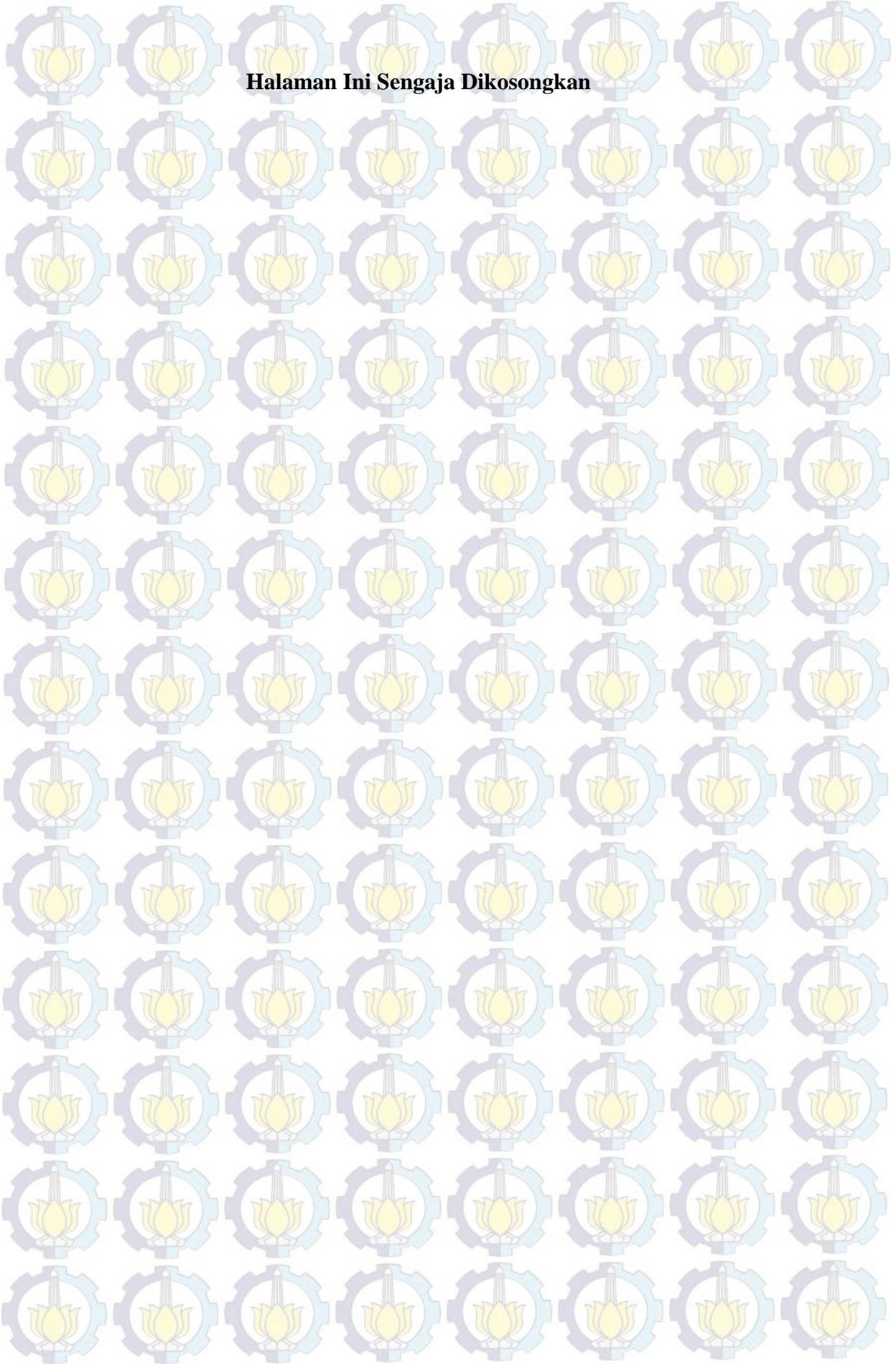




## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi bangunan berdasarkan tinggi dan jumlah lantai .....	13
Tabel 2.2 Jarak tempuh maksimal.....	21
Tabel 2.3 Ketentuan pemasangan APAR golongan A .....	29
Tabel 2.4 ketentuan pemasangan APAR golongan B .....	30
Tabel 2.5 Luas jangkauan APAR.....	30
Tabel 2.6 setiap kota yang tercakup .....	31
Tabel 4.1 Jumlah estimasi kapasitas setiap ruang.....	45
Tabel 4.2 Kebutuhan pintu darurat masing-masing ruangan .....	53
Tabel 4.3 Rekapitulasi arah angin Kota Surabaya .....	57
Tabel 4.4 <i>Fire hazard</i> setiap ruangan .....	61
Tabel 4.5 Pembobotan pada <i>maximum set covering</i> .....	77
Tabel 4.6 Matriks <i>maximum set covering</i> pada lantai sembilan .....	80
Tabel 4.7 Rekapitulasi jumlah dan jenis APAR.....	81
Tabel 5.1 Jumlah pintu darurat dibandingkan dengan kondisi objek amatan .....	85

**Halaman Ini Sengaja Dikosongkan**



## BAB 1

### PENDAHULUAN

Pada bagian pendahuluan, berisi mengenai hal-hal yang mendasari dilakukannya penelitian ini. Dalam Bab ini akan dipaparkan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, ruang lingkup, dan manfaat penelitian.

#### 1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan konstruksi di Indonesia setiap tahunnya semakin meningkat. Data yang dihimpun Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa dari tahun ke tahun angka pembangunan gedung atau bangunan meningkat secara signifikan. Dari data pada gambar 1.1 dapat dilihat bahwa jumlah konstruksi pada setiap tahunnya selalu meningkat. Dengan meningkatnya jumlah konstruksi, maka jumlah gedungpun akan meningkat.



Gambar 1.1 Data pertumbuhan konstruksi di Indonesia  
Sumber : BPS 2013

Pertumbuhan gedung-gedung bertingkat merupakan salah satu alternatif yang dilakukan untuk mengantisipasi keterbatasan lahan yang semakin berkurang dan harga tanah yang semakin mahal. Kebijakan ini juga didukung penuh oleh

pemerintah dengan dikeluarkannya kebijakan *1000 Tower Development Program*, yang kemudian diikuti dengan Peraturan Menteri Pekerjaan umum Nomor 05/PRT/2007 tentang Pedoman Teknis Pembangunan Rumah Susun Sederhana Bertingkat Tinggi dan Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 2011 tentang Gedung bertingkat.

Dengan pertumbuhan gedung bertingkat yang begitu tinggi, kesenjangan terjadi dikarenakan terdapat banyak gedung yang belum memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN). Kesenjangan ini timbul dikarenakan beberapa sebab, diantaranya adalah karena sebagian pihak beranggapan bahwa Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan formalitas belaka dan merupakan jenis pemborosan belaka sehingga tidak semua pihak menerapkannya (Ramli, 2010).

Faktor keselamatan merupakan hal yang penting dan harus diperhatikan baik saat pra konstruksi, saat konstruksi dan saat pengelolaan gedung, untuk itu pemerintah selaku otoritas pembuat keputusan mengeluarkan peraturan mengenai hal ini, diantaranya adalah dengan mengeluarkan Undang-undang No. 28 Tahun 2002 tentang Bangunan dan gedung, serta Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 02/KPTS/1985 tentang Ketentuan Pencegahan dan Penanggulangan Kebakaran Pada Bangunan Gedung. Peraturan-peraturan ini diharapkan mampu memperkecil dampak dari resiko yang ditimbulkan dari apabila terjadi kecelakaan pada sebuah bangunan.

Kesadaran akan pentingnya penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada gedung harus diperhatikan karena dapat menimbulkan kerugian berupa korban jiwa, kerugian materi, maupun terganggunya fungsi utama dari gedung itu sendiri sebagai tempat proses produksi maupun layanan jasa. Selain itu, diaplikasikannya K3 yang baik pada sebuah bangunan akan membuat penghuni bangunan merasa aman dan tidak was-was akan keselamatan dirinya sehingga akan meningkatkan kinerja secara positif.

Dengan dampak tersebut maka prosedur K3 sangatlah penting diterapkan pada gedung terutama gedung bertingkat, hal ini dikarenakan gedung bertingkat memiliki resiko lebih besar terhadap penyebab-penyebab terjadinya kecelakaan. Kecelakaan atau bahaya yang terjadi pada gedung terjadi dikarenakan beberapa

faktor penyebab, diantaranya adalah konstruksi gedung yang tidak sesuai standar, kebakaran, gempa bumi dan lain-lain. *United States Fire Protection Association* (US NFPA) pada 2008 merilis bahwa di Amerika Serikat, dari rata-rata 350.000 kebakaran yang terjadi pada pemukiman dan perkantoran pertahun, 15.300 diantaranya terjadi pada gedung bertingkat. Dari sejumlah kejadian tersebut kerugian rata-rata yang ditimbulkan adalah 60 orang meninggal dunia, 930 luka ringan dan berat dan kerugian material hingga 52 Juta Dollar.

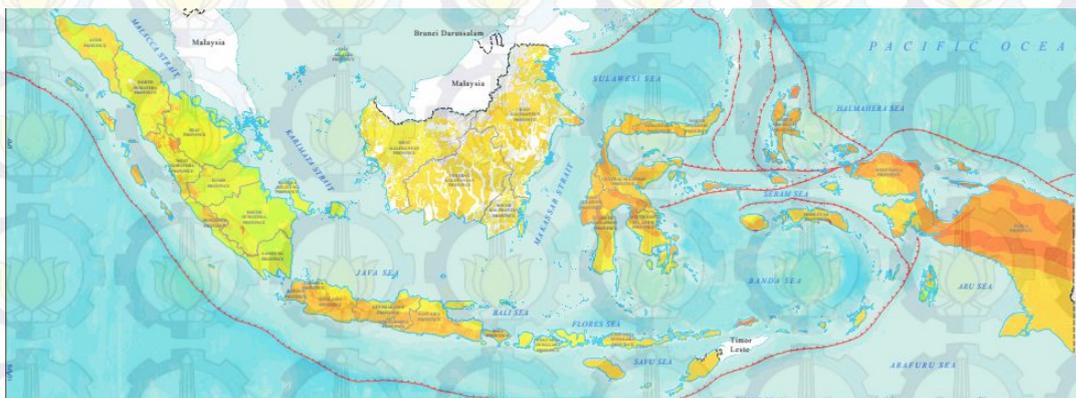
Indonesia merupakan salah satu Negara dengan jumlah kasus kebakaran tinggi, data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) dari awal tahun 2013 hingga awal Februari 2015 tercatat 890 terjadi dengan skala menengah hingga skala besar. Dengan rincian 398 kasus terjadi tahun 2013, 471 kasus terjadi pada tahun 2014 sementara 21 kasus lainnya terjadi pada awal 2015. Sebagai Negara dengan iklim tropis dan pemukimannya yang padat Indonesia merupakan Negara dengan kategori rawan kebakaran.

Pemerintah Kota Surabaya mencatat selama tahun 2014 dialokasikan sebanyak Rp 54,4 Milyar dan sudah terpakai Rp 52,9 Miliar atau 96,76% dari jumlah total anggaran yang telah dialokasikan. Dana itu dikeluarkan dalam rangka pencegahan dan penanggulangan bencana kebakaran yang sepanjang tahun 2014 mencapai 596 kejadian. Dengan jumlah kejadian mencapai angka 596 kejadian, maka rata-rata terjadi 1,63 per hari, yang menunjukkan tingginya potensi terjadinya kejadian kebakaran. Maka sebuah gedung seharusnya memiliki sistem tanggap darurat sehingga dapat mengurangi resiko adanya korban jiwa (Heryawan, 2015).

Dari gambar 1.2 diketahui bahwa dari yang tercatat Dinas Kebakaran Kota Surabaya kebakaran di Surabaya termasuk tinggi. Dari tahun 2011 hingga 2014 jumlah kebakaran selalu diatas 100 kejadian. Sementara dari 2012 selalu berada di atas angka 160 kejadian. Pada 2015, hingga awal bulan Juni sudah tercatat 54 kejadian.



Gambar 1.2 Data kebakaran gedung Kota Surabaya  
 Sumber: Dinas Kebakaran Kota Surabaya



Gambar 1.3 *Earthquake Risk Mapping* Indonesia 2011  
 Sumber : BNPB 2015

Dari gambar 1.3 diketahui bahwa Indonesia merupakan Negara dengan risiko gempa bumi yang sangat tinggi. Letak Indonesia yang berada diantara tiga lempeng tektonik, yaitu lempeng Pasifik, lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia membuat Indonesia sering mengalami gempa bumi. Data dari BNPB tahun 2015 didapat bahwa antara Agustus 2010 hingga Februari 2015 tercatat 1160 gempa dengan skala gempa 5,0 Skala *Richter*.

Dengan potensi terjadinya bencana yang sangat besar, maka setiap gedung seharusnya memiliki *Emergency Response Plan* (ERP) yang baik. Menurut ISO 14000, ERP adalah sebuah sistem yang mengintegrasikan seluruh elemen baik fisik maupun non-fisik yang dipersiapkan untuk menanggulangi akibat yang ditimbulkan oleh bencana maupun kecelakaan. Tujuan utama dari ERP adalah apabila terjadi sebuah keadaan darurat, terdapat tindakan yang cepat dan tepat agar kerugian yang dialami dapat diminimalisasi. *Emergency Response Plan* yang baik akan mengurangi adanya korban jiwa. Seseorang dengan pengetahuan ataupun mengetahui respons yang harus dilakukan apabila ada bencana memiliki waktu keluar (*Escape Time*) lebih cepat rata-rata 30 detik lebih cepat dari orang yang tidak mengetahuinya (Sujatmiko dkk, 2014).

Selain penerapan *Emergency Response Plan* yang baik, untuk menanggulangi jenis bahaya atau situasi darurat jenis kebakaran, maka pemerintah melalui Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. 04 tahun 1980 mengatur mengenai Penggunaan Alat Pemadam Api Ringan (APAR). Alat Pemadam Api Ringan (APAR) sendiri merupakan kebutuhan disetiap gedung dengan fungsi selain sebagai rumah pribadi. Fungsi utama dari APAR adalah sebagai alat pertama yang dapat digunakan sebagai pemadam titik api saat titik api tersebut masih kecil atau dalam taraf yang masih dapat dipadamkan dengan alat sederhana dan manusia menjadi pihak yang menemukan titik api terlebih dahulu, sebelum dideteksi oleh sistem *sprinkler*, *smoke detector* dll. Fungsi lain dari alat ini adalah dapat digunakan untuk membuka jalan apabila jalan keluar tertutup oleh api. Ketentuan dalam pemasangan APAR diatur dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 26 Tahun 2008.

Kejadian yang baru-baru ini terjadi menunjukkan pentingnya ERP dan APAR, pada Senin, 9 Maret 2015 pukul 18.00 WIB. Sebuah kebakaran terjadi pada gedung Wisma Kasgoro. Bermula dari lantai 16, gedung api merambat dan menghanguskan hingga lantai 20 bangunan. Kejadian ini memerlukan waktu 18 jam atau menjadi waktu terlama yang diperlukan dalam memadamkan kebakaran pada sebuah gedung di Asia (Rahadian, 2015).

Mochtar Zakaria selaku Kepala Seksi Operasi Sudin Pemadam Kebakaran Penanggulangan Bencana Jakarta Pusat memaparkan beberapa kendala yang

membuat penanganan terhadap kebakaran gedung ini begitu lama, diantaranya adalah sistem keamanan yang tidak memadai, keberadaan pompa yang tidak sesuai dengan aturan, partisi ruangan dan kaca yang sangat tebal, tidak adanya tim *engineering* yang mumpuni dalam hal *safety* serta sumber air yang tidak memadai. Hal itulah yang diindikasikan menjadi penyebab api tidak cepat dipadamkan dan cepat menyebar dan menjadi bencana kebakaran yang lebih besar (Pramita, 2015).

*Research Centre* Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) merupakan salah satu gedung yang dibangun dalam rencana jangka panjang ITS. Gedung yang menggunakan sel surya sebagai konsep dasar konstruksinya ini diresmikan pada Januari 2015. Gedung ini memiliki fungsi sebagai pusat studi tujuh bidang yang tergabung dalam tujuh “Pusat Studi Riset Unggulan ITS” yang merupakan ujung tombak dalam mencapai tujuan menjadi universitas riset pada 2017. Gedung ini kedepannya akan menjadi gabungan antara laboratorium penelitian dan tempat pameran bagi karya-karya Dosen maupun Mahasiswa.

Gedung ini juga diharapkan menjadi nilai lebih bagi ITS dalam mempersiapkan diri dalam misi menjadi universitas kelas dunia. Dua parameter yang dalam waktu dekat sedang diincar adalah akreditasi internasional oleh AUN dan ABET. AUN sendiri adalah kependekan dari *ASEAN University Network* yang berdiri pada tahun 1995. Badan ini didirikan untuk memperkuat jaringan perguruan tinggi terkemuka di negara-negara anggotanya untuk meningkatkan solidaritas dan mengembangkan identitas regional melalui pengembangan sumber daya manusia. Sementara ABET merupakan kependekan dari *Accreditation Board for Engineering and Technology* adalah lembaga akreditasi internasional yang bertanggung jawab dalam mengevaluasi dan mensertifikasi kualitas pendidikan di bidang ilmu terapan, komputasi, rekayasa dan teknologi. Pada sertifikasi AUN QA contohnya terdapat poin bahwa perguruan tinggi yang diakreditasi oleh AUN harus memenuhi syarat K3 pada daerah tersebut.

Menurut Prof. Ir. Triyogi Yuwono DEA selaku Rektor ITS sebagaimana dikutip Kompas.com (2015) disebutkan bahwa pada gedung ini akan menjadi laboratorium multidisiplin tujuh pusat studi riset yaitu Kelautan, Pemukiman dan Lingkungan Hidup, Transportasi dan Logistik, Material dan Nanoteknologi, Energi dan Kebumihan, ICT, serta Pusat Studi Inovasi Bisnis. Selain berfungsi sebagai

laboratorium multidisiplin dan pameran, gedung ini juga memiliki fungsi sebagai ruang pertemuan dan ruang kantor.

Dengan karakteristik sebagai gedung dengan multidisiplin dan ketinggian gedung yang mencapai 11 lantai maka gedung ini memerlukan perlakuan khusus dan lebih mendalam karena potensi bahaya yang dimiliki yang lebih besar. Untuk itu, perencanaan ERP yang baik serta pemasangan APAR yang sesuai baik jenis maupun jumlahnya merupakan hal yang harus dipenuhi.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Pada penelitian ini membahas mengenai perencanaan *Emergency Response Plan* (ERP) berdasarkan dengan regulasi yang berlaku serta memberi rekomendasi alternatif yang dapat diaplikasikan pada objek amatan.

## **1.3 Tujuan**

Berlandaskan pada perumusan masalah, maka tujuan penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Merencanakan *Emergency Response plan* pada objek amatan
2. Memberikan rekomendasi ERP alternatif yang dapat diaplikasikan pada objek amatan.
3. Menentukan jumlah dan jenis APAR yang sesuai digunakan pada objek amatan

## **1.4 Manfaat**

Manfaat yang dapat diperoleh dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pihak pengelola gedung dapat mengetahui bagian mana dari *Escape plan* eksisting yang belum memenuhi standar
2. Memberikan alternatif ERP yang memenuhi standar regulasi yang berlaku
3. Membantu pengelola gedung agar agar sesuai dengan sertifikasi AUN dan ABET

## **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Luasnya bidang penelitian mengenai topik ini, maka pada penelitian ini, cakupan penelitian hanya pada gedung *Research Centre ITS* dan pembahasan dibatasi pada hal-hal sebagai berikut.

### **1.5.1 Asumsi**

Asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah,

1. Fungsi bangunan tidak berubah selama diadakan penelitian
2. Saat penelitian diadakan, peraturan mengenai kebakaran yang digunakan acuan oleh penulis seperti Permen PU No. 26 Tahun 2008, NFPA 10 Tahun 1998, NFPA 101 Tahun 2000, tidak mengalami perubahan.

### **1.5.2 Batasan**

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah,

1. Penelitian dilakukan pada gedung *Research Centre ITS*
2. Penelitian mengenai *Emergency Response Plan (ERP)* hanya mencakup *Exit Route, Exit Sign, Assembly Point, Pintu darurat, dan Emergency Response Procedure.*
3. Perencanaan gedung berdasarkan peraturan yang mengacu pada bahaya kebakaran seperti Permen PU No. 26 Tahun 2008, NFPA 10 Tahun 1998, NFPA 101 Tahun 2000.
4. Untuk kondisi bahaya jenis gempa bumi, ERP yang digunakan mengacu dengan ERP pada kondisi bahaya kebakaran. Perbedaan hanya pada *Emergency Response Procedure.*

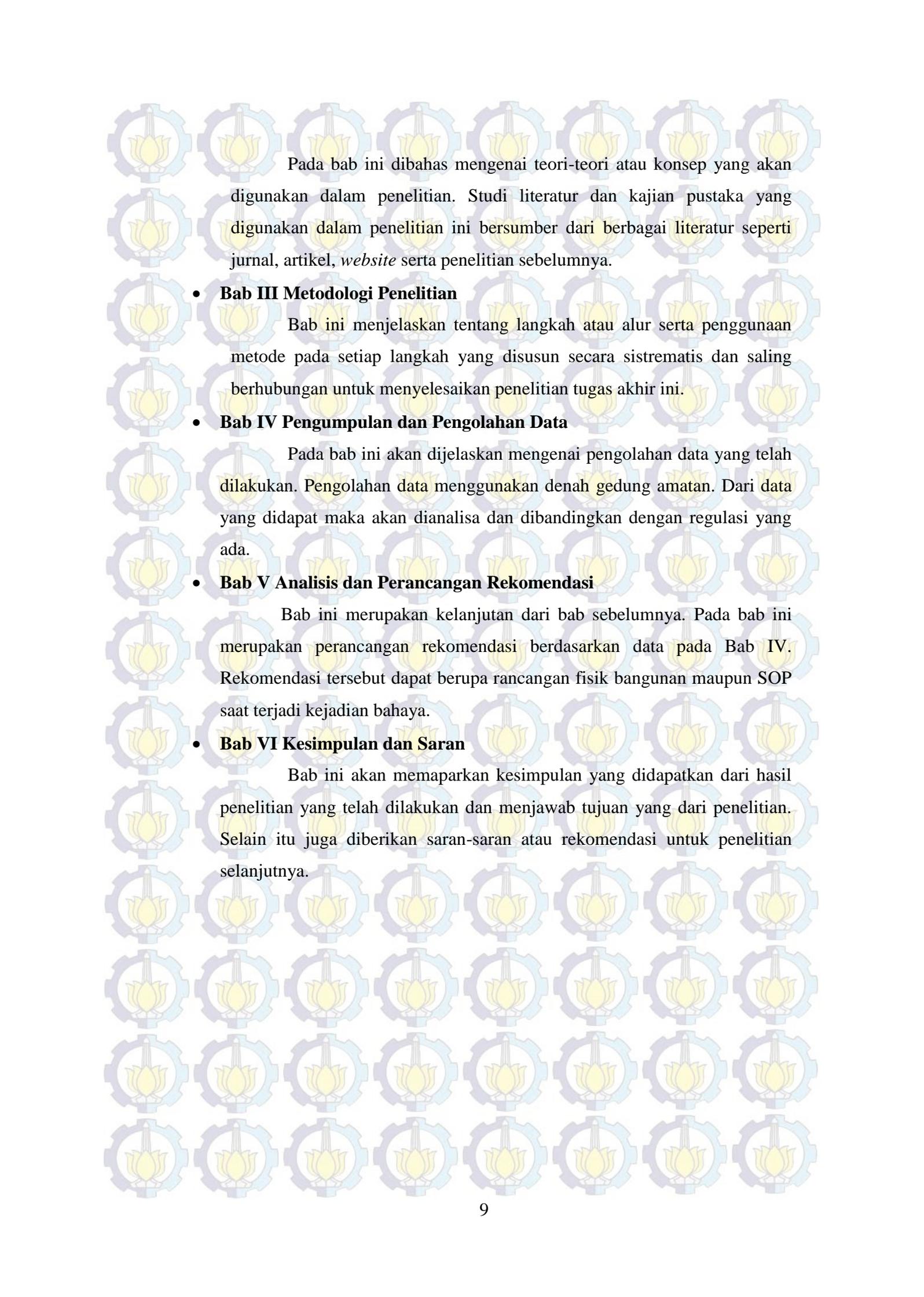
## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- **Bab I Pendahuluan**

Pada bab pendahuluan ini dibahas hal-hal yang mendasari dilakukannya penelitian ini, yaitu tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan, ruang lingkup, dan manfaat penelitian.

- **Bab II Tinjauan Pustaka**



Pada bab ini dibahas mengenai teori-teori atau konsep yang akan digunakan dalam penelitian. Studi literatur dan kajian pustaka yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari berbagai literatur seperti jurnal, artikel, *website* serta penelitian sebelumnya.

- **Bab III Metodologi Penelitian**

Bab ini menjelaskan tentang langkah atau alur serta penggunaan metode pada setiap langkah yang disusun secara sistematis dan saling berhubungan untuk menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.

- **Bab IV Pengumpulan dan Pengolahan Data**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pengolahan data yang telah dilakukan. Pengolahan data menggunakan denah gedung amatan. Dari data yang didapat maka akan dianalisa dan dibandingkan dengan regulasi yang ada.

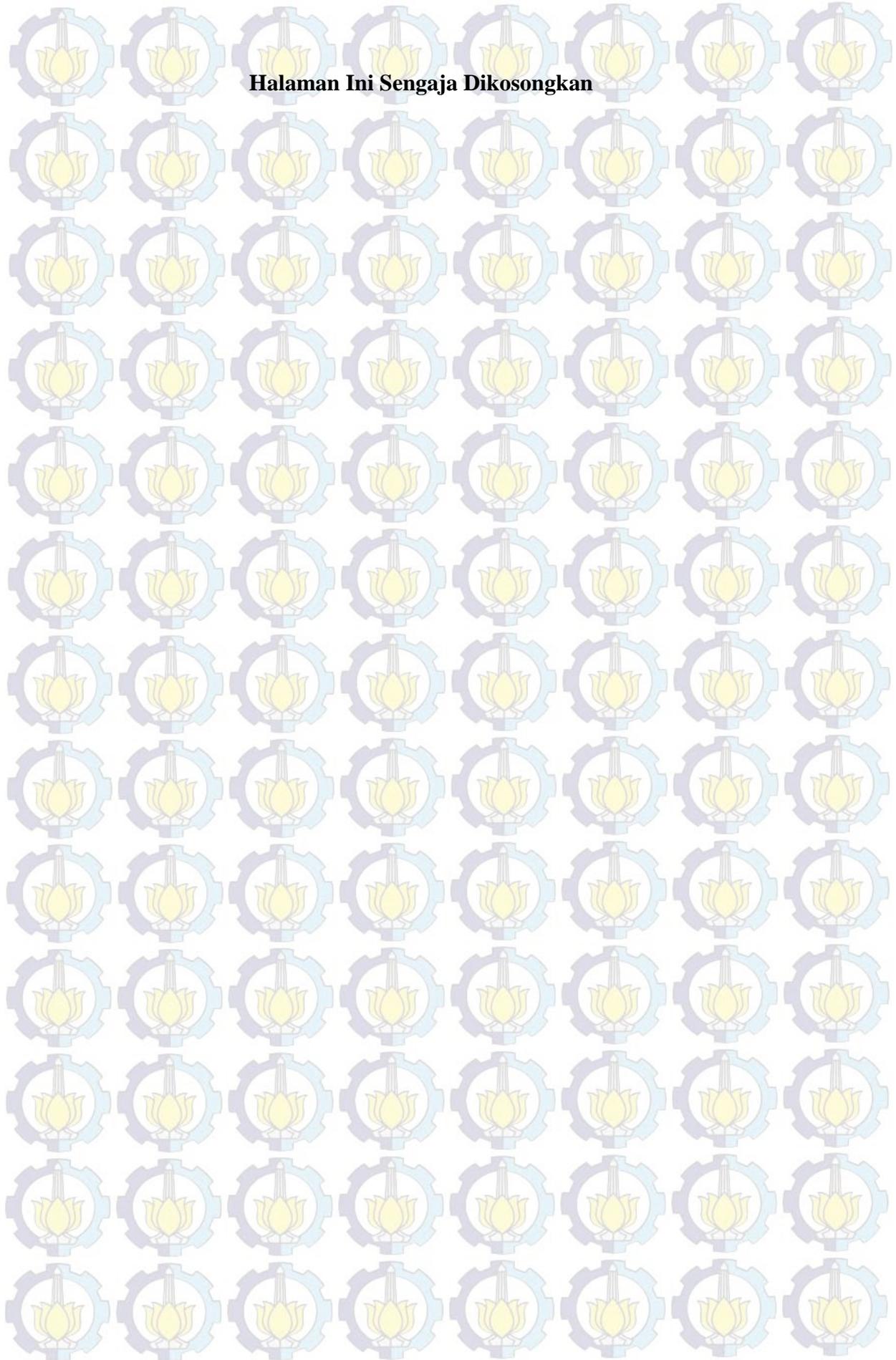
- **Bab V Analisis dan Perancangan Rekomendasi**

Bab ini merupakan kelanjutan dari bab sebelumnya. Pada bab ini merupakan perancangan rekomendasi berdasarkan data pada Bab IV. Rekomendasi tersebut dapat berupa rancangan fisik bangunan maupun SOP saat terjadi kejadian bahaya.

- **Bab VI Kesimpulan dan Saran**

Bab ini akan memaparkan kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan menjawab tujuan yang dari penelitian. Selain itu juga diberikan saran-saran atau rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.

**Halaman Ini Sengaja Dikosongkan**



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi mengenai kajian pustaka mengenai teori-teori dasar yang akan digunakan dalam penelitian. Teori-teori yang akan dibahas pada bab ini adalah mengenai K3, *Emergency Response Plan (ERP)*, serta Alat Pemadam api ringan (APAR)

#### 2.1 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dalam istilah lain disebut *Occupational Safety and Health (OSH)* merupakan upaya perlindungan yang dilaksanakan dan ditujukan untuk membuat tenaga kerja dan orang-orang yang berhubungan dengan tempat tersebut selalu dalam keadaan aman, serta kegiatan yang dilakukan berjalan dalam keadaan aman dan efisien. (Keputusan Menteri Tenaga Kerja No. Kep/MEN/1993).

John Ridley (1983) menyatakan bahwa Keselamatan dan Kesehatan Kerja adalah suatu kondisi dalam pekerjaan yang sehat dan aman baik itu bagi pekerjaannya, perusahaan maupun bagi masyarakat dan lingkungan sekitar pabrik atau tempat kerja tersebut. Sementara menurut Suma'mur (1992) Diterapkannya K3 dengan baik pada sebuah tempat kerja tidak hanya akan berdampak pada turunnya biaya yang dikeluarkan perusahaan atau institusi terkait dengan ganti rugi atas cedera atau kecelakaan yang dialami. Namun akan berdampak secara psikis terhadap pekerja, karena dengan kondisi tempat kerja yang aman, pekerja akan merasa nyaman dan tidak merasa khawatir dengan keselamatannya sehingga kinerja yang dihasilkan akan meningkat. Selain itu, penerapan K3 yang baik akan meningkatkan hubungan baik antara pekerja dan manajemen.

#### 2.2 Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3)

Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) adalah sebuah bagian dari sistem manajemen secara keseluruhan yang meliputi struktur organisasi, perencanaan, tanggungjawab, pelaksanaan, prosedur, proses dan sumber

daya yang dibutuhkan bagi pengembangan, penerapan, pencapaian, pengkajian dan pemeliharaan kebijakan K3 dalam rangka pengendalian risiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja guna terciptanya tempat kerja yang aman, efisien dan produktif. Sertifikasi internasional untuk kategori SMK3 adalah OHSAS 18001:1999.



Gambar 2.1 Proses siklus SMK3  
Sumber:Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. Per.05/Men/1996

Di Indonesia terdapat peraturan yang telah dikeluarkan pemerintah terkait dengan perlindungan terhadap keselamatan dan kesehatan pekerja diantaranya adalah Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 05 Tahun 1996, serta Peraturan Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. 04 tahun 1980. Dengan peraturan-peraturan tersebut, perusahaan maupun institusi-institusi yang memperkerjakan karyawan atau pekerja wajib menerapkan SMK3 sebagai salah satu bentuk perlindungan atas hak keselamatan pekerja.

Selain dalam hal manajerial, sebuah institusi yang memperkerjakan 100 orang atau lebih maupun institusi yang memperkerjakan kurang dari 100 orang namun menggunakan bahan, proses dan instalasi yang mempunyai risiko yang

besar akan terjadinya peledakan, kebakaran, keracunan dan penyinaran radioaktif wajib memiliki Panitia Pelaksana Keselamatan dan Kesehatan Kerja (P2K3). Pemerintah melalui Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor PER.04/MEN/1987 telah mengatur mengenai panitia Pembina K3 dan tata cara penunjukan ahli keselamatan kerja. Dengan peraturan tersebut, institusi-institusi tersebut diharapkan memiliki pedoman dalam menerapkan SMK3.

### 2.3 Klasifikasi Bangunan

Perencanaan *Emergency Response Plan* pada sebuah bangunan akan berbeda dengan bangunan yang lain. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor-faktor. Diantara faktor tersebut antara lain adalah sebagai berikut:

#### 2.3.1 Klasifikasi Bangunan Berdasarkan Tinggi Dan Jumlah Lantai

Klasifikasi bangunan ini diterapkan karena tingkat bahaya yang berbeda. Menurut data yang dihimpun NFPA disebutkan bahwa bangunan dengan jumlah lantai memiliki resiko lebih tinggi terhadap bahaya dan kerugian. Berikut pada tabel 2.1 adalah klasifikasi bangunan berdasarkan Kepmen 10 tahun 2000:

Tabel 2.1 Klasifikasi bangunan berdasarkan tinggi dan jumlah lantai

Klasifikasi Bangunan	Ketinggian dan Jumlah Lantai
A (Tidak Bertingkat)	Ketinggian hingga 8 meter atau 1 lantai
B (Tidak Bertingkat)	Ketinggian lebih dari 8 meter atau 2 lantai
C (Bertingkat Rendah)	Ketinggian hingga 14 meter atau 4 lantai
D (Bertingkat Tinggi)	Ketinggian hingga 40 meter atau 8 lantai
E (Bertingkat Tinggi)	Ketinggian lebih dari 40 meter atau 8 lantai

Sumber: Kepmen No 10 Tahun 2000

### **2.3.2 Klasifikasi Bangunan Berdasarkan Sifat Hunian**

Klasifikasi jenis ini mengkategorikan bangunan berdasarkan jenis kegiatan, material-material yang ada didalamnya. Berikut adalah pembagian jenis bangunan menurut Kep. 186/MEN/1999 tentang Unit Penganggulangan Kebakaran di Tempat Kerja:

#### **2.3.2.1 Bahaya kebakaran ringan**

Merupakan penggolongan jenis bahaya kebakaran pada suatu tempat dimana pada tempat tersebut memiliki bahan-bahan yang tidak mudah terbakar dan apabila terjadi kebakaran, panas yang dihasilkan rendah dan jalar api yang dihasilkan rendah.

#### **2.3.2.2 Bahaya kebakaran Sedang Kelompok I**

Merupakan penggolongan potensi jenis kebakaran pada suatu tempat yang memiliki atau menyimpan bahan-bahan dengan potensi terbakar yang sedang, penyimpanan atau penimbunan bahan-bahan yang mudah terbakar tersebut tidak melebihi 2,5 meter dan apabila terjadi kebakaran, panas yang dihasilkan sedang dan jalar api yang dihasilkan sedang.

#### **2.3.2.3 Bahaya kebakaran Sedang Kelompok II**

Merupakan penggolongan potensi jenis kebakaran pada suatu tempat yang memiliki atau menyimpan bahan-bahan dengan potensi terbakar yang sedang, penyimpanan atau penimbunan bahan-bahan yang mudah terbakar tersebut tidak melebihi 4 meter dan apabila terjadi kebakaran, panas yang dihasilkan sedang dan jalar api yang dihasilkan sedang.

#### **2.3.2.4 Bahaya kebakaran Sedang Kelompok III**

Merupakan penggolongan potensi jenis kebakaran pada suatu tempat yang memiliki atau menyimpan bahan-bahan dengan potensi terbakar yang tinggi, dan apabila terjadi kebakaran, panas yang dihasilkan tinggi dan jalar api yang dihasilkan cepat.

#### **2.3.2.5 Bahaya kebakaran Sedang Kelompok IV**

Merupakan penggolongan potensi jenis kebakaran pada suatu tempat yang memiliki atau menyimpan bahan-bahan dengan potensi terbakar yang tinggi, dan

apabila terjadi kebakaran, panas yang dihasilkan sangat tinggi dan jalar api yang dihasilkan sangat cepat.

#### **2.4 Peraturan Tentang Penanganan Keadaan Berbahaya**

Dalam pencegahan dan penanganan terhadap keadaan berbahaya (*emergency*), pemerintah selaku otoritas pembuat regulasi telah mengeluarkan beberapa standar yang wajib digunakan oleh pengelola bangunan. Peraturan-peraturan tersebut dikeluarkan dengan tujuan terciptanya kondisi yang memungkinkan korban yang terjebak dalam keadaan berbahaya untuk melarikan diri (*escape*) dan keluar dari situasi tidak aman tersebut dan atau memperkecil resiko yang menyimpannya.

Beberapa peraturan yang sudah dikeluarkan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. **Undang-undang No.1 tahun 1970** tentang Keselamatan Kerja

Dalam peraturan ini membahas mengenai ketetapan-ketetapan tentang keselamatan kerja, lebih detail pada pasal 3 ayat 1 membahas mengenai prosedur-prosedur dan ketetapan mengenai beberapa hal untuk mencegah, mengurangi jumlah korban, memadamkan kebakaran dan memberi waktu untuk korban untuk menyelamatkan korban.

2. **Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 26 Tahun 2008** tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran Pada Bangunan Gedung Dan Lingkungan

3. **Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 02/KPTS/1985** tentang Ketentuan Pencegahan dan Penanggulangan Kebakaran Pada Bangunan Gedung

4. **Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 11/KPTS/2000** tentang Ketentuan Teknis Manajemen Penanggulangan Kebakaran Di Perkotaan

5. **Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor 04/Men/1980** tentang Syarat-Syarat Pemasangan dan Pemeliharaan APAR.

6. **Standar Nasional Indonsia (SNI) 19-6772-2002** tentang Tata Cara Sistem Pemadam Api

7. **Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-1764-2000** tentang Tata Cara Dan Pemasangan Sarana Jalan Keluar Untuk Penyelamatan Terhadap Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Gedung

8. **Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-6574-2001** tentang Tata Cara Perencanaan Pencahayaan Darurat Tanda Arah Dan Sistem Peringatan Bahaya Pada Bangunan Gedung

9. **Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-1735-2000** tentang Tata Cara Perencanaan Akses Bangunan Dan Akses Lingkungan Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Gedung

10. **Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor : PER.04/MEN/1987** tentang Panitia pembina Keselamatan dan Kesehatan Kerja (P2K3)

Peraturan-peraturan tersebut berskala nasional dan wajib ditaati oleh setiap pengelola bangunan yang terletak di wilayah yuridiksi Indonesia. Namun, pada prakteknya terdapat beberapa hal yang masih belum tercakup dalam peraturan-peraturan tersebut. Oleh sebab itu digunakan aturan-aturan tambahan yang dapat dijadikan standar dalam penanganan bahaya sebuah gedung/bangunan. Beberapa peraturan tersebut diantaranya adalah:

1. **National Fire Protection Association (NFPA) nomor 10 tahun 1998** tentang *Standart Portable for Fire Extinguisher*

2. **National Fire Protection Association (NFPA) nomor 10` tahun 1998** tentang *Life Safety Code*

3. **Perda DKI Jakarta Nomor 3 Tahun 1992** Tentang Penanggulangan Bahaya Kebakaran Dalam Wilayah DKI Jakarta

Peraturan-peraturan tersebut merupakan regulasi yang sering dijadikan dasar saat melakukan perencanaan standart keamanan sebuah gedung. Penggunaan standart keamanan yang digunakan Amerika Serikat juga merupakan solusi yang digunakan untuk meningkatkan keamanan, hal ini dikarenakan NFPA merupakan standart internasional yang banyak digunakan Negara-negara maju lainnya.

## **2.5 Emergency Response Plan (ERP)**

*Emergency* atau keadaan bahaya menurut Federal Emergency Management Agency (2002) merupakan suatu kejadian yang tidak direncanakan

yang menyebabkan kerugian material, kematian maupun luka-luka terhadap manusia yang terkena dampak dari kejadian tersebut baik secara langsung maupun tidak langsung.

*Emergency Response Plan* merupakan sarana atau rancangan yang dibuat untuk mereduksi atau mengurangi dampak yang ditimbulkan ketika bahaya terjadi. *Emergency Response Plan* dibagi menjadi beberapa detail yang masing-masing detail memiliki standart dan fungsi masing-masing yang meliputi Pintu darurat (*emergency exit*), Tangga Darurat, *Evacuation Exit Route*, *Exit Sign*, *Assembly Point/Meeting Point* dan SOP Penanganan keadaan tanggap darurat (*Emergency Standard Procedure*).

*Emergency Response Plan* dapat berupa fasilitas maupun *Standard Operational Procedure* (SOP) yang telah ditetapkan sebelumnya. Menurut Kavianian (1990) beberapa prosedur yang harus dilakukan dalam melakukan perencanaan ERP meliputi beberapa hal diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Identifikasi fasilitas dan *escape route*
- b. Persiapan prosedur ERP
- c. Pembentukan tim ERP
- d. Pembuatan prosedur pengumuman
- e. Penentuan dampak yang mungkin terjadi pada daerah dan masyarakat sekitar
- f. Penentuan fasilitas dan peralatan tanggap darurat
- g. Pembuatan dan persiapan *escape training*
- h. Pembuatan prosedur umum keadaan gawat darurat

Dari langkah-langkah yang telah disebutkan, kemudian diuraikan menjadi detail-detail yang lebih spesifik dan komprehensif. Detail dari ERP akan dijelaskan pada poin-poin berikut.

### **2.5.1 Strategi Melarikan Diri (*Escape Strategy*)**

Secara umum, strategi melarikan diri atau keluar dari keadaan berbahaya dibagi menjadi dua kategori, yaitu:

1. ***Egress***, merupakan strategi keluar dari kondisi yang berbahaya dengan cara yang sangat sederhana, yaitu seseorang langsung lari dan keluar dari daerah

berbahaya ketika mendengar alarm tanda bahaya berbunyi. Strategi ini merupakan cara yang sering digunakan dan merupakan cara yang lebih cepat direspon seseorang ketika terjadi keadaan berbahaya.

2. **Refuge**, merupakan strategi berlindung dari bahaya dengan menggunakan fasilitas-fasilitas tertentu yang dapat melindungi diri dari bahaya tersebut. Contoh dari strategi ini adalah ruang kedap api maupun bunker perlindungan.

### **2.5.2 Sarana Menyelamatkan Diri (*Means of Escape*)**

Sarana menyelamatkan diri merupakan fasilitas-fasilitas yang telah tersedia pada sebuah gedung yang memiliki fungsi dan tujuan sebagai fasilitas yang dapat digunakan untuk menyelamatkan diri dari potensi dampak yang ditimbulkan bahaya yang terjadi. Sarana menyelamatkan diri dapat berupa fasilitas permanen seperti konstruksi bangunan, tangga darurat, dan pintu darurat. Maupun fasilitas penunjang seperti sprinkler, alat pemadam api, *escape route*, maupun penunjuk arah keluar (*Exit Route*).

#### **2.5.2.1 Emergency Exit/Pintu Darurat**

Pintu darurat merupakan fasilitas yang harus ada dalam sebuah bangunan, fungsi dari pintu darurat ini adalah sebagai sarana yang digunakan untuk melarikan diri dari lokasi terjadinya keadaan yang berbahaya. Pintu darurat yang khusus digunakan untuk sarana meloloskan diri dari kondisi yang berbahaya harus memenuhi kriteria-kriteria yang telah ditetapkan OSHA 1910.36.2002 yaitu:

- a. Pintu keluar harus tetap dalam keadaan tidak terkunci dari dalam
- b. Pekerja harus dapat membuka pintu darurat tanpa menggunakan kunci, peralatan maupun kemampuan khusus

Menurut penelitian yang dilakukan Bickerdike (1996) dalam sebuah barisan tunggal (*single line*), rata-rata terdapat 60 orang permenit yang melewati pintu darurat, dengan pertimbangan kondisi psikis dan allowance yang diberikan, maka Bickerdike menetapkan bahwa dalam perencanaan asumsi yang digunakan adalah 40 orang melewati pintu per menitnya.

Dengan asumsi tersebut maka Bickerdike menetapkan bahwa lebar sebuah unit pintu darurat yang dilalui sebuah baris tunggal manusia adalah 21” atau 52,5

cm. Perhitungan jumlah Lebar Tempat Keluar (LTK) yang dibutuhkan diformulasikan sebagai berikut:

$$U = \frac{N}{40 \times T} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

U : Banyaknya LTK yang dibutuhkan

N : Estimasi jumlah orang yang akan keluar melewati pintu darurat

T : Waktu yang diharapkan (*Expected Time*) dalam satuan menit

Waktu yang diharapkan diklasifikasikan menjadi tiga kategori resiko, yaitu:

- a. Resiko Berat : 2 menit
- b. Resiko Sedang : 2 menit 30 detik
- c. Resiko Ringan : 3 Menit

Dalam penentuan tiap satuan unit pintu darurat yang akan dibuat, pintu darurat tersebut harus mengikuti ketentuan berikut:

- Satu unit pintu darurat : 21"
- Dua unit pintu darurat : 21" + 21"
- Tiga unit pintu darurat : 21" + 21" + 18"

Dan setiap penambahan satu unit harus ditambahkan dengan pintu ukuran 18".

Sementara banyaknya pintu darurat yang diperlukan dalam sebuah bangunan/gedung dapat dihitung menggunakan formulasi berikut

$$E = \frac{U}{4} + 1 \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

U : Banyaknya LTK yang dibutuhkan

E : Banyaknya tempat keluar

### 2.5.2.2 Exit Route

*Exit Route* atau biasa juga disebut *evacuation route* atau rute evakuasi merupakan jalur yang dapat digunakan seseorang yang sedang dalam keadaan bahaya untuk menyelamatkan diri dan keluar dari gedung atau bangunan tersebut.

Rute evakuasi ini harus dirancang sedemikian rupa sehingga jalur ini menjadi rute paling aman dan tercepat yang dapat digunakan saat terjadi keadaan darurat, sehingga setiap orang dalam gedung dengan cepat dan mudah berjalan menuju pintu darurat dan keluar dari lokasi kejadian dan berjalan pada titik kumpul.

Perancangan rute evakuasi diatur oleh regulasi yang dikeluarkan OSHA 1910.36.2002 tentang sarana melarikan diri, berikut adalah hal-hal yang harus dipenuhi saat merancang rute evakuasi:

- a. Setiap rute evakuasi harus dibuat permanen
- b. Setiap rute evakuasi harus dibangun dengan material yang tahan api
- c. Jalur rute evakuasi sebuah gedung minimal terdapat 2 buah
- d. Setiap rute evakuasi harus memiliki tinggi minimum 2,3 m
- e. Setiap rute evakuasi harus memiliki lebar minimum 71,1 cm
- f. Jalur evakuasi harus bersih dari segala halangan

Selain aturan-aturan yang telah disebutkan, Bickerdike (1996) berpendapat bahwa terdapat pertimbangan lain yang harus diperhatikan yaitu *travel distance*, atau jarak minimal yang harus ditempuh seseorang untuk melewati *exit route* dan mencapai pintu darurat. Ketentuan *travel distance* dijelaskan pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 *Travel distance* sebuah gedung berdasar potensi bahayanya

<i>Escape Route</i>	<i>Travel Distance</i>
Lebih dari 1 <i>Escape Route</i>	25 m ( <i>higher fire risk area</i> )
	45 m ( <i>normal fire risk area</i> )
	60 m ( <i>low fire risk area</i> )
Satu <i>Escape Route</i>	12 m ( <i>higher fire risk area</i> )
	25 m ( <i>normal fire risk area</i> )
	45 m ( <i>low fire risk area</i> )

Sumber: Bickerdicke, 1996

Dari tabel 2.1 diketahui bahwa jarak yang diperlukan untuk keluar sebuah gedung berbeda-beda menurut tingkat resiko yang ada pada bangunan tersebut.

Resiko-resiko tersebut dapat diklasifikasikan berdasarkan hal-hal berikut:

- a. *Higher fire risk area* merupakan kondisi dimana bangunan tersebut tidak memiliki alarm, menyimpan material yang mudah tersulut api dalam jumlah

besar, jumlah pekerja banyak dan tidak memiliki petugas khusus untuk evakuasi.

- b. *Normal fire risk area* merupakan kondisi dimana bangunan tersebut memiliki alarm tanda bahaya, menyimpan material yang mudah tersulut api dalam jumlah yang sedikit, jumlah pekerja yang tidak terlalu banyak, serta terdapat petugas khusus untuk evakuasi.
- c. *Low fire risk area* merupakan kondisi dimana bangunan tersebut memiliki alarm tanda bahaya, tidak menyimpan material yang mudah tersulut api, jumlah pekerja yang tidak terlalu banyak dan dapat melakukan evakuasi sendiri, serta terdapat petugas khusus untuk evakuasi.

Penetapan jarak tempuh berkaitan erat dengan jenis penggunaan sebuah bangunan, hal ini berarti bahwa semakin tinggi resiko ancaman bahaya yang ada pada sebuah bangunan, maka jarak tempuh maksimum yang diperlukan harus lebih pendek dari kondisi normal.

Apabila terdapat koridor, maka harus dilengkapi dengan pintu keluar, serta tidak diperbolehkan jarak tempuh melebihi 45 meter untuk bangunan lantai satu, dan tidak diperbolehkan jarak tempuh melebihi 18 meter dari posisi penghuni berada untuk bangunan lantai dua atau lebih.

Berikut pada tabel 2.2 adalah jarak tempuh maksimal berdasarkan regulasi NFPA No. 101

Tabel 2.2 Jarak tempuh maksimal

Tempat	Jarak Tempuh Maksimal ke Pintu Keluar	
	Bangunan tanpa Sprinkler (dalam <i>feet</i> )	Bangunan dengan Sprinkler (dalam <i>feet</i> )
Sekolah	150	200
Institusi	150	200
Hotel dan <i>Apartment</i>	100	150
Asrama	100	150
Toko	100	150
Kantor	200	300

Tabel 2.2 Jarak tempuh maksimal (lanjutan)

Tempat	Jarak Tempuh Maksimal ke Pintu Keluar	
	Bangunan tanpa Sprinkler (dalam <i>feet</i> )	Bangunan dengan Sprinkler (dalam <i>feet</i> )
Industri	100	150
Industri dengan potensi bahaya tinggi	75	75
Gudang	75	100
Tempat parkir	100	150
Tempat parkir (bawah tanah)	100	100

Sumber : NFPA No.101 Tahun 2002

Dari tabel 2.2 diketahui bahwa jarak tempuh maksimal sangat dipengaruhi oleh jenis kegiatan yang dilakukan oleh pengguna bangunan tersebut, semakin tinggi resiko bahaya yang ada pada sebuah gedung, maka semakin pendek jarak tempuh maksimal yang diperbolehkan. Selain hal tersebut, penggunaan *sprinkler* atau alat penyembur air otomatis juga dinilai efektif sehingga menambah *allowance* untuk setiap kategori bangunan masing-masing dengan rerata 50 *feet*.

### 2.5.2.3 Exit Sign

*Exit Sign* atau tanda keluar merupakan salah satu bagian sarana evakuasi yang digunakan penghuni saat melakukan penyelamatan diri dari situasi bahaya. Fungsi dari tanda keluar ini adalah menjadi penunjuk bahwa penghuni telah dekat dengan tempat aman (pintu darurat, *exit route*, tangga darurat maupun *assembly point*).

Dalam melakukan pemasangan tanda keluar, harus memenuhi regulasi yang telah terstandarisasi SNI 03-6574-2001 yaitu sebagai berikut:

1. Lokasi pemasangan:
  - a. Arah menuju tempat aman dan lokasi yang mudah terbaca
  - b. Pada setiap pintu menuju tangga yang aman setinggi 15cm-20cm dari dasar tanda ke lantai dengan tulisan "EXIT"

- c. Dipasang pada pintu darurat dengan jarak 10 cm dari rangka pintu
- d. Tidak ada dekorasi atau perabotan yang menghalangi tanda tersebut

2. Ukuran *exit sign*:

- a. Tanda “EXIT” diberi warna kontras dengan latar belakang
- b. Tanda “EXIT” ditulis dengan huruf kapital dengan tinggi minimal 15 cm, tebal minimal 2 cm, lebar minimal 5 cm, dan jarak minimal antar huruf 1 cm.

2.5.2.4 *Meeting Point*

*Meeting Point* atau biasa disebut *Assembly point* merupakan titik tempat berkumpulnya korban selamat (*survivor*) setelah keluar dari zona bahaya. *Meeting point* dapat dijadikan tempat perlindungan sementara bagi korban selamat maupun korban dengan luka-luka, selain itu, titik ini juga dijadikan tempat menenangkan diri sementara setelah usaha meloloskan diri dari zona terjadinya keadaan bahaya.

*Meeting point* menurut jenis tempatnya diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu:

- a. Tempat aman mutlak (*ultimate safety*)

Merupakan tempat terbuka yang aman dan jauh dari bahaya. *Meeting point* jenis ini merupakan tempat yang direncanakan dalam rute evakuasi dan merupakan tempat berkumpul dalam kondisi ideal.

- b. Tempat aman sementara (*comparative safety*)

Merupakan jenis *meeting point* yang aman atau tidak terkena dampak dari kondisi bahaya. *Meeting point* jenis ini lebih bersifat spontan, hal ini dikarenakan *meeting point* utama terlalu penuh atau kondisi darurat pada *survivor*.

Dalam perencanaan pembuatan rute evakuasi, seperti diatur oleh SNI 03-1736-2000 tentang tempat lokasi evakuasi sementara disebutkan bahwa luas *meeting point* setidaknya-tidaknya  $0,3 \text{ m}^2$  per pengguna gedung atau dengan formulasi:

$$L = N \times 0,3 \text{ m}^2 \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

L : Luas *meeting point*

N : Jumlah Pengguna bangunan

### 2.5.3 *Emergency Response Procedure*

Prosedur pengamanan dalam penanganan keadaan bahaya merupakan sekumpulan tindakan yang harus dilakukan saat terjadi keadaan bahaya. ERP harus mudah dimengerti oleh semua pihak agar ketika terjadi keadaan bahaya dapat dilaksanakan dengan segera dan oleh siapapun.

*Emergency response procedure* terdiri dari sekumpulan *Standard Operational Procedure* (SOP) dari beberapa pihak yang terlibat dalam proses penanganan keadaan darurat. Seluruh SOP tersebut kemudian diintegrasikan menjadi sebuah *master SOP* yang berisikan dengan langkah-langkah penanganan keadaan darurat oleh seluruh elemen yang terlibat.

Tujuan utama dibuatnya *Emergency response procedure* adalah agar seluruh elemen mengerti *jobdesc* masing-masing. Dengan diketahuinya *jobdesc* masing-masing pihak, maka diharapkan tidak terjadi tumpang tindih wewenang maupun adanya *jobdesc* yang tidak dilakukan. Lebih lanjut, adanya *Emergency response procedure* juga membantu orang-orang yang sedang dievakuasi agar proses evakuasi berjalan dengan lancar.

### 2.5.4 **Sistem Proteksi Dini**

Dalam sebuah bangunan, untuk mencegah jatuhnya korban jiwa, mempercepat proses evakuasi serta mengurangi resiko akibat menyebarnya api. Berikut adalah alat-alat yang dapat digunakan sebagai proteksi dini dalam sebuah bangunan:

1. *Smoke detector* (pendeteksi asap)

Merupakan jenis sensor yang mendeteksi adanya asap, pendeteksian asap dilakukan karena potensi adanya api. Sensor ini biasanya terintegrasi dengan alarm yang akan berbunyi ketika asap terdeteksi.

Menurut data yang dikeluarkan NFPA, di Amerika Serikat dua pertiga kebakaran yang menyebabkan kematian terjadi karena tidak adanya sensor asap maupun alarm yang lain.

2. Alarm

Merupakan tanda peringatan yang dikeluarkan oleh sebuah alat ketika terjadi kondisi yang berbahaya. Alarm atau peringatan terintegrasi dengan sebuah sensor yang mendeteksi sebuah kondisi tertentu. Alarm dapat berupa bunyi/suara maupun cahaya. Alarm akan menjadi peringatan dini bagi penghuni gedung untuk segera menyelamatkan diri. Pemasangan alarm distandarisasi dan diatur oleh Permenaker No.Per/02 /Men/Tahun 1983

### 3. *Sprinkler*

*Sprinkler* merupakan komponen dari sistem kebakaran yang bekerja berdasarkan suhu ketika efek dari api telah terdeteksi dan ketika suhu yang telah ditentukan telah terlampaui. System kerja sprinkler merupakan sebuah mekanisme kompleks yang mengintegrasikan beberapa faktor seperti sensor suhu, aliran air serta tendon air.

Sistem *fire sprinkler* di Indonesia diatur dalam Standard Nasional Indonesia (SNI) 03-3989- 2000 tentang tata cara perencanaan dan pemasangan sistem springkler otomatis untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan gedung. Secara singkat, ujung *nozzle* pada sebuah *sprinkler* akan ditutupi semacam bohlam kaca yang akan apabila terkena radiasi panas dengan suhu tertentu, setelah pecah maka tandon air akan secara otomatis memompa air untuk mengurangi jalur api serta mengurangi kepulan asap.

## 2.6 **Alat Pemadam Api Ringan (APAR)**

Alat pemadam api ringan atau biasa disingkat menjadi APAR merupakan salah satu jenis persiapan yang dilakukan oleh pengelola gedung untuk memadamkan api ketika intensitas api tersebut belum membesar dan menyebar. Penggunaan APAR selain bertujuan untuk memadamkan api ketika masih pada fase awal kebakaran, juga berfungsi untuk melokalisasi api agar tidak menyebar pada tempat lain juga berguna saat membuka jalur rute ketika rute tertutup api. Bentuk APAR yang relatif kecil dan beratnya yang ringan membuat alat ini mudah dioperasikan dan digunakan seorang diri.

Jenis-jenis APAR yang digunakan berbeda antara satu tempat dengan tempat yang lain. Hal ini menyesuaikan dengan potensi bahaya yang terkandung

pada tempat tersebut. Jenis-jenis tersebut dapat diklasifikasikan menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 1 Per.04/Men/1980:

- a. Kebakaran bahan padat kecuali logam (Golongan A)
- b. Kebakaran bahan cair atau gas yang mudah terbakar (Golongan B)
- c. Kebakaran instalasi listrik bertegangan (Golongan C)
- d. Kebakaran logam (Golongan D)

### **2.6.1 Klasifikasi APAR**

Pada pemasangan APAR maka akan diklasifikasikan media atau jenis APAR yang akan digunakan. Jenis APAR yang digunakan ini akan menyesuaikan dengan jenis bahaya yang terkandung pada tempat tersebut. Berikut adalah klasifikasi APAR berdasarkan media pemadamnya:

#### **1. Air**

APAR dengan media jenis air merupakan salah satu jenis APAR yang memiliki sifat mengambil panas objek yang terbakar. APAR jenis ini sesuai digunakan untuk memadamkan objek benda padat (golongan A). Namun jenis APAR ini tidak sesuai digunakan untuk jenis kebakaran pada listrik bertegangan (golongan C), Minyak (golongan B), Bahan yang reaktif terhadap air (golongan B) dan jenis logam (golongan D)

#### **2. Busa**

APAR dengan media jenis ini memiliki dua jenis busa yaitu: Busa Kimia (campuran zat arang dan karbondioksida) serta busa mekanik (campuran zat arang dan udara). APAR jenis ini memadamkan api dengan tiga cara:

- a. Menutupi, busa akan menyelimuti bahan yang terbakar sehingga kontak dengan gas oksigen akan terputus.
- b. Melemahkan, busa akan mencegah dan melemahkan proses penguapan cairan yang mudah terbakar.
- c. Mendinginkan, busa akan mendinginkan suhu bahan yang terbakar dengan menyerap kalor yang dilepaskan.

APAR jenis busa sesuai untuk bahan-bahan golongan A dan B.

#### **3. Serbuk Kimia Kering**

APAR jenis ini memiliki media pemadam berupa serbuk halus. Kegunaan dan kelebihan dari APAR jenis ini bergantung dengan kandungan serbuk yang ada dan komposisinya. Secara garis besar APAR ini dibagi menjadi tiga jenis yaitu:

- a. APAR serbuk biasa, komposisi APAR ini antara lain mengandung *sodium bikarbonat*, *potasium bikarbonat*, *potasium karbonat*, *potasium klorida* sehingga efektif untuk memadamkan kebakaran kelas B dan C.
- b. APAR serbuk serba guna, komposisi APAR ini antara lain mengandung mono amonium fosfat sehingga efektif digunakan untuk memadamkan kebakaran kelas A, B dan C.
- c. APAR serbuk kering spesial, komposisi APAR ini antara lain mengandung campuran kalium klorida, magnesium klorida, natrium klorida dan kalsium klorida sehingga efektif utk pemadaman kebakaran kelas D.

#### 4. Gas Karbondioksida (CO<sub>2</sub>)

APAR jenis ini memanfaatkan reaksi kimia yaitu gas CO<sub>2</sub> akan merusak konsentrasi O<sub>2</sub> saat kedua gas tersebut bereaksi. Sifat CO<sub>2</sub> yang tidak merusak peralatan dan sifat isolatornya membuat APAR jenis ini merupakan jenis APAR yang paling sering dijumpai di lingkungan perkantoran modern. Jenis ini akan sesuai digunakan untuk Golongan A, B dan C.

### 2.6.2 Perencanaan Pemasangan APAR

Dalam pemasangan APAR terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan terlebih dahulu. Diantaranya adalah tipe tabung wadah media pemadam.

#### 1. Tipe tabung gas

Merupakan jenis pemadam dengan media pemadam yang didorong oleh gas bertekanan.

#### 2. Tipe tabung bertekanan tetap

Merupakan jenis pemadam api dengan media pemadam didorong oleh gas kering tanpa bahan kimia aktif atau udara kering yang disimpan bersamaan dengan serbuk kering.

Dalam pemasangan atau peletakan APAR terdapat beberapa aturan yang harus dipenuhi. Berikut adalah beberapa peraturan yang harus dipenuhi saat pemasangan APAR:

- a. Diletakkan di tempat yang mudah dilihat
- b. Mudah diambil (tidak diikat/digembok)
- c. Jarak jangkauan maksimal 15 meter
- d. Tinggi maksimal 125 cm dari lantai
- e. Jenis media dan ukurannya harus sesuai dengan klasifikasi kebakaran
- f. Setiap APAR harus diperiksa dua kali dalam satu tahun, per 6 bulan sekali
- g. Media pemadam harus diisi ulang sesuai dengan tenggat waktu yang telah ditentukan
- h. Konstruksi tabung harus sesuai dengan yang telah ditentukan

#### 2.6.2.1 *Penandaan APAR*

Setiap APAR harus memiliki tanda sebagai informasi awal mengenai jenis dan informasi singkat mengenai APAR tersebut. Berikut adalah keterangan yang harus termuat dalam tabung APAR:

1. Informasi yang mengandung makna eksplisit mengenai media pemadam serta tipe pemadam
2. Cara serta teknik-teknik singkat pemakaian APAR

Selain hal-hal tersebut juga terdapat cara-cara mengenai standar penandaan pada APAR:

1. Huruf timbul pada plat logam tabung APAR
2. Dicat atau ditulis langsung pada APAR
3. Dengan label yang tahan lama
4. Tahun harus ditandakan permanen
5. Tabung harus berwarna merah

### 2.6.2.2 Penentuan jumlah APAR

Jumlah APAR dalam sebuah bangunan akan menyesuaikan dengan tingkat bahaya yang dikandung atau terdapat pada bangunan tersebut. Berikut adalah klasifikasi potensi bahaya menurut NFPA10 tahun 1998:

1. Tingkat bahaya rendah (*low hazard level*)

Merupakan jenis bangunan dengan bahan-bahan yang berpotensi terbakar dengan kadar yang sedikit, contoh: ruang kelas, ruang pertemuan maupun kantor

2. Tingkat bahaya sedang (*medium hazard level*)

Merupakan jenis bangunan dengan bahan-bahan yang berpotensi terbakar dengan golongan A dan B dengan kadar yang sedang, contoh: toko kelontong, bengkel, tempat penelitian dan gudang

3. Tingkat bahaya tinggi (*high risk hazard level*)

Merupakan bangunan dengan resiko terbakar sangat besar. Contoh bangunan dengan klasifikasi jenis ini adalah tempat pembuatan cat, penyimpanan benda cair dengan resiko terbakar yang besar dll.

Pada tabel 2.3 berikut akan ditunjukkan jarak maksimum saat pemasangan APAR yang harus digunakan saat pemasangan APAR untuk bangunan dengan golongan A:

Tabel 2.3 Ketentuan pemasangan APAR golongan A

Tipe bahaya	Minimum golongan APAR	Maksimum jarak antar APAR
Rendah	2A	75 feet
Sedang	2A	75 feet
Tinggi	4A	75 feet

Sumber : NFPA 10 Tahun 1998

Pada tabel 2.4 berikut akan ditunjukkan jarak maksimum saat pemasangan APAR yang harus digunakan saat pemasangan APAR untuk bangunan dengan golongan B:

Tabel 2.4 ketentuan pemasangan APAR golongan B

Tipe bahaya	Minimum golongan APAR	Maksimum jarak antar APAR
Rendah	5B	30 feet
	10B	50 feet
Sedang	10B	30 feet
	20B	50 feet
Tinggi	40B	30 feet
	60B	50 feet

Sumber : NFPA 10 Tahun 1998

Pada tabel 2.5 Akan ditunjukkan mengenai luas daerah yang dapat terlindungi oleh sebuah APAR. Luas area yang dilindungi akan dipengaruhi oleh jenis *hazard* yang terdapat pada area tersebut. Pada tabel 2.5 merupakan contoh luas area yang terlindungi dengan jenis *hazard* golongan A. Dengan asumsi maksimum travel distance adalah 22,7 m, berikut adalah tabel selengkapnya dengan satuan ft<sup>2</sup>.

Tabel 2.5 Luas jangkauan APAR

Rating APAR	Bahaya rendah	Bahaya sedang	Bahaya tinggi
1A	-	-	-
2A	6000	3000	-
3A	9000	4500	-
4A	11250	6000	4000
6A	11250	9000	6000
10A	11250	11250	10000
20A	11250	11250	11250
30A	11250	11250	11250
40A	11250	11250	11250

Sumber: NFPA10 tahun 1998

## 2.7 *Maximum set covering*

*Maximum set covering* merupakan salah satu metode yang terdapat pada *integer programming*. Fungsi dari metode ini adalah untuk menentukan jumlah stasiun paling minimal yang dapat mencakup kebutuhan suatu area (Hartanto, 2013).

Dalam menentukan fungsi tujuan, metode ini juga akan mempertimbangkan *blind spot area*. *Blind spot area* adalah sebuah area yang terletak diluar jangkauan seluruh stasiun. Dalam *maximum set covering* nilai sebuah *blind spot area* akan diperkecil sehingga jumlah stasiun yang dibutuhkan akan semakin sedikit.

Penggunaan *maximum set covering* yang memiliki tujuan agar jumlah stasiun yang didapat paling minimal, dengan jumlah stasiun yang minimal akan berdampak pada jumlah stasiun yang digunakan. Jumlah stasiun yang digunakan akan memiliki efek pada biaya yang dikeluarkan, baik secara biaya investasi dan biaya operasional.

Berikut adalah contoh soal yang akan diselesaikan dengan metode *maximum set covering* yang terdapat pada materi tersebut:

- Sebuah kota dapat di-*cover* oleh stasiun pemadam kebakaran jika jarak tempuhnya tidak lebih dari 15 menit
- *Maximum set covering* untuk setiap kota

Tabel 2.6 setiap kota yang tercakup

Kota	<i>Covering sets</i> (15 menit)
1	1,2
2	1,2,6
3	3,4
4	3,4,5
5	4,5,6
6	2,5,6

**Jawab:**

Variabel keputusan :

$x_i = 1$  jika dibangun stasiun pemadam kebakaran pada kota- $i$

$= 0$  jika TIDAK dibangun stasiun pemadam kebakaran pada kota- $i$

Fungsi tujuan :

$$\text{Minimum } Z = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6$$

Fungsi pembatas:

$$x_1 + x_2 \geq 1$$

$$x_1 + x_2 + x_6 \geq 1$$

$$x_3 + x_4 \geq 1$$

$$x_3 + x_4 + x_5 \geq 1$$

$$x_4 + x_5 + x_6 \geq 1$$

$$x_2 + x_5 + x_6 \geq 1$$

## 2.8 Penelitian yang telah dilakukan

Penelitian ini selain bersumber pada jurnal, buku maupun makalah, referensi juga diambil dari penelitian-penelitian terdahulu yang memiliki topik berkaitan maupun memiliki kesamaan dari segi pengerjaan maupun cara menyelesaikan masalah. Berikut pada gambar 2.7 adalah penelitian-penelitian yang dijadikan acuan penelitian ini:

Penelitian yang dilakukan Gesine Hofinget (2014) merupakan penelitian yang hanya berdasar pada sisi kognitif manusia. Dasar penelitian ini adalah mengapa waktu evakuasi yang sebenarnya berbeda dengan jauh dengan waktu yang didapat saat simulasi. Penelitian ini juga meneliti sifat-sifat dasar manusia yang terkadang menunda proses evakuasi.

Phoolan Devi dalam Perancangan Sistem Deteksi Posisi Penghuni Pada Proses Evakuasi Gedung Bertingkat Dengan Teknologi RFID (2011) melakukan penelitian mengenai *tracking position* pada gedung bertingkat saat terjadi bahaya. Penelitian yang menggunakan sistem RFID ini meskipun tidak menjelaskan mengenai ERP namun menunjukkan bahwa gedung bertingkat memiliki kesulitan yang berbeda dibandingkan dengan gedung biasa.

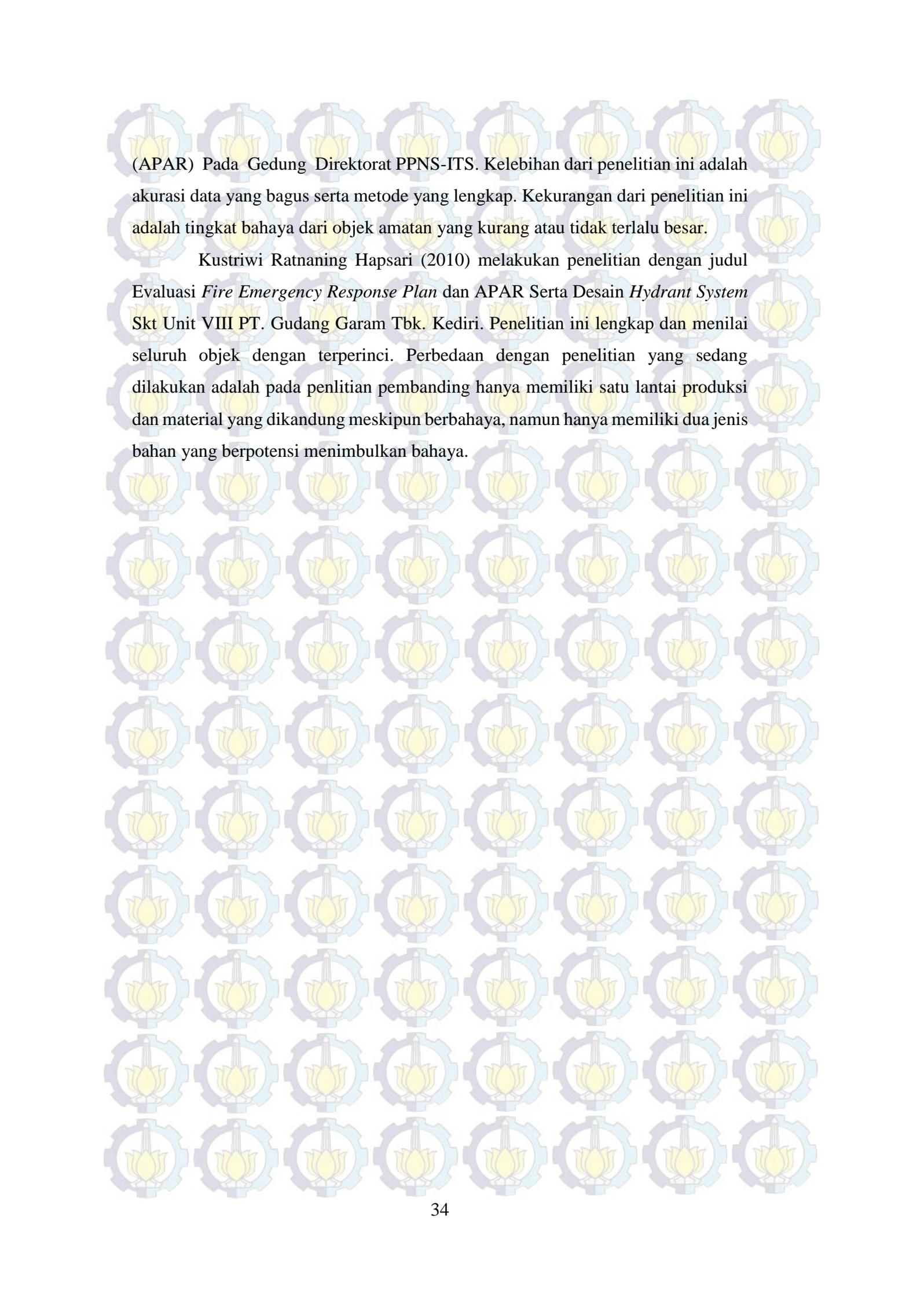


Gambar 2.2 Penelitian yang telah dilakukan

Wahyu sujatmiko dkk. (2013) melakukan penelitian mengenai waktu yang dibutuhkan saat dilakukan simulasi saat terjadi kebakaran pada gedung bertingkat. Penelitian ini mengukur waktu rata-rata yang menunjukkan perbedaan signifikan antara orang yang sebelumnya diberi pengarahan dan tidak. Tujuan penelitian ini adalah menunjukkan bahwa sistem pengamanan dapat memberikan waktu evakuasi yang lebih baik. Kekurangan dari penelitian ini adalah tidak adanya rekomendasi nyata mengenai pengamanan gedung itu sendiri.

Ma Chixiang dkk. melalui (2014) melakukan penelitian mengenai waktu evakuasi pada perpustakaan sebuah kampus. Kelebihan penelitian ini adalah adanya ilustrasi grafis mengenai kondisi kampus dan bagaimana proses evakuasi akan berlangsung. Kekurangan dari penelitian ini adalah tidak adanya rekomendasi pada sistem keamanan pada gedung serta simulasi yang dilakukan dengan perhitungan waktu standart.

Mahardika (2011) melakukan penelitian dengan judul Perencanaan *Emergency Response Plan* (ERP) Dan Penempatan Alat Pemadam Api Ringan



(APAR) Pada Gedung Direktorat PPNS-ITS. Kelebihan dari penelitian ini adalah akurasi data yang bagus serta metode yang lengkap. Kekurangan dari penelitian ini adalah tingkat bahaya dari objek amatan yang kurang atau tidak terlalu besar.

Kustriwi Ratnaning Hapsari (2010) melakukan penelitian dengan judul *Evaluasi Fire Emergency Response Plan dan APAR Serta Desain Hydrant System Skt Unit VIII PT. Gudang Garam Tbk. Kediri*. Penelitian ini lengkap dan menilai seluruh objek dengan terperinci. Perbedaan dengan penelitian yang sedang dilakukan adalah pada penelitian pembanding hanya memiliki satu lantai produksi dan material yang dikandung meskipun berbahaya, namun hanya memiliki dua jenis bahan yang berpotensi menimbulkan bahaya.

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

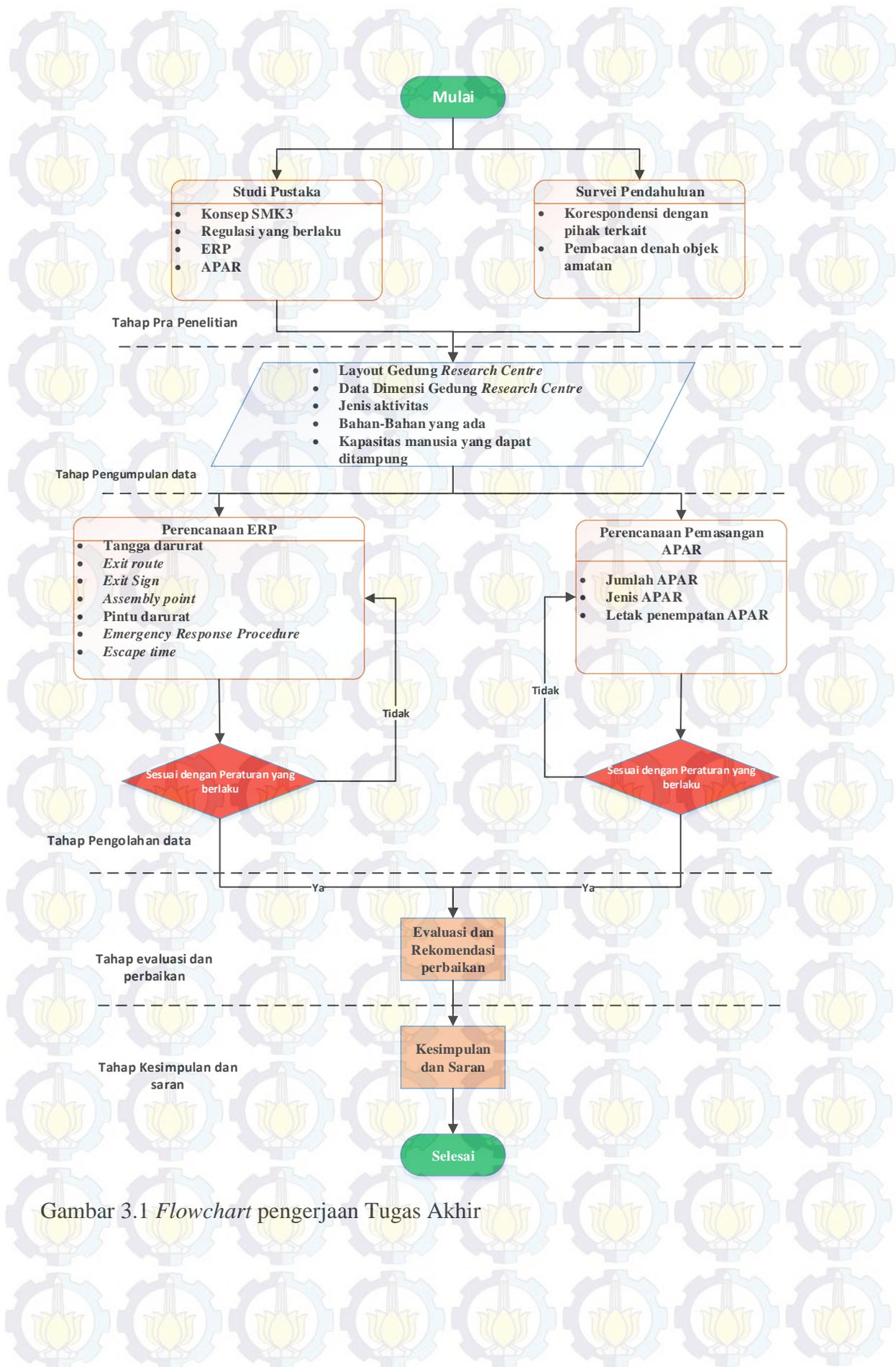
Pada bab ini berisi mengenai langkah-langkah sistematis yang dilakukan saat melakukan penelitian. Tahap-tahap pada metodologi penelitian ini meliputi tahap pra penelitian dan pengolahan data, analisis dan perencanaan rekomendasi perbaikan, dan terakhir adalah tahap penarikan kesimpulan dan saran. Pada gambar 3.1 merupakan *flowchart* pengerjaan yang digunakan pada Penelitian ini:

#### 3.1 Pra penelitian

Pada tahapan ini merupakan tahapan paling awal dari pengerjaan penelitian ini. Tahapan pra penelitian ini meliputi, studi pustaka dan survei pendahuluan.

##### 1. Studi pustaka

Pada tahap ini dilakukan pencarian referensi-referensi yang terkait dengan penelitian yang dilakukan. Dengan dilakukannya studi pustaka maka akan didapatkan pengetahuan yang lebih terhadap permasalahan yang diteliti. Referensi yang dicari terkait dengan konsep SMK3, peraturan-peraturan mengenai keamanan gedung, *emergency response plan*, dan alat pemadam api ringan (APAR). Dengan dilakukannya studi pustaka, penelitian dapat menambah kekuatan argumentasi dari penulisan maupun data pendukung. Dengan studi pustaka pula penelitian memiliki landasan kuat mengenai kriteria minimum yang harus dipenuhi dalam sebuah bangunan.



Gambar 3.1 *Flowchart* pengerjaan Tugas Akhir

## 2. Survei pendahuluan

Pada tahap ini dilakukan korespondensi dengan pihak terkait, hal lain yang dilakukan adalah dengan pemahaman terhadap denah objek amatan. Dari tahap ini diperoleh pandangan awal terkait kondisi terkini objek amatan. Selain itu, diketahui pula rencana jangka panjang mengenai objek amatan. Survei pendahuluan juga berguna sebagai pandangan awal penulis tentang fungsi dan kegunaan bangunan yang kedepannya dapat digunakan sebagai dasar perencanaan jenis dan jumlah APAR.

### 3.2 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Tahap ini merupakan tahapan dimana data-data pendukung didapat kemudian diolah sehingga didapat keluaran mengenai kondisi bangunan yang sesuai dengan regulasi yang ada. Pada pengumpulan data meliputi data mengenai layout gedung *research centre*, data ukuran dimensi gedung, jenis-jenis aktivitas yang dilakukan, bahan-bahan yang ada serta jumlah kapasitas manusia yang dapat ditampung.

Pada tahap ini dibagi menjadi dua bagian, evaluasi dan perencanaan. Evaluasi dilakukan pada bagian-bagian permanen yang sudah ada pada gedung seperti pintu darurat dan tangga darurat. Sementara perencanaan digunakan pada bagian-bagian yang masih belum ada pada objek amatan, seperti tanda keluar, APAR dll.

*Layout* dan dimensi objek amatan digunakan dalam penentuan jalur evakuasi dan lokasi penempatan APAR. Jalur evakuasi ditentukan berdasarkan kedua data tersebut dikarenakan adanya jarak tempuh maksimum dalam sebuah tindakan gawat darurat. Jalur evakuasi juga menyesuaikan dengan bentuk serta karakteristik objek amatan.

Lokasi penempatan APAR juga memerlukan data layout dan dimensi objek amatan. Lokasi penempatan APAR selain menyesuaikan dengan golongan bahaya juga menyesuaikan dengan letak sumber bahaya. Apabila pada suatu ruangan terdapat sumber bahaya dengan resiko yang besar, maka penempatan APAR akan semakin mendekati ruangan tersebut.

Jenis-jenis aktivitas dan bahan-bahan yang terdapat dalam objek amatan akan mempengaruhi jenis APAR yang digunakan. Jenis dari APAR yang digunakan sangat bergantung pada jenis bahan yang terdapat pada objek amatan, hal ini dikarenakan jenis bahan yang terdapat pada bangunan akan mempengaruhi jenis APAR yang digunakan, dan jenis APAR yang digunakan akan mempengaruhi jarak pemasangan antar APAR.

Jumlah kapasitas maksimal dalam bangunan akan digunakan untuk mengetahui jumlah dan lebar pintu keluar darurat. Data ini juga dijadikan landasan dalam menentukan titik kumpul, hal ini dikarenakan sebuah titik kumpul harus dapat menampung seluruh orang dalam gedung.

### **3.3 Analisa Dan Perencanaan Rekomendasi Perbaikan**

Pada tahap ini akan dilakukan analisa dan perencanaan perbaikan pada objek amatan. Analisa dan perencanaan rekomendasi yang dilakukan berdasarkan dengan hasil pengolahan data yang telah dilakukan.

#### **1. Perencanaan *Emergency Response Plan* (ERP)**

Tahap Perencanaan *Emergency Response Plan* merupakan tahapan perancangan ERP pada objek amatan. Perencanaan ERP ini menghasilkan rute keluar, tanda keluar, *assembly point*, pintu darurat dan *Emergency Response Procedure*. Perancangan ini harus memenuhi aturan-aturan yang berlaku seperti: Undang-undang No.1 tahun 1970, Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 02/KPTS/1985, Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor 04/Men/1980 dan lain-lain.

Keluaran yang diharapkan dari tahap ini adalah bagaimana rute keluar dalam bangunan, bagaimana pemasangan tanda pintu keluar dan tanda jalur evakuasi, berapa pintu keluar yang dibutuhkan, berapa dan dimana titik kumpul yang harus dibuat, serta bagaimana SOP yang harus dilakukan ketika terjadi situasi bahaya.

#### **2. Perencanaan Pemasangan APAR**

Perencanaan pemasangan APAR ini dibagi menjadi tiga kategori yaitu jenis, jumlah dan lokasi pemasangan. Perencanaan jumlah dan jenis yang digunakan berdasarkan dengan material-material yang terdapat pada

bangunan. Sementara lokasi pemasangan mengikuti *layout* bangunan.

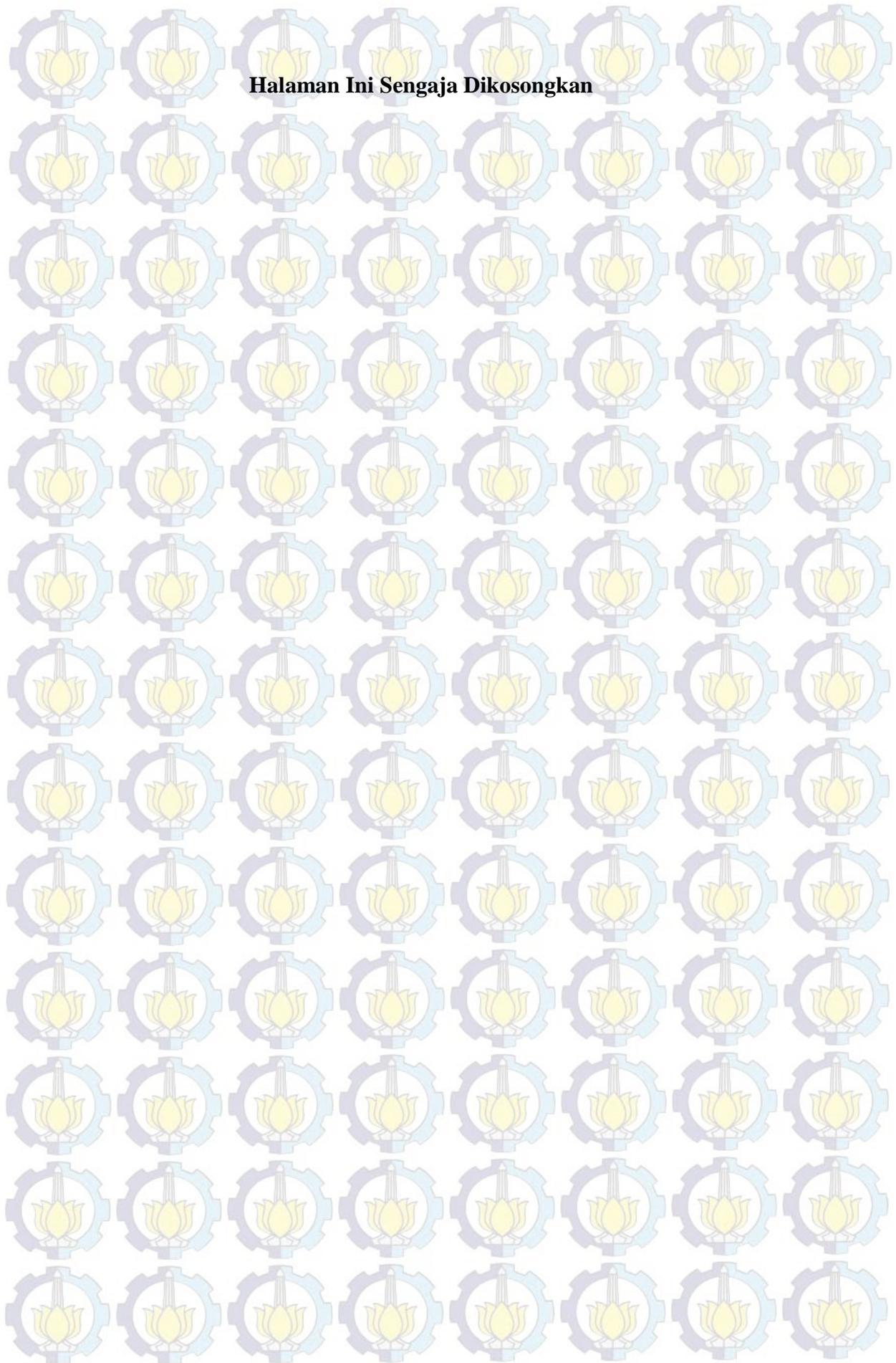
Pemasangan ini harus mengikuti aturan antara lain Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor 04/Men/1980, NFPA no.10 Tahun 1998 dan NFSA no. 101 Tahun 2002.

Keluaran yang diharapkan dari tahap ini adalah jenis APAR apa saja yang harus dipasang, berapa jumlah APAR yang dibutuhkan serta dimana lokasi APAR seharusnya ditempatkan. Penentuan lokasi APAR menggunakan metode *maximum set covering*. Dengan metode ini diharapkan akan mendapatkan jumlah minimum yang harus digunakan. Jadi, inputan dari *maximum set covering* ini adalah jenis APAR yang digunakan, setelah diketahui jenis APAR yang digunakan maka selanjutnya akan dijadikan sebagai dasar dalam menentukan lokasi penempatan, dalam penentuan lokasi APAR menggunakan *maximum set covering* digunakan beberapa alternatif lokasi yang kemudian antar titik tersebut akan di cari menggunakan matriks *maximum set covering*. Setelah diketahui lokasi penempatan maka selanjutnya dilakukan penghitungan APAR yang dibutuhkan.

### **3.4 Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran**

Tahap kesimpulan dan saran merupakan tahapan akhir dari penelitian tugas akhir ini. Kesimpulan yang akan diberikan merupakan jawaban dari tujuan dilakukannya penelitian tugas akhir ini. Dan saran berisi usulan-usulan yang diberikan kepada pengelola objek amatan dan juga untuk peneliti selanjutnya.

**Halaman Ini Sengaja Dikosongkan**



## **BAB 4**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Pada bab ini berisi mengenai pengumpulan data dan pengolahan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Data data tersebut kemudian diolah dan didapat jumlah kebutuhan tiap faktor yang membangun ERP pada objek amatan.

#### **4.1 Gambaran Objek Amatan**

*Research Centre* Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) atau Gedung Riset Centre ITS merupakan salah satu gedung yang kedepannya fungsi sebagai pusat penelitian yang ada di ITS. Gedung ini didalamnya akan diisi dengan pusat-pusat studi tujuh bidang yang tergabung dalam tujuh “Pusat Studi Riset Unggulan ITS”.

Tujuh pusat studi tersebut adalah Kelautan, Pemukiman dan Lingkungan Hidup, Transportasi dan Logistik, Material dan Nanoteknologi, Energi dan Kebumihan, ICT, serta Pusat Studi Inovasi Bisnis. Selain ketujuh pusat studi tersebut, juga terdapat beberapa laboratorium yang direncanakan akan ada pada objek amatan tersebut adalah laboratorium kimia analitik, laboratorium spektroskopi, laboratorium struktur, laboratorium design, laboratorium fisis material dll.

Selain menjadi pusat riset andalan ITS, gedung ini juga diperuntukkan untuk perkantoran dan tempat diadakannya pertemuan atau seminar. Fungsi lain dari gedung ini dari adalah sebagai galeri pameran karya-karya dosen dan mahasiswa ITS.

Gedung ini merupakan proyek lanjutan dari proyek jangka panjang ITS pada bidang penelitian dan pengabdian masyarakat yang dibawah oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Institut Teknologi Sepuluh Nopember (LPPM ITS). Sehingga komposisi ruangan yang terpakai sebagian besar diisi oleh bidang-bidang yang dibawah oleh LPPM, seperti Laboratorium Energi, Laboratorium Lingkungan, Laboratorium Material dan Nanoteknologi dll. Karena

berada dibawah naungan LPPM, gedung ini secara langsung juga dibawah otoritas wewenang Wakil Rektor IV ITS.

Lantai satu pada objek amatan memiliki beberapa fungsi penunjang kegiatan-kegiatan utama yang dilakukan pada gedung. Fungsi penunjang memiliki arti bahwa tidak ada kegiatan utama (*main business*) pada lantai ini. Selain beberapa kegiatan-kegiatan pendukung, seperti *lobby* dan tempat *janitor* atau *cleaning service*, lantai ini juga berfungsi sebagai tempat pembangkit listrik, tempat parkir dan musholla.

Lantai dua objek amatan memiliki beberapa ruangan seperti hall of fame ITS dan galeri inovasi. Fungsi utama lantai dua ini adalah sebagai pusat pameran karya-karya Mahasiswa dan Dosen ITS. Pada lantai dua ini selain sebagai tempat dua ruangan tersebut, juga terdapat ruangan-ruangan penunjang seperti musholla, pantry, cafetaria, resepsionis, dan toilet yang juga terdapat pada lantai-lantai lain.

Lantai tiga objek amatan memiliki fungsi utama sebagai tempat perkantoran, sehingga terdapat ruang kepala, ruang wakil kepala dan beberapa ruang yang diperuntukkan bagi para staf. Selain tersebut, pada lantai tiga ini juga terdapat ruang rapat dan ruang yang diperuntukkan bagi para tamu. Ruangan-yang berfungsi penunjang juga terdapat pada lantai ini.

Lantai empat memiliki karakteristik yang unik, hal ini dikarenakan pada lantai ini mulai terjadi pemecahan dairi 1 gedung menjadi 2 gedung yang lebih kecil yang dihubungkan dengan jembatan. Pada lantai ini memiliki dua fungsi utama yaitu sebagai ruang perkantoran serta ruang tempat pertemuan. Beberapa ruangan yang ada pada lantai ini adalah kantor pengelola pengelola pusat riset, kantor PDPM, Ruang kepala, wakil kepala staf beberapa divisi, berapa ruang rapat, ruang pertemuan *surveyor* dan ruang kerjasama luar negeri. Selain beberapa ruangan tersebut, pada lantai empat ini juga terdapat ruang rapat dan ruang yang diperuntukkan bagi para tamu. Ruangan-ruangan yang berfungsi penunjang juga terdapat pada lantai ini.

Pada lantai lima terdapat beberapa ruangan yang berfungsi sebagai Laboratorium Lingkungan, dua buah ruang sidang, ruang makan, ruang konsultasi, serta ruang limbah. Lantai ini juga memiliki beberapa juga memiliki fasilitas fasilitas penunjang seperti toilet, musholla dll.

Lantai enam secara garis besar memiliki tiga fungsi yaitu laboratorium Pusat Studi ITK & Robotika, Pusat Studi Energi dan Laboratorium *Wireless & Computer Vision*. Pada Laboratorium *Wireless & Computer Vision* terdapat ruang Enechorc Chamber, ruang kerja teknisi dan *High Performance Computy Center* (HPCC). Lantai ini juga memiliki beberapa juga memiliki fasilitas fasilitas penunjang seperti toilet, musholla dll.

Lantai tujuh memiliki dua laboratorium dengan karakteristik yang berbeda, yaitu Pusat Studi Transportasi dan Logistik dan Laboratorium Koordinator Pusat Studi Kebumian, Bencana dan Perubahan Iklim (KBPI). Lantai ini juga memiliki beberapa juga memiliki fasilitas fasilitas penunjang seperti toilet, musholla dll.

Lantai delapan memiliki beberapa fungsi diantaranya adalah Pusat Studi Kebumian, Bencana dan Perubahan Iklim (KBPI), Ruang desain & analisis, Lab Struktur, Labratorium Biologi, Labratorium Energi dan Labratorium System. Lantai ini juga memiliki beberapa juga memiliki fasilitas fasilitas penunjang seperti toilet, musholla dll.

Lantai sembilan terdapat Pusat Studi Sains Dasar & Terapan, Laboratorium Komputer, Laboratorium Pengembangan Bahan Dasar Ilmiah, Laboratorium Instrumentasi, Laboratorium Analisis Terpadu, dan Laboratorium Bidang Teknologi. Lantai ini juga memiliki beberapa juga memiliki fasilitas fasilitas penunjang seperti toilet, musholla dll.

Lantai sepuluh terdapat Pusat Studi Material & Nanoteknologi, Laboratorium Kimia Analitik, Laboratorium Sifat Mekanik, Laboratorium Spektroskopi, Laboratorium Sifat Fisis Material. Lantai ini juga memiliki beberapa juga memiliki fasilitas fasilitas penunjang seperti toilet, musholla dll.

Lantai sebelas memiliki fungsi utama sebagai ruang seminar atau hall. Pada lantai ini selayaknya ruang pertemuan lainnya memiliki beberapa ruang pendukung seperti ruang kontrol, ruang pameran dan ruang ganti. Selain berfungsi sebagai ruang pertemuan, lantai ini juga memiliki ruang pameran, dua ruang sidang dan beberapa juga memiliki fasilitas fasilitas penunjang seperti toilet, musholla dll.

## 4.2 Evaluasi dan Penghitungan Emergency Response Plan (ERP)

*Emergency response plan* (ERP) yang direncanakan akan diterapkan pada objek amatan memiliki tipe *egress*, tipe ERP jenis ini memungkinkan korban segera melarikan diri begitu menyadari adanya bahaya. Tipe ini tidak menyediakan ruangan berlindung sementara seperti bunker dan lain sebagainya. Dengan diterapkannya tipe ERP ini maka sarana melarikan diri (*Means of Escape*) harus diperhatikan dengan seksama.

### 4.2.1 Sarana Melarikan Diri (*Means of Escape*)

Saat ini objek amatan sedang mengalami proses konstruksi, proses perancangan dan pengerjaan bangunan sudah hampir selesai. Konstruksi rangka untuk beberapa ruangan juga sudah selesai, sehingga dikarenakan keterbatasan biaya dan waktu pengerjaan maka untuk bagian-bagian yang telah selesai proses konstruksi hanya akan dilakukan evaluasi. Sementara bagian-bagian yang masih belum proses konstruksi serta sarana pendukung proses evakuasi akan dilakukan perencanaan.

Dari wawancara dengan Kepala PIMPITS diketahui bahwa saat proses konstruksi berlangsung masih belum ada rancangan atau rencana mengenai ERP pada gedung amatan. Alasan-alasan tersebut yang membuat dilakukannya perencanaan mengenai ERP dan APAR.

### 4.2.2 Penghitungan Jumlah Orang

Perhitungan jumlah orang pengguna gedung yang paling akurat adalah dengan perkiraan yang dilakukan oleh perencana dan perancang bangunan. Namun selain menggunakan korespondensi dengan pihak perencana, cara lain dapat dilakukan dengan menghitung kepadatan pada setiap lantainya. Formulasi yang digunakan adalah Perda DKI Jakarta Nomor 3 Tahun 1992 yang digunakan pada didapatkan bahwa untuk bangunan yang digunakan untuk aktivitas gedung pendidikan menggunakan *density factor* sebesar  $4/m^2$ , sementara bangunan yang dipergunakan untuk perkantoran menggunakan *density factor* sebesar  $8/m^2$ . Berikut pada tabel 4.1 adalah *density factor* yang dipergunakan pada pengerjaan ini.

Sementara pada tabel 4.2 adalah perhitungan perkiraan jumlah orang yang ada pada objek amatan.

Tabel 4.1 Jumlah estimasi kapasitas setiap ruang

Lantai	Nama Ruang	Luas	Jenis Ruangan	Density Factor	Estimasi Jumlah Orang
1	Ruang Kontrol	42.592		0	1
1	Ruang STP	38.602		0	1
2	Hall of Fame	0		0	0
2	Ruang ME	24.30336		0	1
2	Dapur	9.72	Ruang Makan , Kafetarian	2	5
2	Cafeteria	29.43	Ruang Makan , Kafetarian	2	15
2	<i>Janitor/Cleaning Service</i>	2.6352			2
3	Ruang ME	24.30336		0	1
3	Pantry	17.1054		0	1
3	Ruang Kepala	17.28		0	1
3	Ruang Wakil Kepala	17.28		0	1
3	Ruang Kasubdit	60.48		0	2
3	Ruang Sekretaris	20.52		0	1
3	Ruang Staff	120.96	Kantor	8	16
3	Ruang Rapat	38.88	Tempat Pertemuan	1	39
3	Ruang Sekretaris – 2	12.96		0	1
3	Ruang Sekretaris – 3	12.96		0	1
3	Inkubator Partner	201.86	Gedung Pendidikan	4	51
3	Ruang Tamu	25.92	Kantor	8	4
3	Ruang Tunggu	25.92	Kantor	8	4
3	<i>Janitor/Cleaning Service</i>	2.6352			2
4	Ruang ME	24.30336		0	1
4	Pantry	17.1054		0	1
4	Ruang Pengelola Pusat Riset	34.56	Kantor	8	5

Tabel 4.1 Jumlah estimasi kapasitas setiap ruang (lanjutan)

Lantai	Nama Ruang	Luas	Jenis Ruang	Density Factor	Estimasi Jumlah Orang
4	Ruang Kepala Pengelola Pusat Riset	12.96		0	1
4	Ruang Wakil Kepala Pengelola Pusat Riset	12.96		0	1
4	Ruang Staff	32.4	Kantor	8	5
4	Ruang Rapat	35.397	Kantor	8	5
4	Ruang PDPM	34.56	Kantor	8	5
4	Ruang Kepala PDPM	12.96		0	1
4	Ruang Wakil Kepala PDPM	12.96		0	1
4	Ruang Staff	32.4	Kantor	8	5
4	Ruang Rapat	35.397	Kantor	8	5
4	Ruang Kerjasama Luar Negeri	80.3192	Kantor	8	11
4	Ruang Magang	17.28	Gedung Pendidikan	4	5
4	Gudang	8.64		0	1
4	Ruang Pertemuan Surveyor	80.3192	Tempat Pertemuan	1	81
4	Ruang Kerja	17.28	Kantor	8	3
4	Gudang	8.64		0	0
4	Ruang Development - 1	32.095	Kantor	8	5
4	Ruang Development - 2	32.095	Kantor	8	5
4	Ruang Development - 3	32.095	Kantor	8	5
4	Ruang Development - 4	32.095	Kantor	8	5
4	Ruang Rapat	51.84	Kantor	8	7
4	Ruang Tamu	51.84	Kantor	8	7
4	Janitor/Cleaning Service	2.6352			2
5	Ruang ME	24.30336		0	1
5	Pantry	17.1054		0	1
5	Ruang Sidang – 1	98.28	Tempat Pertemuan	1	99
5	Ruang Sidang – 2	98.28	Tempat Pertemuan	1	99
5	Ruang Makan	77.76	Ruang Makan , Kafetarian	2	39
5	Laboratorium Lingkungan – 1	80.3192	Gedung Pendidikan	4	21

Tabel 4.1 Jumlah estimasi kapasitas setiap ruang (lanjutan)

Lantai	Nama Ruang	Luas	Jenis Ruangan	Density Factor	Estimasi Jumlah Orang
5	Ruang Kerja Laboratorium Lingkungan	25.92	Gedung Pendidikan	4	7
5	Gudang alat	12.96		0	0
5	Ruang Limbah	12.96		0	0
5	Ruang Kepala Laboratorium Lingkungan	19.44		0	1
5	Ruang Wakil Kepala Laboratorium Lingkungan	19.44		0	1
5	Ruang Rapat	19.44	Kantor	8	3
5	Ruang Staff	72	Kantor	8	9
5	Ruang Tamu	19.44	Kantor	8	3
5	Ruang Kerja – 2	19.44	Kantor	8	3
5	Gudang alat – 2	12.96		0	0
5	Ruang Konsultasi	19.44	Kantor	8	3
5	Laboratorium Lingkungan – 2	80.3192	Gedung Pendidikan	4	21
5	<i>Janitor/Cleaning Service</i>	2.6352			2
6	Ruang ME	24.30336		0	1
6	Pantry	17.1054		0	1
6	Ruang Pusat studi Energi	34.56	Gedung Pendidikan	4	9
6	Ruang Kepala Pusat studi Energi	12.96		0	1
6	Ruang Wakil Kepala Pusat studi Energi	12.96		0	1
6	Ruang Staff Pusat studi Energi	24.705	Kantor	8	4
6	Ruang Rapat	33.48	Kantor	8	5
6	Pusat studi ITK & Robotika	34.56	Gedung Pendidikan	4	9
6	Ruang Kepala Pusat studi ITK & Robotika	12.96		0	1
6	Ruang Wakil Kepala Pusat studi ITK & Robotika	12.96		0	1
6	Ruang Staff Pusat studi ITK & Robotika	24.705	Kantor	8	4
6	Ruang Rapat	33.48	Kantor	8	5
6	Ruang Elektronik Akses	9.45		0	1
6	<i>High Performance Computy Centre</i>	82.32496	Kantor	8	11

Tabel 4.1 Jumlah estimasi kapasitas setiap ruang (lanjutan)

Lantai	Nama Ruang	Luas	Jenis Ruang	Density Factor	Estimasi Jumlah Orang
6	Ruang kerja Teknisi	35.28	Kantor	8	5
6	Ruang Rapat Kecil	12.96	Kantor	8	2
6	<i>Wireless &amp; Computer Vision Lab</i>	138.24	Gedung Pendidikan	4	35
6	Ruang Kerja	38.88	Kantor	8	5
6	Ruang Alat	38.88		0	0
6	Enechorc Chamber	57.1104	Gedung Pendidikan	4	15
6	Ruang Kerja dan Pengamatan	28.5552	Gedung Pendidikan	4	8
6	Ruang Alat	12.48		0	0
6	<i>Janitor/Cleaning Service</i>	2.6352			2
7	Ruang ME	24.30336		0	1
7	Pantry	17.1054		0	1
7	Pusat studi Transportasi & Logistik	51.84	Gedung Pendidikan	4	13
7	Ruang Kepala Pusat studi Transportasi & Logistik	12.78		0	1
7	Ruang Wakil Kepala Pusat studi Transportasi & Logistik	12.78		0	1
7	Ruang Staff Pusat studi Transportasi & Logistik	32.022	Kantor	8	5
7	Ruang Rapat	32.022	Kantor	8	5
7	Pusat studi KBPI	51.84	Gedung Pendidikan	4	13
7	Ruang Kepala Pusat studi KBPI	12.78		0	1
7	Ruang Wakil Kepala Pusat studi KBPI	12.78		0	1
7	Ruang Staff Pusat studi KBPI	32.022	Kantor	8	5
7	Ruang Rapat	32.022	Kantor	8	5
7	Laboratorium Pusat studi Transportasi & Logistik - 1	85.716	Gedung Pendidikan	4	22
7	Laboratorium Pusat studi Transportasi & Logistik - 2	80.3192	Gedung Pendidikan	4	21
7	Ruang Kerja – 1	14.8788	Kantor	8	2
7	Ruang Kerja – 2	17.28	Kantor	8	3
7	Gudang – 1	6.48		0	0
7	Gudang – 2	8.64		0	0

Tabel 4.1 Jumlah estimasi kapasitas setiap ruang (lanjutan)

Lantai	Nama Ruang	Luas	Jenis Ruangan	Density Factor	Estimasi Jumlah Orang
7	Laboratorium Pusat studi KBPI – 1	80.3192	Gedung Pendidikan	4	21
7	Laboratorium Pusat studi KBPI – 2	85.716	Gedung Pendidikan	4	22
7	Ruang Kerja – 1	14.8788	Kantor	8	2
7	Ruang Kerja – 2	17.28	Kantor	8	3
7	Gudang – 1	6.48		0	0
7	Gudang – 2	8.64		0	0
7	Janitor/Cleaning Service	2.6352			2
8	Ruang ME	24.30336		0	1
8	Pantry	17.1054		0	1
8	Pusat studi KBPI	43.2	Gedung Pendidikan	4	11
8	Ruang Kepala Pusat studi KBPI	12.06		0	1
8	Ruang Wakil Kepala Pusat studi KBPI	12.06		0	1
8	Ruang Staff Pusat studi KBPI	24.96	Kantor	8	4
8	Ruang Rapat	29.926	Kantor	8	4
8	Ruang Desain & Analisis Teknik	72.513	Gedung Pendidikan	4	19
8	Ruang Plotter & Printer	24.96	Gedung Pendidikan	4	7
8	Laboratorium System	80.3192	Gedung Pendidikan	4	21
8	Ruang Kerja Laboratorium System	14.8788	Kantor	8	2
8	Gudang	6.48		0	0
8	Laboratorium Energi	85.716	Gedung Pendidikan	4	22
8	Ruang Kerja Laboratorium Energi	17.28	Kantor	8	3
8	Gudang	8.64		0	0
8	Laboratorium Biologi	85.716	Gedung Pendidikan	4	22
8	Ruang Kerja Laboratorium Biologi	17.28	Kantor	8	3
8	Gudang	8.64		0	0
8	Laboratorium Struktur	80.3192	Gedung Pendidikan	4	21
8	Ruang Kerja Laboratorium Struktur	14.8788	Kantor	8	2

Tabel 4.1 Jumlah estimasi kapasitas setiap ruang (lanjutan)

Lantai	Nama Ruang	Luas	Jenis Ruang	Density Factor	Estimasi Jumlah Orang
8	Gudang	6.48		0	0
8	Janitor/Cleaning Service	2.6352			2
9	Ruang ME	24.30336		0	1
9	Pantry	17.1054		0	1
9	Laboratorium Komputer	66.06	Gedung Pendidikan	4	17
9	Ruang Kerja Laboratorium Komputer	30.1212	Kantor	8	4
9	Ruang Penyimpanan Alat	25.92		0	0
9	Pusat studi Sains Dasar & Terapan	43.2	Gedung Pendidikan	4	11
9	Ruang Kepala Pusat studi Sains Dasar & Terapan	11.34		0	1
9	Ruang Wakil Kepala Pusat studi Sains Dasar & Terapan	11.34		0	1
9	Ruang Staff Pusat studi Sains Dasar & Terapan	30.1212	Kantor	8	4
9	Ruang Rapat	25.92	Kantor	8	4
9	Laboratorium Bio Teknologi	62.5212	Gedung Pendidikan	4	16
9	Ruang Steril	13.9104		0	0
9	Ruang Dingin & UPS	18.23808		0	0
9	Ruang Alat	8.64		0	0
9	Ruang Kultur	11.2752	Gedung Pendidikan	4	3
9	Lab. Analisis Terpadu	85.716	Gedung Pendidikan	4	22
9	Ruang Kerja Lab. Analisis Terpadu	17.28	Kantor	8	3
9	Ruang Alat Lab. Analisis Terpadu	8.64		0	0
9	Lab. Instrumentasi	85.716	Gedung Pendidikan	4	22
9	Ruang Kerja Lab. Instrumentasi	17.28	Kantor	8	3
9	Ruang Alat Lab. Instrumentasi	8.64		0	0
9	Lab. Pengembangan Bahan Dasar Ilmiah	80.3192	Gedung Pendidikan	4	21

Tabel 4.1 Jumlah estimasi kapasitas setiap ruang (lanjutan)

Lantai	Nama Ruang	Luas	Jenis Ruang	Density Factor	Estimasi Jumlah Orang
9	Ruang Kerja Lab. Pengembangan Bahan Dasar Ilmiah	14.8788	Kantor	8	2
9	Ruang Alat Lab. Pengembangan Bahan Dasar Ilmiah	6.48		0	0
9	<i>Janitor/Cleaning Service</i>	2.6352			2
10	Ruang ME	24.30336		0	1
10	Pantry	17.1054		0	1
10	Ruang Kepala Pusat studi Material & Nanoteknologi	43.2		0	1
10	Ruang Wakil Kepala Pusat studi Material & Nanoteknologi	10.8		0	1
10	Ruang Staff Pusat studi Material & Nanoteknologi	25.92	Kantor	8	4
10	Ruang Kerja Pusat studi Material & Nanoteknologi	119.88	Kantor	8	1
10	Ruang Rapat	29.16	Kantor	8	4
10	Lab. Sifat Fisis Material	80.3192	Gedung Pendidikan	4	21
10	Ruang Kerja Lab. Sifat Fisis Material	14.8788	Kantor	8	2
10	Ruang Alat Lab. Sifat Fisis Material	6.48		0	0
10	Lab. Sifat Fisis Spektroskopi	85.716	Gedung Pendidikan	4	22
10	Ruang Kerja Lab. Spektroskopi	17.28	Kantor	8	3
10	Ruang Alat Lab. Spektroskopi	8.64	Gedung Pendidikan	4	3
10	Lab. Kimia Analitik	85.716	Gedung Pendidikan	4	22
10	Ruang Kerja Lab. Kimia Analitik	17.28	Kantor	8	3
10	Ruang Alat Lab. Kimia Analitik	8.64		0	0
10	Lab. Sifat Mekanik	80.3192	Gedung Pendidikan	4	21
10	Ruang Kerja Lab. Sifat Mekanik	14.8788	Kantor	8	2
10	Ruang Alat Lab. Sifat Mekanik	6.48		0	0

Tabel 4.1 Jumlah estimasi kapasitas setiap ruang (lanjutan)

Lantai	Nama Ruang	Luas	Jenis Ruang	Density Factor	Estimasi Jumlah Orang
10	Janitor/Cleaning Service	2.6352			2
11	Ruang ME	24.30336		0	1
11	Pantry	17.1054		0	1
11	Ruang Sidang – 3	75.816	Tempat Pertemuan	1	76
11	Ruang Sidang – 4	75.816	Tempat Pertemuan	1	76
11	Ruang Seminar	388.8	Tempat Pertemuan	1	389
11	Janitor/Cleaning Service	2.6352			2

Perhitungan dilakukan diawali dengan mengukur dimensi luas pada setiap lantainya. Kemudian langkah kedua adalah menentukan *density factor* pada setiap ruangan berdasarkan dengan fungsi masing-masing ruangan.

Pada perhitungan yang telah dilakukan untuk ruangan-ruangan yang tidak sesuai antara *density factor* dengan kondisi objek amatan contohnya ruangan-ruangan kepala dan wakil kepala pusat studi, maka estimasi dilakukan secara manual. Contoh lain adalah petugas *cleaning service/janitor*, ruang kontrol serta ruang pantry, estimasi ditentukan secara manual dengan mempertimbangkan kebutuhan petugas disetiap lantainya.

Dari perhitungan pada tabel 4.1 diketahui bahwa estimasi orang dalam gedung objek amatan berjumlah 1856 orang. Jumlah tersebut adalah jumlah kapasitas gedung dengan *utilitas* penuh atau seluruh ruangan di gedung sedang digunakan.

#### 4.2.3 Penghitungan Kebutuhan Pintu Darurat

Setelah diketahui perkiraan jumlah orang yang menggunakan gedung tersebut, selanjutnya dilakukan perhitungan jumlah kebutuhan pintu darurat pada objek amatan. Berikut pada tabel 4.2 adalah data kebutuhan pintu darurat tiap-tiap lantai.

Tabel 4.2 Kebutuhan pintu darurat masing-masing ruangan

Nama Lantai	Estimasi Jumlah Orang	Lebar Unit Keluar	Penghitungan Kebutuhan Jumlah Exit	Unit Keluar yang Dibutuhkan	Jumlah Unit Pada Objek Amatan
Lantai 1	2	0.016666667	1.004166667	2	2
Lantai 2	23	0.191666667	1.047916667	2	3
Lantai 3	125	1.041666667	1.260416667	2	3
Lantai 4	173	1.441666667	1.360416667	2	2
Lantai 5	313	2.608333333	1.652083333	2	2
Lantai 6	126	1.05	1.2625	2	2
Lantai 7	150	1.25	1.3125	2	2
Lantai 8	147	1.225	1.30625	2	2
Lantai 9	138	1.15	1.2875	2	2
Lantai 10	114	0.95	1.2375	2	2
Lantai 11	545	4.541666667	2.135416667	3	2

Penghitungan unit pintu darurat diawali dengan penjumlahan estimasi kapasitas masing-masing lantai. Langkah selanjutnya adalah menghitung lebar unit keluar yang dibutuhkan. Berikut adalah contoh perhitungan kebutuhan pintu darurat untuk lantai lima objek amatan:

- Lebar unit keluar = estimasi kapasitas / (40\*3)  

$$\text{Lebar unit keluar} = 313 / (120)$$

$$\text{Lebar unit keluar} = 2.6083$$
- Kebutuhan jumlah *exit* = (lebar unit keluar / 4) + 1  

$$\text{Kebutuhan jumlah exit} = (2.6083/4) + 1$$

$$\text{Kebutuhan jumlah exit} = 1.65208 = 2$$

Dari tabel 4.2 diketahui bahwa dari seluruh kebutuhan pintu darurat di setiap lantainya didapatkan bahwa hanya terdapat satu lantai yang belum memenuhi jumlah pintu keluar darurat yang dibutuhkan adalah lantai sebelas. Dari tiga pintu keluar yang dibutuhkan, hanya terdapat dua yang ada yaitu pada setiap jalur yang mengarah ke tangga darurat.

#### 4.2.4 Penghitungan Kebutuhan Tangga Darurat

Untuk perencanaan tangga darurat/tangga kebakaran, perlu mempertimbangkan jumlah orang (N) yang dapat terakomodasi, lebar tangga darurat, dan jumlah lantai. Perhitungan ini dilakukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$P = 200w + [50(w - 0,3)] (n - 1)$$

Dimana:

P = jumlah orang yang direkomendasi

w = lebar tangga dalam meter

n = jumlah lantai bangunan

Berikut adalah perhitungan lebar tangga yang dibutuhkan:

- $1856 = 200w + [50(w - 0,3)] (n - 1)$

$$1856 = 200w + (50w - 15) (10)$$

$$1859 = 200w + 500w - 150$$

$$700w = 2006$$

$$W = 2006/700 = 2,8 \text{ m}$$

#### 4.2.5 Perencanaan Jalur Evakuasi (*Exit Route*)

Pada objek amatan belum terdapat perencanaan mengenai rute yang digunakan saat terjadi keadaan bahaya. Padahal penggunaan jalur evakuasi dapat mereduksi waktu menyelamatkan diri secara signifikan.

Menurut NFPA nomor 101 tahun 2000 mengenai *Life Safety Code* diklasifikasikan tentang bangunan atau gedung dengan fungsi gedung pendidikan harus memiliki jarak tempuh maksimal 200 *feet* dan 61 meter. Selain tentang jarak melarikan diri, dalam perencanaan rute evakuasi juga akan dipertimbangkan mengenai opsi rute yang ada seharusnya terdapat lebih dari satu. Hal ini dimaksudkan selain dikarenakan sebagai antisipasi apabila salah satu jalur terhalang oleh bahaya, juga mencegah terjadinya penumpukan orang apabila hanya terdapat jalur keluar. Perencanaan jalur evakuasi yang telah dibuat dapat dilihat pada **Lampiran 5**.

#### 4.2.6 Perencanaan Tanda Keluar (*Exit Sign*)

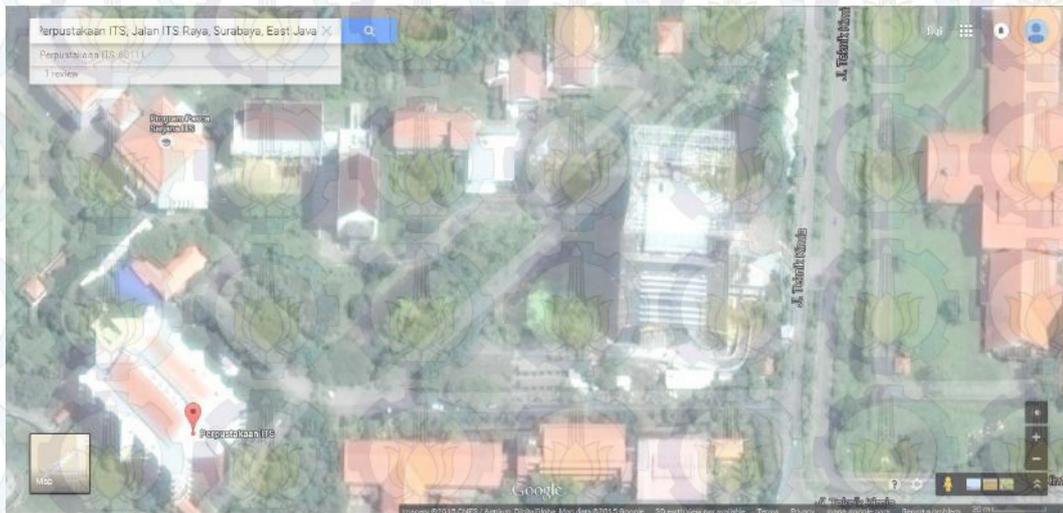
Selain perencanaan jalur evakuasi, hal yang perlu diperhatikan lain adalah penandaan jalur evakuasi. Berdasarkan *Safety and Health Environment (SHE Standard)* penandaan atau marka jalur diatur sebagai berikut:

Pada setiap bagian bangunan yang dirasa tidak terlalu jelas arah jalur evakuasi harus diberi tanda yang menunjukkan arah mana yang harus dituju. Peletakan tanda keluar akan disesuaikan dengan *layout* objek amatan dan jalur evakuasi yang akan dirancang. Penentuan lokasi pemasangan tanda keluar dapat dilihat pada **Lampiran 5**.

#### 4.2.7 Perencanaan Titik Kumpul (*Meeting Point*)

Gedung *Riset Center* terletak antara Gedung Perpustakaan Pusat ITS, Gedung Utama Jurusan Teknik Perkapalan dan Gedung Jurusan Teknik Informatika sehingga tidak terlalu banyak ruang terbuka yang tersedia. Namun letak objek amatan yang dikelilingi dengan jalan dapat dijadikan alternatif sehingga perencanaan meeting point sementara dapat dijadikan solusi sementara sebelum korban dievakuasi ke tempat yang lebih aman.

Denah lokasi objek amatan dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Citra satelit objek amatan

Dari gambar 4.1 diketahui bahwa meskipun terdapat beberapa lahan kosong disekitar objek amatan, namun dikarenakan tingginya gedung amatan sehingga

letak *meeting point* harus lebih jauh dari lokasi objek amatan berada. Hal ini dikarenakan untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan seperti gedung rubuh atau ada material yang terlempar karena tertiuap angin

Perencanaan lokasi *meeting point* ini mempertimbangkan beberapa poin sebagai berikut:

- a) Berjarak cukup aman dari resiko bahaya runtuh atau jatuhnya bahaya lain
- b) Lokasi *meeting point* harus memiliki akses ke tempat yang lebih aman
- c) Tidak menghalangi kendaraan penanggulangan bencana
- d) Bebas dari resiko bahaya lain
- e) Arah angin daerah objek amatan
- f) Menurut SNI 03-1736-2000 tentang tempat lokasi evakuasi sementara disebutkan bahwa luas *meeting point* setidaknya-tidaknya 0,3 m<sup>2</sup> per pengguna gedung atau dengan formulasi:

$$L=N \times 0,3 \text{ m}^2 \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

L : Luas *meeting point*

N : Jumlah Pengguna bangunan

Data rata-rata arah angin yang dirilis situs resmi Pemerintah Kota Surabaya menyebutkan bahwa arah yang paling sering terjadi adalah arah timur dan barat. Sehingga letak *meeting point* yang baik adalah tidak terletak pada arah mata angin tersebut. Namun, meski arah timur dan barat merupakan arah angin yang paling sering terjadi, arah ini masih bisa direkomendasikan sebagai letak *meeting point* dengan catatan letak *meeting point* terletak sedikit lebih jauh dari gedung.

Tabel 4.3 Rekapitulasi arah angin Kota Surabaya

Bulan	Arah Angin
Januari	Barat
Februari	Barat-Barat Laut
Maret	Barat-Barat Laut
April	Barat-Barat Laut
Mei	Timur
Juni	Timur
Juli	Timur
Agustus	Timur
September	Timur
Oktober	Timur
November	Timur-Barat
Desember	Barat-Barat Laut

Dengan jumlah estimasi orang dalam gedung adalah 1.856 orang. Maka luas meeting yang dibutuhkan adalah 556,8 m<sup>2</sup>. Dengan pertimbangan pertimbangan diatas maka letak-letak *meeting point* yang disarankan adalah:

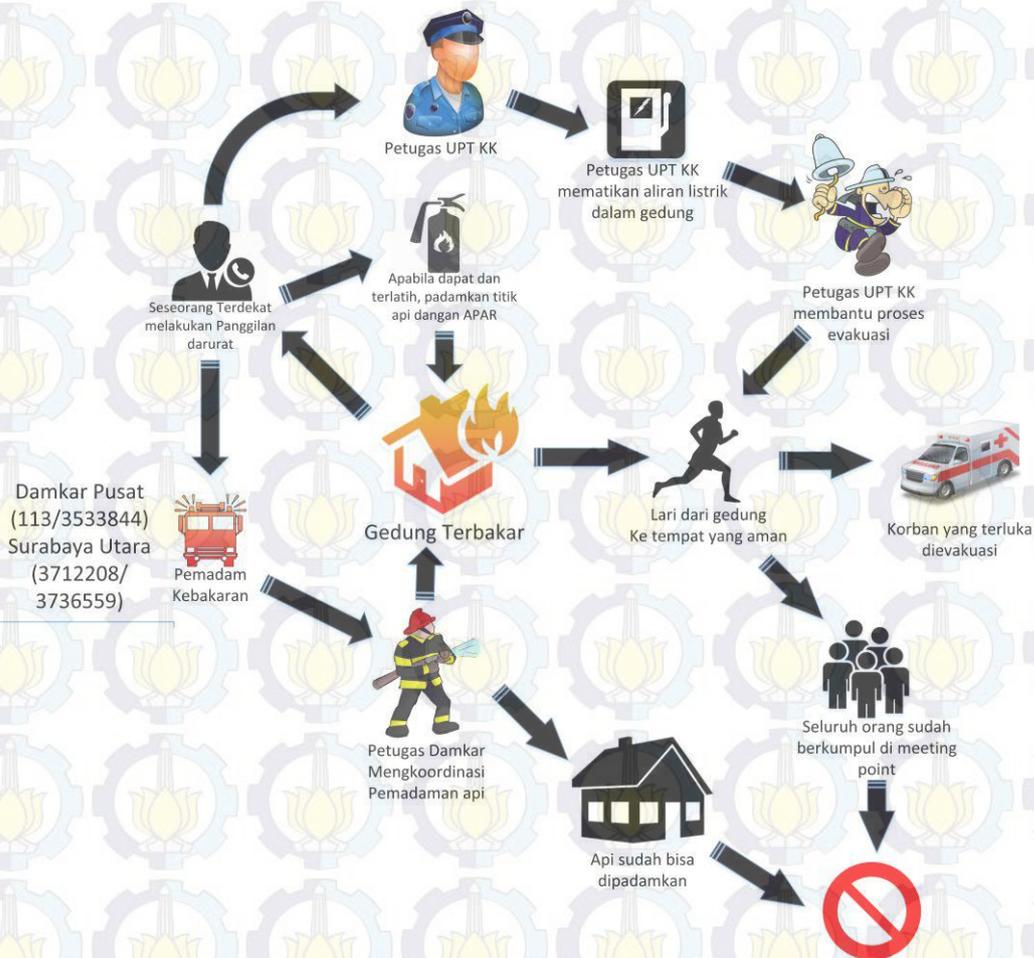
1. Pelataran depan Gedung perpustakaan (500 m)
2. Pelataran depan Gedung Baru LPPM ITS (300 m)

#### 4.2.8 *Emergency Response Procedure*

*Emergency response procedure* digunakan dalam menghadapi bahaya baik itu bahaya kebakaran maupun bahaya lain. *Emergency response procedure* akan memberikan langkah-langkah harus dilakukan atau *Standard Operational Procedure* ketika terjadi keadaan bahaya terjadi.

Pada gambar 4.2 diketahui bahwa setelah bahaya kebakaran terdeteksi, seseorang yang terdekat dengan lokasi selanjutnya melaporkan kejadian tersebut pada dua pihak yang berwenang, yaitu Dinas Pemadam Kebakaran Kota Surabaya dan UPT KK ITS. Selanjutnya apabila seseorang dapat menggunakan APAR, maka orang tersebut dapat membantu memadamkan titik api menggunakan APAR yang tersedia sehingga titik api dapat terlokalisasi atau padam. Namun apabila seseorang

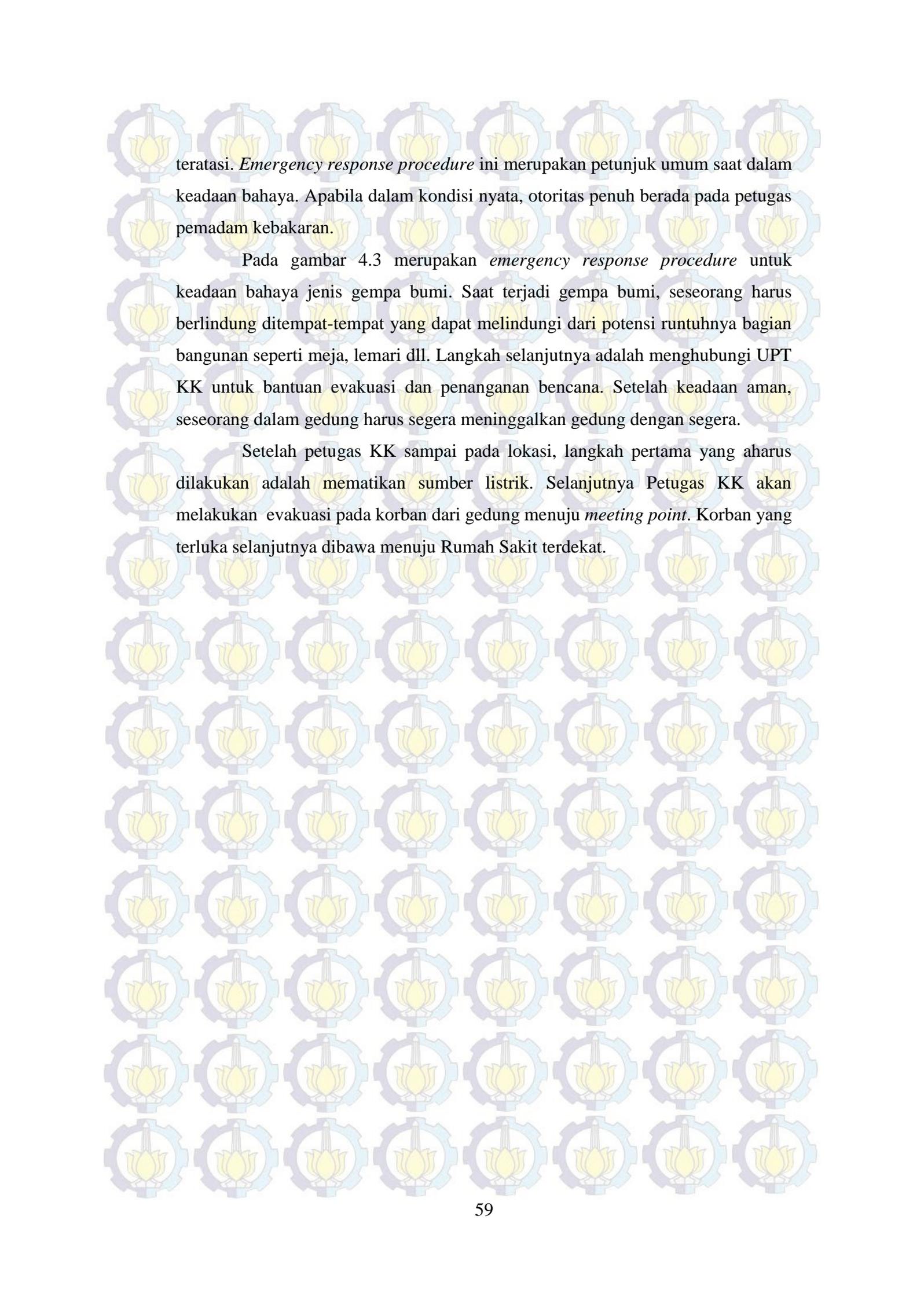
tersebut tidak dapat menggunakan APAR, maka langkah yang harus diambil adalah lari dan mengevakuasi diri dari gedung menuju ke tempat yang lebih aman.



Gambar 4.2 *Emergency response plan* untuk bahaya kebakaran

Di pihak lain, langkah pertama ketika UPT KK yang datang ke lokasi adalah mematikan saluran listrik, hal ini dilakukan untuk menghindari potensi tersengat listrik bagi orang yang dievakuasi. Selanjutnya UPT KK akan membantu petugas pemadam kebakaran dalam mengevakuasi korban dari gedung menuju titik *Meeting Point*. Sementara petugas pemadam yang datang akan langsung memadamkan api dari gedung.

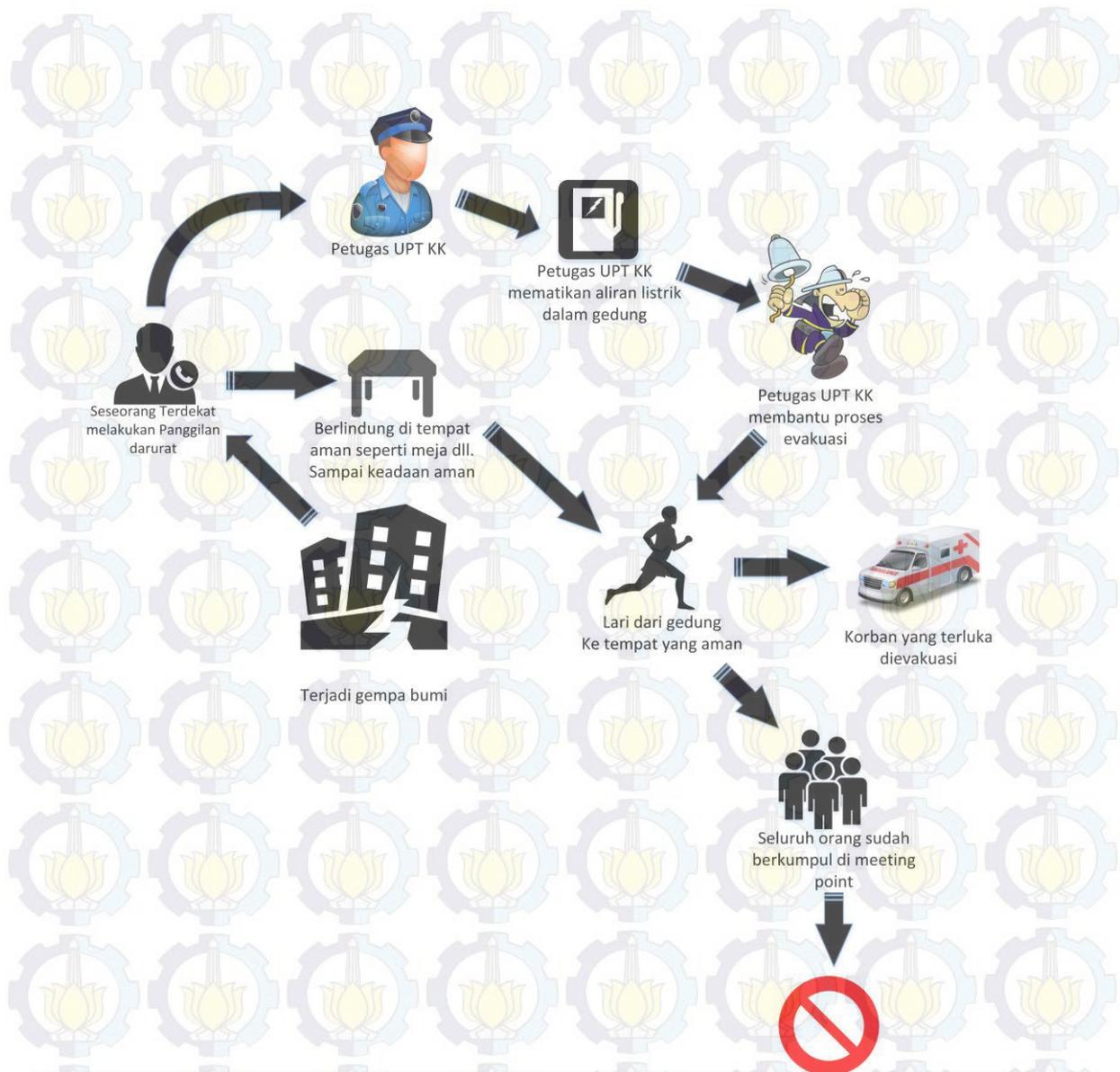
Setelah api dari gedung sudah padam dan korban luka-luka maupun meninggal sudah dievakuasi ke Rumah Sakit, maka keadaan bahaya sudah dapat



teratasi. *Emergency response procedure* ini merupakan petunjuk umum saat dalam keadaan bahaya. Apabila dalam kondisi nyata, otoritas penuh berada pada petugas pemadam kebakaran.

Pada gambar 4.3 merupakan *emergency response procedure* untuk keadaan bahaya jenis gempa bumi. Saat terjadi gempa bumi, seseorang harus berlindung ditempat-tempat yang dapat melindungi dari potensi runtuhnya bagian bangunan seperti meja, lemari dll. Langkah selanjutnya adalah menghubungi UPT KK untuk bantuan evakuasi dan penanganan bencana. Setelah keadaan aman, seseorang dalam gedung harus segera meninggalkan gedung dengan segera.

Setelah petugas KK sampai pada lokasi, langkah pertama yang harus dilakukan adalah mematikan sumber listrik. Selanjutnya Petugas KK akan melakukan evakuasi pada korban dari gedung menuju *meeting point*. Korban yang terluka selanjutnya dibawa menuju Rumah Sakit terdekat.



Gambar 4.3 *Emergency response plan* untuk bahaya gempa bumi

### 4.3 Perencanaan Pemasangan APAR

Pada subbab ini akan dibahas mengenai penentuan jenis dan jumlah APAR yang akan digunakan pada penelitian ini.

#### 4.3.1 Penentuan jenis APAR

Penentuan jenis APAR yang akan digunakan menyesuaikan dengan material-material yang berpotensi menimbulkan kebakaran atau mudah terbakar. Berikut pada tabel 4.4 merupakan *fire hazard* yang terdapat pada tiap-tiap ruangan di setiap lantainya.

Tabel 4.4 *Fire hazard* setiap ruangan

Lantai	Nama Ruang	Fire Hazard	Kelas	APAR yang digunakan
1	Ruang Kontrol	Kontrol Panel Listrik (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
1	Ruang STP			
2	Hall of Fame			
2	Ruang ME	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C) , kontrol panel listrik (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
2	Dapur	Kompas gas (B), Tabung LPG (B), Minyak Goreng (K)	B,K	
2	Cafeteria			
2	<i>Janitor/Cleaning Service</i>			
3	Ruang ME	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C) , kontrol panel listrik (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
3	Pantry	Kompas gas (B), Tabung LPG (B)	B	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
3	Ruang Kepala	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
3	Ruang Wakil Kepala	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
3	Ruang Kasubdit	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>

Tabel 4.4 *Fire hazard* setiap ruangan (lanjutan)

Lantai	Nama Ruang	Fire Hazard	Kelas	APAR yang digunakan
3	Ruang Sekretaris	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
3	Ruang Staff	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
3	Ruang Rapat	Meja, Kursi, kertas (A)		
3	Ruang Sekretaris – 2	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
3	Ruang Sekretaris – 3	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
3	Inkubator Bisnis	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
3	Ruang Tamu			
3	Ruang Tunggu			
3	<i>Janitor/Cleaning Service</i>			
4	Pantry	Kompas gas (B), Tabung LPG (B)	B	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
4	Ruang Pengelola Pusat Riset	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
4	Ruang Kepala Pengelola Pusat Riset	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
4	Ruang Wakil Kepala Pengelola Pusat Riset	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
4	Ruang Staff	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>

Tabel 4.4 *Fire hazard* setiap ruangan (lanjutan)

Lantai	Nama Ruang	Fire Hazard	Kelas	APAR yang digunakan
4	Ruang Rapat	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	Dry Powder/CO <sub>2</sub>
4	Ruang PDPM	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>
4	Ruang Kepala PDPM	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>
4	Ruang Wakil Lepala PDPM	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>
4	Ruang Staff	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>
4	Ruang Rapat	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	Dry Powder/CO <sub>2</sub>
4	Ruang Kerjasama Luar Negeri	Perangkat Komputer (A,C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>
4	Ruang Magang	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>
4	Gudang			
4	Ruang Pertemuan Surveyor	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>
4	Ruang Kerja	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>
4	Gudang			
4	Ruang Development – 1	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>
4	Ruang Development – 2	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>

Tabel 4.4 *Fire hazard* setiap ruangan (lanjutan)

Lantai	Nama Ruang	Fire Hazard	Kelas	APAR yang digunakan
4	Ruang Development – 3	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>
4	Ruang Development – 4	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>
4	Ruang Rapat	Meja, Kursi, kertas (A)	A,C	Dry Powder/CO <sub>2</sub>
4	Ruang Tamu			
4	<i>Janitor/Cleaning Service</i>			
5	Ruang ME	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C) , kontrol panel listrik (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>
5	Pantry	Kompas gas (B), Tabung LPG (B)	B	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>
5	Ruang Sidang – 1	Meja, Kursi, kertas (A)	A,B,C	Dry Powder/CO <sub>2</sub>
5	Ruang Sidang – 2	Meja, Kursi, kertas (A)	A,B,C	Dry Powder/CO <sub>2</sub>
5	Ruang Makan			
5	Laboratorium Lingkungan – 1	Ammonia (B), Senyawa Fenol (B), CO (B), Hydrogen Sulfide (B), Hidrokarbon (B), Universal Oven (C)	A,B,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>
5	Ruang Kerja Laboratorium Lingkungan	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>

Tabel 4.4 *Fire hazard* setiap ruangan (lanjutan)

Lantai	Nama Ruang	Fire Hazard	Kelas	APAR yang digunakan
5	Gudang alat	Ammonia (B), Senyawa Fenol (B), CO (B), Hydrogen Sulfide (B),Hidrokarbon (B), Universal Oven (C)	A,B,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
5	Ruang Limbah			
5	Ruang Kepala Laboratorium Lingkungan	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
5	Ruang Wakil Kepala Laboratorium Lingkungan	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
5	Ruang Rapat	Meja, Kursi, kertas (A)	A,C	Dry Powder/CO <sub>2</sub>
5	Ruang Staff	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
5	Ruang Tamu			
5	Ruang Kerja – 2	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
5	Gudang alat – 2	Ammonia (B), Senyawa Fenol (B), CO (B), Hydrogen Sulfide (B),Hidrokarbon (B), Universal Oven (C)	B,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
5	Ruang Konsultasi	Meja, Kursi, kertas (A)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
5	Laboratorium Lingkungan – 2	Ammonia (B), Senyawa Fenol (B), CO (B), Hydrogen Sulfide (B),Hidrokarbon (B), Universal Oven (C)	A,B,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>

Tabel 4.4 *Fire hazard* setiap ruangan (lanjutan)

Lantai	Nama Ruang	Fire Hazard	Kelas	APAR yang digunakan
5	<i>Janitor/Cleaning Service</i>			
6	Ruang ME	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C), kontrol panel listrik (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
6	Pantry	Kompore gas (B), Tabung LPG (B)	B	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
6	Ruang Pusat studi Energi	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
6	Ruang Kepala Pusat studi Energi	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
6	Ruang Wakil Kepala Pusat studi Energi	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
6	Ruang Staff Pusat studi Energi	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
6	Ruang Rapat	Meja, Kursi, kertas (A)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
6	Pusat studi ITK & Robotika	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
6	Ruang Kepala Pusat studi ITK & Robotika	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
6	Ruang Wakil Kepala Pusat studi ITK & Robotika	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
6	Ruang Staff Pusat studi ITK & Robotika	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
6	Ruang Rapat	Meja, Kursi, kertas (A)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>

Tabel 4.4 Fire hazard setiap ruangan (lanjutan)

Lantai	Nama Ruang	Fire Hazard	Kelas	APAR yang digunakan
6	Ruang Elektronik Akses	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C), Kontrol Panel Listrik (C)	A,C	Multi-purpose powder/CO2
6	High Performance Computy Centre	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C), Kontrol Panel Listrik (C)	A,C	Multi-purpose powder/CO2
6	Ruang kerja Teknisi	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C), Kontrol Panel Listrik (C)	A,C	Multi-purpose powder/CO2
6	Ruang Rapat Kecil	Meja, Kursi, kertas (A)	A,C	Multi-purpose powder/CO2
6	Wireless & Computer Vision Lab	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C), Kontrol Panel Listrik (C)	A,C	Multi-purpose powder/CO2
6	Ruang Kerja	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	Multi-purpose powder/CO2
6	Ruang Alat			
6	Enechorc Chamber	Instalasi Listrik (C)	C	Multi-purpose powder/CO2
6	Ruang Kerja dan Pengamatan	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	Multi-purpose powder/CO2
6	Ruang Alat	Busa peredam suara (A), Meja, Kursi, kertas (A),		
6	Janitor/Cleaning Service			

Tabel 4.4 *Fire hazard* setiap ruangan (lanjutan)

Lantai	Nama Ruang	Fire Hazard	Kelas	APAR yang digunakan
7	Ruang ME	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C), kontrol panel listrik (C)	C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
7	Pantry	Kompas gas (B), Tabung LPG (B)	B	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
7	Pusat studi Transportasi & Logistik	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
7	Ruang Kepala Pusat studi Transportasi & Logistik	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
7	Ruang Wakil Kepala Pusat studi Transportasi & Logistik	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
7	Ruang Staff Pusat studi Transportasi & Logistik	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
7	Ruang Rapat	Meja, Kursi, kertas (A)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
7	Pusat studi KBPI	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
7	Ruang Kepala Pusat studi KBPI	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
7	Ruang Wakil Kepala Pusat studi KBPI	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
7	Ruang Staff Pusat studi KBPI	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
7	Ruang Rapat	Meja, Kursi, kertas (A)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>

Tabel 4.4 *Fire hazard* setiap ruangan (lanjutan)

Lantai	Nama Ruang	Fire Hazard	Kelas	APAR yang digunakan
7	Laboratorium Pusat studi Transportasi & Logistik – 1	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
7	Laboratorium Pusat studi Transportasi & Logistik – 2	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
7	Ruang Kerja – 1	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
7	Ruang Kerja – 2	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
7	Gudang – 1			
7	Gudang – 2			
7	Laboratorium Pusat studi KBPI – 1	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
7	Laboratorium Pusat studi KBPI – 2	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
7	Ruang Kerja – 1	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
7	Ruang Kerja – 2	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
7	Gudang – 1			
7	Gudang – 2			
7	<i>Janitor/Cleaning Service</i>			

Tabel 4.4 *Fire hazard* setiap ruangan (lanjutan)

Lantai	Nama Ruang	Fire Hazard	Kelas	APAR yang digunakan
8	Ruang ME	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C), kontrol panel listrik (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
8	Pantry	Kompas gas (B), Tabung LPG (B)	B	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
8	Pusat studi KBPI	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
8	Ruang Kepala Pusat studi KBPI	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
8	Ruang Wakil Kepala Pusat studi KBPI	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
8	Ruang Staff Pusat studi KBPI	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
8	Ruang Rapat	Meja, Kursi, kertas (A)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
8	Ruang Desain & Analisis Teknik	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
8	Ruang Plotter & Printer	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
8	Laboratorium System	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
8	Ruang Kerja Laboratorium System	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
8	Gudang	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>

Tabel 4.4 Fire hazard setiap ruangan (lanjutan)

Lantai	Nama Ruang	Fire Hazard	Kelas	APAR yang digunakan
8	Laboratorium Energi	Bahan Bakar Minyak (B), Batubara (A), Bahan Bakar Gas (B), Biodiesel (B), Bioetanol (B), Lem (B), Cat (B), Microwave Digester ©	A,B,C	Multi-purpose powder/CO2
8	Ruang Kerja Laboratorium Energi	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	Multi-purpose powder/CO2
8	Gudang	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	C	Multi-purpose powder/CO2
8	Laboratorium Biologi	Electric Stove (D), Stirring hot plate (C) Tabung LPG (B), Laminar Air Flow (C)	B,C	Multi-purpose powder/CO2
8	Ruang Kerja Laboratorium Biologi	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	Multi-purpose powder/CO2
8	Gudang	Electric Stove (D), Stirring hot plate (C) Tabung LPG (B), Laminar Air Flow (C)	B,C	Multi-purpose powder/CO2
8	Laboratorium Struktur	Oven (C), Kompor Sulfur (B), Tabung Gas (B)	B,C	Multi-purpose powder/CO2
8	Ruang Kerja Laboratorium Struktur	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	Multi-purpose powder/CO2
8	Gudang	Oven (C), Kompor Sulfur (B), Tabung Gas (B)	B,C	Multi-purpose powder/CO2
8	Janitor/Cleaning Service			
9	Ruang ME	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C), kontrol panel listrik (C)	A,C	Multi-purpose powder/CO2

Tabel 4.4 *Fire hazard* setiap ruangan (lanjutan)

Lantai	Nama Ruang	Fire Hazard	Kelas	APAR yang digunakan
9	Pantry	Kompas gas (B), Tabung LPG (B)	B	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
9	Laboratorium Komputer	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
9	Ruang Kerja Laboratorium Komputer	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
9	Ruang Penyimpanan Alat	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
9	Pusat studi Sains Dasar & Terapan	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	Dry Powder/CO2
9	Ruang Kepala Pusat studi Sains Dasar & Terapan	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
9	Ruang Wakil Kepala Pusat studi Sains Dasar & Terapan	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
9	Ruang Staff Pusat studi Sains Dasar & Terapan	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
9	Ruang Rapat	Meja, Kursi, kertas (A)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
9	Laboratorium Bio Teknologi	Electric Stove (D), Stirring hot plate (C) Tabung LPG (B), Laminar Air Flow (C)	B,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
9	Ruang Steril			
9	Ruang Dingin & UPS	Refrigerator (C)	C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
9	Ruang Alat	Electric Stove (C), Stirring hot plate (C), Tabung LPG (B), Laminar Air Flow (C)	B,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>

Tabel 4.4 *Fire hazard* setiap ruangan (lanjutan)

Lantai	Nama Ruang	Fire Hazard	Kelas	APAR yang digunakan
9	Ruang Kultur	Laminar Air Flow (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
9	Lab. Analisis Terpadu	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	Dry Powder/CO <sub>2</sub>
9	Ruang Kerja Lab. Analisis Terpadu	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
9	Ruang Alat Lab. Analisis Terpadu	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	Dry Powder/CO <sub>2</sub>
9	Lab. Instrumentasi	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	Dry Powder/CO <sub>2</sub>
9	Ruang Kerja Lab. Instrumentasi	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	Dry Powder/CO <sub>2</sub>
9	Ruang Alat Lab. Instrumentasi	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	Dry Powder/CO <sub>2</sub>
9	Lab. Pengembangan Bahan Dasar Ilmiah	Bahan Berbahaya dan Beraacun [B3] (B)	B	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
9	Ruang Kerja Lab. Pengembangan Bahan Dasar Ilmiah	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
9	Ruang Alat Lab. Pengembangan Bahan Dasar Ilmiah	Bahan Berbahaya dan Beraacun [B3] (B)	B	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
9	<i>Janitor/Cleaning Service</i>			
10	Ruang ME	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C), kontrol panel listrik (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>

Tabel 4.4 *Fire hazard* setiap ruangan (lanjutan)

Lantai	Nama Ruang	Fire Hazard	Kelas	APAR yang digunakan
10	Pantry	Kompors gas (B), Tabung LPG (B)	B	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>
10	Ruang Kepala Pusat studi Material & Nanoteknologi	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>
10	Ruang Wakil Kepala Pusat studi Material & Nanoteknologi	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>
10	Ruang Staff Pusat studi Material & Nanoteknologi	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>
10	Ruang Kerja Pusat studi Material & Nanoteknologi	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>
10	Ruang Rapat	Meja, Kursi, kertas (A)	A,C	Dry Powder/CO <sub>2</sub>
10	Lab. Sifat Fisis Material	mesin uji tarik (C) , mesin uji Bending ( C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>
10	Ruang Kerja Lab. Sifat Fisis Material	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>
10	Ruang Alat Lab. Sifat Fisis Material	mesin uji tarik (C) , mesin uji Bending ( C)	C	Dry Powder/CO <sub>2</sub>
10	Lab. Sifat Fisis Spektroskopi	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	Dry Powder/CO <sub>2</sub>
10	Ruang Kerja Lab. Spektroskopi	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>
10	Ruang Alat Lab. Spektroskopi			
10	Lab. Kimia Analitik	Bahan Berbahaya dan Beracun [B3] (B)	B	Dry Powder
10	Ruang Kerja Lab. Kimia Analitik	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO<sub>2</sub></i>

Tabel 4.4 *Fire hazard* setiap ruangan (lanjutan)

Lantai	Nama Ruang	Fire Hazard	Kelas	APAR yang digunakan
10	Ruang Alat Lab. Kimia Analitik	Bahan Berbahaya dan Beracun [B3] (B)	B	Dry Powder
10	Lab. Sifat Mekanik	mesin uji tarik (C) , mesin uji Bending ( C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
10	Ruang Kerja Lab. Sifat Mekanik	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
10	Ruang Alat Lab. Sifat Mekanik	mesin uji tarik (C) , mesin uji Bending ( C)	C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
10	<i>Janitor/Cleaning Service</i>			
11	Ruang ME	Meja, Kursi, kertas (A), Perangkat Komputer (C) , kontrol panel listrik (C)	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
11	Pantry	Kompas gas (B), Tabung LPG (B)	B	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
11	Ruang Sidang – 3	Meja, Kursi, kertas (A),	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
11	Ruang Sidang – 4	Meja, Kursi, kertas (A),	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>
11	Ruang Seminar	Meja, Kursi, kertas (A),	A,C	<i>Multi-purpose powder/CO2</i>

Klasifikasi *fire hazard* atau material-material yang berpotensi terbakar menurut NFPA No. 10 Tahun 1998 secara umum terbagi menjadi lima kategori. Kategori-kategori tersebut adalah:

- Kelas A : benda-benda padat yang mudah terbakar dan berpotensi menghasilkan bara api ketika proses pembakaran terjadi. Sebagai contoh adalah kayu, kertas dll.

- Kelas B : benda-benda cair maupun gas yang mudah terbakar dan dengan cepat menyalakan api atau berubah bentuk menjadi zat lain yang berbahaya. Contoh : Kerosin, LPG, NLG, Ammonia dll.
- Kelas C : Benda-benda yang dialiri atau menghasilkan listrik, jenis kelas ini adalah dapat berpotensi sengatan listrik bagi pemadam.
- Kelas D : benda-benda logam padat yang sangat mudah tersulut api dan menghasilkan panas yang tinggi. Contoh: magnesium, potasium dll.
- Kelas K : merupakan kelas khusus yaitu apabila terdapat minyak goreng, minyak nabati ataupun minyak lemak hewan.

Dari tabel 4.4 dan fungsi dari bangunan diketahui bahwa hampir diseluruh ruangan terdapat *fire hazard* dengan kelas A dan C, beberapa ruangan memiliki kelas B dan satu ruangan memiliki kelas K. Dengan keterangan-keterangan tersebut, selanjutnya akan ditentukan APAR yang sesuai diletakkan pada masing-masing *fire hazard*.

Dikarenakan hampir semua ruangan terdapat instalasi listrik dan atau perangkat elektronik, maka APAR jenis air tidak dapat digunakan. APAR yang dapat digunakan pada objek amatan adalah jenis *Multi-purpose powder* atau CO<sub>2</sub>. Sementara jenis busa khusus (*special foam*) digunakan untuk mengantisipasi *fire hazard* kelas K yang berada di dapur.

#### 4.3.2 Penentuan Letak Pemasangan APAR

Setelah *fire hazard* telah pada setiap ruangan telah diidentifikasi pada sub-bab 4.3.1, selanjutnya akan ditentukan letak pemasangan APAR. Penentuan letak APAR ini berdasarkan dengan aturan-aturan yang terdapat pada NFPA Nomor 10 tahun 1998. Penentuan letak pemasangan APAR ini juga mempertimbangkan jenis *fire hazard*, kategori bahaya yang ditimbulkan dan area yang ter-cover oleh APAR tersebut.

Berdasarkan dengan tabel 4.4 tentang *fire hazard* yang ada pada setiap ruangnya maka kemudian ditentukan APAR yang akan digunakan adalah jenis APAR jenis *Multi-Purpose Dry Powder*, CO<sub>2</sub> dan jenis *Special Foam*. Ketiga jenis

APAR tersebut dipilih dikarenakan menyesuaikan dengan dengan *fire hazard* pada objek amatan yang sebagian berjenis benda padat yang mudah terbakar (Kelas A), zat atau gas yang mudah terbakar (Kelas B), alat elektronik maupun alat listrik bertegangan (Kelas C), serta di beberapa tempat terdapat minyak goreng atau minyak nabati (Kelas K).

Pada penentuan letak APAR menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (Permen PU) No. 26 Tahun 2008 dinyatakan untuk resiko kebakaran kelas A dengan resiko kebakaran rendah adalah luas area maksimum dalam 1 unit APAR adalah 279 m<sup>2</sup> dan jarak tempuh maksimal ke APAR adalah 23 m. Sementara untuk resiko kebakaran sedang luas area maksimum untuk satu APAR adalah 139 m<sup>2</sup>. sementara untuk kebakaran kelas B jarak maksimum ke unit APAR adalah 15 m.

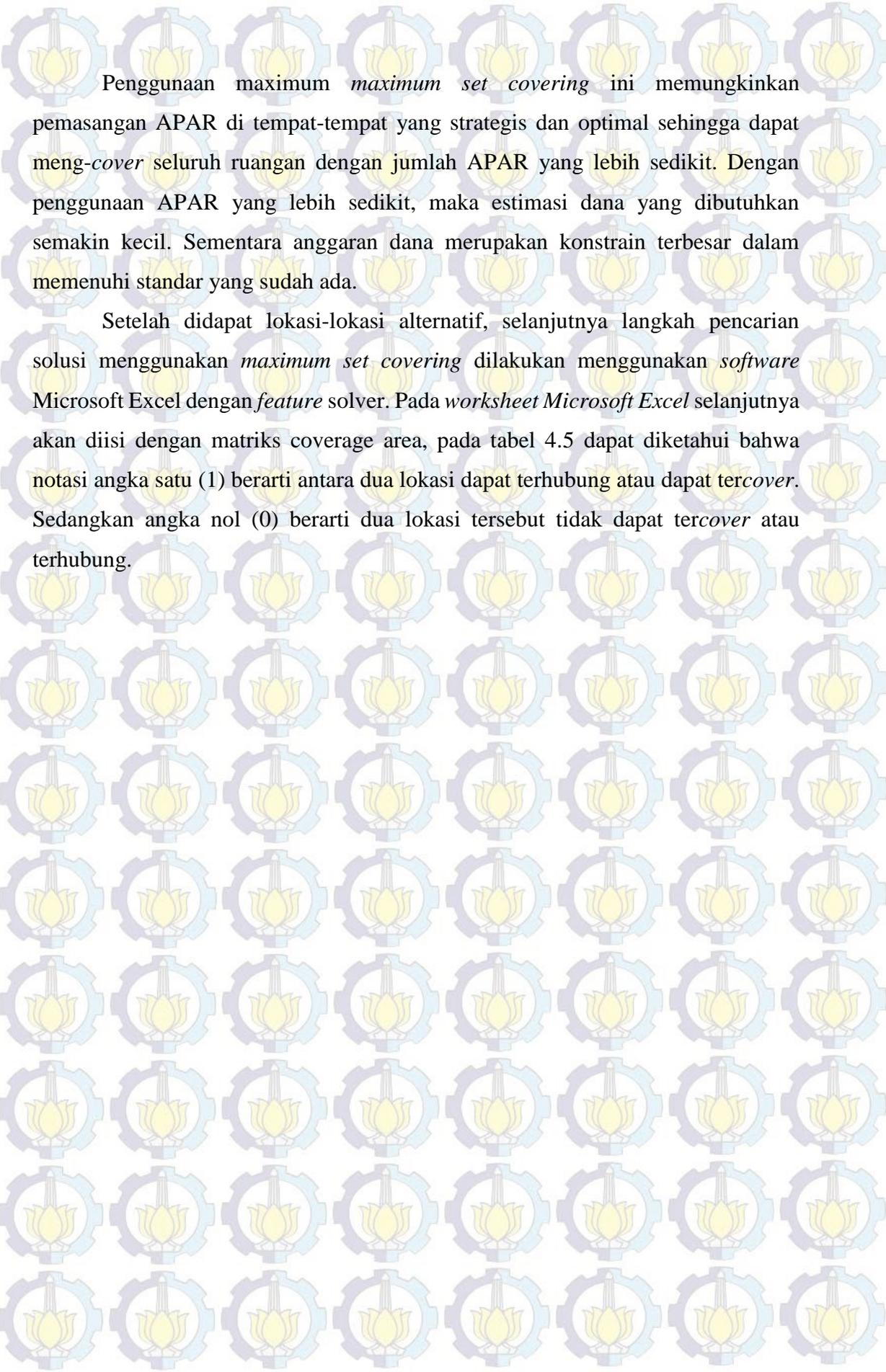
Penentuan APAR untuk kebakaran kelas C adalah mengikuti aturan kelas A dan kelas B dengan mempertimbangkan potensi listrik disekitar lokasi potensi titik api. Penentuan lokasi peletakan APAR untuk kelas K yaitu dengan jarak maksimum dari lokasi sumber titik api tidak lebih dari 9 meter.

Pada penentuan letak pemasangan APAR ini digunakan metode *maximum set covering*. Metode ini memungkinkan lokasi optimum dengan cepat.

Dikarenakan masih belum ada perencanaan mengenai *safety building* pada objek amatan, maka akan ditentukan lokasi-lokasi alternatif yang akan menjadi tempat pemasangan APAR. Alternatif solusi lokasi pemasangan APAR setiap lantainya dapat dilihat pada **Lampiran 2**. Penggunaan *maximum set covering* mengakomodasi pembobotan dari setiap titik alternatif, hal ini dilakukan agar letak APAR mendekati tempat dengan potensi bahaya kebakaran terbesar. Tabel pembobotan dapat dilihat pada tabel 4.5.

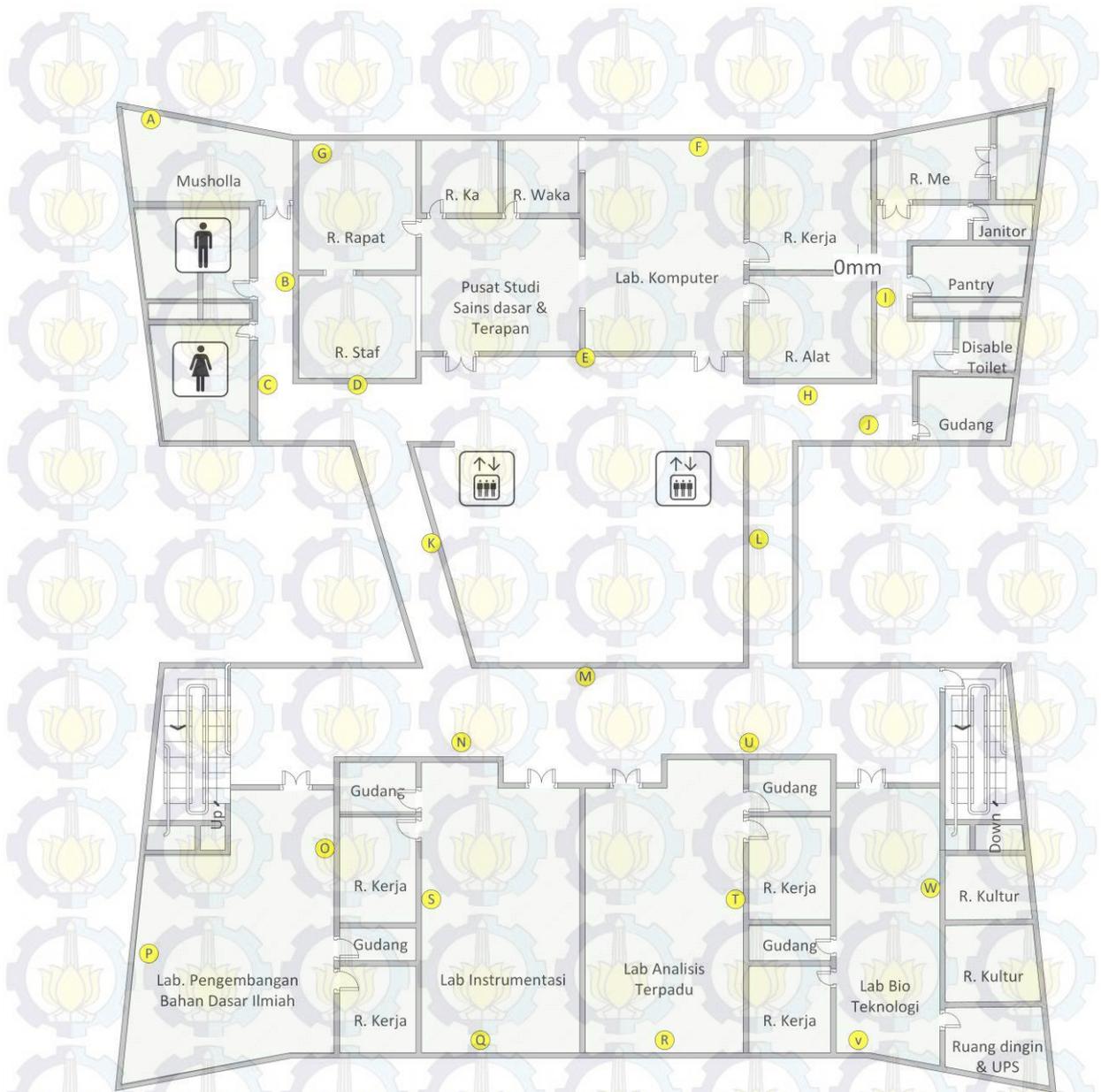
Tabel 4.5 Pembobotan pada *maximum set covering*

Kriteria	Nilai
Potensi bahaya kecil, akses sulit	1
Potensi bahaya kecil, akses mudah	2
Potensi bahaya sedang, akses sulit	5
Potensi bahaya sedang, akses mudah	6
Potensi bahaya besar, akses sulit	9
Potensi bahaya besar, akses mudah	10



Penggunaan *maximum set covering* ini memungkinkan pemasangan APAR di tempat-tempat yang strategis dan optimal sehingga dapat meng-cover seluruh ruangan dengan jumlah APAR yang lebih sedikit. Dengan penggunaan APAR yang lebih sedikit, maka estimasi dana yang dibutuhkan semakin kecil. Sementara anggaran dana merupakan konstrain terbesar dalam memenuhi standar yang sudah ada.

Setelah didapat lokasi-lokasi alternatif, selanjutnya langkah pencarian solusi menggunakan *maximum set covering* dilakukan menggunakan *software* Microsoft Excel dengan *feature solver*. Pada *worksheet* Microsoft Excel selanjutnya akan diisi dengan matriks coverage area, pada tabel 4.5 dapat diketahui bahwa notasi angka satu (1) berarti antara dua lokasi dapat terhubung atau dapat tercover. Sedangkan angka nol (0) berarti dua lokasi tersebut tidak dapat tercover atau terhubung.



Gambar 4.4 Alternatif lokasi pemasangan APAR pada lantai sembilan

Berikut pada pada tabel 4.5 adalah tabel *maximum set covering* yang digunakan pada lantai sembilan objek amatan.

Tabel 4.6 Matriks *maximum set covering* pada lantai sembilan

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	
A	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

Setelah tabel matriks *maximum set covering* dibuat, selanjutnya dibuat matriks yang akan diolah lebih lanjut menggunakan *solver*. Pada *set objective*, diisi dengan *cell* yang akan menjadi fungsi tujuan. Sementara fungsi tujuan di set menjadi fungsi minimasi, hal ini dikarenakan fungsi hasil yang akan dicari adalah jumlah APAR minimum yang dapat menjangkau seluruh sudut gedung pada objek amatan. Sementara konstrain diisi dengan tabel variabel yang akan diubah menggunakan *solver* menggunakan bilangan biner. Matriks *maximum set covering* (*Coverage area*) dapat dilihat secara lengkap pada **Lampiran 1** dan konstrain yang digunakan setiap lantainya dapat dilihat pada **Lampiran 3** dan **Lampiran 4**.

Langkah terakhir adalah verifikasi pada setiap solusi yang telah ditemukan. Verifikasi dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh ruangan dapat menjangkau APAR dengan jarak yang telah ditentukan serta dilakukan dengan menambahkan pertimbangan *fire hazard* yang lebih berpotensi menimbulkan bahaya.

Dari perhitungan seperti contoh didapatkan kebutuhan APAR tiap-tiap lantainya. Berikut adalah hasil perhitungan kebutuhan APAR dan lokasi-lokasi peletakan APAR.

Tabel 4.7 Rekapitulasi jumlah dan jenis APAR

Lantai	Jumlah APAR	Lokasi
1	5	B,F,G,H,I ( <i>Dry Powder</i> )
2	5	C,F,N,R ( <i>Dry Powder</i> ),- J ( <i>Special Foam</i> )
3	11	B,F,G,J,N,O,P,R,T,V,W ( <i>Dry Powder</i> )
4	8	C,G,H,P,R,S,W ( <i>Dry Powder</i> )
5	8	C,F,G,J,P,S,U,W ( <i>Dry Powder</i> )
6	8	C,F,G,J,P,T( <i>Dry Powder</i> ), U,W (CO <sub>2</sub> )

Tabel 4.6 Rekapitulasi jumlah dan jenis APAR (lanjutan)

Lantai	Jumlah APAR	Lokasi
7	8	C,F,G,J,P,Q,T,V ( <i>Dry Powder</i> )
8	8	C,F,G,J,P,Q,T,V ( <i>Dry Powder</i> )
9	8	C,F,G,J,P,Q,T,V ( <i>Dry Powder</i> )
10	8	C,F,G,J,P,Q,T,V ( <i>Dry Powder</i> )
11	8	B,E,I,J,K,L,M,N( <i>Dry Powder</i> )

Data yang ada pada tabel 4.5 terdapat beberapa penyesuaian (*adjustment*), diantaranya adalah pada lantai dua, titik peletakan APAR diletakkan mendekati dapur. hal ini dikarenakan potensi bahaya yang dikandung sangat besar serta jenis APAR yang digunakan juga khusus.

Jenis APAR yang digunakan juga menyesuaikan dengan *fire hazard* yang dikandung, khusus dapur APAR yang digunakan adalah *special foam*. Sementara ruangan-ruangan dengan potensi adanya aliran listrik tinggi digunakan APAR jenis CO<sub>2</sub>.

Gambar mengenai letak pemasangan APAR setiap lantainya dapat dilihat pada **lampiran 5**.

#### 4.4 Perencanaan Sistem Proteksi Dini

Sistem proteksi dini yang direncanakan pada objek amatan adalah sistem deteksi dini terhadap kebakaran dan perencanaan pemasangan *sprinkler*. Sistem deteksi dini yang direncanakan yaitu berjenis *smoke detector* atau pendeteksi asap. Sementara *sprinkler* digunakan untuk melakukan pemadaman awal sebelum api menjadi lebih besar.

#### 4.4.1 Perencanaan Pemasangan *Smoke Detector*

Pada objek amatan digunakan pendeteksi kebakaran dengan jenis pendeteksi asap dikarenakan karakteristiknya yang sesuai dengan jenis fungsi objek amatan sebagai gedung pendidikan dan perkantoran. Pendeteksi ini akan lebih mudah mendeteksi apabila entitas asap yang masuk melebihi ambang batas tertentu sesuai yang telah ditentukan.

Menurut NFPA 101 tentang *Life Safety Code* diterangkan bahwa apabila telah dipasang sprinkler, maka pemasangan *Smoke Detector* dapat diminimalisir. Dikarenakan rekomendasi yang akan diberikan adalah dengan penambahan sprinkler gedung, maka pemasangan *Smoke Detector* hanya pada tempat-tempat yang berpotensi mengeluarkan banyak asap sebelum radiasi panas. Sehingga area-area dengan kandungan bahan kimia cenderung lebih berpotensi.

Letak pemasangan *smoke detector* secara lebih lengkap dapat dilihat pada **Lampiran 6**.

#### 4.4.2 Perencanaan Pemasangan *Sprinkler*

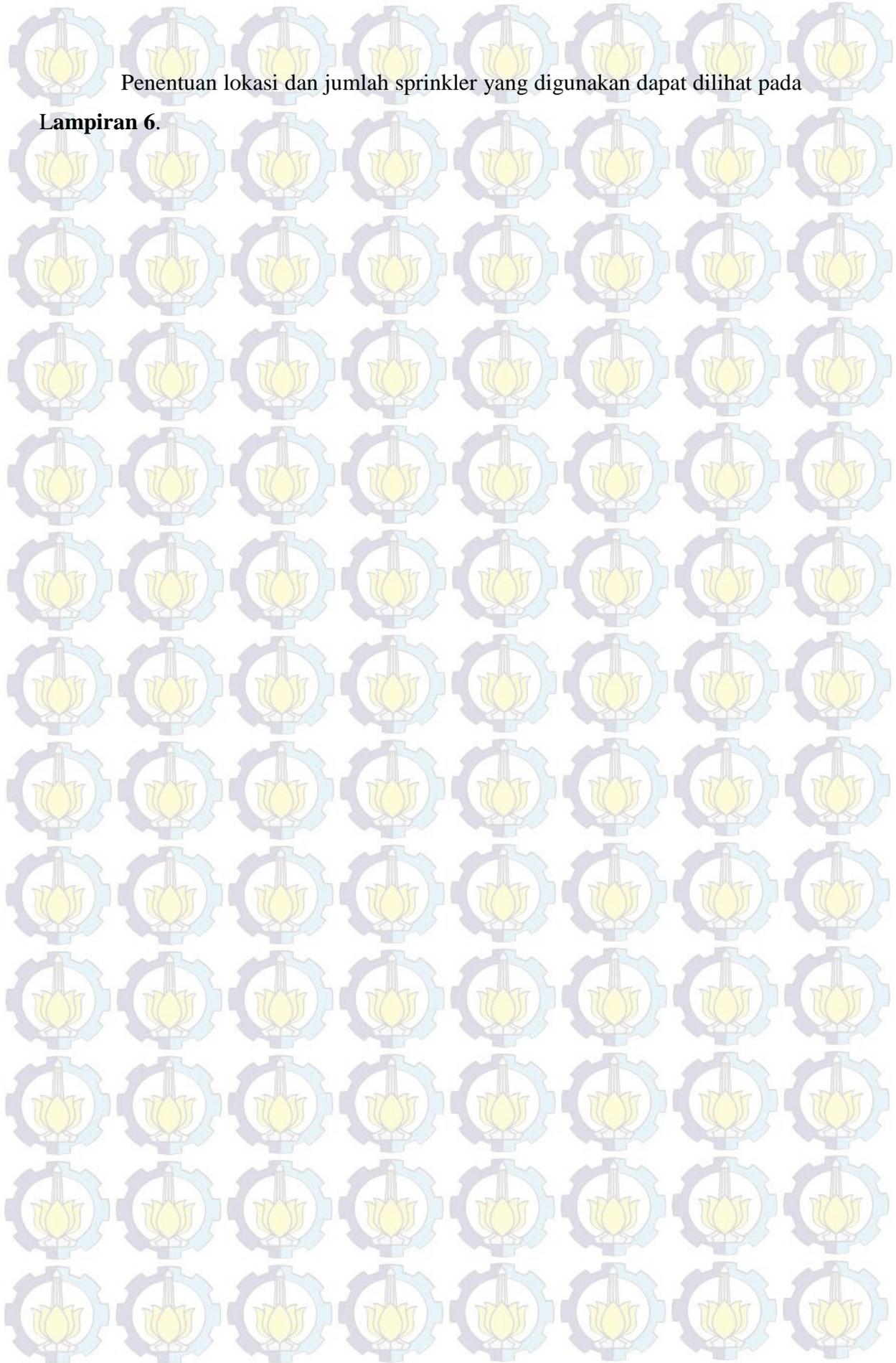
Pemasangan sprinkler dapat memberikan efek positif dalam menanggulangi titik sumber api sebelum menjadi semakin besar. Selain itu, *sprinkler* juga berfungsi sebagai media yang dapat melokalisir titik api sehingga nyala api tidak merambat ke bagian lain dari bangunan.

Pemasangan *sprinkler* harus memenuhi ketentuan-ketentuan dari peraturan yang berlaku. Di Indonesia, hal tersebut diatur di Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (Permen PU) No. 26 Tahun 2008 yang kemudian dijelaskan lebih lanjut di SNI 03-3989-2000 tentang Tata Cara Perencanaan Dan Pemasangan Sistem Springkler Otomatik Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Gedung.

Penentuan jarak pemasangan kepala *sprinkler* dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah bahaya pada gedung. Berdasarkan SNI 03-3989-2000, gedung dengan fungsi sebagai gedung perkantoran dan gedung pendidikan memiliki potensi kebakaran ringan. Dengan potensi kebakaran ringan, maka jarak antar kepala *sprinkler* adalah 4,6 m.

Penentuan lokasi dan jumlah sprinkler yang digunakan dapat dilihat pada

**Lampiran 6.**



## BAB 5

### ANALISIS DAN ALTERNATIF REKOMENDASI

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisis terhadap perhitungan-perhitungan maupun penentuan-penentuan yang telah ditentukan pada bab sebelumnya. Selain dilakukan analisis, pada bab ini juga akan dilakukan rekomendasi-rekomendasi alternatif yang sesuai dengan objek amatan.

#### 5.1 Analisis Jumlah Kebutuhan Pintu Darurat

Perhitungan terhadap kebutuhan pintu darurat yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Dari perhitungan yang telah dilakukan, diketahui bahwa dalam gedung amatan pintu darurat terletak pada kedua sisi gedung sekaligus berfungsi sebagai pintu tangga darurat. Dengan karakteristik sebagai gedung bertingkat, maka pada pintu darurat diartikan sebagai tempat tempat pertama yang dituju seseorang apabila terjadi keadaan bahaya. Dengan penggunaan *lift* atau *elevator* yang dilarang apabila keadaan bahaya terjadi, dikarenakan adanya potensi lift tersebut macet atau potensi-potensi yang lain. Maka tangga merupakan satu-satunya solusi yang harus ditempuh seseorang apabila ingin segera melarikan diri dari lantai tersebut.

Tabel 5.1 Jumlah pintu darurat dibandingkan dengan kondisi objek amatan

Nama Lantai	Unit Keluar yang Dibutuhkan	Jumlah Unit Pada Objek Amatan
Lantai 1	2	2
Lantai 2	2	3
Lantai 3	2	3
Lantai 4	2	2
Lantai 5	2	2
Lantai 6	2	2
Lantai 7	2	2
Lantai 8	2	2
Lantai 9	2	2
Lantai 10	2	2
Lantai 11	3	2

Perhitungan kebutuhan pintu darurat menggunakan data kapasitas jumlah orang pada setiap lantainya. Dari data kapasitas per lantai kemudian dibagi dengan 40 (estimasi laju orang melewati pintu darurat per menit) dan 3 (nilai konstanta untuk bangunan dengan fungsi sebagai gedung perkantoran dan pendidikan). Dari nilai tersebut didapat lebar pintu yang dibutuhkan. Setelah diketahui lebar pintu yang dibutuhkan kemudian dihitung jumlah pintu darurat yang dibutuhkan pada tiap-tiap lantainya.

Dari perhitungan yang telah dilakukan, diketahui bahwa minimal pintu keluar yang dibutuhkan pada tiap-tiap lantainya adalah dua buah pintu. Hal ini sesuai dengan salah satu prinsip utama pembuatan rute evakuasi yaitu harus ada lebih dari satu alternatif rute yang disediakan, hal ini untuk mencegah terjadinya penumpukan orang pada satu pintu darurat serta memberikan opsi lain yang dapat ditempuh apabila salah satu rute evakuasi tertutup atau rusak.

Dengan didapatkannya kebutuhan pintu darurat pada tiap-tiap lantainya didapatkan hampir semua lantai memenuhi jumlah tersebut, hanya lantai sebelas atau lantai teratas saja yang tidak memenuhi jumlah yang dibutuhkan. Dari kebutuhan tiga pintu darurat, saat ini hanya terdapat dua pintu darurat.

Dengan kondisi letak pada posisi teratas gedung, maka penambahan pintu keluar kedepannya akan merubah rute evakuasi seluruh gedung bahkan merubah atau menambah konstruksi gedung. Opsi lain yang dapat diterapkan adalah memperbaiki sistem evakuasi sehingga laju orang keluar semakin cepat atau membatasi jumlah kapasitas ruang seminar, hal ini dimungkinkan karena ruangan ini adalah penghasil kapasitas terbesar dari gedung tersebut.

## **5.2 Analisis Jumlah Kebutuhan Tangga Darurat**

Tangga darurat yang ada pada objek amatan memiliki jenis tangga darurat dalam ruangan (*indoor*). Tangga darurat tersebut terletak pada dua sisi tepi gedung. Dengan dua buah tangga darurat, kondisi pada objek amatan tergolong bagus. hal ini dikarenakan dengan jumlah dua buah tangga darurat akan cukup untuk mengakomodasi dua jalur evakuasi yang berbeda.

Sementara dilihat dari dari lebar tangga yang dibutuhkan, maka didapatkan kesenjangan yang terjadi dari lebar tangga yang dibutuhkan. Dari perhitungan yang telah dilakukan didapat bahwa lebar tangga darurat yang seharusnya adalah 2,8 m. pada objek amatan saat ini lebar tangga yang ada memiliki lebar  $2,631 \times 2 = 5,262$  m.

Dengan lebar tangga tersebut, maka dapat dikatakan bahwa tangga darurat yang ada pada objek amatan sudah layak dan sesuai dengan SNI 03-1746-2000. Dengan layaknya kriteria ini maka jalur evakuasi pun layak apabila melewati tangga darurat.

### **5.3 Analisis Perencanaan Jalur Evakuasi**

Perencanaan jalur evakuasi pada objek amatan mengikuti struktur dan jalur utama dari gedung. Pada perencanaan jalur evakuasi ini sudah memenuhi kriteria utama yaitu lebih dari satu alternatif rute. Konstruksi gedung dari lantai empat hingga lantai sepuluh yang membagi gedung menjadi dua buah ruangan besar yang kemudian dihubungkan dengan jembatan juga secara sendirinya akan memecah kerumunan massa menjadi dua rombongan besar mengikuti rute mana yang terdekat dengan posisi mereka saat terjadi keadaan berbahaya.

Dimensi yang ada pada amatan juga termasuk sangat baik. Dari lebar minimal 71,1 cm yang menjadi batas minimal pembuatan rute evakuasi, lebar rute evakuasi pada objek amatan rata-rata memiliki dimensi 180 cm atau 1,8 m hingga 3m. Dengan lebar rute yang cukup lebar, maka orang-orang yang ingin menyelamatkan diri tidak akan berdesak-desakan sehingga proses evakuasi akan lebih lancar.

Proses evakuasi akan lebih mudah dan cepat pada lantai tiga. Pada lantai ini terdapat tangga tambahan sehingga konsentrasi arus massa atau rombongan yang dievakuasi dapat dipecah kembali karena sebagian dapat melewati tangga yang berada di tengah gedung.

Pada lantai dua merupakan lantai terakhir yang ditempuh pada proses evakuasi dalam gedung. Dari lantai dua ini, seluruh orang akan dievakuasi keluar gedung. Alternatif ini dipilih karena lantai satu merupakan area parkir yang apabila terjadi kebakaran akan lebih sulit dilakukan evakuasi. Alternatif ini dipilih juga dikarenakan prinsip utama evakuasi dalam gedung yaitu korban harus dikeluarkan

dari gedung sesegera mungkin. Sementara orang-orang yang ada di lantai satu, harus segera lari keluar dari gedung. Orang-orang yang sudah keluar dari gedung selanjutnya akan dibawa menuju *meeting point* agar keselamatannya benar-benar terjamin.

#### **5.4 Analisis Penentuan Tanda Keluar**

Tanda keluar pada objek amatan terdiri dari dua jenis yaitu tanda keluar yang ditempelkan di dinding dan digantung pada atap. Kedua tipe tanda keluar ini digunakan untuk saling melengkapi agar seluruh sisi gedung objek amatan dapat mengetahui arah mana jalur evakuasi yang benar.

Pemasangan tanda evakuasi dilakukan terlebih dahulu dengan lokasi peletakan di persimpangan jalur (*intersection*). Dengan kondisi yang digantung serta diletakkan pada persimpangan jalur diharapkan tanda tersebut dapat terlihat dari lebih banyak sisi gedung. Peletakan di persimpangan jalur juga akan membuat jumlah tanda yang diperlukan semakin sedikit sehingga hasil yang dikeluarkan lebih efisien. Sementara tanda keluar yang diletakkan pada dinding digunakan hanya pada sisi-sisi gedung yang tidak dapat mengakses atau menjangkau tanda keluar utama, sehingga seluruh gedung tetap tahu arah mana yang menjadi jalur evakuasi.

#### **5.5 Analisis Perencanaan Titik Kumpul (*Meeting Point*)**

Lokasi titik kumpul yang telah ditentukan yaitu di pelataran depan Gedung Perpustakaan Pusat ITS dan Pelataran Gedung Baru LPPM ITS. Lokasi-lokasi tersebut merupakan lokasi aman absolut atau lokasi yang benar benar tidak akan terkena imbas dari keadaan bahaya yang terjadi pada objek amatan.

Proses evakuasi atau penentuan titik kumpul mana yang digunakan akan bergantung pada jumlah orang yang dievakuasi. Apabila jumlah orang yang dievakuasi tidak terlalu banyak, maka *meeting point* didepan Gedung Baru LPPM ITS dapat dijadikan alternatif. Namun apabila kapasitas area tersebut tidak memadai, maka evakuasi akan diteruskan ke Pelataran depan Perpustakaan. Area depan Perpustakaan ini adalah lokasi yang sangat aman, selain sama sekali tidak

mendapat pengaruh dari kondisi gedung, juga dapat diakses dari area lain sehingga evakuasi tingkat lanjut seperti akses ambulans dapat dilakukan.

Pemilihan dua lokasi ini juga mempertimbangkan arah angin yang sering terjadi, sehingga posisi di arah mata angin barat laut lebih diprioritaskan. Hal ini dilakukan untuk menghindari potensi benda jatuh yang kemudian terhempas angin yang selanjutnya dapat mengancam orang yang sedang berada pada titik kumpul.

Alternatif lain yang dapat diterapkan apabila kebakaran yang terjadi tidak terlalu besar adalah dengan menambahkan lokasi *meeting point* pada pelataran depan Gedung Jurusan Teknik Informatika, opsi ini dapat dipilih apabila dilihat potensi kebakaran yang terjadi tidak terlalu bahaya atau angin yang berhembus tidak terlalu kencang dan atau tidak berhembus ke arah utara. Alternatif ini dapat menjadi solusi yang lebih baik dikarenakan letak objek amatan lebih dekat dengan posisi Gedung Teknik Informatika dibandingkan dengan posisi dua alternatif *meeting point* lainnya.

## **5.6 Analisis *Emergency Responce Procedure***

*Emergency Responce Procedure* merupakan sekumpulan langkah-langkah yang harus dilakukan ketika keadaan bahaya terjadi. Pada keadaan sebenarnya, terdapat banyak jenis *Emergency Responce Procedure* yang menyesuaikan dengan jenis bahaya yang mengancam, seperti kebakaran, gempa bumi, banjir, terorisme, unjuk rasa dll. Namun, pada laporan ini *Emergency Responce Procedure* yang dibuat pada objek amatan hanya diperuntukkan keadaan kebakaran dan gempa bumi. Hal ini dikarenakan potensi keadaan ini dianggap lebih besar terjadi dibandingkan dengan kondisi darurat yang lain.

Pada *Emergency Responce Procedure* untuk keadaan darurat kebakaran, langkah yang pertama dilakukan adalah menghubungi pihak yang berwenang, dalam hal ini adalah Dinas Pemadam Kebakaran Kota Surabaya dan UPT KK ITS sebagai pihak keselamatan kampus. Kemudian terdapat dua pilihan langkah yang dapat diambil, apabila terlatih dan mampu menggunakan APAR, maka langkah yang harus dilakukan adalah memadamkan titik api. Pemadaman titik api ini memiliki beberapa fungsi, yaitu pemadaman titik api utama penyebab kebakaran

saat titik api masih kecil dan dapat ditangani menggunakan APAR serta fungsi membuka jalur evakuasi apabila jalur evakuasi tertutup api. Pilihan yang kedua adalah lari keluar dari gedung dengan berpandu pada *evacuation route* menuju *meeting point*, cara ini merupakan cara yang banyak dilakukan karena sudah menjadi insting seseorang untuk lari dari sumber bahaya.

UPT KK ITS yang tiba dilokasi akan memadamkan aliran listrik pada gedung. Tujuan dari pemadaman ini adalah menghindari potensi sengatan listrik apabila terdapat kabel yang putus dan menghalangi rute evakuasi, fungsi lain dari pemadaman listrik adalah memudahkan petugas pemadam kebakaran saat memadamkan kebakaran dalam gedung, karakteristik air sebagai konduktor listrik yang baik akan membahayakan petugas apabila aliran listrik tidak dipadamkan. Setelah proses pemadaman listrik, Petugas UPT KK ITS akan membantu proses evakuasi korban menuju ke *meeting point*. Proses evakuasi sering berjalan lambat karena korban biasanya panik dan bingung arah yang harus dituju, disinilah petugas UPT KK ITS berfungsi untuk mengarahkan korban menuju ke tempat yang aman.

Setelah petugas pemadam kebakaran datang, setelah berkonsolidasi dengan petugas UPT KK ITS, proses pemadaman api dimulai. Selain memadamkan api, petugas pemadam kebakaran juga berfungsi sebagai koordinator bagi pihak-pihak lain seperti polisi, petugas medis dll. Setelah api dapat dipadamkan dan korban yang terluka maupun meninggal telah ditangani, maka proses tanggap darurat selesai.

Sementara pada *Emergency Response Procedure* untuk keadaan bahaya jenis gempa bumi, langkah pertama yang dilakukan adalah berlindung dibawah benda-benda yang dapat melindungi dari risiko tertimpa reruntuhan. Langkah selanjutnya adalah menelepon UPT KK ITS, setelah keadaan benar-benar aman korban dapat meninggalkan lokasi dan menuju ke *meeting point*.

UPT KK ITS yang tiba dilokasi akan memadamkan aliran listrik pada gedung. Tujuan dari pemadaman ini adalah menghindari potensi sengatan listrik apabila terdapat kabel yang putus dan menghalangi rute evakuasi, fungsi lain dari pemadaman listrik adalah memudahkan petugas pemadam kebakaran saat memadamkan kebakaran dalam gedung, karakteristik air sebagai konduktor listrik yang baik akan membahayakan petugas apabila aliran listrik tidak dipadamkan.

Setelah proses pemadaman listrik, Petugas UPT KK ITS akan membantu proses evakuasi korban menuju ke *meeting point*. Proses evakuasi sering berjalan lambat karena korban biasanya panik dan bingung arah yang harus dituju, disinilah petugas UPT KK ITS berfungsi untuk mengarahkan korban menuju ke tempat yang aman.

## **5.7 Analisis Pemasangan APAR**

Perhitungan mengenai jenis kebutuhan beserta lokasi pemasangan telah dibahas pada bab sebelumnya. Pada subbab ini akan dilakukan analisis mengenai perhitungan dan penentuan tersebut.

### **5.7.1 Analisis Penentuan Jenis APAR**

Penentuan jenis APAR yang digunakan menyesuaikan dengan *fire hazard* yang ada pada sekitar APAR yang akan dipasang. Dengan fungsi utama gedung sebagai kantor dan gedung pendidikan, gedung ini dari segi fungsi dapat dikategorikan sebagai gedung dengan potensi bahaya yang rendah hingga sedang.

Secara garis besar *fire hazard* yang dikandung pada gedung memiliki kelas A dan C karena adanya instalasi aliran listrik dan mesin atau alat yang berpotensi memberikan sengatan listrik saat pemadaman. Dengan adanya *fire hazard* kelas C hampir pada setiap sudut ruangan maka APAR jenis air tidak dapat digunakan. APAR yang sesuai dengan karakteristik *fire hazard* kelas A dan C adalah *Multi-purpose powder* (tepung) dan gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>).

Pada penentuan APAR, sebagian besar digunakan APAR dengan jenis *dry powder*. APAR jenis ini memiliki beberapa keunggulan apabila dibandingkan dengan APAR jenis CO<sub>2</sub> diantaranya adalah harga yang lebih murah, dapat menurunkan dan menahan radiasi panas dengan baik, dapat digunakan di udara terbuka dengan angin sedang, tidak beracun serta lebih sesuai untuk memadamkan *fire hazard* dengan kelas A.

Pada beberapa ruang APAR yang digunakan memiliki jenis CO<sub>2</sub>, ruangan-ruangan tersebut adalah ruangan-ruangan dengan komputer dan peralatan-peralatan elektronik dengan harga yang mahal seperti komputer dengan spesifikasi yang tinggi. Sehingga penggunaan CO<sub>2</sub> yang tidak meninggalkan bekas serta cenderung lebih bersih. Sehingga apabila terdapat titik api dan dilakukan pemadaman, perangkat-perangkat disekitar tidak terganggu fungsi dan kegunaannya. Selain itu

APAR jenis CO<sub>2</sub> juga memiliki keunggulan lain yaitu dapat digunakan lebih dari sekali.

Selain kedua jenis APAR tersebut, digunakan APAR jenis busa. APAR jenis ini khusus digunakan untuk mengatasi kebakaran dengan sumber kebakaran atau titik api dari benda dengan kelas K (minyak goreng, minyak nabati dan minyak hewan).

### 5.7.2 Analisis Penentuan Letak Pemasangan APAR

Pada penentuan letak pemasangan APAR hal yang diperhatikan adalah jenis APAR yang digunakan. Setiap APAR memiliki jarak tempuh maksimum yang juga disesuaikan dengan *fire hazard* yang ada dan juga derajat potensi yang ada pada tempat tersebut.

Dalam menentukan tempat pemasangan APAR digunakan *maximum set covering*. Dengan menggunakan *maximum set covering*, diketahui posisi mana saja yang dapat menjangkau seluruh sudut ruangan dalam satu lantainya dengan jumlah paling minimum, sehingga dana yang dikeluarkan dapat ditekan seminimal mungkin. Dari hasil *running* yang telah dilakukan didapatkan bahwa mulai lantai empat hingga lantai sepuluh, memiliki kemiripan dari segi letak, jumlah yang dibutuhkan maupun APAR yang digunakan. Hal ini disebabkan diantaranya oleh adanya kesamaan bentuk dan posisi ruangnya.

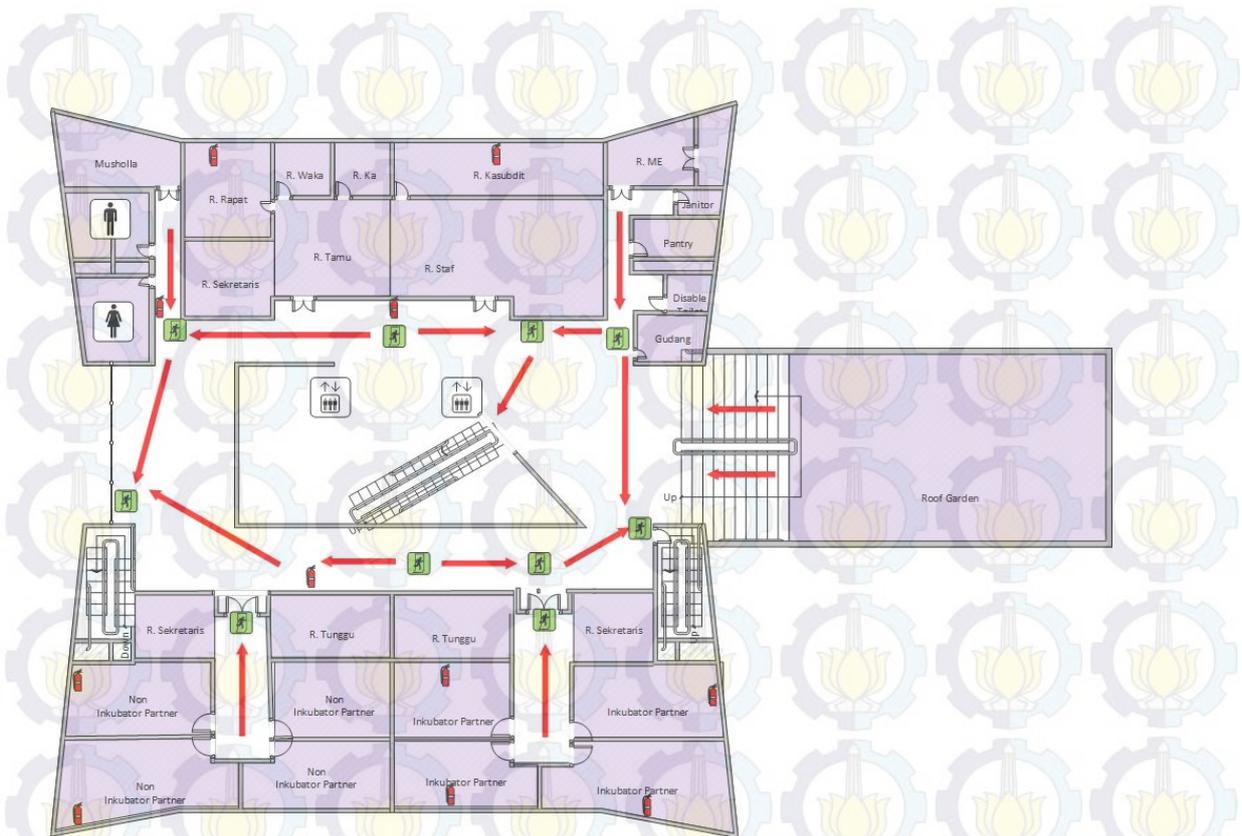
Sementara pada lantai tiga dibutuhkan sebelas APAR, terbanyak diantara lantai-lantai lain. Pada gambar 5.1 dapat dilihat bahwa hal ini diantaranya dikarenakan bentuk ruangan yang berbeda dengan yang lain. Pada lantai ini juga dilakukan *adjustment* terhadap letak APAR. Penyesuaian yang dilakukan adalah memindahkan dari titik J di ruang Kasubdit ke titik F di ruangan staf di dekat *pantry*. Hal ini dikarenakan titik F sebenarnya juga dapat dijangkau oleh titik J, maka *software solver* akan memilih titik J dikarenakan titik J tersebutlah yang tidak dapat dijangkau oleh APAR pada titik E, namun APAR tersebut dapat masih dapat dijangkau apabila diletakkan pada titik F. Pemindahan dari titik awal ke titik baru dikarenakan potensi terjadinya kebakaran lebih besar serta posisi yang lebih strategis sehingga akses ke tempat APAR lebih mudah. Hasil dari *adjustment* dan penetapan akhir dapat dilihat pada gambar 5.3.



Gambar 5.1 Notasi *maximum set covering* pada lantai tiga



Gambar 5.2 ERP dan Lokasi APAR pada lantai tiga sebelum *adjustment*



Gambar 5.3 ERP dan Lokasi APAR pada lantai tiga setelah *adjustment*

Pada lantai dua jumlah kebutuhan terhadap APAR tergolong rendah, hal ini dikarenakan ruangan yang luas dan tidak terdapat sekat sehingga pergerakan dapat lebih leluasa. Pada lantai ini juga terdapat penyesuaian terhadap letak APAR. Hal ini selain karena posisi yang lebih strategis, juga dikarenakan jenis APAR busa yang digunakan memang khusus digunakan untuk mengantisipasi kebakaran di area dapur.

Berikut pada gambar 5.4 akan ditunjukkan notasi-notasi atau alternatif-alternatif lokasi pemasangan yang dapat dijadikan panduan saat pemasangan APAR dilakukan. Peletakan alternatif-alternatif solusi tersebut diletakkan sepanjang jalur evakuasi. Dengan lokasi penempatan APAR di sepanjang jalur evakuasi diharapkan APAR dapat digunakan ketika jalur evakuasi tertutup oleh api atau bahaya yang lain.



Gambar 5.4 Notasi *maximum set covering* pada lantai dua

Pada lantai dua kebutuhan APAR juga dapat dikurangi dikarenakan *fire hazard* yang lebih sedikit dan tergolong rendah dibandingkan dengan lantai-lantai yang lain. Selain itu, jumlah pintu keluar yang lebih banyak juga akan lebih memudahkan bagi seseorang yang berada pada lantai ini untuk lebih cepat melarikan diri.

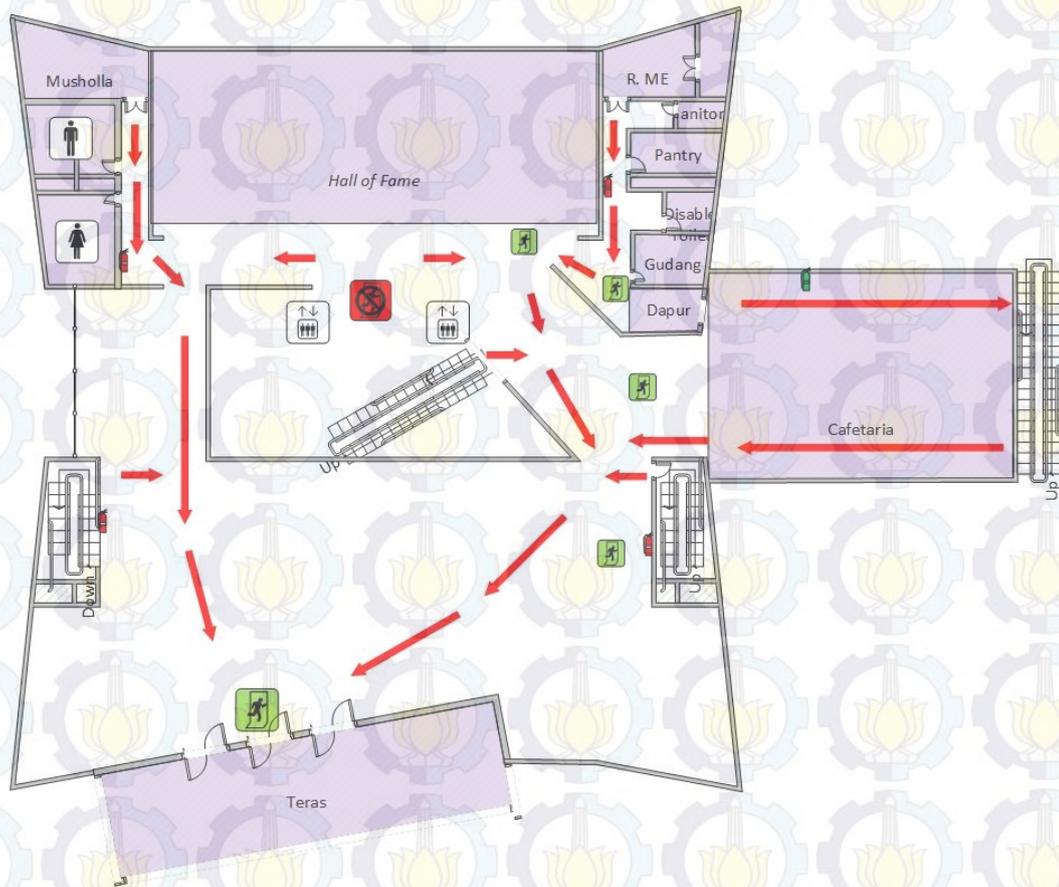
Selain dari segi jumlah entitas *fire hazard* yang lebih sedikit. Posisi lantai yang berfungsi sebagai salah satu alternatif tempat meninggalkan gedung juga dapat menjadi pertimbangan apabila jumlah APAR yang dipasang pada lantai ini dilakukan pengurangan.



Gambar 5.5 ERP dan Lokasi APAR pada lantai dua sebelum *adjustment*

Pada gambar 5.5 dapat dilihat bahwa letak APAR jenis busa, yang pada gambar ditunjukkan dengan APAR berwarna hijau dipasang pada ruang *hall of fame*. Ruangan *hall of fame* yang berfungsi seperti galeri dan pameran memiliki risiko terbakar yang cenderung lebih rendah dibandingkan dengan ruangan-ruangan yang lain. Selain hal tersebut, APAR yang digunakan memiliki jenis isi busa yang lebih sesuai apabila digunakan pada risiko kebakaran dengan kelas K atau ruang dengan kandungan minyak goreng, pada lantai ini berada pada dapur. Dengan alasan tersebut, APAR lebih sesuai apabila dipindah ke daerah yang berada di sekitar dapur. Proses penyesuaian atau *adjustment* dapat dilihat pada gambar 5.6.

Pada lantai satu APAR yang digunakan lebih sedikit dikarenakan area yang dijangkau lebih cepat karena banyaknya ruangan kosong. Selain itu, area ini juga tidak dekat dengan sumber air sehingga penggunaan APAR sudah dapat direkurangi.



Gambar 5.6 ERP dan Lokasi APAR pada lantai dua setelah *adjustment*

Pada lantai sebelas lokasi peletakan APAR dapat diletakkan pada sisi-sisi tembok jalur evakuasi. Hal ini dikarenakan fungsi gedung sebagai tempat seminar yang potensi bahayanya rendah dan arus perpindahan apabila terjadi manusia yang padat kebakaran yang berdesak-desakan sehingga sulit apabila diletakkan pada bagian depan atau belakang ruangan.

### 5.8 Analisis Perencanaan Pemasangan Smoke Detector

Menurut NFPA 101 Tahun 2000 tentang *Life Safety Code* dikatakan bahwa pemasangan smoke detector atau pendeteksi asap dapat dikurangi apabila pada sebuah gedung telah dipasang *sprinkler*. *Sprinkler* memiliki fungsi sebagai penyembur air dan sebagai pendeteksi panas (*heat detector*) pada ujung kepalanya.

Hal ini mengindikasikan bahwa fungsi pendeteksi api telah ada pada *sprinkler*. Namun pemasangan *smoke detector* masih diperlukan pada ruangan-ruangan yang memiliki aktivitas-aktivitas atau keadaan-keadaan tertentu. Salah

satu aktivitas atau keadaan tersebut adalah apabila asap lebih dahulu keluar sebelum api mengeluarkan radiasi panas. Hal ini akan memungkinkan *smoke detector* untuk menangkap asap kemudian mengirimkan sinyal tanda alarm bahaya pada seluruh penjuru gedung.

Pada objek amatan perencanaan pemasangan *smoke detector* ini difokuskan pada laboratorium-laboratorium yang memiliki bahan-bahan yang mudah terbakar serta aktivitas-aktivitas pembakaran yang berpotensi dapat menyebabkan kebakaran. Dengan begitu apabila terjadi kebakaran dan timbul asap, sebelum api membesar dan merambat, alarm sudah berbunyi dan evakuasi dapat segera dilakukan sehingga kemungkinan seluruh pengguna gedung selamat dapat ditingkatkan.

## **5.9 Analisis Perencanaan Pemasangan *Sprinkler***

Pemasangan *sprinkler* merupakan solusi terbaik untuk menanggulangi bahaya kebakaran. Dengan adanya *sprinkler* pada gedung, maka *travel distance* maksimal saat dilakukukan evakuasi yang ditoleransi dapat semakin jauh. Kenaikan *travel distance* maksimal ini mengindikasikan bahwa *sprinkler* memang efektif dalam memadamkan api maupun menunda penyebaran api.

Objek amatan yang secara umum berfungsi sebagai gedung perkantoran dan gedung pendidikan dikategorikan sebagai gedung dengan potensi terjadinya kebakaran yang rendah sehingga jarak antar kepala *sprinkler* adalah 4,6 m. Jarak antar kepala *sprinkler* sebesar itu, akan terdapat area yang terkena air lebih dari satu *sprinkler*, hal ini dimaksudkan agar proses pembasahan yang terjadi semakin baik sehingga potensi penyebaran api yang mengakibatkan kebakaran dapat dikurangi.

Dengan pemasok air menggunakan pipa, maka pemasangan akan lebih efisien apabila pemasangan kepala *sprinkler* dilakukan secara sejajar. Dengan pemasangan kepala *sprinkler* yang sejajar, maka kebutuhan pipa yang dibutuhkan akan berkurang. Pemasangan yang tidak sejajar memang diperbolehkan, apalagi untuk menjangkau daerah yang terdapat halangan pada garis yang sejajar. Namun akan menambah kebutuhan pipa sehingga akan menambah biaya yang dibutuhkan.

## BAB 6

### KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai kesimpulan didapatkan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran-saran yang akan diberikan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.

#### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan *Emergency Response Plan* (ERP) yang dilakukan meliputi evaluasi terhadap kebutuhan pintu darurat, tangga darurat, perencanaan jalur evakuasi, perencanaan titik kumpul, dan pembuatan *Emergency Response Procedure*. Pada evaluasi terhadap kebutuhan terhadap pintu darurat didapatkan bahwa hanya pada lantai sebelas atau lantai paling atas yang pintu darurat pada kondisi saat ini belum memenuhi ketentuan menurut NFPA 10 Tahun 1998. Pada perencanaan jalur evakuasi, direncanakan bahwa pada setiap lantai minimal terdapat dua pilihan rute yang dapat ditempuh. Pada perencanaan penentuan titik kumpul ditentukan titik kumpul terletak pada pelataran Gedung Baru LPPM ITS dan Lapangan Perpustakaan ITS. Pada pembuatan *Emergency Response Procedure* terdapat tiga elemen yang dilibatkan, yaitu pengguna gedung sendiri, UPT, KK ITS dan Dinas Pemadam Kebakaran Kota Surabaya.
2. Beberapa alternatif solusi yang dapat digunakan adalah memindahkan atau menambahkan lokasi *meeting point* ke pelataran Gedung Jurusan Teknik Informatika. Mengurangi kapasitas tampung ruang seminar pada lantai sebelas. Rekomendasi selanjutnya adalah pemasangan *sprinkler* dan *smoke detector* pada gedung.
3. Terdapat tiga jenis APAR yang digunakan. APAR jenis *Multi-purpose powder*,  $\text{CO}_2$  dan *Special foam*. Total penggunaan APAR untuk masing

masing jenis adalah jenis CO<sub>2</sub> berjumlah 3 buah, *Multi-purpose powder* berjumlah 85 buah dan *Special foam* berjumlah 2 buah.

4. Pemasangan *sprinkler* dipasang pada setiap lantainya dan dengan penataan sejajar dengan jarak antar kepala *sprinkler* 4,6 m. Pemasangan *smoke detector* hanya pada ruangan-ruangan tertentu yang potensi kejadian kebakaran tinggi dan potensi asap yang dihasilkan banyak.

## 6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian berikutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dikemudian hari dapat lebih fokus terhadap *fire hazard* yang kemungkinan terdapat pada objek amatan, bukan hanya pada kondisi awal.
2. Untuk kemudahannya dalam melakukan penelitian, harus menghubungi pihak-pihak yang merancang maupun memiliki wewenang pada objek amatan.
3. Penelitian lebih lanjut harus lebih memperdalam mengenai penataan dan perencanaan pemasangan *sprinkler* dan *smoke detector*.
4. Penelitian selanjutnya dapat ditambahi dengan simulasi evakuasi untuk mengukur waktu tempuh dan efektifitas *evacuation route*.

## DAFTAR PUSTAKA

Annisa Maharani Suyono, Oktri Mohammad Firdaus, 2011. *Evaluasi Jalur Evakuasi Pada Gedung Bertingkat 7 (tujuh) Lantai (Studi Kasus Di Gedung Graha Universitas Widyatama Bandung)*. 1(Workplace safety and health), pp. 1-247.

Badan Standarisasi Nasional, 2000. *Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-1735-2000*. s.l.:s.n.

Badan Standarisasi Nasional, 2000. *Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-1764-2000*. s.l.:s.n.

Badan Standarisasi Nasional, 2001. *Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-6574-2001*. s.l.:s.n.

Badan Standarisasi Nasional, n.d. *Standar Nasional Indonesia (SNI) 19-6772-2002*. s.l.:s.n.

Chixiang, M., Baotie, S., Shinmei, S. & Hui, L., 2012. *Analysis of Performance-based Fire Safety Evacuation in A College Library*.

Dickerdick, A., 1996. *Design of Principles of Fire Safety*. London: Department of The Environment.

Dinas Kebakaran Kota Surabaya, 2012. *Pedoman pelajaran dasar pencegahan/pemadaman kebakaran dan penyelamatan jiwa*. Surabaya: Pusat pendidikan dan pelatihan kebakaran Kota Surabaya.

Glorius, Y. & Panjaitan, T. W., 2013. *Perancangan Emergency Response Plan di PT E-T-A Indonesia*.

Hartanto, D., 2013. *materi bahan ajar OR 2, pembahasan mengenai Set covering*. Surabaya: Teknik Industri ITS.

Heryawan, I., 2015. *Kebakaran Meningkat, Kinerja Dinas Kebakaran Surabaya Tak capai Target*. [Online]

Available at:

[http://www.rri.co.id/post/berita/156938/daerah/kebakaran\\_meningkat\\_kinerja\\_dinas\\_kebakaran\\_surabaya\\_tak\\_capai\\_target.html](http://www.rri.co.id/post/berita/156938/daerah/kebakaran_meningkat_kinerja_dinas_kebakaran_surabaya_tak_capai_target.html)

[Accessed 15 April 2015].

Heryawan, I., 2015. *RRI.co.id*. [Online]

Available at:

[http://www.rri.co.id/post/berita/156938/daerah/kebakaran\\_meningkat\\_kinerja\\_dinas\\_kebakaran\\_surabaya\\_tak\\_capai\\_target.html](http://www.rri.co.id/post/berita/156938/daerah/kebakaran_meningkat_kinerja_dinas_kebakaran_surabaya_tak_capai_target.html)

[Accessed 15 April 2015].

Indosiar.com, 2014. *Indosiar.com*. [Online]

Available at: [http://www.indosiar.com/ragam/pembangunan-gedung-vertikal-semakin-marak\\_75331.html](http://www.indosiar.com/ragam/pembangunan-gedung-vertikal-semakin-marak_75331.html)

[Accessed 24 February 2015].

International Standard Organization, n.d. *ISO 14000*, s.l.: s.n.

Mahardini, R., 2010. Perencanaan Emergency Response Plan dan Penempatan APAR pada Gedung Direktorat PPNS ITS.

Merdeka.com, 2015. *Merdeka.com*. [Online]

Available at: <http://www.merdeka.com/foto/uang/pertumbuhan-gedung-pencakar-langit-di-indonesia-terus-meningkat.html>

[Accessed 21 Mei 2015].

National Fire Protection Association, 1998. NFPA No. 101 Life Safety Code. In:

s.l.:s.n.

National Fire Protection Association, 1998. NFSA No.10 Standard for Portable Fire

Extinguisher. In: s.l.:s.n.

Pramita, D., 2015. *Tempo.co*. [Online]

Available at:

[http://www.tempo.co/read/news/2015/03/11/214648968/Mengapa-Api-di-](http://www.tempo.co/read/news/2015/03/11/214648968/Mengapa-Api-di-Wisma-Kosgoro-Baru-Padam-18-Jam)

[Wisma-Kosgoro-Baru-Padam-18-Jam](http://www.tempo.co/read/news/2015/03/11/214648968/Mengapa-Api-di-Wisma-Kosgoro-Baru-Padam-18-Jam)

[Accessed 22 April 2015].

Rahadian, L., 2015. *CNN Indonesia*. [Online]

Available at: [http://www.cnnindonesia.com/nasional/20150313105726-20-](http://www.cnnindonesia.com/nasional/20150313105726-20-38880/kebakaran-wisma-kosgoro-pecahkan-rekor-asia/)

[38880/kebakaran-wisma-kosgoro-pecahkan-rekor-asia/](http://www.cnnindonesia.com/nasional/20150313105726-20-38880/kebakaran-wisma-kosgoro-pecahkan-rekor-asia/)

[Accessed 22 april 2015].

Ramli, S., 2010. *Sistem Manajemen Keselamatan & Kesehatan Kerja*. Jakarta: PT.

Dian Rakyat.

Ramli, S., 2010. *Sistem Manajemen Keselamatan & Kesehatan Kerja*. Jakarta: PT.

Dian Rakyat.

Republik Indonesia , 1985. *Keputusan Menteri Pekerjaan Umum 02/KPTS/1985*.

s.l.:s.n.

Republik Indonesia, 1970. *Undang-undang No. 1 tahun 1970*. s.l.:s.n.

Republik Indonesia, 1980. *Keputusan Menteri Tenaga Kerja 04/Men/1980*. s.l.:s.n.

Republik Indonesia, 1987. *Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor :*

*PER.04/MEN/1987*. s.l.:s.n.

Republik Indonesia, 2000. *Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor*

*11/KPTS/2000*. s.l.:s.n.

Sendouw, E., 2015. *Suara Harapan*. [Online]

Available at: <http://www.satuharapan.com/read-detail/read/pertumbuhan->

[gedung-perkantoran-2015](http://www.satuharapan.com/read-detail/read/pertumbuhan-gedung-perkantoran-2015)

[Accessed 22 Juni 2015].

Sujatmiko, W., 2014. Performance-based fire safety evacuation in high-rise

building flats. *Performance-based fire safety evacuation in high-rise*

*building flats*.

Sujatmiko, W., 2014. Performance-based fire safety evacuation in high-rise

building flats.

Sujatmiko, W., Dipojono, H. K., Soelami, F. & Soegijanto, 2014. Performance-

based fire safety evacuation in high-rise building flats.

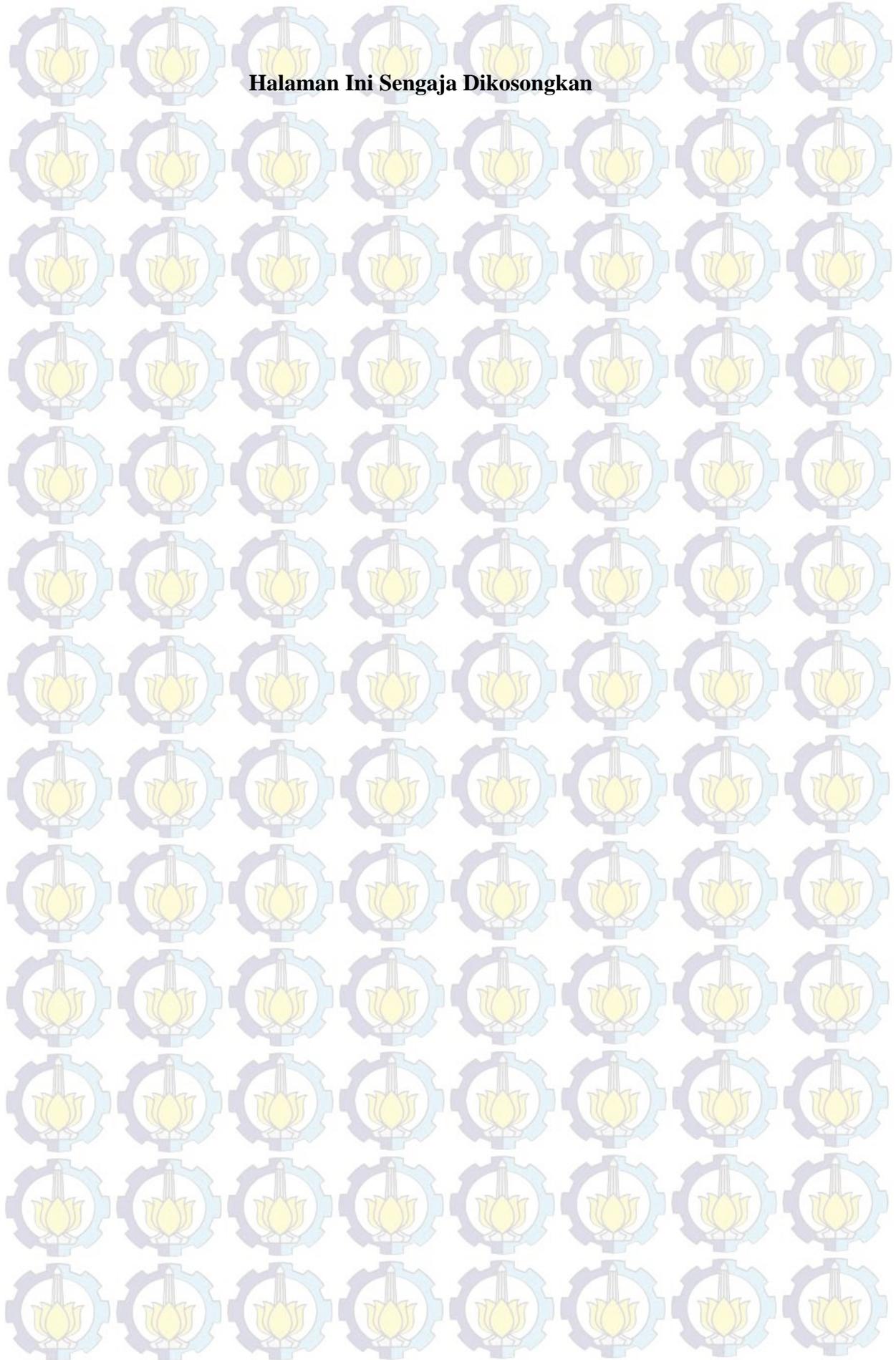
Suyono, A. M. & Firdaus, O. M., 2011. evaluasi jalur evakuasi pada gedung

bertingkat 7 (tujuh) lantai (studi kasus : Gedung Graha Universitas

Widyatama Bandung).

Wahidin, 2015. *dasar dasar pemadaman kebakaran* [Interview] (25 Mei 2015).

**Halaman Ini Sengaja Dikosongkan**



# LAMPIRAN

## Lampiran 1

Tabel *Coverage area* lantai 1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
B	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0
C	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0
D	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0
E	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
F	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
G	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
I	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
J	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

Tabel Coverage Area lantai 2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
A	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1
O	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1

Tabel Coverage Area lantai 3

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	
A	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tabel Coverage Area lantai 4

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
A	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

Tabel Coverage Area lantai 5

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	
A	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

Tabel Coverage Area lantai 6

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	
A	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

Tabel Coverage Area lantai 7

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
A	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

Tabel Coverage Area lantai 8

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
A	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

Tabel Coverage Area lantai 10

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	
A	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0

Tabel Coverage Area lantai 11

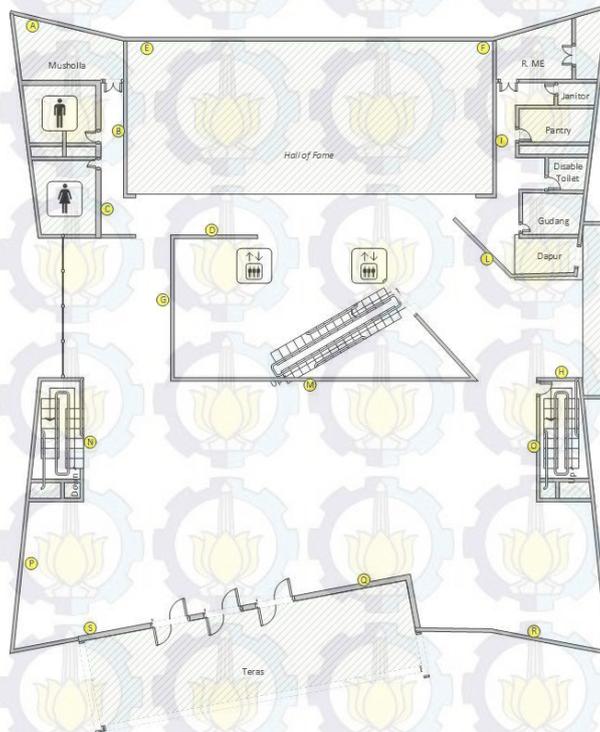
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
C	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
E	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
I	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
K	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

## Lampiran 2

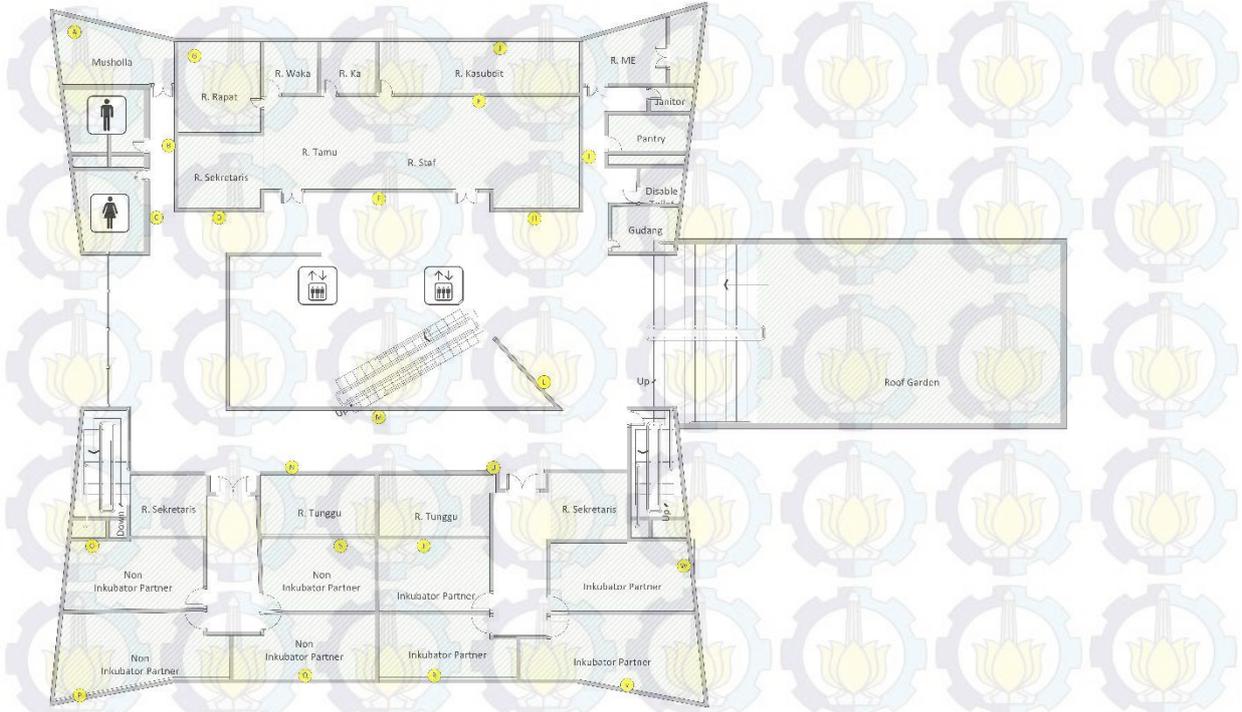
Gambar alternatif penempatan APAR lantai 1



Gambar alternatif penempatan APAR lantai 2



Gambar alternatif penempatan APAR lantai 3



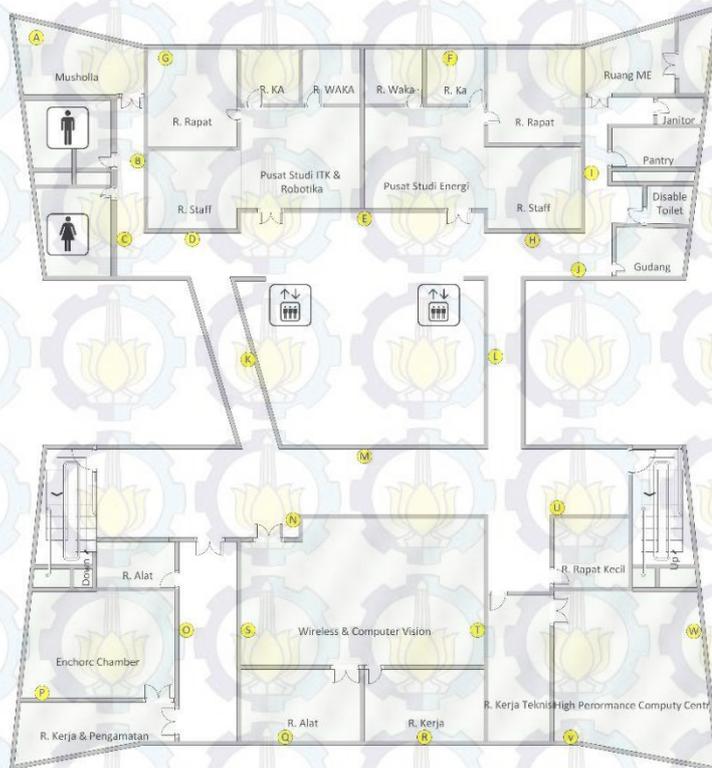
Gambar alternatif penempatan APAR lantai 4



Gambar alternatif penempatan APAR lantai 5



Gambar alternatif penempatan APAR lantai 6



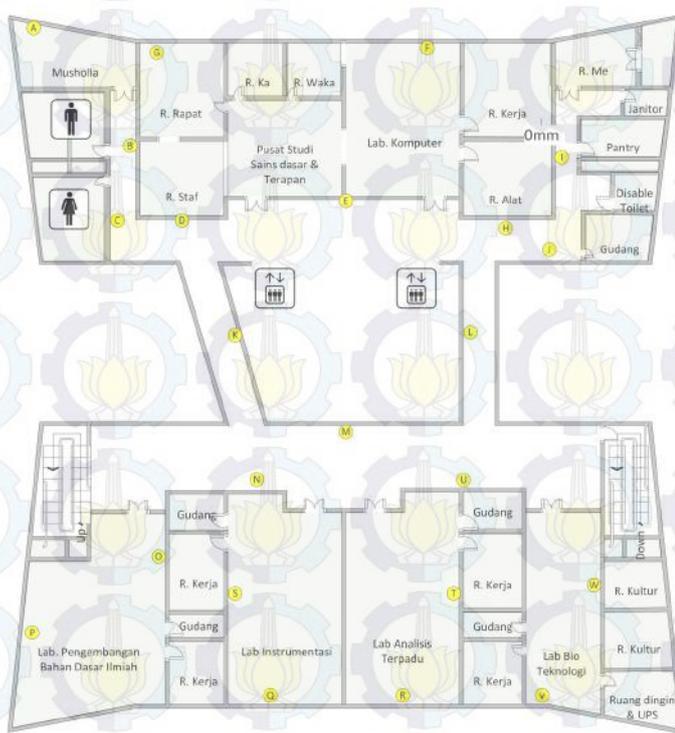
Gambar alternatif penempatan APAR lantai 7



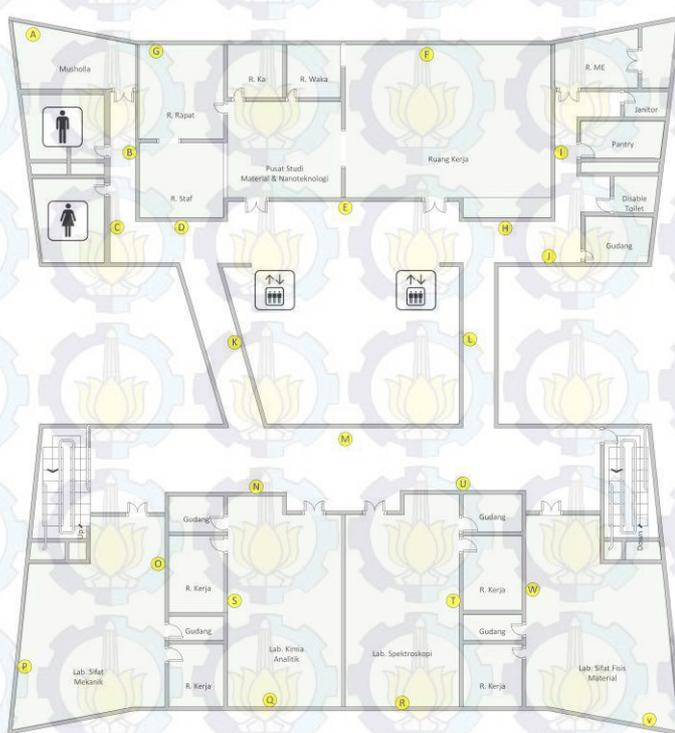
Gambar alternatif penempatan APAR lantai 8



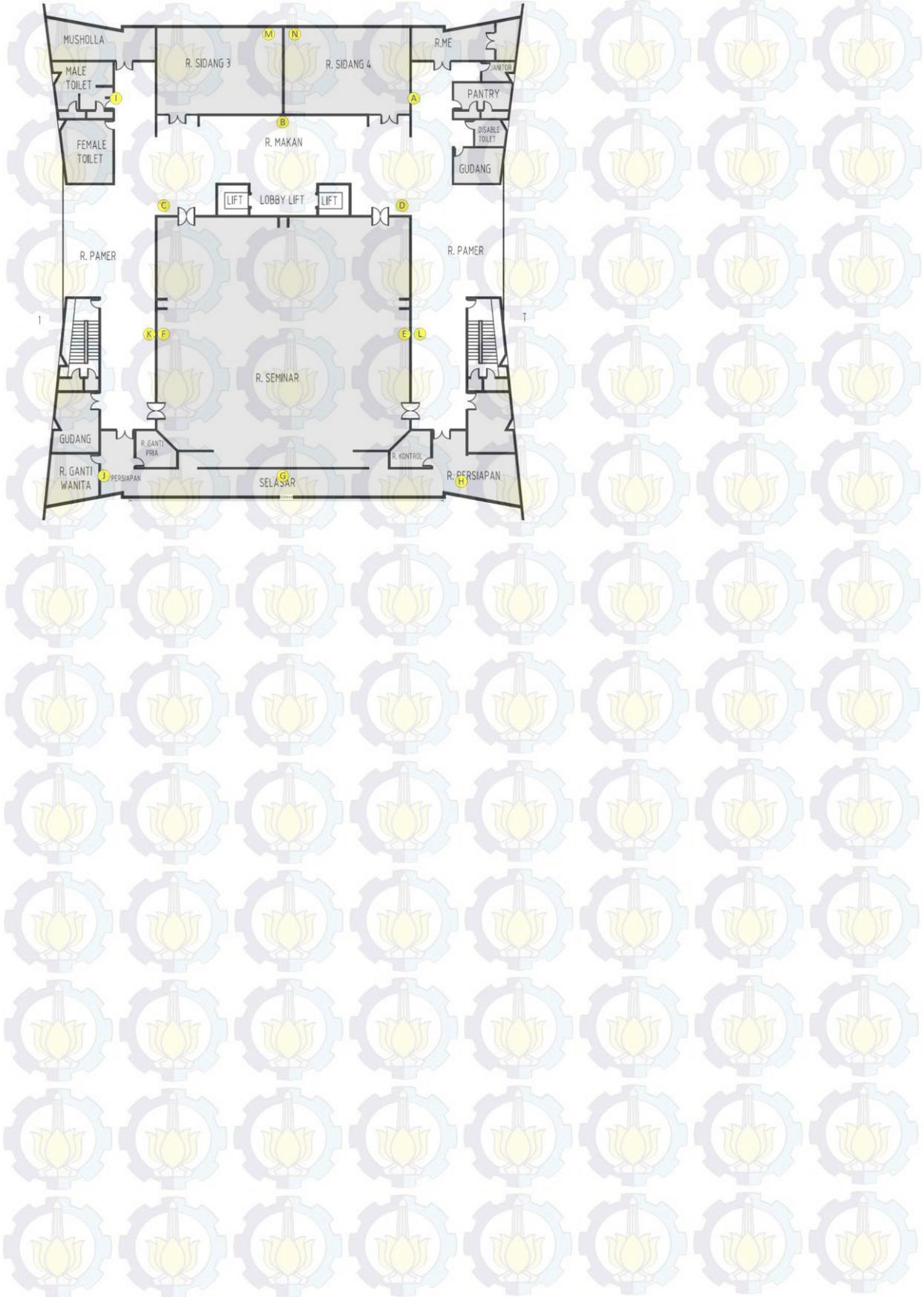
Gambar alternatif penempatan APAR lantai 9



Gambar alternatif penempatan APAR lantai 10



Gambar alternatif penempatan APAR lantai 11



**Lampiran 3**

Tabel konstrain *maximum set covering* lantai 1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Sum		
A	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
B	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	>=	1
C	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	>=	1
D	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	3	>=	1
E	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	>=	1
F	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	>=	1
G	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	>=	1
H	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	>=	1
I	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	>=	1
J	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	>=	1

Tabel konstrain *maximum set covering* lantai 2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	Sum			
A	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
B	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
C	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
D	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
E	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
F	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
G	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	>=	1
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
I	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	>=	1
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	>=	1
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	>=	1

Tabel konstrain *maximum set covering* lantai 3

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	Sum			
A	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
B	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
C	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	>=	1
D	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	>=	1
E	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	>=	1
F	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
G	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
H	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	>=	1
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
K	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	>=	1
L	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	>=	1
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	>=	1
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	>=	1
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	4	>=	1
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	>=	1
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	>=	1

Tabel konstrain *maximum set covering* lantai 4

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	Sum			
A	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
B	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
C	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
D	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	$\geq$	1
E	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	$\geq$	1
F	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
G	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
K	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	$\geq$	1
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	$\geq$	1
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	$\geq$	1
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	$\geq$	1

Tabel konstrain *maximum set covering* lantai 5

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	Sum			
A	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
B	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
C	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
D	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	$\geq$	1
E	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
F	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
G	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
H	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
I	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
J	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
K	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
L	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	$\geq$	1	
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	$\geq$	1	
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	$\geq$	1	

Tabel konstrain *maximum set covering* lantai 6

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	Sum			
A	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
B	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
C	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
D	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	$\geq$	1
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
F	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
G	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
K	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	$\geq$	1
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	$\geq$	1
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	$\geq$	1
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	$\geq$	1
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	$\geq$	1
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	$\geq$	1
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	$\geq$	1
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	$\geq$	1
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	$\geq$	1
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	$\geq$	1

Tabel konstrain *maximum set covering* lantai 7

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	Sum			
A	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
B	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
C	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	>=	1
D	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	>=	1
E	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	>=	1
F	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
G	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
H	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	>=	1
I	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
J	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	>=	1
K	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	>=	1
L	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	>=	1
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	>=	1
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	>=	1
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	>=	1
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	>=	1
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	>=	1
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	>=	1
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	>=	1

Tabel konstrain *maximum set covering* lantai 8

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	Sum			
A	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
B	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
C	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
D	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	$\geq$	1
E	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	$\geq$	1
F	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
G	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
K	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	$\geq$	1
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	$\geq$	1
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	$\geq$	1
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	$\geq$	1
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	$\geq$	1
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	$\geq$	1
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	$\geq$	1

Tabel konstrain *maximum set covering* lantai 9

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	Sum			
A	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
B	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
C	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
D	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	$\geq$	1
E	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	$\geq$	1
F	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
G	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
K	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	$\geq$	1
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$	1
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	$\geq$	1
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	$\geq$	1
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	$\geq$	1
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	$\geq$	1

Tabel konstrain *maximum set covering* lantai 10

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	Sum			
A	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	≥	1
B	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	≥	1
C	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	≥	1
D	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	≥	1
E	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	≥	1
F	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	≥	1
G	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	≥	1
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	≥	1
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	≥	1
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	≥	1
K	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	≥	1
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	≥	1
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	≥	1
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	≥	1
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	≥	1
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	≥	1
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	≥	1
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	≥	1
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	≥	1
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	≥	1
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	≥	1
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	≥	1
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	≥	1

Tabel konstrain *maximum set covering* lantai 11

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Sum		
A	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
B	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	>=	1
C	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
D	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	>=	1
E	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	1
F	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	>=	1
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	>=	1
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	>=	1
I	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	>=	1
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	>=	1
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	>=	1
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	>=	1
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	>=	1
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	>=	1

### Lampiran 4

Tabel Hasil running solver untuk lantai 1

<b>MAX</b>	Xa	Xb	Xc	Xd	Xe	Xf	Xg	Xh	Xi	Xj
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2

<b>MIN</b>	Xa	Xb	Xc	Xd	Xe	Xf	Xg	Xh	Xi	Xj
5	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0

Sum X P  
5 <= 8

Tabel Hasil running solver untuk lantai 2

<b>MIN</b>	Xa	Xb	Xc	Xd	Xe	Xf	Xg	Xh	Xi	Xj	Xk	Xl	Xm	Xn	Xo	Xp	Xq	Xr	Xs
51	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

1 2 2 2 1 1 2 2 10 10 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2

<b>MIN</b>	Xa	Xb	Xc	Xd	Xe	Xf	Xg	Xh	Xi	Xj	Xk	Xl	Xm	Xn	Xo	Xp	Xq	Xr	Xs
5	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0

Sum X P  
5 <= 8

Tabel Hasil running solver untuk lantai 3

<b>MIN</b>	Xa	Xb	Xc	Xd	Xe	Xf	Xg	Xh	Xi	Xj	Xk	Xl	Xm	Xn	Xo	Xp	Xq	Xr	Xs	Xt	Xu	Xv	Xw
37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

1 2 2 2 2 1 1 2 6 1 1 2 2 2 1 1 1 1 1 1 2 1 1

MIN	Xa	Xb	Xc	Xd	Xe	Xf	Xg	Xh	Xi	Xj	Xk	Xl	Xm	Xn	Xo	Xp	Xq	Xr	Xs	Xt	Xu	Xv	Xw	Sum	X	P		
11	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	11	<=	11

Tabel Hasil running solver untuk lantai 4

MIN	Xa	Xb	Xc	Xd	Xe	Xf	Xg	Xh	Xi	Xj	Xk	Xl	Xm	Xn	Xo	Xp	Xq	Xr	Xs	Xt	Xu	Xv	Xw	
39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	2	2	2	2	1	1	2	6	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	

MIN	Xa	Xb	Xc	Xd	Xe	Xf	Xg	Xh	Xi	Xj	Xk	Xl	Xm	Xn	Xo	Xp	Xq	Xr	Xs	Xt	Xu	Xv	Xw	Sum	X	P	
8	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	8	<=	8

Tabel Hasil running solver untuk lantai 5

MIN	Xa	Xb	Xc	Xd	Xe	Xf	Xg	Xh	Xi	Xj	Xk	Xl	Xm	Xn	Xo	Xp	Xq	Xr	Xs	Xt	Xu	Xv	Xw	
63	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	2	2	2	2	1	1	2	6	2	2	2	2	6	5	5	1	1	1	1	6	5	5	

MIN	Xa	Xb	Xc	Xd	Xe	Xf	Xg	Xh	Xi	Xj	Xk	Xl	Xm	Xn	Xo	Xp	Xq	Xr	Xs	Xt	Xu	Xv	Xw	Sum	X	P	
7	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	7	<=	8

Tabel Hasil running solver untuk lantai 6

MIN	Xa	Xb	Xc	Xd	Xe	Xf	Xg	Xh	Xi	Xj	Xk	Xl	Xm	Xn	Xo	Xp	Xq	Xr	Xs	Xt	Xu	Xv	Xw
96	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	2	2	2	2	1	1	2	6	2	2	2	2	10	6	5	5	5	9	9	2	9	9

MIN	Xa	Xb	Xc	Xd	Xe	Xf	Xg	Xh	Xi	Xj	Xk	Xl	Xm	Xn	Xo	Xp	Xq	Xr	Xs	Xt	Xu	Xv	Xw
8	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1

Sum X P  
8 <= 8

Tabel Hasil running solver untuk lantai 7

MAX	Xa	Xb	Xc	Xd	Xe	Xf	Xg	Xh	Xi	Xj	Xk	Xl	Xm	Xn	Xo	Xp	Xq	Xr	Xs	Xt	Xu	Xv	Xw
60	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	2	2	2	2	1	1	2	6	2	2	2	2	6	5	5	6	5	1	1	2	1	1

MIN	Xa	Xb	Xc	Xd	Xe	Xf	Xg	Xh	Xi	Xj	Xk	Xl	Xm	Xn	Xo	Xp	Xq	Xr	Xs	Xt	Xu	Xv	Xw
8	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0

Sum X P  
8 <= 8

Tabel Hasil running solver untuk lantai 8

MIN	Xa	Xb	Xc	Xd	Xe	Xf	Xg	Xh	Xi	Xj	Xk	Xl	Xm	Xn	Xo	Xp	Xq	Xr	Xs	Xt	Xu	Xv	Xw
80	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	2	2	2	2	1	1	2	6	2	2	2	2	6	5	5	6	5	5	5	6	5	5

MIN	Xa	Xb	Xc	Xd	Xe	Xf	Xg	Xh	Xi	Xj	Xk	Xl	Xm	Xn	Xo	Xp	Xq	Xr	Xs	Xt	Xu	Xv	Xw
8	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0

Sum X P  
8 <= 8

Tabel Hasil running solver untuk lantai 9

MIN	Xa	Xb	Xc	Xd	Xe	Xf	Xg	Xh	Xi	Xj	Xk	Xl	Xm	Xn	Xo	Xp	Xq	Xr	Xs	Xt	Xu	Xv	Xw
89	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	2	2	2	2	10	1	2	6	2	2	2	2	6	5	5	6	5	5	5	6	5	5

MIN	Xa	Xb	Xc	Xd	Xe	Xf	Xg	Xh	Xi	Xj	Xk	Xl	Xm	Xn	Xo	Xp	Xq	Xr	Xs	Xt	Xu	Xv	Xw
8	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0

Sum X P  
8 <= 8

Tabel Hasil running solver untuk lantai 10

MIN	Xa	Xb	Xc	Xd	Xe	Xf	Xg	Xh	Xi	Xj	Xk	Xl	Xm	Xn	Xo	Xp	Xq	Xr	Xs	Xt	Xu	Xv	Xw
87	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	2	2	2	2	9	1	2	6	2	2	2	2	6	5	5	5	5	5	5	6	5	5

MIN	Xa	Xb	Xc	Xd	Xe	Xf	Xg	Xh	Xi	Xj	Xk	Xl	Xm	Xn	Xo	Xp	Xq	Xr	Xs	Xt	Xu	Xv	Xw
8	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0

Sum X P  
8 <= 8

Tabel Hasil running solver untuk lantai 11

MIN	Xa	Xb	Xc	Xd	Xe	Xf	Xg	Xh	Xi	Xj	Xk	Xl	Xm	Xn
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	6	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2

MIN	Xa	Xb	Xc	Xd	Xe	Xf	Xg	Xh	Xi	Xj	Xk	Xl	Xm	Xn
8	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1

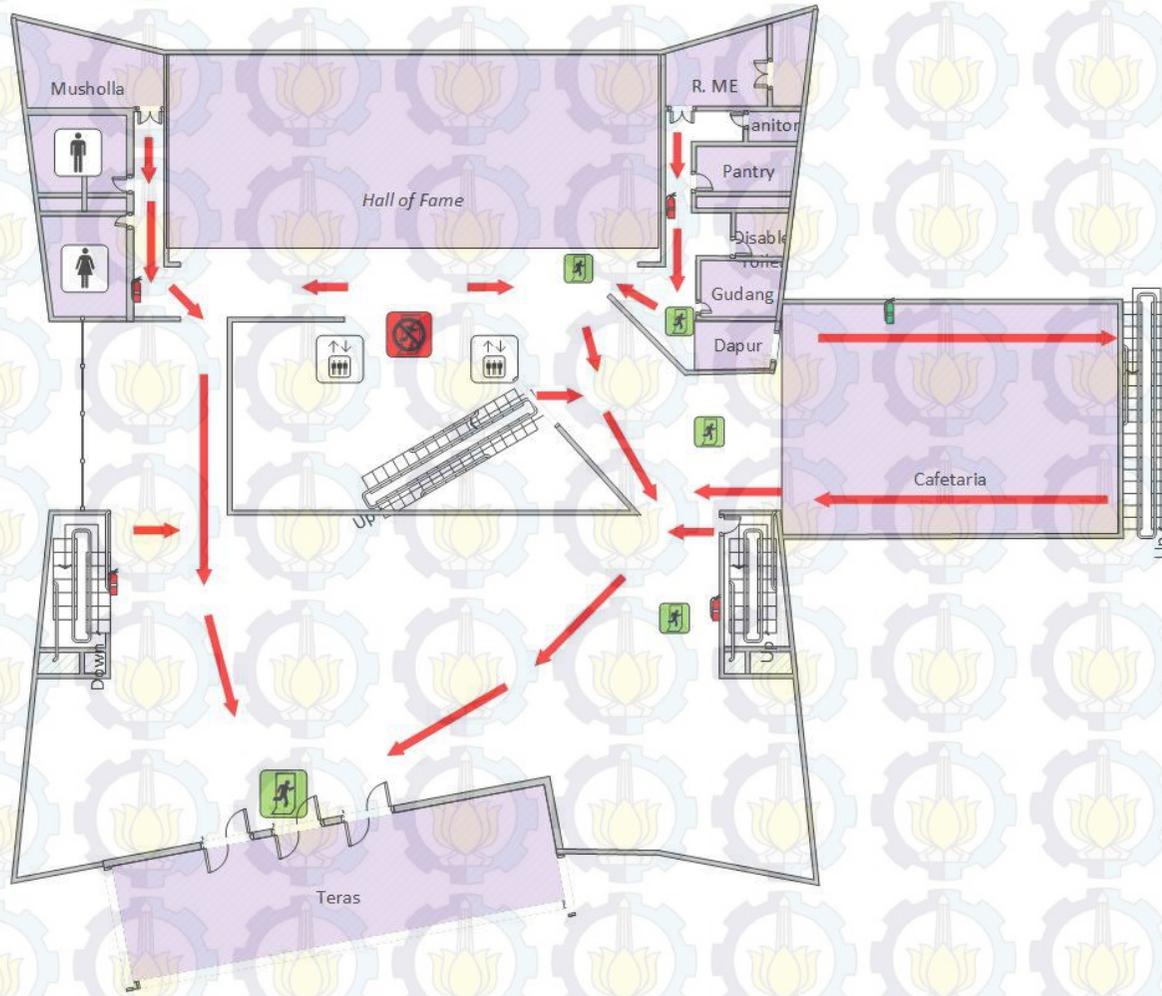
Sum X P  
8 <= 8

## Lampiran 5

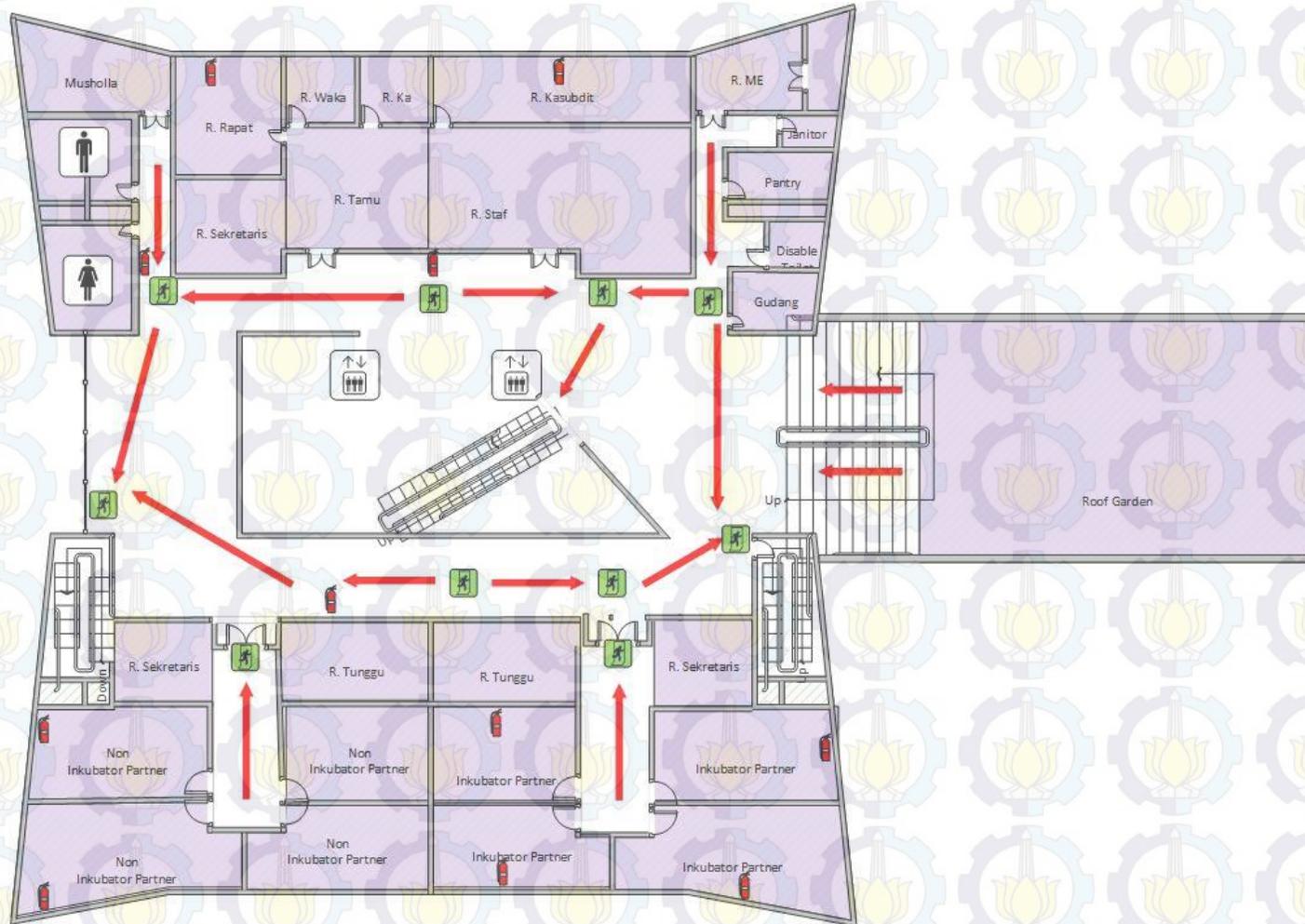
Gambar ERP dan lokasi APAR pada lantai 1



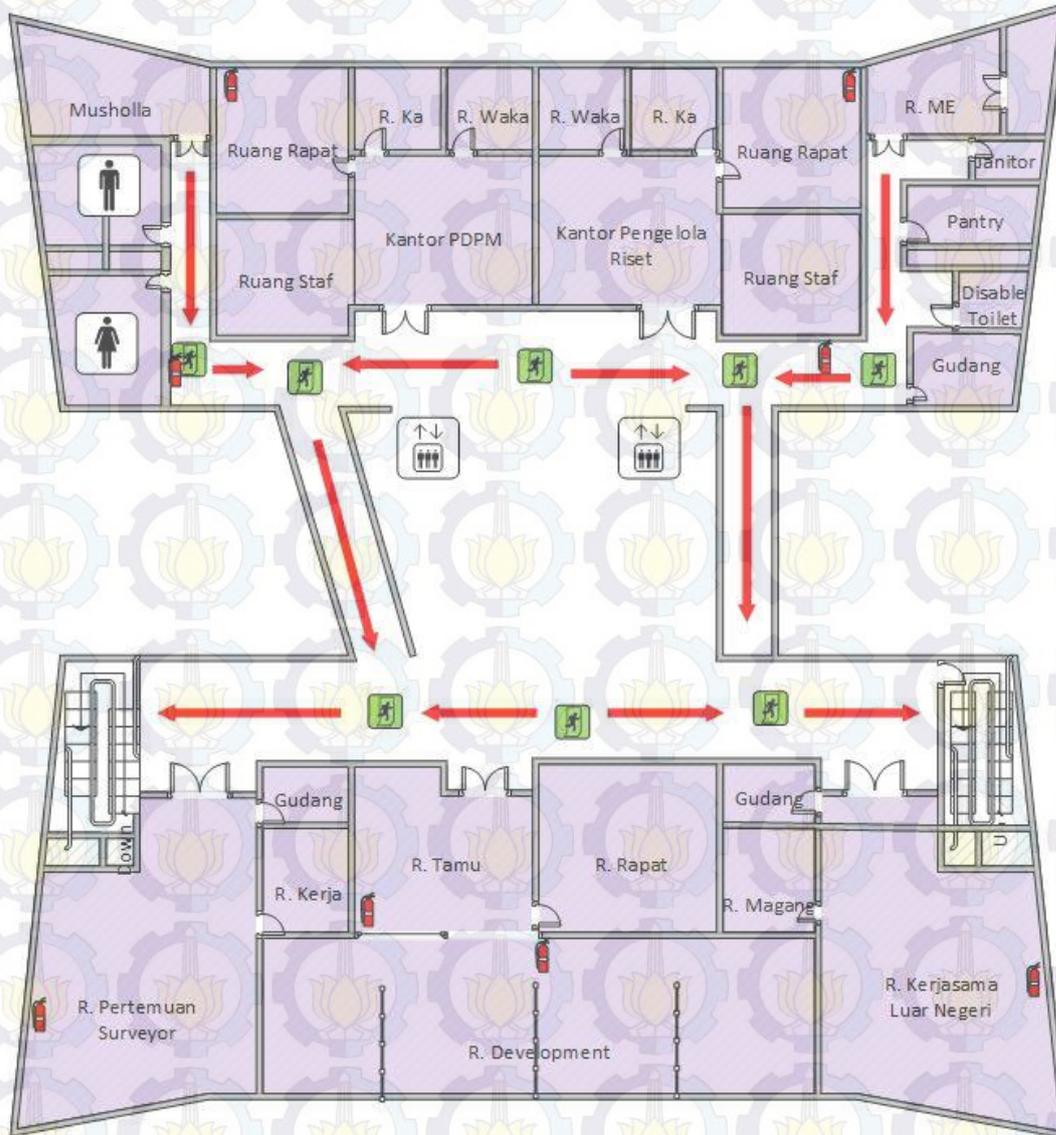
Gambar ERP dan lokasi APAR pada lantai 2



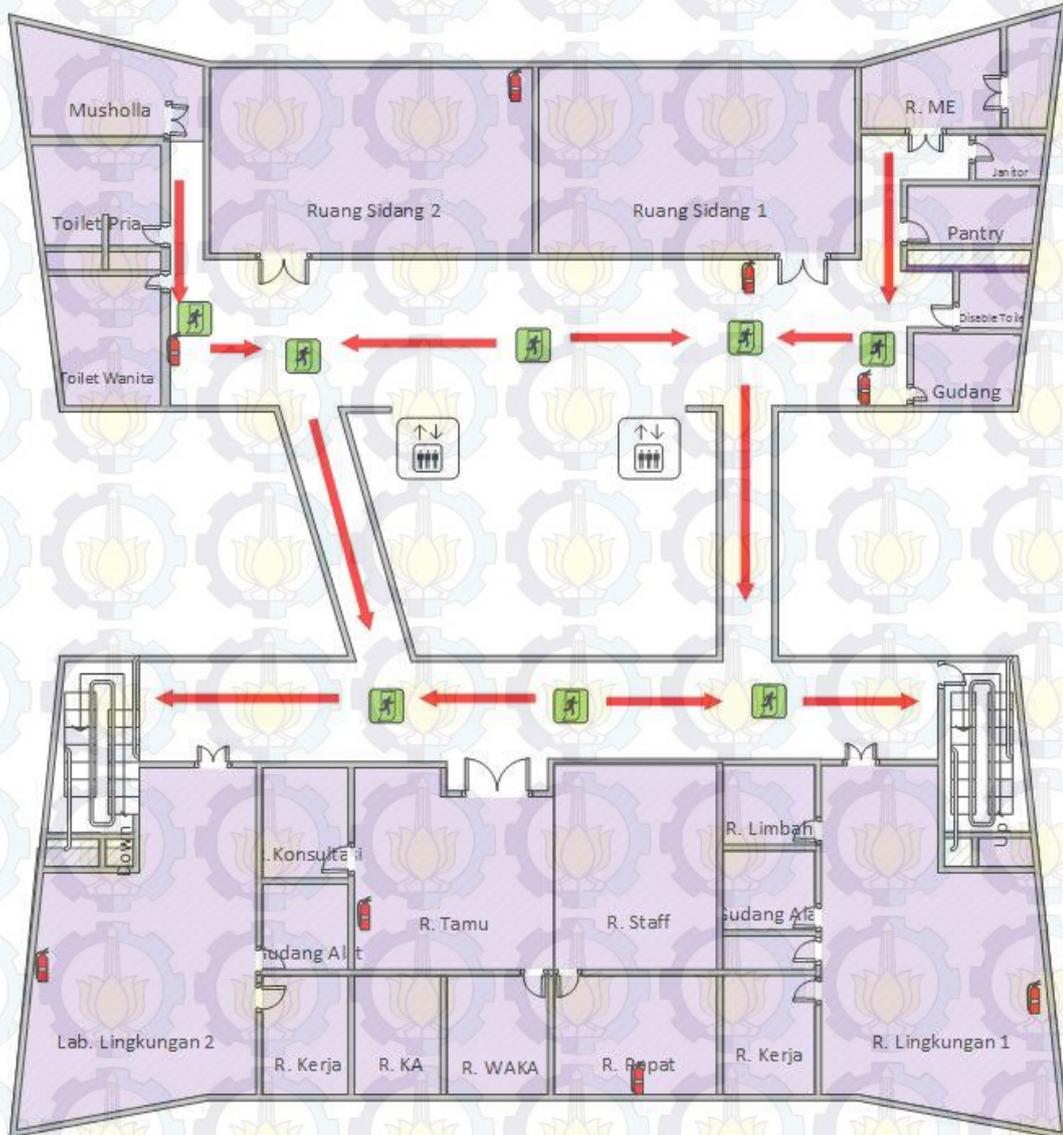
Gambar ERP dan lokasi APAR pada lantai 3



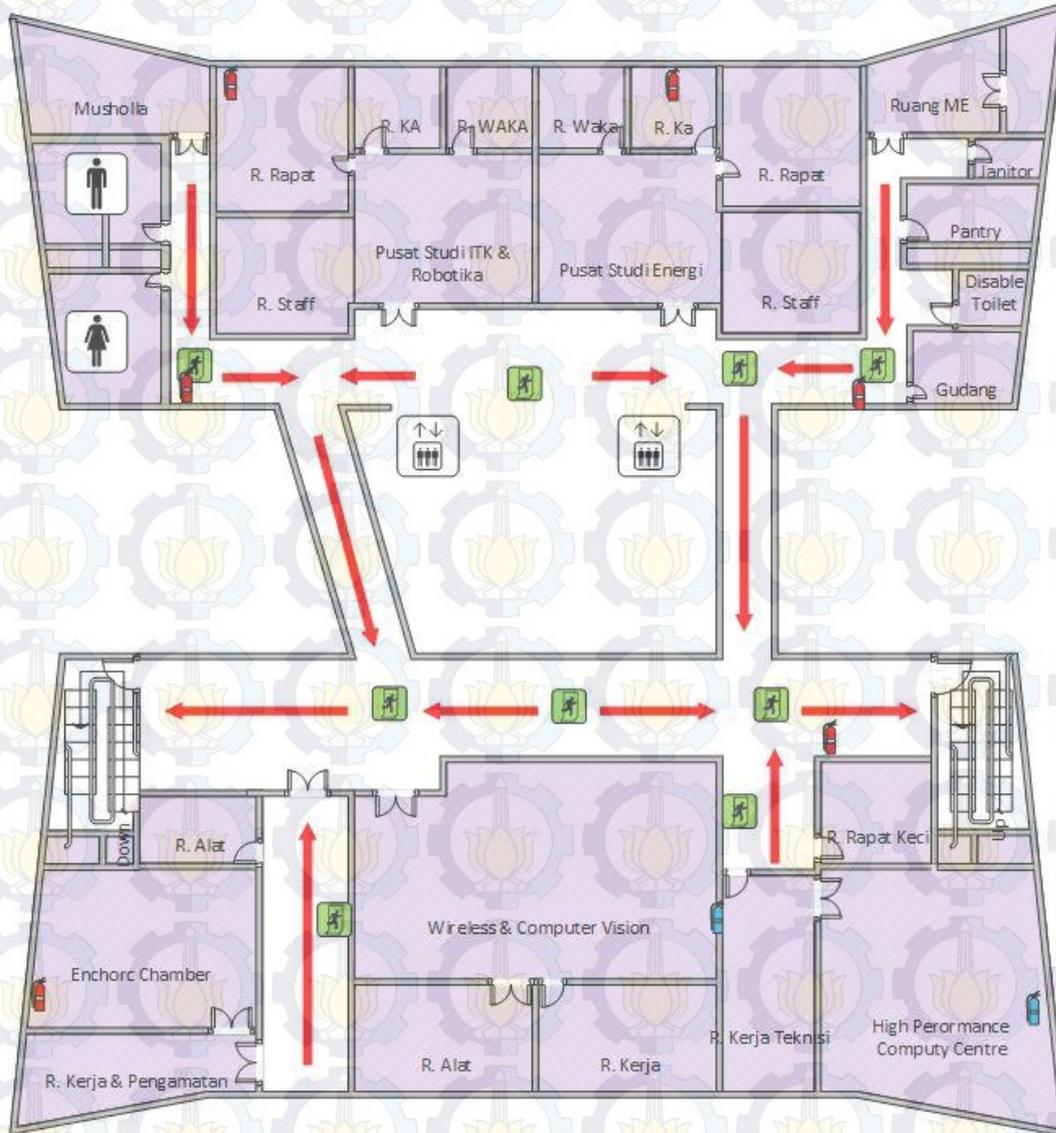
Gambar ERP dan lokasi APAR pada lantai 4



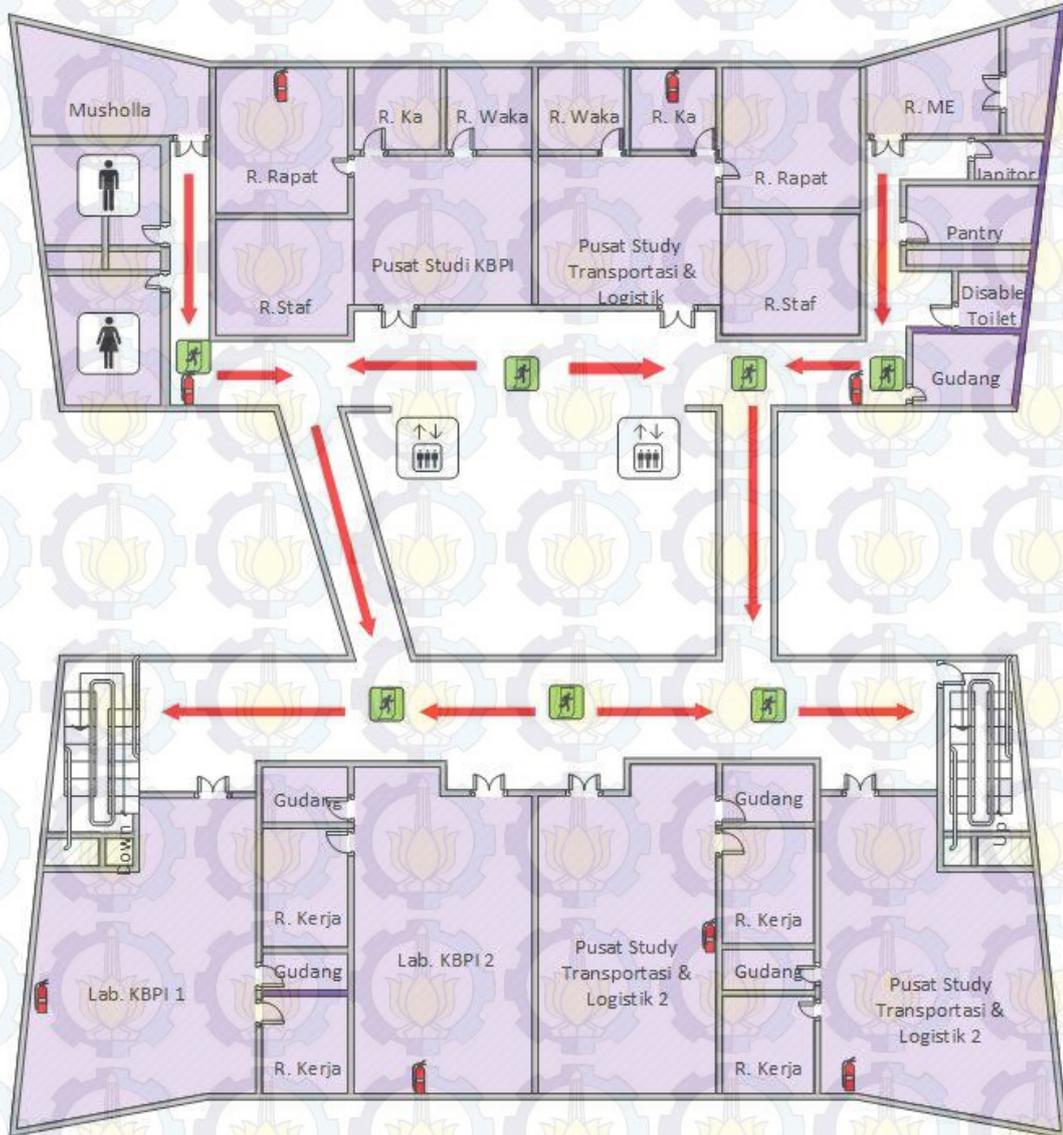
Gambar ERP dan lokasi APAR pada lantai 5



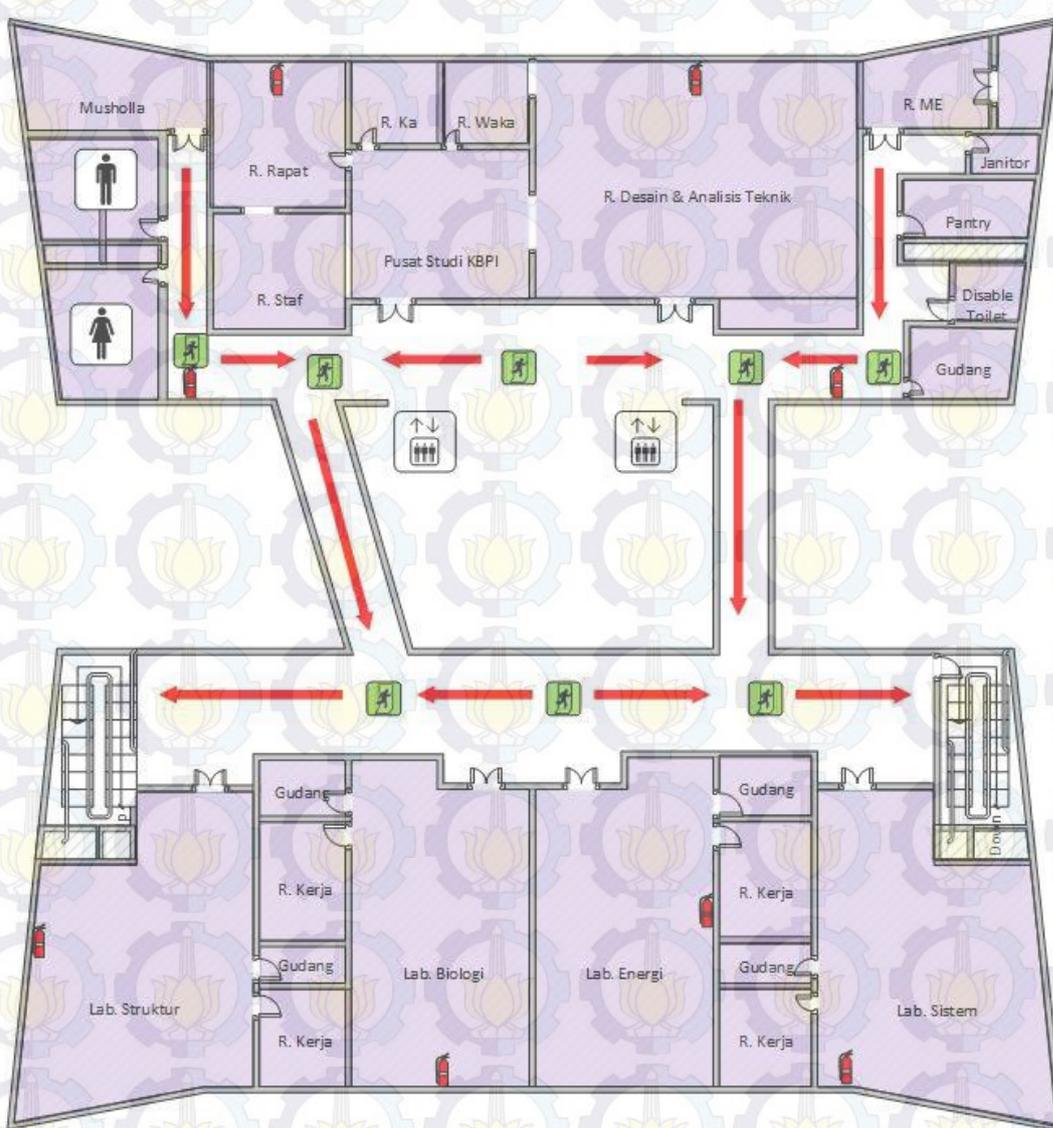
Gambar ERP dan lokasi APAR pada lantai 6



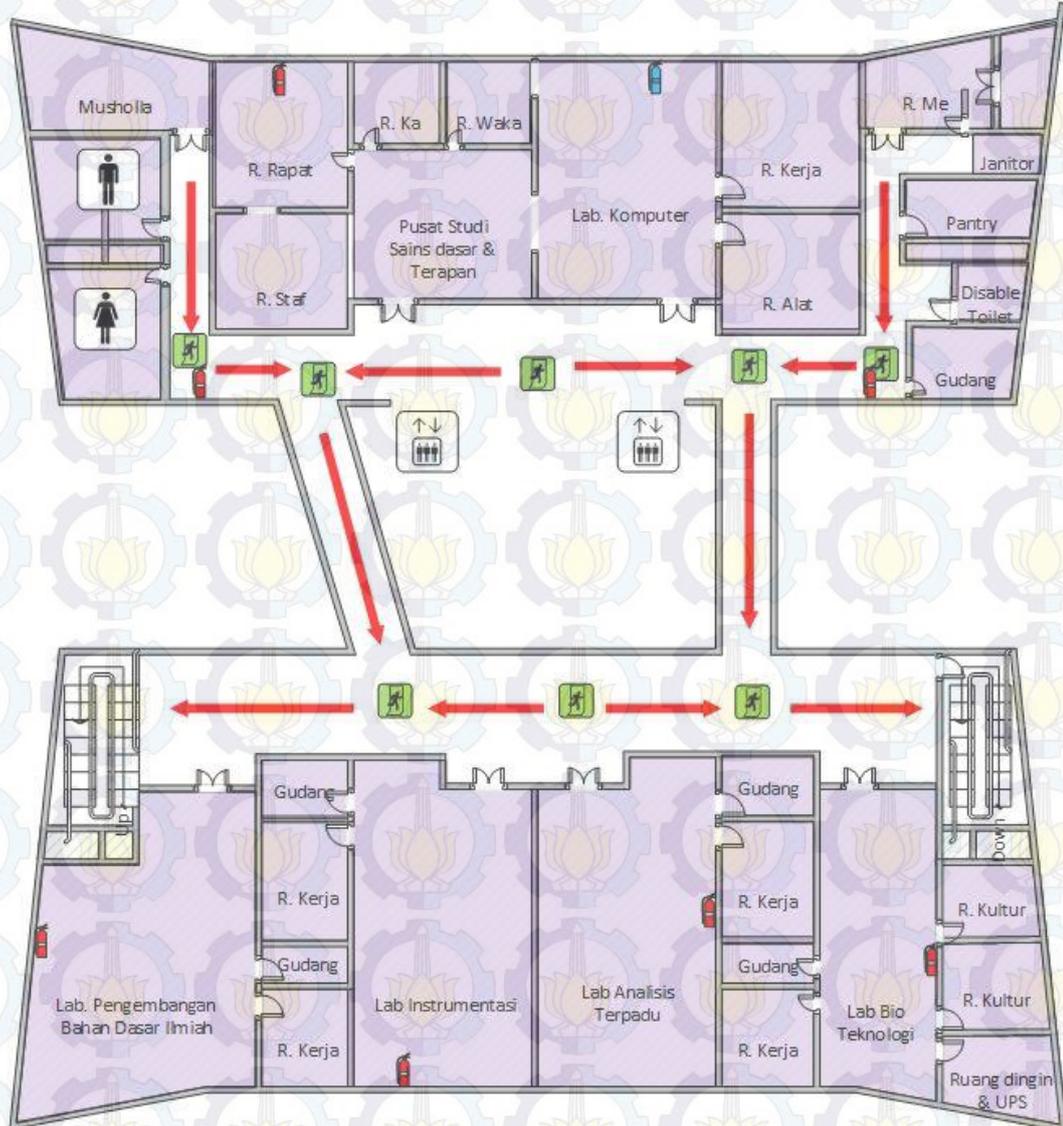
Gambar ERP dan lokasi APAR pada lantai 7



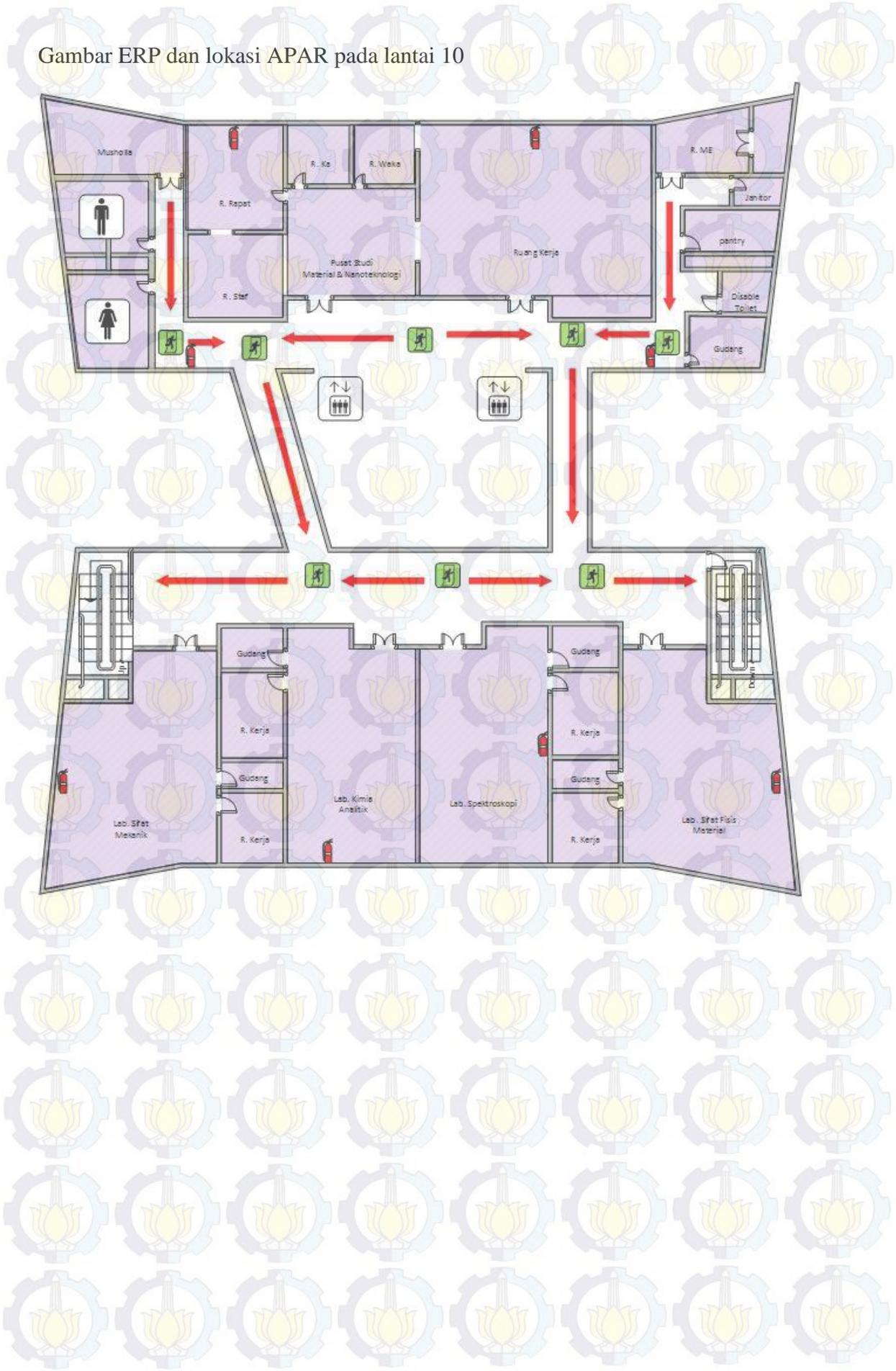
Gambar ERP dan lokasi APAR pada lantai 8



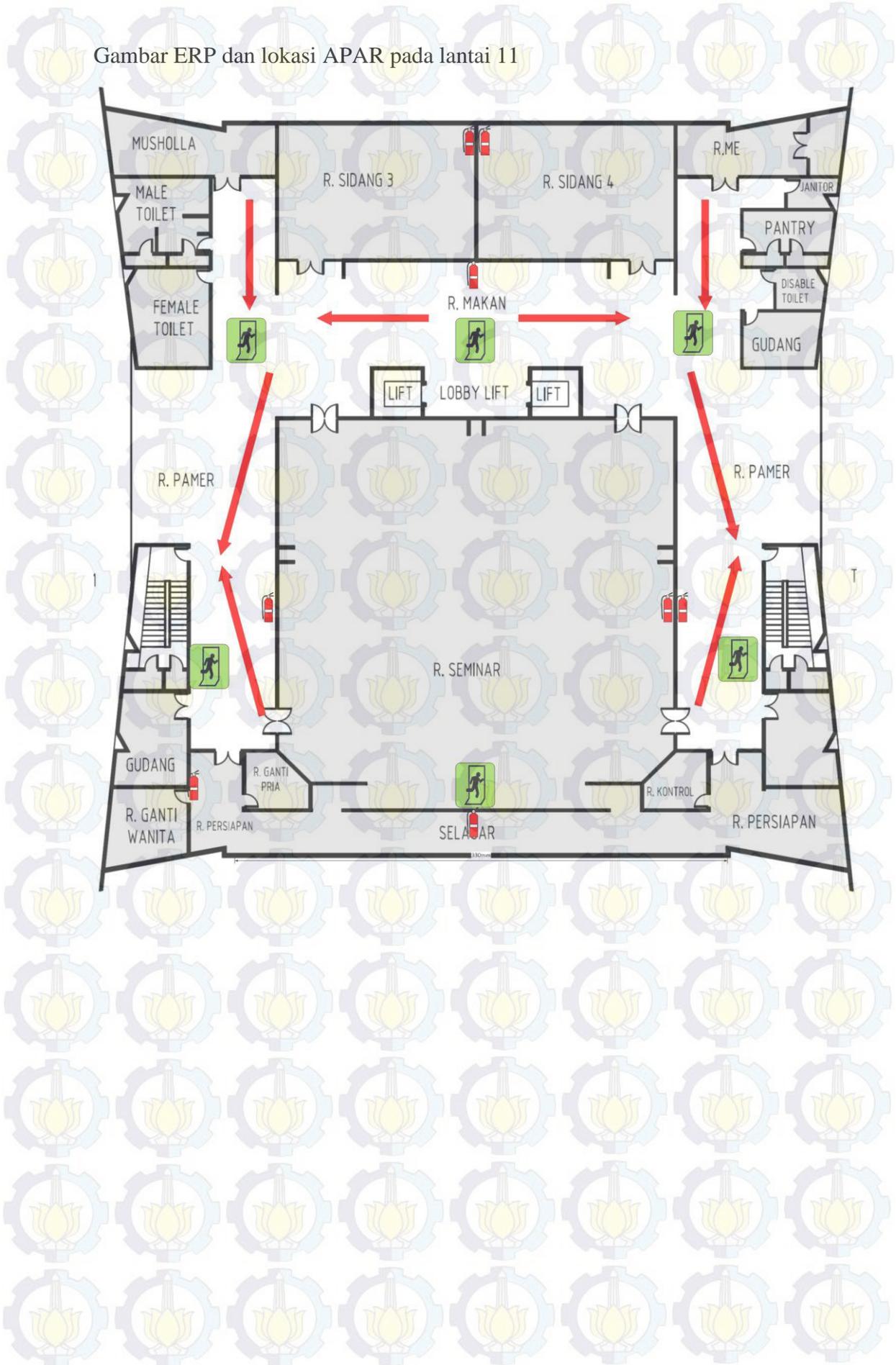
Gambar ERP dan lokasi APAR pada lantai 9



Gambar ERP dan lokasi APAR pada lantai 10

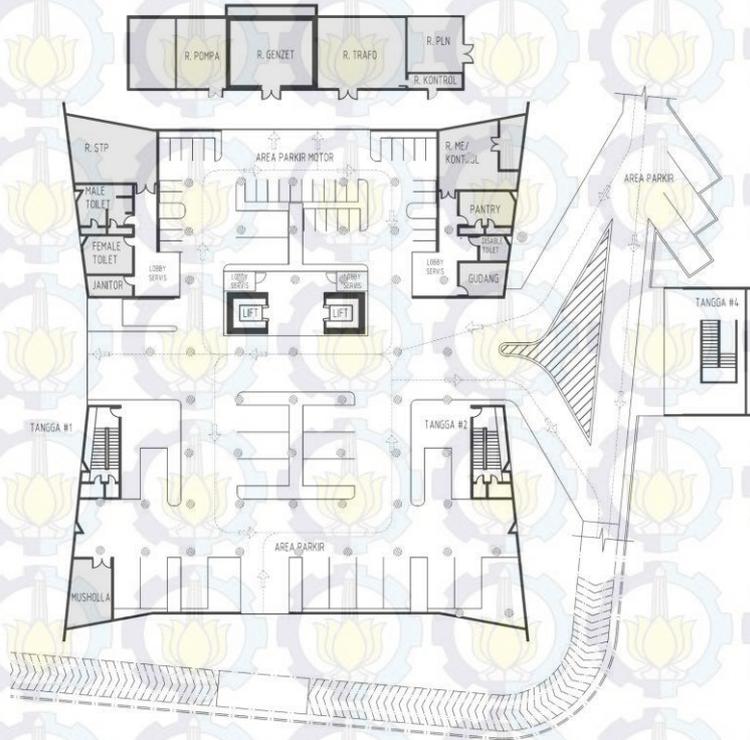


Gambar ERP dan lokasi APAR pada lantai 11

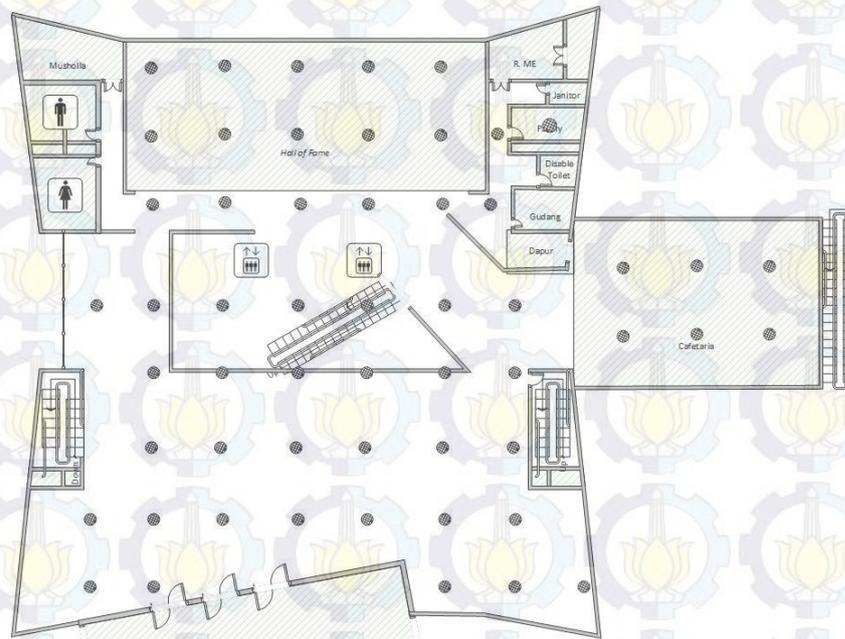


## Lampiran 6

Gambar letak *Sprinkler* dan *smoke detector* pada lantai 1



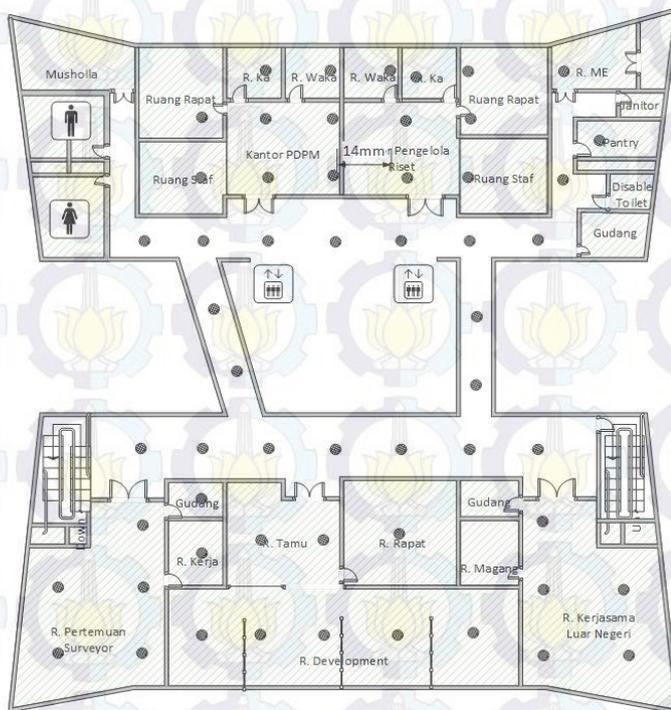
Gambar letak *Sprinkler* dan *smoke detector* pada lantai 2



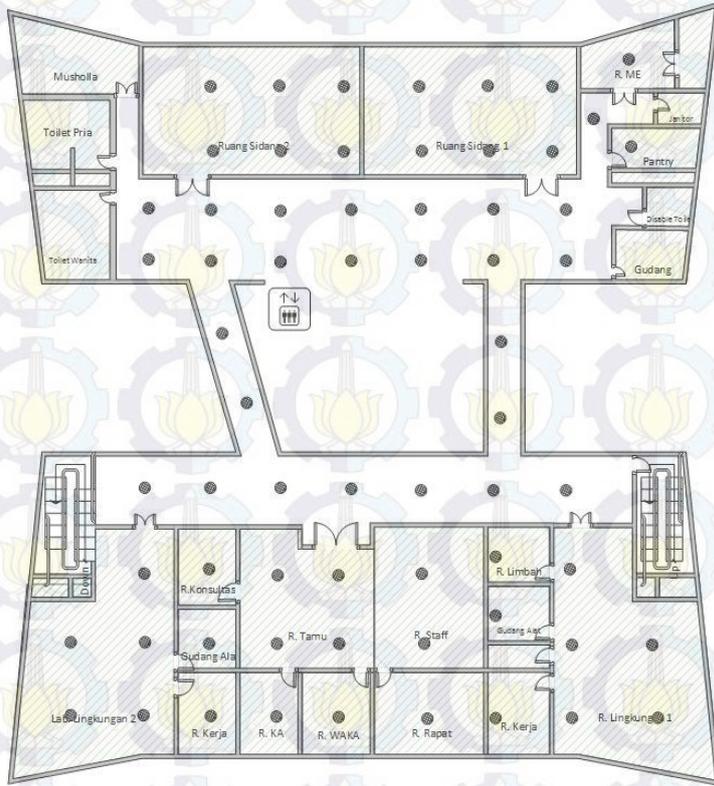
Gambar letak *Sprinkler* dan *smoke detector* pada lantai 3



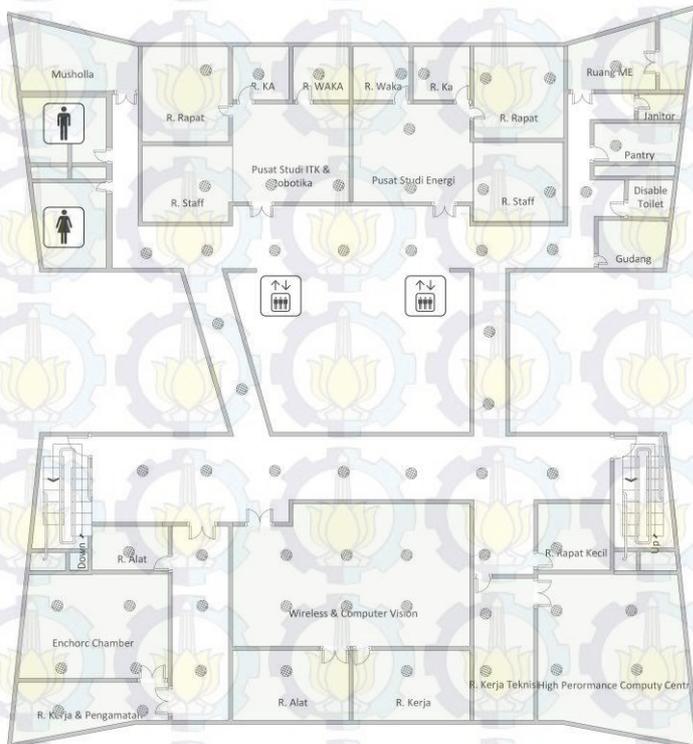
Gambar letak *Sprinkler* dan *smoke detector* pada lantai 4



Gambar letak *Sprinkler* dan *smoke detector* pada lantai 5



Gambar letak *Sprinkler* dan *smoke detector* pada lantai 6



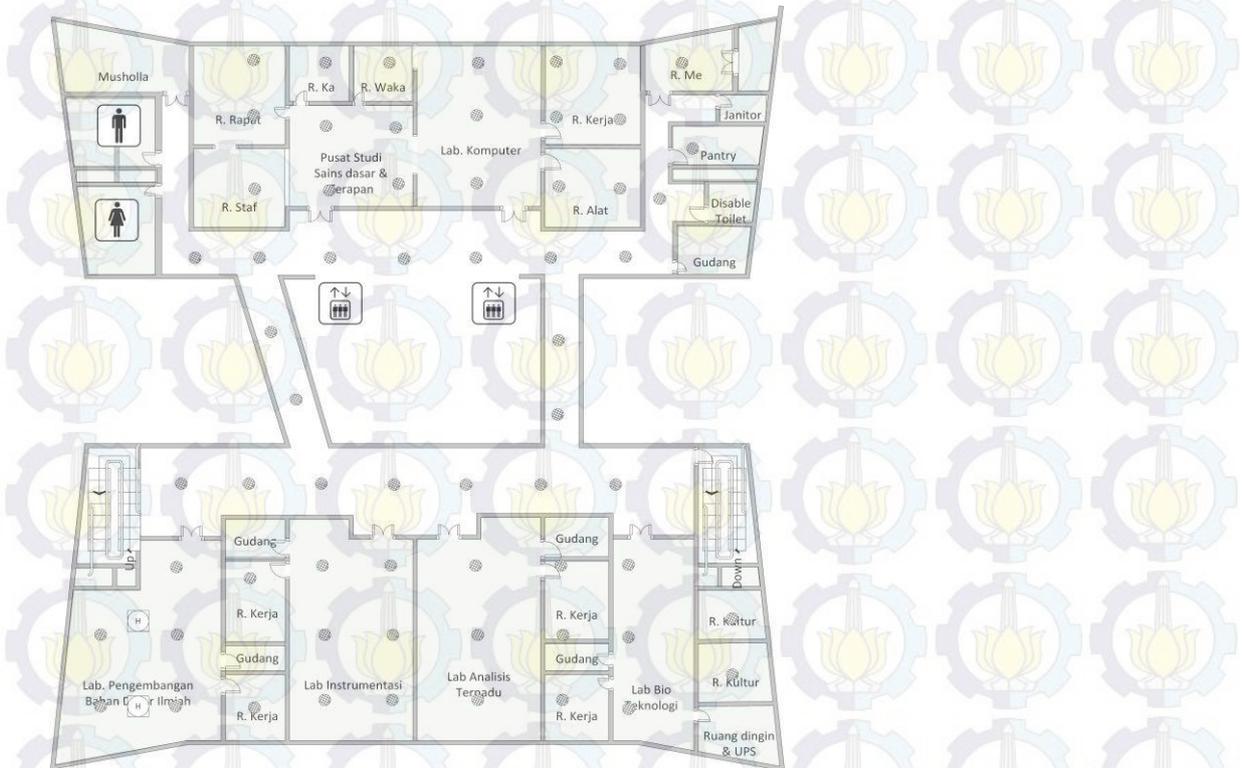
Gambar letak *Sprinkler* dan *smoke detector* pada lantai 7



Gambar letak *Sprinkler* dan *smoke detector* pada lantai 8



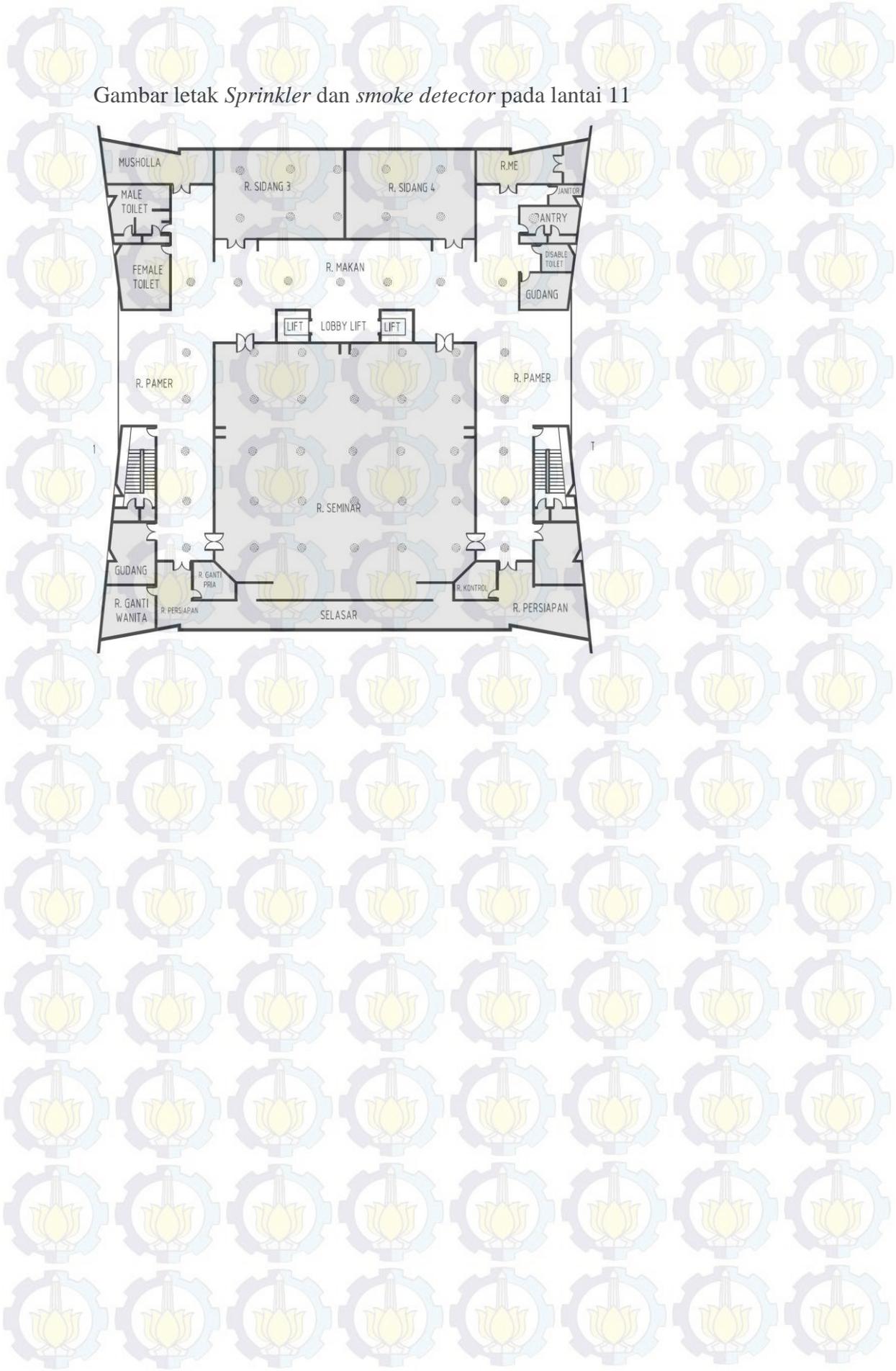
Gambar letak Sprinkler dan smoke detector pada lantai 9



Gambar letak Sprinkler dan smoke detector pada lantai 10



Gambar letak *Sprinkler* dan *smoke detector* pada lantai 11



## BIOGRAFI PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Fiqi Anwar Hidayat dengan nama sapaan Fiqi. Penulis dilahirkan di Kediri, 10 Januari 1992, dan merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis menghabiskan masa kecil hingga remaja di kampung halamannya di Kota Kediri. Penulis menempuh jalur pendidikan formalnya di MI Hidayatus Sibyan, MTsN Kandat dan SMAN 2 Kediri sebelum menempuh jenjang perkuliahan di Jurusan Teknik Industri ITS Surabaya.

Selama masa perkuliahan di Teknik Industri, penulis sempat aktif mengikuti beberapa kegiatan organisasi, diantaranya adalah menjadi anggota Tim MAHAGANA tahun 2011/2012, pernah menjadi bagian sebagai staf di Departemen Sosial Masyarakat HMTI ITS tahun 2012/2013 serta beberapa kali menjadi panitia kegiatan yang diadakan HMTI. Selain itu, untuk menyalurkan hobi berpetualang, pada tahun ketiga penulis bergabung dengan organisasi Mahasiswa Pecinta Alam Teknik Industri (MAHAPATI) dan menjadi angkatan pertama dari organisasi tersebut. Selain itu, penulis juga sempat mengikuti beberapa pelatihan seperti pelatihan AUTOCAD, pelatihan Satlakar DAMKAR Kota Surabaya, dll.

Untuk kepentingan terkait penelitian ini, penulis dapat dihubungi melalui email [fiqianwarhidayat@gmail.com](mailto:fiqianwarhidayat@gmail.com).