

**EVALUASI PENERAPAN KEAMANAN DAN KESELAMATAN
GEDUNG BERBASIS METODE CFSES (*COMPUTERIZED
FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM*) PADA GEDUNG
PUSAT STUDI DAN SERTIFIKASI GURU UNJ**

DANANG EKO PRIHANDOKO
5315107470



Skripsi Ini Ditulis Sebagai Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Pendidikan
Di Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2015

HALAMAN PENGESAHAN

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Ja far Amiruddin, S.T., M.T (Dosen Pembimbing I)
Ir. Adrianus Pangaribuan, M.T (Dosen Pembimbing II)		.

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

Prof. Basuki Wibawa (Ketua Penguji)
Drs. Adi Tri Tyassmadi, M.Pd. (Sekretaris)
Dr. Catur Setyawan K., M.T. (Dosen Ahli)

Mengetahui,

Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

Univsersitas Negeri Jakarta

Ahmad Kholil, S.T.,M.T.

NIP. 197908312005011001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, menyatakan bahwa :

Nama : Danang Eko Prihandoko

NIM : 5315107470

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul :Evaluasi Penerapan Keamanan Dan Keselamatan Gedung Berbasis Metode CFSES (*Computerized Fire Safety Evaluation System*) Pada Gedung Pusat Studi Dan Sertifikasi Guru UNJ

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan skripsi yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila dikemudian hari penulisan skripsi ini merupakan hasil plagiat terhadap hasil karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Negeri Jakarta. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Jakarta, Januari 2016

Danang Eko Prihandoko

ABSTRAK

Danang Eko Prihandoko. Evaluasi Penerapan Keamanan dan Keselamatan Gedung Berbasis Metode CFSES (Computerized Fire Safety Evaluation System) Pada Gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ. Jakarta : Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, 2015.

Kebakaran gedung bertingkat bisa memakan korban yang banyak, baik harta maupun jiwa, jika tidak diantisipasi sejak dini dengan memfasilitasi gedung tersebut dengan fasilitas keamanan dan keselamatan gedung. Evaluasi keamanan dan keselamatan gedung adalah salah satu cara untuk mengetahui kesiapan sebuah gedung dalam menghadapi kejadian kebakaran.

Skripsi ini membahas evaluasi keamanan dan keselamatan gedung terhadap bahaya kebakaran di gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ (Sergur UNJ) dengan bantuan perangkat lunak Computerized Fire Safety Evaluation System (CFSES). Perangkat lunak CFSES membantu memberikan perhitungan hasil observasi peneliti terhadap 12 parameter safety berdasarkan NFPA 101A Alternate Approaches to Life Safety.

Dari hasil evaluasi terhadap 12 parameter akan didapatkan nilai kontrol penyebaran api (fire control), nilai jalur keselamatan keluar gedung (egress), dan nilai keselamatan kebakaran umum (general safety) di gedung tersebut. Kemudian nilai hasil penelitian dibandingkan dengan nilai yang telah ditetapkan oleh NFPA 101A untuk klasifikasi bangunan tersebut. Jika nilai yang didapat dari hasil evaluasi berada dibawah nilai persyaratan yang diwajibkan maka perlu tindak lanjut untuk memperbaiki parameter safety yang melekat pada gedung tersebut untuk meningkatkan kesiapan gedung dalam menghadapi kebakaran.

Hasil penelitian ini memberikan saran kepada pihak gedung untuk melakukan pengujian tahan api terhadap pintu darurat nya. Kemudian memasang fire stop material untuk shaft kabel. Melakukan pengujian sistem alarm dan springkler secara menyeluruh. Melengkapi perlengkapan akses keluar. Serta membuat emergency team dan emergency respon plan (ERP).

Kata Kunci : CFSES, keselamatan kebakaran, Gedung , UNJ

ABSTRACT

Danang Eko Prihandoko. Evaluation of Safety and Security Application of Building with Methods based CFSES (Computerized Fire Safety Evaluation System) On Building Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ. Jakarta : Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, State University of Jakarta

Could rise building fire casualties are many , both wealth and soul , if not anticipated early to facilitate the building with security and safety facilities of the building . Evaluation of the security and safety of buildings is one way to determine the readiness of a building in the face of fires.

This thesis discusses the evaluation of the safety and security of the building against fire in the building Pusat Studi dan Sertifikasi GuruUNJ (Sergur UNJ) with the help of software Computerized Fire Safety Evaluation System (CFSES) . CFSES software helps provide the calculation results of observation of researchers to 12 parameters of safety is based on NFPA 101A Alternate Approaches to Life Safety

From the results of evaluation of the 12 parameters will be obtained values control the spread of fire (fire control), the value of the safety path out of the building (egress) , and the value of general fire safety (general safety) in the building. Then the results of the study compared with the value set by NFPA 101A to the classification of the building. If the values obtained from the evaluation is below the required value terms it needs a follow-up to improve safety parameters attached to the building to improve the readiness of building in the face of fire.

The results provide suggestions to the building for testing emergency exit fire resistant against her. Then install a fire stop materials for the cable shaft, Testing the alarm and sprinkler system as a whole. Completing the access equipment out. As well as making emergency team and emergency response plan (ERP).

Keywords : CFSES , fire safety , building , UNJ

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT tuhan semesta alam yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya. Sholawat dan salam penulis panjatkan kepada sosok yang selalu menjadi inspirasi Nabi besar Muhammad SAW atas risalah dan suri tauladannya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi yang berjudul *Evaluasi Penerapan Keamanan Dan Keselamatan Gedung Berbasis Metode CFSES (Computerized Fire Safety Evaluation System) Pada Gedung Pusat Studi Dan Sertifikasi Guru UNJ* penulis ajukan sebagai persyaratan kelulusan untuk menyelesaikan studi S-1 pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.

Proses skripsi ini tidak akan mungkin dapat terselesaikan tanpa adanya bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan kerendahan hati penulis ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat sehat wal afiat dan kekuatan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua penulis, Bapak Kokok Prihantoro dan Ibu Rohmah yang telah memberikan segalanya.
3. Adik penulis, Cahyo Budi Prayogo yang terus memberikan dukungan agar kakaknya ini cepat menyelesaikan studinya.

4. Bapak Drs. Ir. Riyadi Joyokusumo, MT, selaku dekan Fakultas Teknik UNJ, Bapak Ahmad Kholil ST.MT, selaku ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin UNJ.
5. Bapak Ja far Amiruddin ST,MT, selaku dosen pembimbing I sekaligus koordinator konsentrasi Fire Protection and Safety Engineering yang selalu memberikan arahan, masukan, dan juga berbagai macam pengetahuan.
6. Bapak Ir. Adrianus Pangaribuan MT, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan berbagai masukan dan arahan terutama mengenai aplikasi CFSES dan pengetahuan di bidang fire protection
7. Bapak Prof. Basuki Wibawa, Bapak Adi Tri Tyasmadi, MPd., dan Bapak Catur Setyawan K., MT., selaku dosen penguji yang memberikan banyak masukan untuk penyelesaian skripsi ini.
8. Drs Priyono M.Pd, selaku pembimbing akademik penulis.
9. Seluruh dosen dan staff jurusan Teknik Mesin UNJ.
10. Rekan rekan S1 Teknik Mesin 2010, terutama Non Reguler 2010 B yang telah memberikan warna dalam perkuliahan selama ini. Rany, Emil, Dimas, Irul, Robin, Yordan yang sudah Spd terlebih dahulu. Lalu Asyiyah, Bowo, Eko, Sofyan, Syarif, Loppon, Bayu, Fadli,mas Sagung yang masih berjuang bareng. Dan personil NR10B lain yang sudah memilih jalannya masing masing, mas Aji, Maulana, Danu, Randi, dan yang saya lupa.
11. Rekan rekan S1 Fire Protection and Safety Engineering 2011 yang juga memberikan kesempatan saya untuk bergabung dan bersama sama

menyelesaikan studi sebagai angkatan pertama di konsentrasi Fire Protection and Safety Engginering UNJ. Ayo semangat semua.

12. Rekan rekan di BEMJ Teknik Mesin 12, BEMFT 2013 Family of Blue , dan juga BEMUNJ 2014 Never End , yang telah menempa penulis dengan berbagai ilmu di bidang organisasi yang memang sangat berbeda dengan nilai - nilai akademik yang didapat di kelas perkuliahan.
13. Orang orang baik yang selalu membantu skripsi ini mulai dari belum ada ide sampai selesai sekarang. Tentunya berbuat baik tidak membutuhkan alasan. Karena orang baik akan bertanggung jawab terhadap kebaikannya. Nama mereka tidak perlu ada disini karena nama mereka akan abadi bersama kebaikan kebaikan mereka. Terima kasih.
14. Rekan rekan di PT HIBA UTAMA yang memberikan pengalaman berharga terutama dalam pembuatan keputusan. Terima kasih.
15. Robii atul Adawiyah yang masih mau membantu wara wiri mencari data walaupun masih berkutut juga dengan skripsiannya. Ayo maret ya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna memperbaiki segala kesalahan dan kekurangan skripsi ini. Kesempurnaan hanya milik Allah SWT, salah dan khilaf adalah fitrahnya manusia. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi yang membacanya.

Jakarta, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	7
1.3 Pembatasan Masalah.....	8
1.4 Perumusan Masalah	9
1.5 Manfaat Penelitian	9
1.6 Tujuan Penelitian	10

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Teori Api.....	11
2.1.1. Sumber Ignitasi.....	13
2.1.2. Sumber Bahan Bakar.....	15
2.1.2.1. Bahan Bakar Padat.....	17

2.1.2.2. Bahan Bakar Cair.....	18
2.1.2.3. Bahan Bakar Gas	20
2.1.3. Sumber Oksigen	21
2.2 Metode Pemadaman Kebakaran	22
2.3 Klasifikasi Kebakaran.....	23
2.4 <i>Computerized Fire Safety Evaluation System (CFSES)</i>	25
2.5 Jumlah Lantai, Tinggi Gedung dan Klasifikasi Gedung	28
2.6 Konstruksi Gedung	30
2.5.1. Tipe I <i>Fire Resistive</i>	31
2.5.2. Tipe II <i>Non - Combustible</i>	34
2.5.3. Tipe III <i>Ordinary</i>	36
2.5.4 Tipe IV <i>Heavy Timber</i>	38
2.5.5 Tipe V <i>Wood Frame</i>	38
2.7 Segregasi Bahaya.....	39
2.8 Bukaan Vertikal (<i>Vertical Opening</i>).....	41
2.9 <i>Sprinkler</i>	42
2.10 Sistem Alarm Kebakaran	44
2.11 Pendeteksi Asap.....	48
2.12 Barang Properti.....	50
2.13 Pengendalian Asap.....	52
2.14 Akses Keluar	56
2.15 Jalur Penyelamatan	60
2.16 Kompartemenisasi	62

2.17 Pelatihan Tanggap Darurat	64
2.18 Definisi Operasional	66

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian	89
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian.....	89
3.3. Metode Penelitian	89
3.4. Pengumpulan dan Pengolahan Data	90
3.4.1. Data Primer.....	90
3.4.2. Data Sekunder	90
3.5. Analisis Data.....	91
3.6. Diagram Alur Penelitian	92

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Fisik Gedung Pusat Studi dan Srtifikasi Guru UNJ	92
4.2 Konstruksi Gedung	94
4.3 Pemisahan Bahaya (<i>Segregation of Hazard</i>).....	96
4.4 Bukaannya Vertikal (<i>Vertical Opening</i>).....	98
4.5 <i>Springkler</i>	100
4.6 <i>Fire Alarm System</i>	101
4.7 Deteksi Asap (<i>Smoke Detector</i>).....	102
4.8 <i>Interior Finish</i>	103
4.9 Pengendali Asap (<i>Smoke Control</i>).....	104

4.10	<i>Exit Access</i>	105
4.11	<i>Exit System</i>	106
4.12	Kompartemenisasi	107
4.13	Pelatihan Tanggap Darurat	108
4.14	Hasil Evaluasi	109
4.15	<i>Utilities</i>	110
4.15.1	<i>Egress Calculation</i>	111
4.15.2	<i>Springkler Actuation Calculation</i>	112
4.15.3	<i>Atrium Smoke Temperature Calculation</i>	113
4.15.4	<i>Bouyant Gas Head Calculation</i>	114
4.15.5	<i>Ceiling Jet Temperature Calculation</i>	115
4.15.6	<i>Ceiling Plume Calculation</i>	116
4.15.7	<i>Lateral Flame Spread Calculation</i>	117
4.15.8	<i>Law s Severity Corelation Calculation</i>	118
4.15.9	<i>Mass Flow Through a Vent Calculation</i>	119
4.15.10	<i>Plume Filling Rate Calculation</i>	120
4.15.11	<i>Radiant Ignition of a Nearby Fuel</i>	121
4.15.12	<i>Smoke Flow Calculation</i>	122
4.15.13	<i>Thomas s Flashover Calculation</i>	123
4.15.14	<i>Ventilation Limit Calculation</i>	124
4.16	Gambar Temuan	125

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan 145

5.2. Saran 146

DAFTAR PUSTAKA 148

LAMPIRAN..... 150

RIWAYAT HIDUP 164

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Rincian Jumlah Kebakaran di DKI JAKARTA.....	5
Gambar 2.1 Fire Tetrahedron.....	12
Gambar 2.2 Proses Penyebaran Asap.....	54
Gambar 2.3 Contoh Penggunaan Fire Wall	59
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	92
Gambar 4.1 Jumlah Lantai	93
Gambar 4.2 Karakteristik Gedung	93
Gambar 4.3 Persyaratan Wajib	94
Gambar 4.4 Penilaian Parameter Konstruksi Gedung.....	94
Gambar 4.5 Penilaian Parameter Pemisahan Bahaya	96
Gambar 4.6 Penilaian Parameter Bukaannya Vertikal	98
Gambar 4.7 Penilaian Parameter Springkler.....	100
Gambar 4.8 Penilaian Parameter Fire Alarm System	101
Gambar 4.9 Penilaian Parameter Smoke Detector	102
Gambar 4.10 Penilaian Parameter Interior Finish.....	103
Gambar 4.11 Penilaian Parameter Smoke Control	104

Gambar 4.12 Penilaian Parameter Exit Access.....	105
Gambar 4.13 Penilaian Parameter Exit System	106
Gambar 4.14 Penilaian Parameter Kompartemenisasi.....	107
Gambar 4.15 Penilaian Parameter Pelatihan Tanggap Darurat.....	108
Gambar 4.16 Hasil Evaluasi (1)	109
Gambar 4.17 Hasil Evaluasi (2)	109
Gambar 4.18 <i>Egress Calculation</i>	111
Gambar 4.19 <i>Springkler Actuation Calculation</i>	112
Gambar 4.20 <i>Atrium Smoke Temperature Calculation</i>	113
Gambar 4.21 <i>Bouyant Gas Head Calculation</i>	114
Gambar 4.22 <i>Ceiling Jet Temperature Calculation</i>	115
Gambar 4.23 <i>Ceiling Plume Calculation</i>	116
Gambar 4.24 <i>Lateral Flame Spread Calculation</i>	117
Gambar 4.25 <i>Law s Severity Corelation Calculation</i>	118
Gambar 4.26 <i>Mass Flow Through a Vent Calculation</i>	119
Gambar 4.27 <i>Plume Filling Rate Calculation</i>	120
Gambar 4.28 <i>Radiant Ignition of a Nearby Fuel</i>	121

Gambar 4.29 <i>Smoke Flow Calculation</i>	122
Gambar 4.30 <i>Thomas s Flashover Calculation</i>	123
Gambar 4.31 <i>Ventilation Limit Calculation</i>	124

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi cairan mudah terbakar dan dapat terbakar	20
Tabel 2.2 Kelas kebakaran menurut NFPA.....	24
Tabel 2.3 Klasifikasi kebakaran berdasarkan PerMenakertran No4/1980.....	24
Tabel 2.4 Jumlah lantai dan tinggi gedung yang diperbolehkan.....	29
Tabel 2.5 Perbandingan tipe konstruksi antar standar	31
Tabel 2.6 Ketebalan minimal beton untuk menahan beban api	34
Tabel 2.7 Tingkat kekurangan tempat berbahaya di gedung	41
Tabel 2.8 Standar sprinkler	44
Tabel 2.9 Kelas dari nilai sebaran api	50
Tabel 2.10 Barang properti yang diperbolehkan pada setiap bagian gedung ...	51
Tabel 2.11 Laju alir pintu darurat	59
Tabel 3.1 Gambar Temuan.....	125

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Drawing Plan.....	150
Lampiran 2 <i>Bridging table hydrant & pump room</i>	151
Lampiran 3 <i>Bridging table ruang panel listrik</i>	153
Lampiran 4 <i>Bridging table trafo room</i>	155
Lampiran 5 <i>Bridging table capacitor bank room</i>	156
Lampiran 6 <i>Bridging table generator room</i>	158
Lampiran 7 <i>Bridging table control elevator room</i>	159
Lampiran 8 <i>Gambar fire fighting instalation and schematic</i>	160
Lampiran 9 <i>Bridging table control alarm room</i>	161
Lampiran 10 <i>Bridging table AC room</i>	162

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan ruang gerak baik yang bersifat terbuka atau tertutup sangat diperlukan untuk melaksanakan berbagai aktifitas, seiring perkembangan kota yang semakin meningkat secara pesat dalam beberapa tahun terakhir. Perkembangan tersebut secara otomatis menyebabkan bangunan gedung terus mengalami pertumbuhan baik secara vertikal maupun horizontal. Namun terkadang pertumbuhan dan penataan bangunan yang ada tidak diimbangi dengan kesiapan infrastruktur bangunan maupun infrastuktur perkotaan. Sehingga semakin banyak bangunan, baik yang sudah lama berdiri maupun yang baru dibangun kurang memperhatikan perlindungan terhadap bahaya kebakaran. Bahaya kebakaran dapat terjadi pada bangunan atau lokasi dimana bangunan itu berada. Kebakaran merupakan kejadian yang tidak diinginkan, karena dapat mengakibatkan kerugian, baik berupa materiil maupun moril. Kebakaran adalah bahaya yang diakibatkan oleh adanya nyala api yang tidak terkendali sehingga dapat mengancam keselamatan jiwa manusia maupun harta benda¹. Saat terjadi kebakaran api timbul sebagai reaksi proses rantai antara bahan mudah terbakar (*fuel*), oksigen (O_2), dan panas (*heat*) yang sering disebut segitiga api (*fire triangle*). Sampai salah satu elemen pembentuk api berakhir, rangkaian proses oksidasi akan terus berlangsung, dan untuk mencegah terjadinya api, maka salah satu komponen tersebut harus dihindari/diputus.

¹ Purbo A., Memahami lingkungan atmosfer kita, (Bandung : Penerbit ITB, 1995)

Bahaya utama kebakaran bagi manusia adalah keracunan akibat terhirupnya asap, sekitar 75% kematian manusia pada bangunan yang terbakar diakibatkan oleh asap, sekitar 25% kematian disebabkan oleh panas yang ditimbulkan oleh api². Tingginya suhu akibat kebakaran berpengaruh pada struktur bangunan yang berakibat retaknya selimut beton bahkan dapat mengakibatkan keruntuhan bangunan. Data Puslitbang PU, beberapa hal yang merupakan penyebab sulitnya penanggulangan dan pengendalian kebakaran antara lain : terlambat menghubungi Dinas Kebakaran 19,8%, bangunan tanpa proteksi kebakaran 17,8%, gangguan asap 15,6%, faktor angin 14,7%, dan bangunan ditutup roling door 9,9 %. Kurangnya pemahaman tentang bahaya api dan pencegahannya seringkali membuat sistem pencegahan kebakaran tidak menjadi prioritas desain atau pelaksanaan bangunan. Resiko kebakaran pada sebuah gedung menjadi isu penting yang perlu diperhatikan. Permasalahan kebakaran terjadi apabila sikap bahan bangunan terhadap kebakaran, pencegahan terhadap kebakaran dalam perencanaan dan perlengkapan pemadam kebakaran sering ditiadakan..... (Frick 2008)

Untuk melaksanakan fungsi dan kegunaan, bangunan terdiri dari beberapa sistem, dan sistem tersebut terdiri dari sub sub sistem yang membentuk secara integral dalam satu kesatuan. *Fire Safety Management* adalah proses tata kelola atau pengendalian faktor faktor mulai dari personil / SDM atau organisasinya, peralatan dan bahan, biaya, informasi, dan data teknis lainnya untuk meningkatkan faktor safety. *Fire Safety Management* memiliki empat tujuan

² Juwana, J.S., Sistem Bangunan Tinggi, (Jakarta : Erlangga, 2005)

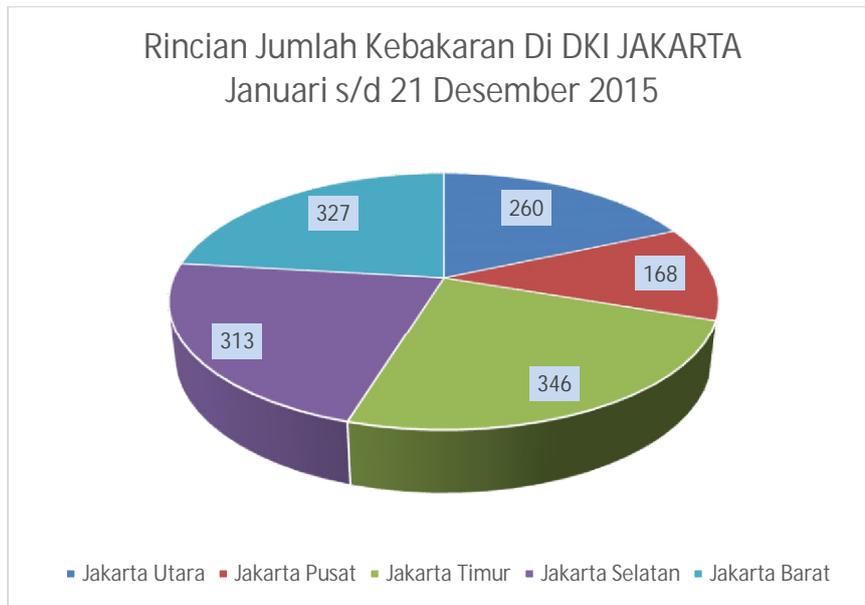
utama, yaitu melindungi jiwa penghuni (*Life safety*), melindungi gedung atau bangunan itu sendiri (*Property Safety*), melindungi lingkungan atau kawasan sekitar bangunan (*Environment Safety*), dan melindungi faktor kejiwaan atau *trauma syndrome* (*Psychological Safety*). *Fire Safety Management* itu sendiri terdiri atas tiga sistem kerja, yaitu sistem proteksi aktif, sistem proteksi pasif, dan sistem fire manajemen. Manajemen kebakaran suatu gedung bertingkat merupakan suatu rencana yang memuat prosedur yang mengatur siapa harus berbuat apa saat terjadi situasi bencana kebakaran yang terjadi secara mendadak dan tidak diinginkan untuk melindungi empat hal diatas tadi. Bencana kebakaran harus dikelola dengan baik dan terencana mulai dari pencegahan, penanggulangan dan rehabilitasi setelah terjadinya kebakaran, karena kecendrungan masyarakat selama ini hanya bereaksi setelah kebakaran terjadi bahkan bahaya kebakaran sering diabaikan dan tidak mendapat perhatian dari sistem manajemen

Kristiawan menyebutkan bahwa masalah pemeliharaan peralatan proteksi kebakaran merupakan salah satu segi manajemen gedung (*Fire Safety Management*) karena manajemen yang salah mengakibatkan pengelolaan dan pemeliharaan gedung menjadi buruk. Pengelolaan bencana kebakaran juga bukan sekedar menyiapkan alat pemadam atau melakukan latihan peran kebakaran, namun diperlukan suatu program yang terencana dalam suatu sistem manajemen kebakaran yang merupakan upaya terpadu untuk mengelola resiko kebakaran mulai dari perencanaan, pelaksanaan, pemantauan, dan tindak lanjutnya³. Pemeriksaan terhadap perlengkapan pencegahan kebakaran dari berbagai aspek

³ Ramli S, Pedoman Praktis Manajemen Kebakaran (Jakarta: Dian Rakyat, 2010), h.10

sangat diperlukan, baik pada bangunan baru atau yang sudah digunakan, guna menjamin keselamatan bangunan. Pemeriksaan dan pemeliharaan sarana dan peralatan proteksi kebakaran baik aktif maupun pasif harus dilakukan secara sistematis dan berkala serta mengikuti ketentuan dan standart yang berlaku. Hasil pemeriksaan berkala sarana dan peralatan menentukan diperolehnya sertifikat layak pakai untuk jangka waktu tertentu. Hal ini juga sejalan dengan Perda Provinsi DKI Jakarta No.8 Tahun 2008 tentang pencegahan dan penanggulangan bahaya kebakaran. Yang merupakan pedoman bagi seluruh pemilik dan pengelola gedung untuk menjalankan sistem *fire safety management*.

Kebakaran gedung sekarang masih menjadi masalah dan fenomena tersendiri di DKI Jakarta ini. Sepanjang Januari hingga 21 Desember 2015 berdasarkan data dari Dinas Penanggulangan Kebakaran dan Penyelamatan DKI Jakarta tercatat kasus kebakaran di Ibu Kota mencapai 1532 kejadian dengan total kerugian mencapai Rp 371 miliar, dengan taksiran korban luka 78 orang dan meninggal 22 orang.



Gambar 1.1 Rincian Jumlah Kebakaran di DKI JAKARTA

Sumber: Dinas Penanggulangan Kebakaran dan Penyelamatan DKI Jakarta

Resiko kebakaran gedung merupakan ancaman cukup besar bagi penduduk dan aktivitasnya. Penanganan kebakaran di gedung-gedung yang ada sekarang masih sangat mengandalkan kesiagaan dan peralatan dari pemadam kebakaran setempat. Dan sering kali kesiagaan dari personil pemadam kebakaran gedung sangat kurang memadai. Menurut data Dinas Penanggulangan Kebakaran dan Penyelamatan DKI Jakarta tercatat 42,5% gedung perkantoran pemerintah di DKI Jakarta tidak terawat sistem proteksinya. Data ini didasarkan dari audit rutin yang dilakukan satu tahun sekali.

Kampus menurut KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia) adalah daerah lingkungan bangunan utama perguruan tinggi (universitas, akademi) tempat semua kegiatan belajar-mengajar dan administrasi berlangsung. Sedangkan dalam pengertian modern, kampus berarti, sebuah kompleks atau daerah tertutup yang

merupakan kumpulan gedung-gedung universitas atau perguruan tinggi. Bisa pula berarti sebuah cabang daripada universitas sendiri. Di kampus banyak kegiatan sosial berlangsung, bukan hanya kegiatan akademik dan administratif saja. Selain kegiatan belajar mengajar yang sudah pasti ada, ada juga kegiatan administratif yang selalu terkait. Kemudian interaksi antar mahasiswa berupa kegiatan kegiatan yang berhubungan dengan kegiatan akademik maupun kegiatan sosial. Kampus juga terdiri dari bermacam macam orang dengan bermacam macam kepentingan. Beragamnya kegiatan yang terjadi di dalam lingkungan kampus membuat kampus menjadi daerah yang sangat rawan terjadinya bencana kebakaran. Ditambah lagi banyaknya *hazard* (resiko) yang bisa ditimbulkan oleh benda benda yang ada dikampus. Mulai dari gas yang ada dikantin, kemudian laboratorium yang menyimpan berbagai macam zat kimia, ada juga listrik yang memang selalu menjadi ancaman utama penyebab kebakaran.

Di kampus A UNJ sendiri sekarang terdapat beberapa bangunan yang menjulang tinggi dengan ketinggian lebih dari 4 lantai. Yang terbaru adalah gedung kembar Dewi Sartika dan RA. Kartini, kemudian Gedung M.Syafei, lalu gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru, dan juga Gedung UPT Perpustakaan. Gedung - gedung tersebut tentunya harus memiliki sistem proteksi dan keselamatan terhadap kebakaran yang sesuai dengan peraturan yang ada. Sebab terjadinya kebakaran dalam gedung perkuliahan dapat mengakibatkan berbagai macam hal yang tidak diinginkan baik terhadap kerugian harta benda maupun korban jiwa, bahkan kehilangan data data penting, terhentinya proses perkuliahan dan lingkungan menjadi kurang kondusif untuk kegiatan perkuliahan

Gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ merupakan bangunan baru yang mulai dipakai pada tahun 2010 untuk menggantikan gedung teater yang sebelumnya terbakar di lokasi tersebut. Gedung ini merupakan salah satu simbol UNJ karena dengan tinggi dan lokasi gedung yang mudah terlihat dari jalan Pemuda yang merupakan salah satu jalan utama di Jakarta. Gedung ini sendiri belum pernah dilakukan penilaian baik secara mandiri maupun oleh dinas pemadam kebakaran. Penilaian keselamatan kebakaran dapat dilakukan dengan *Computerized Fire Safety Evaluation System* (CFSES) yang dikembangkan berdasarkan NFPA 101 : *Life Safety Code* ®. Dan juga memperhatikan Permen PU No:26/PRT/M/2008, maka CFSES dapat membantu dalam menganalisis dan memberikan rekomendasi perbaikan untuk gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan yang ada, maka dapat diidefinisikan beberapa masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil evaluasi terhadap penerapan keselamatan kebakaran perkantoran dengan menggunakan CFSES pada gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ?
2. Termasuk dalam klasifikasi apa gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ?
3. Termasuk dalam jenis konstruksi apa gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ?

4. Bagaimana kondisi segregasi bahaya di gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ?
5. Bagaimana kondisi bukaan vertikal di gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ?
6. Bagaimana kondisi *sprinklers* di gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ?
7. Bagaimana kondisi sistem alarm kebakaran di Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ?
8. Bagaimana kondisi pendeteksi asap di gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ?
9. Bagaimana kondisi barang properti di gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ?
10. Bagaimana kondisi pengendalian asap di gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ?
11. Bagaimana kondisi akses keluar di gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ?
12. Bagaimana kondisi jalur penyelamatan di gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ?

1.3 Pembatasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Gedung yang diteliti adalah gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ.
2. Aplikasi yang digunakan adalah CFSES

3. Permen PU No:26/PRT/M/2008
4. Perda Provinsi DKI Jakarta no 8 tahun 2008

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah, dan pembatasan masalah di atas, maka perumusan masalah yang diangkat adalah Apakah Gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ sudah memiliki sistem proteksi dan keselamatan terhadap kebakaran yang layak dan sesuai dengan peraturan dan standart yang ada?

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan harapan dapat memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis, antara lain :

1. Manfaat teoritis

Manfaat teoritis yang diharapkan dari penelitian ini adalah agar dapat memberikan manfaat tentang aplikasi yang dapat digunakan untuk melakukan analisis kelayakan sistem proteksi dan keselamatan terhadap kebakaran di gedung.

2. Manfaat praktis

Manfaat praktis yang diharapkan adalah agar dapat dijadikan pedoman perbaikan bila ditemukan ketidaksesuaian terhadap sistem proteksi dan keselamatan kebakaran di gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ

1.6 Tujuan Penelitian

Tujuan umum penelitian ini adalah melakukan evaluasi terhadap keamanan dan keselamatan gedung terhadap bahaya kebakaran di gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ sesuai dengan NFPA 101A: *Guide on Alternative Approaches to Live Safety* dibantu perangkat lunak CFSES dengan melihat hasil kontrol penyebaran api (*fire control*), kondisi jalur keluar (*egress*), dan kondisi keselamatan kebakaran secara umum. Hasil evaluasi parameter safety yang didapat di gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ akan dibandingkan dengan persyaratan NFPA 101A untuk klasifikasi gedung yang sesuai dengan gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ. Adapun tujuan secara rinci yang ingin diketahui adalah :

- Mengetahui karakteristik gedung dan fasilitas sistem keselamatan yang ada terhadap bahaya kebakaran di gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ
- Mengetahui nilai *life safety* jika terjadi kebakaran di gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ
- Memberikan rekomendasi perbaikan fasilitas kebakaran di gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ berdasarkan NFPA 101A : *Guide on Alternative Approaches to Live Safety*

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Teori Api

Api adalah suatu reaksi kimia (oksidasi) cepat yang terbentuk dari 3 (tiga) unsur yaitu: panas, udara dan bahan bakar yang menimbulkan atau menghasilkan panas dan cahaya.

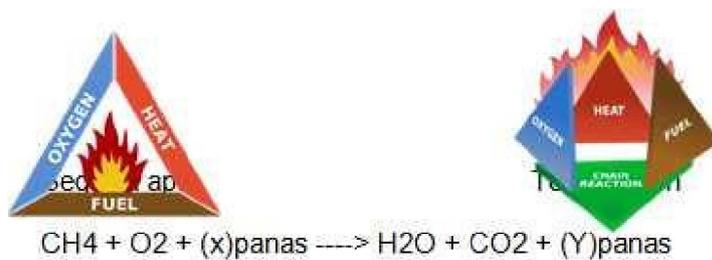
Bila ketiga unsur tersebut berada dalam satu konsentrasi yang memenuhi syarat maka akan timbul suatu reaksi oksidasi yang dikenal dengan proses pembakaran. Kehadiran ketiga unsur tadi (dalam konsentrasi yang seimbang) akan mengakibatkan reaksi kimia sebagai proses pembakaran yang akan menimbulkan terjadinya api awal.

Ketiga unsur sebagai penunjang terjadinya api awal tersebut, dikenal dengan sebutan segitiga api (*Fire Triangle*). Sekali proses pembakaran dimulai dan bahan bakar tersedia dalam jumlah yang besar maka panas yang timbul juga semakin besar. Dengan adanya panas akan meningkatkan jumlah bahan/benda sekaligus kebutuhan oksigen juga meningkat.

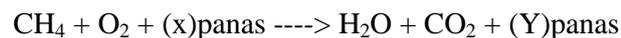
Pada saat oksidasi dipercepat pada tahap pembakaran, maka proses lain yang membantu terjadinya kebakaran adalah materi/bahan bakar yang terbakar mengalami pyrolysis (peristiwa dekomposisi kimiawi karena pengaruh panas) sehingga materi tersebut menimbulkan uap dan gas yang pada suhu tertentu akan membentuk campuran dengan udara dan mudah menyala (*flammable*), demikian seterusnya. Reaksi ini terus berlangsung hingga semua bahan/ benda habis

sehingga suhu bakar berkurang di bawah titik nyalanya dan proses pembakaran secara berangsur-angsur akan terhenti.

Jadi disamping adanya unsur-unsur penunjang terjadinya api awal tersebut, untuk mempertahankan api tetap berlangsung, unsur lainnya adalah unsur yang keempat yaitu rantai reaksi kimia (*chemical chain reaction*). Segitiga terjadinya api (*fire triangle*) berkembang lebih sempurna menjadi fire tetrahedron. Inilah yang akan menimbulkan terjadinya nyala api yang berkelanjutan, kebakaran semakin membesar.



Gambar 2.1 Fire Tetrahedron



Kebakaran adalah suatu kondisi dimana api berada di luar kemampuan dan keinginan manusia sehingga menimbulkan kerugian baik secara fisik, ekonomi, atau properti. Api berasal dari suatu proses kimiawi antara bahan bakar (*fuel*), oksigen, dan juga panas (*heat*). Teori ini dikenal dengan sebutan teori segitiga api (*fire triangle*). Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, diketahui ada unsur keempat yang disebut rantai reaksi. Jika tidak ada reaksi pembakaran, maka api tidak akan dapat menyala. Seluruh peristiwa kebakaran selalu melibatkan

unsur - unsur api ini.¹

Kebakaran hanya bisa terjadi apabila ketiga unsur pembentuk tersebut ada. Ketidakterdapatnya salah satu unsur tersebut dapat mencegah munculnya api. Hal inilah yang menjadi salah satu acuan dalam proses pemadaman api, yaitu dengan cara menghilangkan salah satu unsur, baik bahan bakar, panas, oksigen, maupun memutus rantai reaksi yang terjadi dalam pembakaran tersebut.²

2.1.1 Sumber Ignitasi

Secara umum sumber penyalan juga menghasilkan panas yang dapat menyalakan bahan bakar yang telah bercampur dengan oksigen. Sumber panas ini bisa berasal dari kimia (*chemical*), listrik (*electrical*), dan mekanik (*mechanical*) serta panas (*thermal*)

Contoh sumber panas dari bahan kimia menurut Ramli adalah reaksi kimia, *incompatible chemicals* dan juga penyalan sendiri (*spontane combustion*). Contoh reaksi kimia yang dapat menyebabkan penyalan adalah reaksi antara *phosphoric sulfide* dengan udara atau oksigen. Besi sulfida ini dapat timbul pada kerak tangki yang bekas berisi minyak tanah atau dari karat karat yang menempel di dinding tangki.³

Sementara menurut Ramli contoh sumber panas dari listrik adalah energi listrik, listrik statis, dan petir. Panas dan listrik dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu hubungan singkat dan beban lebih (*over load*). Hubungan singkat

¹ Ramli, S., *Pedoman Praktis Manajemen Kebakaran* (Jakarta: Dian Rakyat, 2010), h.18

² Furness A. & Muckett M., *Introduction to fire safety management* (Burlington: Elsevier Ltd, 2007), h.116

³ Ramli, S., *op.cit.*, h.20

adalah peristiwa tidak normal ketika penghantar (kabel) yang bertegangan tersambung langsung ke penghantar netral. Karena tidak melalui tahanan berupa alat listrik atau lampu, maka arus listrik hubung singkat yang mengalir sangat besar. Arus listrik yang besar ini akan melewati kemampuan bahan penghantar atau alat listrik sehingga harus segera diputus. Beban lebih (*over load*) terjadi ketika arus yang mengalir dalam suatu sistem melebihi dari biasanya (50% - 100% lebih tinggi). *Over load* tidak terjadi secara tiba-tiba, tetapi bertahap. Jika masalah ini gagal diselesaikan, kabel penghantar akan menjadi panas dan meleleh, sehingga memungkinkan kabel penghantar menjadi terbuka. Kondisi panas pada penghantar inilah yang sangat memungkinkan terjadinya api. Peralatan listrik bisa menimbulkan percikan api karena adanya loncatan arus listrik karena pemasangan tidak baik atau rusak. Sementara listrik statis adalah energi yang timbul karena adanya beda potensial antara dua benda yang mengandung muatan listrik positif dan negatif yang mengakibatkan terjadinya loncatan bunga api listrik. Listrik statis dapat timbul karena adanya fenomena benda-benda yang memiliki aliran listrik saling berpautan tanpa adanya sumber daya listrik atau dengan kata lain benda tersebut dapat menghasilkan proton maupun elektron tanpa menggunakan elemen pembangkit energi listrik. Sebagai contoh timbulnya listrik statis yaitu penggaris plastik yang digosok-gosokkan pada rambut kering, lalu didekatkan pada kertas yang sudah dirobek kecil-kecil maka kertas tersebut akan tertarik ke penggaris seolah-olah penggaris tersebut seperti magnet yang dapat menarik benda, padahal itu merupakan adanya listrik statis. Petir yang bersumber dari

adanya perbedaan potensial di udara juga dapat mengakibatkan kebakaran.⁴

Masih menurut Furness & Muckett, contoh sumber panas secara *thermal* adalah api terbuka yang berupa panas langsung dan permukaan panas, seperti rokok, setrika, alat pemanas, api dapur, tungku pembakaran, proses produksi dan bentuk api terbuka lainnya. Contoh lainnya dari sumber panas *thermal* adalah laser dan pengelasan yang berpotensi untuk menyalakan bahan mudah terbakar lainnya.⁵

Dan terakhir Ramli menyebutkan sumber panas secara mekanik dapat berasal dari gesekan panas (*frictional heating*), bunga api mekanik, proses pengelasan dan gerinda, peralatan listrik, percikan logam dan benda padat. Percikan mekanik dapat berasal dari palu besi, pemecah beton atau batu gerinda. Percikan juga dapat timbul dari benda jatuh yang menimpa batu atau beton. Kendaraan bermotor yang menggunakan busi atau listrik, serta pipa buangan atau knalpot kendaraan bermotor dapat menjadi sumber api yang dapat menyalakan bahan bakar.⁶

2.1.2 Sumber Bahan Bakar

Bahan bakar adalah segala sesuatu material baik dalam bentuk gas, cair dan padat yang dapat menghasilkan penyalaan atau menyala. Setiap bahan menghasilkan jenis api yang berbeda karakteristiknya. Bila kita mengenal bahan apa saja yang mudah terbakar di sekitar kita, tentu kita akan mudah menentukan

⁴ *Ibid.*, h.21

⁵ Furness A. & Muckett M., *op.cit.*, h.118

⁶ Ramli S., *op.cit.*, h.20

jenis tindakan pemadaman apa yang bisa kita lakukan.⁷

Dalam penggunaannya dan pengelolaannya bahan kimia sebagai salah satu jenis dari bahan bakar, risiko besar selain kebakaran adalah peledakan yang dapat mengakibatkan kerusakan dan cedera yang serius. Peledakan adalah proses reaksi kimiawi antara suatu bahan kimia dengan proses oksidasi yang disertai dengan suhu dan tekanan yang tinggi, misalnya reaksi bahan mudah meledak dengan oksigen. Beberapa bahan kimia yang mudah meledak adalah campuran gliserin dengan $KClO_3$ yang sering dikenal dengan sebutan dinamit, NH_4NO_3 atau disebut juga dengan TNT, campuran minyak dengan ammonium nitrat, Asam Pikrat, Metil Etil Keton Peroksida, dan bahan lainnya.⁸

Risiko terjadinya kebakaran dan juga peledakan dapat terjadi akibat kurangnya kompetensi dan pengetahuan dalam menggunakan bahan kimia yang mudah terbakar, penyusunan bahan kimia yang tidak sesuai, desain tempat penyimpanan yang buruk, ventilasi tidak diperhatikan, atau pembuangan sisa bahan kimia yang tidak diperhatikan. Selain itu, kegiatan konstruksi seperti pembangunan gedung sampai penghancuran gedung yang tidak memerhatikan unsur yang mudah terbakar akan meningkatkan risiko terjadinya kebakaran.⁹

Menurut jenisnya, bahan bakar dapat dikategorikan ke dalam tiga kelas besar yaitu bahan bakar gas, bahan bakar padat (*solid*), bahan bakar cair (*liquid*). Dan bahan bakar tersebut juga bisa dikategorikan lagi kedalam dua kelas berdasarkan tingkat penyalannya, yaitu bahan yang mudah terbakar (*flammable material*) dan juga bahan yang dapat terbakar (*combustible material*).

⁷ *Ibid*, h.38

⁸ *Ibid*, h.47

⁹ Furness A. & Muckett M., *op.cit.*, h.120-121

2.1.2.1 Bahan Bakar Padat

Yang termasuk bahan bakar padat antara lain kayu, kertas, kardus, bahan-bahan pembungkus seperti plastik, karet, kain, rumput, plastik, bahan yang menghasilkan busa seperti ubin polistiren dan pelapis furnitur, bahan tekstil seperti baju, gambar dinding (*wall paper*), kapas, material sampah seperti serbuk kayu, debu, serpihan kertas, dan juga bahkan rambut dapat dikategorikan sebagai bahan bakar padat.¹⁰

NFPA 400 tahun 2010 menyebutkan ada beberapa padatan yang mudah terbakar dan ada juga yang tidak mudah terbakar seperti batu dan beton. Padatan yang mudah terbakar adalah zat kimia berwujud padat yang dapat menghasilkan api dari hasil gesekan atau akibat menahan panas dari hasil pekerjaan mesin dengan suhu padatan tersebut dibawah 212°F (100°C), atau padatan yang akan terbakar hebat dan bertahan lama apabila dinyalakan sehingga menjadi potensi bahaya yang sangat serius.

Sedangkan NFPA 654 : *Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids*, 2006 (A.3.3.4) menjelaskan tentang dust explosion. Debu yang dapat terbakar didefinisikan sebagai segala material padat halus dengan diameter lebih kecil atau sama dengan 420 µ (mikron) meter menyebabkan kebakaran atau ledakan ketika tersebar dan dinyalakan di udara bebas.

¹⁰ Ramli S., *op.cit.*, h.38

2.1.2.2 Bahan Bakar Cair

Contoh bahan bakar cair menurut Ramli adalah minyak, parafin, bensin, perekat, bahan kimia seperti aseton, toluen, dan spiritus, bahan cat pelapis, dan juga bahan pengencer cat itu sendiri. Hampir semua bahan bakar cair menghasilkan uap yang lebih berat daripada udara, sehingga uap tersebut akan turun hingga level terendah. Inilah kenapa jika ada bahan bakar cair yang mudah menguap, tidak diperbolehkan ada sumber penyalaaan yang tidak diproteksi.¹¹

Uap bahan kimia yang mudah terbakar adalah uap yang konsentrasinya di udara melebihi dari 25 persen dari batas bawah kemungkinan terbakarnya uap tersebut atau disebut juga *Lower Flammable Limit (LFL)* (*NFPA 5000 Building Construction and Safety Code, 2012 (3.3.354.2)*). Menurut OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) (29 CFR 1910.1200) cairan yang mudah terbakar adalah segala cairan yang memiliki titik nyala dibawah 100°F (37.8°C). Sedangkan cairan yang dapat terbakar adalah cairan yang memiliki titik nyala di atas atau sama dengan 100°F (37°C), namun dibawah 200°F (93°C) (SCHC dan OSHA, 2010).

Menurut ANSI (*American National Standards Institute*) Z129.1-2006, cairan yang sangat mudah terbakar adalah cairan yang memiliki titik nyala di bawah atau sama dengan 20°F (-6.7°C) atau cairan yang memiliki titik nyala kurang dari sama dengan 141°F (60.5°C) dan titik didih kurang dari sama dengan 95°F (35°C). Cairan yang mudah terbakar adalah cairan yang memiliki titik nyala kurang dari 141°F (60.5°C) dan titik didihnya lebih dari 95°F (35°C). Dan cairan

¹¹ *Ibid*

yang dapat terbakar adalah cairan yang memiliki titik nyala lebih dari 141°F (60.5°C) dan dibawah 200°F (93.3°C) (SCHC dan OSHA, 2010).

Menurut NFPA 30: *Flammable and Combustible Code* (4.3.1), bahan bakar cair dapat dikategorikan ke dalam tiga kelompok besar. Kelas IA adalah cairan yang memiliki titik nyala kurang dari 73°F (23°C) dan titik didihnya kurang dari 100°F(38°C). Kelas IB adalah cairan dengan titik nyala kurang dari 73°F (23°C) dan titik didihnya lebih dari sama dengan 100°F (38°C). Dan kelas IC memiliki titik nyala lebih dari 73°F(23°C) tetapi kurang dari 100°F(38°C). Menurut OSHA, cairan ini termasuk dalam kategori mudah menyala (*flammable*) dan kelas-kelas berikutnya termasuk dalam kategori dapat menyala (*combustible*). Kelas selanjutnya adalah kelas II dimana cairan yang termasuk dalam kelas ini memiliki titik nyala lebih dari atau sama dengan 73°F (23°C), namun kurang dari 100°F (38°C). Kelas II adalah cairan dengan titik nyala lebih dari sama dengan 100°F (38°C), namun kurang dari 140°F (60°C). Dan kelas III adalah cairan dengan titik nyala lebih dari sama dengan 140°F (60°C), namun kurang dari 200°F (93°C) (SCHC dan OSHA, 2010).

Tabel 2.1. Klasifikasi cairan mudah terbakar dan dapat terbakar

Standar	<20°F (-7°C)	20°F (-7°C) - 100°F (38°C)	100°F (38°C) - 140°F (60°C)	140°F (60°C) - 150°F (66°C)	150°F(66°C) - 200°F(93°C)
OSHA	Mudah Terbakar (flammable)	Mudah Terbakar (flammable)	Dapat terbakar (combustible)	Dapat terbakar (combustible)	Dapat terbakar (combustible)
ANSI	Sangat Mudah terbakar (extremely flammable)	Mudah terbakar (flammable)	Mudah terbakar (flammable) (<141°F/60,5°C)	Dapat terbakar (combustible)	Dapat terbakar (combustible)
NFPA 30	Kelas I	Kelas I	Kelas II	Kelas III	Kelas III

Sumber : SCHC dan OSHA, 2010 (telah diolah kembali)

2.1.2.3 Bahan Bakar Gas

Sementara bahan bakar gas dapat berupa gas LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) yang biasanya berupa butana atau propana, gas alam, asetilen yang biasanya digunakan untuk pengelasan, gas hidrogen, dan gas karbit.¹²

Menurut NFPA 55 : *Standard for the Storage, Use, and Handling of Compressed Gases and Cryogenic Fluids in Portable and Stationary Containers, Cylinders, and Tanks*, 2005 (3.3.29.4) gas yang mudah terbakar adalah material berupa gas pada suhu kurang dari sama dengan 68°F (20°C) dan memiliki tekanan absolut sebesar 14.7 psia (101.3 kPa), akan mudah menyala ketika volume campuran gas tersebut di udara bebas kurang dari sama dengan 13 persen. Atau gas yang memiliki tekanan absolut lebih dari 14.7 psia (101.3 kPa) dan volume campuran gas tersebut di udara bebas paling tidak 12 persen, berapapun LFL-nya.

¹² *Ibid*

Selain contoh di atas, ada pula yang disebut dengan gas *pyrophoric*, yaitu suatu gas yang memiliki temperatur untuk penyalaan sendiri di udara pada suhu 130°F (54.4°C) atau dibawahnya [*NFPA 55 Standard for the Storage, Use, and Handling of Compressed Gases and Cryogenic Fluids in Portable and Stationary Containers, Cylinders, and Tanks*, 2005, (3.3.29.11)]

2.1.3 Sumber Oksigen

Oksigen terdapat bebas di udara namun suplai oksigen dapat semakin bertambah melalui hembusan angin atau oleh sistem ventilasi natural maupun sistem ventilasi buatan. Pengaturan sistem ventilasi ini harus diperhatikan karena bila terjadi kebakaran, sistem ventilasi yang salah dapat menjadi penyuplai oksigen sehingga kebakaran akan susah dipadamkan.¹³

Untuk bahan-bahan tertentu, proses pembakaran dapat berjalan tanpa adanya oksigen dari udara. Oksigen diperoleh dari bahan lain yang disebut oksidator. Menurut *NFPA 55 Standard for the Storage, Use, and Handling of Compressed Gases and Cryogenic Fluids in Portable and Stationary Containers, Cylinders, and Tanks*, 2005 (3.3.29.10), oksidator adalah suatu zat kimia yang dapat mendukung dan mempercepat pembakaran suatu material bila dibandingkan dengan udara normal. Beberapa contoh bahan oksidasi adalah zat-zat nitrat, klorat, kromat, dan peroksida yang akan menghasilkan oksigen bila dibakar sehingga tidak membutuhkan sumber udara bebas untuk terbakar.¹⁴

¹³ Furness A. & Muckett M., *op.cit.*, h.125

¹⁴ Ramli S., *op.cit.*, h.47-48

2.2 Metode Pemadaman Kebakaran

Seperti yang sudah dijelaskan pada bagian 2.1 Teori Api, prinsip utama dari pemadaman kebakaran adalah meniadakan salah satu unsur pembentuk api, seperti memutus suplai oksigen, menurunkan tingkat panas, menghilangkan bahan bakar, atau memutus rantai reaksi dari bahan yang terbakar.

Ada beberapa metode yang umumnya digunakan dalam proses pemadaman kebakaran, yaitu dengan cara menghilangkan oksigen (*smothering*), mendinginkan api (*cooling*), menghilangkan bahan bakar (*starvation*), dan memutus reaksi rantai (*chemical reaction*).

Pemadaman dengan cara menghilangkan oksigen adalah suatu metode dengan cara menutupi bahan bakar dan mencegah terjadinya interaksi dengan oksigen bebas. Metode ini biasanya digunakan untuk memadamkan kebakaran akibat bahan bakar cair, misalnya kebakaran di rumah akibat miyak panas di dapur, dengan menggunakan *foam* atau dengan selimut basah.¹⁵

Pemadaman dengan mendinginkan api adalah metode yang bertujuan untuk menurunkan temperatur pada bahan yang terbakar dan juga dari sekitarnya dengan cara mengambil panas yang ada dari api. Jika temperaturnya turun sampai dengan ke bawah temperatur nyalanya, maka bahan tersebut tidak akan terbakar lagi. Metode ini banyak digunakan oleh tim pemadam kebakaran yang menyembrotkan air yang akan menyerap panas dan berubah bentuk menjadi uap air.¹⁶

Selanjutnya adalah metode pemadaman dengan cara menghilangkan bahan

¹⁵ *Ibid*, h.54

¹⁶ *Ibid*, h.54-55

bakar. Metode ini berprinsip bahwa dengan membatasi suplai bahan bakar maka kebakaran akan dapat dihentikan. Metode ini lebih efektif dalam usaha pemadaman api, tetapi dalam praktiknya lebih sulit dilakukan. Contoh dari metode ini adalah dengan mematikan sumber listrik, memindahkan bahan-bahan yang mudah terbakar dan mengisolasi aliran bahan bakar yang berbentuk cair.¹⁷

Metode yang terakhir adalah dengan memutus rantai reaksi dalam proses pembakaran. Pada saat terjadi kebakaran, beberapa zat kimia akan terpecah atomnya dan reaksi atom-atom ini dibutuhkan oleh api untuk tetap menyala. Bila reaksi ini tidak terjadi, maka nyala api akan padam. Contoh dari metode ini adalah dengan menggunakan pemadam kebakaran berbahan halon, walau sekarang penggunaan APAR dari halon ini sudah dilarang akibat efeknya pada lingkungan. Dengan menginterupsi rantai reaksi pembakaran dan menggabungkan atom hidrogen dengan atom klorin pada rantai hidrokarbon, maka reaksi tersebut tidak akan terjadi.¹⁸



2.3 Klasifikasi Kebakaran

Kebakaran dapat diklasifikasikan kedalam beberapa kelompok. Tujuan dari klasifikasi ini adalah untuk memudahkan usaha pencegahan dan pemadaman kebakaran. Setiap bahan bakar memiliki karakteristiknya sendiri dan media (bahan) pemadam, sarana proteksi kebakaran, dan juga cara pemadaman untuk setiap bahan bakar juga ada pasangannya. Pengetahuan tentang tipe kebakaran

¹⁷ Furness A. & Muckett, *op.cit.*, h.119

¹⁸ Ramli S., *op.cit.*, h.56

juga dapat membantu untuk mencegah semakin banyaknya korban, terutama tim pemadam kebakaran. Memadamkan kebakaran akibat listrik dengan air tentu akan berdampak semakin buruk pada orang yang berusaha memadamkan kebakaran tersebut. Begitu pula dengan beberapa bahan yang justru akan meledak bila bereaksi dengan air, misalnya natrium.¹⁹

Tabel 2.2 Kelas kebakaran menurut NFPA

Kelas Kebakaran	Bahan Bakar
Kelas A	Kebakaran akibat bahan padat yang umum ada di kehidupan, seperti kayu, kertas, atau pakaian.
Kelas B	Kebakaran akibat bahan cair (flammable liquid) seperti bensin atau minyak tanah.
Kelas C	Kebakaran akibat listrik
Kelas D	Kebakaran akibat logam, seperti magnesium, potasium, dan titanium
Kelas K	Kebakaran akibat bahan bakar seperti minyak goreng serta bahan lain yang memiliki lemak dan biasa digunakan di dapur

Sumber : NFPA 10 Standard for Portable Fire Extinguishers

Tabel 2.3 Klasifikasi kebakaran berdasarkan PerMenakertrans

Klasifikasi Kebakaran	Penyebab
Golongan A	Kebakaran akibat bahan padat kecuali logam
Golongan B	Kebakaran akibat bahan cair dan gas mudah terbakar
Golongan C	Kebakaran akibat instalasi listrik
Golongan D	Kebakaran dari jenis bahan logam

Sumber : PerMenakertrans No.4/tahun1980

¹⁹ *Ibid*, h.57

2.4 Computerized Fire Safety Evaluation System (CFSES)

Computerized Fire Safety Evaluation System (CFSES) merupakan suatu perangkat lunak yang dikembangkan oleh Hughes Associates, Inc. dan disiapkan untuk badan NIST (National Institute of Standards and Technology). CFSES dikembangkan berdasarkan NFPA 101A: *Guide on alternative approaches to life safety*. NFPA 101A memuat kode dan standar mengenai keselamatan kebakaran yang berbeda berdasarkan tempatnya. Standar untuk gedung perkantoran akan berbeda dengan bangunan pendidikan, bangunan pelayanan kesehatan, ruang pertemuan, maupun tempat lainnya tempat lainnya.

CFSES merupakan pengembangan dari NFPA 101A yang berfokus pada standar terhadap bahaya kebakaran di gedung perkantoran. Pada awalnya, NFPA 101A dikembangkan menjadi *Fire Safety Evaluation System* (FSES) Versi 1.0, yang kemudian berkembang menjadi *Enhanced Fire Safety Evaluation System* (EFSES) Versi 1.1B, dan berkembang lagi menjadi *Enhanced Fire Safety Evaluation System* (EFSES) Versi 1.2. CFSES adalah pengkomputerisasian EFSES dan CFSES yang terbaru adalah CFSES versi 1.2.03 yang dikeluarkan pada tahun 2000. Metodologi yang digunakan pada CFSES adalah dengan membandingkan nilai yang didapat berdasarkan hasil penilaian dengan nilai standar yang harus dipenuhi oleh sebuah gedung.²⁰

Program ini memiliki keunggulan yaitu, dapat memungkinkan pengguna untuk melakukan kalkulasi, mengukur sistem proteksi kebakarannya secara objektif dan tentunya terukur, serta menganalisisnya. Aplikasi CFSES ini

²⁰ Hughes Associates inc, *Computerized Fire Safety Evaluation System for Business Occupancies Software*, (Baltimore : Commerce Drive, 2000)

merupakan implementasi nyata dari NFPA 101 *Life Safety Code* dan pengukurannya bersifat objektif dan terarah. Secara umum bila NFPA merupakan sebuah guideline, maka CFSES adalah implementasi dari keseluruhan NFPA yang sudah memiliki penilaian (kuantitatif). Software ini juga memiliki beberapa atribut tambahan yang bisa digunakan, termasuk didalamnya perluasan perhitungan algoritma, kemampuan evaluasi biaya dan resiko, dan pilihan pilihan upgrade bangunan.

CFSES adalah sebuah metodologi yang menyediakan pendekatan multi atribut untuk mengevaluasi performa atau kinerja keselamatan kebakaran di gedung secara semi-kuantitatif. Metode ini bertujuan untuk mempermudah pembuat kebijakan untuk menilai dan menentukan kesesuaian dan pemenuhan keselamatan kebakaran gedung terhadap standar yang berlaku, yaitu NFPA 101 *Life Safety Code*. Selain itu karena disusun dari berbagai standar NFPA, maka program ini memang di desain untuk memberikan informasi secara efektif dan efisien kepada penggunanya.

Ada 12 variabel utama pada CFSES, yaitu konstruksi, segregasi bahaya, bukaan vertikal, *sprinkler*, sistem alarm kebakaran, pendeteksi asap, barang properti, pengendalian asap, akses keluar, jalur penyelamatan, kompartemenisasi, dan pelatihan tanggap darurat. Versi manual dari CFSES (NFPA 101A: *Guide on alternative approaches to life safety*) bisa dilihat pada Lampiran 2.

CFSES merupakan suatu perangkat lunak yang dikembangkan secara spesifik untuk menilai keselamatan kebakaran gedung / perkantoran, sehingga kurang efektif bila dilakukan penilaian dengan CFSES pada bangunan selain

perkantoran, seperti rumah sakit atau perpustakaan.²¹

Evaluasi CFSES dapat dibagi menjadi tiga bagian: informasi latar belakang, pengaturan dasar, dan pengaturan Pilihan. Informasi latar belakang terdiri dari data seperti judul proyek atau nama gedung, nama analis, dan informasi bangunan umum yang tidak berubah selama analisa. Jenis informasi termasuk apakah struktur baru atau lama, tinggi bangunan, dan jumlah lantai. Pengaturan dasar didefinisikan sebagai pilihan parameter NFPA 101A untuk bangunan seperti yang ada saat ini atau direncanakan.²²

Informasi latar belakang digunakan untuk mengidentifikasi bangunan dan untuk mengatur parameter bangunan yang umumnya yang akan menjadi syarat yang dibutuhkan dan membantu untuk melakukan perbaikan terhadap sistem keselamatan kebakaran. Ada 2 langkah pada tahap ini, yang pertama adalah Karakteristik Bangunan Umum, bagian ini membutuhkan data jumlah lantai. Jumlah lantai yang dipilih di layar ini dengan memilih di sebelah nilai lantai yang benar untuk bangunan dievaluasi (gambar 4.1). Informasi menjelaskan bagaimana menentukan jumlah lantai untuk mematuhi NFPA 101A ditunjukkan pada kotak jendela di tengah layar. Selanjutnya adalah Karakteristik Bangunan Umum. Ini adalah layar informasi latar belakang (gambar 4.2). Tinggi bangunan, usia bangunan (lama atau baru), dan luas lantai kotor dimasukkan di sini. Luas lantai kotor adalah luas lantai agregat setiap tingkat bangunan. Hal ini digunakan untuk memperkirakan biaya upgrade proteksi kebakaran sistem di fasilitas tersebut.²³

Selanjutnya akan muncul nilai persyaratan wajib yang dibutuhkan oleh

²¹ ibid

²² ibid

²³ ibid

gedung (gambar 4.3). Kemudian akan muncul 12 parameter yang harus diisi sesuai dengan kondisi gedung tersebut (gambar 4.4 s/d gambar 4.16).²⁴ Parameter awalnya bisa dilihat di tabel 2.12. Tapi bisa menggunakan penilaian judgement dengan mengkombinasikan penggunaan *bridging tabel* (lampiran 2 s/d lampiran 10). Setelah semua parameter diisi akan muncul hasil evaluasi (gambar 4.17 dan 4.18). Dari hasil evaluasi dapat diketahui apakah gedung tersebut aman atau tidak terhadap bahaya kebakaran. Ada menu lainnya yang dapat digunakan untuk menghitung beberapa kebutuhan gedung, yaitu *utilities*. *Utilities* dijelaskan tersendiri dibagian 4.15.

2.5 Jumlah Lantai, Tinggi Gedung, dan Klasifikasi Gedung

Keselamatan kebakaran gedung dipengaruhi oleh tinggi gedung, luas lantai, dan volume dari setiap kompartemen di gedung tersebut. Jumlah lantai dan tinggi sebuah gedung ditentukan berdasarkan tipe konstruksi dan kepentingan gedung itu sendiri (Tabel 2.4). *NFPA 5000 Building Construction and Safety Code*, 2012 (7.4) menyebutkan gedung yang digunakan untuk kegiatan berisiko tinggi, seperti laboratorium, akan memiliki jumlah lantai yang relatif sedikit serta tinggi yang lebih pendek bila dibandingkan dengan gedung perkantoran biasa. Bila tipe konstruksi yang digunakan oleh gedung semakin rentan terhadap penyebaran api, maka jumlah lantai yang diperbolehkan akan semakin sedikit. Untuk gedung yang digunakan untuk perkantoran pada umumnya memiliki minimal 2 lantai sampai dengan tinggi yang tidak dibatasi, asalkan masih sesuai

²⁴ ibid

dengan peraturan lainnya.

Tabel 2.4 Jumlah lantai dan tinggi gedung yang diperbolehkan

Tipe	Tipe I		Tipe II			Tipe III		Tipe IV		Tipe V	
Konstruksi	442	332	222	111	000	211	200	2HH	111	000	
	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	
Kepentingan	Jumlah lantai yang diperbolehkan										
	Tinggi gedung maksimal (ft)										
Gedung	UL	UL UL	12 11	6 5	5 4	6 5	5 4	6	5	4 3	3 2
	UL										
Perkantoran	UL	UL	UL	37500	23000	28500	19000	36000	18000	900	

S : Tinggi lantai (dalam ft) dan jumlah lantai yang diperbolehkan dalam sebuah gedung yang diproteksi oleh sistem sprinkler otomatis.

N : Tinggi lantai (dalam ft) dan jumlah lantai yang diperbolehkan dalam sebuah gedung yang tidak diproteksi oleh sistem sprinkler otomatis

UL : Tidak terbatas (unlimited)

1 ft = 0.3048 m; 1 ft²=0.093m²

Sumber : NFPA 5000:2012 (7.4.1)

Menurut *NFPA 5000 Building Construction and Safety Code*, 2012 (3.3.65.10), sebuah gedung dapat dikategorikan ke dalam bangunan bertingkat tinggi apabila lantai paling atas yang dioperasikan di gedung tersebut berada lebih dari 23 m (75 ft) dari lantai terbawah dimana tim pemadam kebakaran memiliki akses bebas untuk mobil dan peralatan lainnya.

Menurut *CFSES dan NFPA 101 Life Safety Code®*, 2012 (3.3.28.5), sebuah gedung dapat diklasifikasikan kedalam dua kelompok besar berdasarkan kebaruannya yaitu gedung baru (*new building*) dan gedung yang sudah ada (*existing building*). Gedung baru adalah gedung yang masih dalam proses

perencanaan (cetak biru) hingga gedung yang belum dioperasikan saat evaluasi terhadap keselamatan kebakaran dilakukan. Sementara gedung yang sudah ada adalah gedung yang sudah digunakan pada saat analisis terhadap keselamatan kebakaran dilakukan.

Distribusi panas pada saat terjadi kebakaran di ruang besar tidak merata dan cenderung membentuk pola yang asimetris. Lalu faktor kunci seperti tipe perkembangan api, *heat release rate*, ruang internal tempat terjadi kebakaran, dan *fire area* memiliki hubungan yang signifikan dalam masalah distribusi panas. Dan jika *heat release rate* naik maka suhu maksimal api bisa naik, namun jika luas lantai atau tinggi ruang internal naik maka suhu maksimal di gedung akan turun.²⁵

2.6 Konstruksi Gedung

Konstruksi gedung terdiri dari beberapa komponen yang berfungsi untuk mendukung ketahanan bangunan terhadap kebakaran. Komponen tersebut adalah balok dan kolom, dinding pembatas, serta lantai. Struktur atap tidak dimasukkan ke dalam komponen struktur bangunan kecuali atap tersebut dapat menahan beban api atau memiliki fungsi sebagai lantai untuk lantai di atasnya. Pada bagian atap ada sambungan (*joint*) yang harus diperhatikan karena sambungan ini lemah terhadap api.²⁶

Penentuan konstruksi gedung berbeda-beda menurut standar, namun pada dasarnya terdapat lima klasifikasi besar untuk setiap konstruksi. Perbandingan klasifikasi konstruksi menurut beberapa standar dapat dilihat pada Tabel 2.5.

²⁵ Du & Yi, A new temperature-time curve for fire-resistance analysis of structures , (*Fire Safety Journal* 54,2012), h.113-120

²⁶ Furness A. & Muckett M., *op. cit.*, h.175

Tabel 2.5 Perbandingan tipe konstruksi antar standar

NFPA	IBC/IFC	Istilah Umum
I (442)	-	<i>Fire Resistive, Non-combustible</i>
I (332)	IA	
II (222)	IB	
II (111)	IIA	<i>Protected Non combustible</i>
II (000)	IIB	<i>Unprotected Non combustible</i>
III (211)	IIIA	<i>Protected Ordinary</i>
III (200)	IIIB	<i>Unprotected Ordinary</i>
IV (2HH)	IV	<i>Heavy Timber</i>
V (111)	VA	<i>Protected Combustible</i>
V (000)	VB	<i>Unprotected Combustible</i>

NFPA National Fire Protection Association

IBC/IFC International Building Code / International Fire Code

Sumber : Costruction Type Comparasion

2.6.1 Tipe I *Fire Resistive*

IBC (International Building Code) menyebutkan bahwa konstruksi untuk gedung yang memiliki tinggi tidak lebih dari 128m (420 ft) sebaiknya terbuat dari bangunan dengan tipe I untuk mengurangi penyebaran api.

Tipe I adalah tipe konstruksi yang melawan api (*fire resistive*), dimana elemen penyusun konstruksi ini berasal dari material yang tidak mudah terbakar sehingga dapat mencegah penyebaran api dari lantai ke lantai. Pada umumnya konstruksi tipe I harus bertahan dari paparan api selama tiga sampai empat jam. Kebanyakan gedung dengan konstruksi tipe I memiliki ciri-ciri besar, merupakan bangunan yang digunakan untuk lebih dari satu kepentingan, dan memiliki banyak orang yang berkepentingan di dalamnya. Karena kebanyakan gedung dengan

konstruksi tipe I besar, maka bila terjadi kebakaran akan memerlukan pemadaman yang sulit. Untuk itulah gedung dengan tipe konstruksi I mengandalkan sistem proteksi untuk mendeteksi dan memadamkan api sedini mungkin²⁷.

Ada dua jenis umum dari konstruksi tipe I ini yaitu gedung beton bertulang dan gedung baja struktural. Kedua tipe ini dirancang agar struktur bangunan tidak runtuh saat terjadi kebakaran dan menahan penyebaran api dari suatu lantai ke lantai lain. Kelemahan dari gedung dengan desain beton bertulang memiliki bahaya dari langit-langitnya yang dapat runtuh apabila dipanaskan. Sementara pada gedung yang rangkanya dari baja, lantainya dapat melengkung ke atas. Kedua hal ini dapat membahayakan tim pemadam kebakaran.²⁸

Kegagalan tersebut disebabkan oleh *spalling* yaitu ekspansi secara cepat dari uap air yang panas di dalam beton. Ada sejumlah kecil uap air yang terperangkap di dalam beton dan akan memuai apabila dipanaskan dan menciptakan tekanan internal dalam beton. Tekanan inilah yang dapat menyebabkan retakan dan menjatuhkan langit-langit ke atas pemadam. Gedung dengan konstruksi baja struktural, pada sisi bawah setiap lantai betonnya terdiri dari lembaran baja tipis yang bergelombang. Panas dari api dapat memuaikan uap air yang ada di dalam beton dan mencapai bawah sisi baja bergelombang, sehingga dapat menimbulkan tekanan yang dapat menggeser baja dan lantai beton ke atas secara tiba-tiba dari 6 sampai dengan 12 inci.

Balázs & Lubl6y (2012) melakukan penelitian terhadap konstruksi beton untuk mengetahui retakan yang akan terjadi apabila mengalami pemanasan.

²⁷ Walla Walla Country Fire District 4(n.d), *Building_Construction*. 2013

²⁸ *ibid*

Dilakukan penelitian terhadap 6 buah campuran beton, dimana campuran 1 tidak dicampur dengan bahan lain, campuran 2 dicampur dengan tambahan 1 kg/m³ *polymeric fiber* yang tipis (ϕ (diameter) = 0,032 mm, l (panjang) = 40 mm), campuran 3 dengan tambahan 1 kg/m³ *polymeric fiber* yang tebal (ϕ = 1,1 mm, l = 18 mm), campuran 4 dengan tambahan 80 kg/m³ *steel fiber* tebal (ϕ = 0,9 mm, l = 35 mm), campuran 5 dengan tambahan 80 kg/m³ *steel fiber* sedang (ϕ = 0,75 mm, l = 35 mm), dan campuran 6 dengan tambahan 80 kg/m³ *steel fiber* tipis (ϕ = 0,3 mm, l=12,55 mm).

Berdasarkan hasil uji pemanasan dari suhu normal 20°C sampai dengan 800°C, didapatkan hasil ketahanan campuran 1 hanya tersisa 23% dari ketahanan awal. *Polymeric fiber* pada campuran 2 dan campuran 3 meleleh diatas suhu 150°C. Dan campuran 4 mengalami keretakan mulai suhu 600°C. Campuran yang bagus dan tidak terjadi retakan adalah campuran 5 dan 6. Hal ini dipengaruhi dari campuran *steel fiber* yang tipis dan pendek di dalam beton untuk meningkatkan kekuatan beton pada saat suhu tinggi.

Berdasarkan penelitian Mostafaei (2013) bagian tiang (kolom) dari beton akan lebih besar terjadi kontraksi berupa pemendekan tiang, pada saat tahap pendinginan setelah kebakaran dibandingkan pada saat terpajan api. Sehingga harus diperhatikan pada gedung yang menggunakan struktur dasar dari beton, bahwa api yang padam belum berarti situasi sudah aman.

Konstruksi beton memiliki tipe yang berbeda-beda. International Building Code (IBC) telah menentukan ketebalan minimal setiap tipe beton berdasarkan waktu ketahanan terhadap beban api (Tabel 2.4). Untuk gedung yang digunakan

untuk keperluan bisnis, konstruksinya harus tahan api selama 2 jam. Oleh karena itu, ketebalan minimal beton yang digunakan apabila menggunakan tipe beton bersilika atau beton berkarbonat adalah 4,6 inci sampai dengan 5 inci.

Tabel 2.6 Ketebalan minimal beton untuk menahan beban api

Tipe Beton	Ketebalan minimal (inci) untuk menahan beban api selama				
	1 Jam	1,5 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam
<i>Siliceous</i>	3,5	4,3	5,0	6,2	7,0
<i>Carbonate</i>	3,2	4,0	4,6	5,7	6,6
<i>Sand Lightweight</i>	2,7	3,3	3,8	4,6	5,4
<i>Lightweight</i>	2,5	3,1	3,6	4,4	5,1

Sumber : IBC

2.6.2 Tipe II *Non-Combustible*

Tipe II adalah jenis konstruksi bangunan yang tidak mudah terbakar (*non-combustible*) dimana elemen pembentuknya mencegah terjadinya penyebaran api dari satu lantai ke lantai lain, namun tidak tidak melawan keberadaan api seperti konstruksi tipe I. Konstruksi dengan tipe II pada umumnya terbuat dari baja, seperti yang digunakan pada gudang, tempat-tempat perbelanjaan yang umumnya kecil, serta sekolah dan rumah ibadah yang dirancang untuk tidak mudah terbakar.²⁹

Ciri khas dari konstruksi tipe II ini adalah penggunaan rangka logam pada strukturnya yang dilapisi dinding metal, blok beton, atau dinding biasa. Yang menjadi kelemahan dari tipe konstruksi ini adalah pada bagian atap yang biasanya terdiri dari sambungan kasau (balok silang) baja yang terbuka dan tidak

²⁹ *Ibid*

terproteksi. Bila terjadi kebakaran maka kasau baja ini merupakan bagian yang paling rentan untuk rubuh dalam waktu lima sampai dengan sepuluh menit dan hal ini merupakan bahaya terbesar bagi petugas pemadam kebakaran. Inilah yang menjadikan gedung dengan konstruksi tipe II mendapat penilaian yang lebih buruk jika dibandingkan dengan tipe I atau bahkan tipe III.³⁰

Material dari konstruksi bangunan yang biasa digunakan adalah bata, beton, baja, eternit, kaca, dan *steel sandwich panels*. Bila menggunakan bata atau beton sebaiknya memerhatikan bagian sambungan di antara dinding dan langit-langit. Karena bila konstruksi yang dibuat tidak stabil, maka akan meningkatkan risiko untuk rubuh apabila terjadi kebakaran. Sebaiknya penggunaan beton pada konstruksi ditambahkan baja pada bagian dalamnya untuk menambah stabilitas³¹. Baja banyak digunakan untuk konstruksi karena ringan, kuat, dan memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi. Namun kekurangan dari baja adalah titik lelehnya yang rendah sekitar 600°C dan akan kehilangan 60% dari kekuatannya setelah terbakar. Suhu kebakaran di bangunan bisa mencapai 1000°C, maka dari itu baja dalam konstruksi bangunan harus dilindungi dengan cara membungkusnya dalam beton, menutupi baja dengan material yang lebih tahan api seperti eternit, melapisi dengan material berbasis semen atau *intumescent* (bahan tahan api).³²

Kestabilan konstruksi baja ringan akan berkurang jika mencapai suhu 500°C sehingga bisa terjadi pembengkokan. *Load level* adalah salah satu parameter penting dalam ketahanan api pada tiang dari baja. Tiang dari baja yang memiliki *load level* tinggi memiliki suhu kritis (untuk terjadi pembengkokan)

³⁰ *Ibid*

³¹ Furness A. & Muckett, op.cit., h. 180

³² *Ibid* h.179

yang lebih rendah dan juga ketahanan api lebih baik. Berdasarkan hasil penelitian, meningkatkan *load level* dari 30% ke 70% dapat menurunkan suhu kritis sampai dengan 100°C.³³

Penggunaan SRC (*Steel Reinforced Concrete*) akan mengurangi kekuatan konstruksi antara 67,3 – 89,6%. Tapi kekuatan ini dapat memulih saat waktu terpajan antara 90 sampai dengan 180 menit. Pemulihan ini tidak berlaku pada gabungan yang campurannya tidak baik sehingga rusak. Jadi harus benar – benar baja yang terlapis beton dengan sempurna, bukan yang ada campuran bahan lain.³⁴

2.6.3 Tipe III Ordinary

Gedung dengan konstruksi tipe III merupakan tipe yang biasa dan paling banyak digunakan di perkotaan. Tipe ini biasanya menggunakan batu bata dan juga balok kayu sebagai elemen dasarnya. Walau menggunakan balok kayu dan bagian lantai serta atapnya juga menggunakan kayu, ukurannya tidak sampai sebesar tipe IV *Heavy Timber*. Bila terjadi kebakaran pada gedung dengan konstruksi tipe ini, risiko jatuh akibat lantai rubuh lebih besar daripada kejatuhan runtuh dari atas. Biasanya gedung dengan konstruksi tipe III hanya setinggi dua sampai dengan empat lantai, dan tidak lebih tinggi dari delapan lantai. Namun di Chicago, Illinois, ada gedung dengan 15 lantai dan memiliki konstruksi tipe ini.³⁵

Ciri khas dari tipe III adalah adanya dinding tebal yang biasanya terletak di bagian depan gedung. Dinding ini dibuat dari beberapa lapis batu bata yang

³³ Moura Correia, A.J.P., Rodrigues, J.P.C, Fire resistance of steel columns with restrained thermal elongation , (*Fire Safety Journal 50 (1)* ,2012), h.1-11

³⁴ Tao Z. & Yu Q., Residual bond strength in steel reinforced concrete columns after fire exposure , (*Fire Safety Journal 53*, 2012), h.19-27

³⁵ Walla-walla, *loc. cit.*,

dipasang saling tegak lurus 90 derajat. Tebal dinding ini bisa mencapai 15 sampai dengan 76 cm (6 – 30 inci). Ada celah diantara lapisan batu bata ini yang dapat menjadi tempat terakumulasinya gas berbahaya seperti karbon monoksida pada saat terjadi kebakaran. Selain karena adanya gas berbahaya, dinding tebal ini juga rawan runtuh apabila petugas pemadam kebakaran memaksa menerobosnya. Biasanya mereka akan memutar melalui pintu lain, atau setidaknya tidak membuat lubang di bagian depan.³⁶

Ada beberapa rancangan yang dapat digunakan untuk mengantisipasi bahaya dari tipe III ini, yaitu *efflorescence*, *parging*, dan *spreaders*. *Efflorescence* adalah suatu kondisi dimana terlihat bubuk – bubuk putih di dinding yang menandakan campuran semen tidak bagus karena terlalu banyak air dan garam terlarut. Bila terlihat ciri *efflorescence* ini, maka dapat dipastikan dinding tersebut tidak baik digunakan untuk memberikan pertolongan darurat. *Parging* adalah suatu usaha melapisi dinding bata yang buruk dengan beton. Dan *spreaders* adalah alat yang digunakan untuk menyebarkan beban yang ditanggung sebuah dinding keseluruhan bagian. Sehingga jika terjadi kebakaran, dinding tersebut tidak mudah ambruk.³⁷

Eternit sering digunakan karena termasuk kedalam material yang tidak mudah terbakar, misalnya gipsum. Menurut KBBI eternit adalah bahan bangunan yang dibuat dari campuran asbes halus dan semen yang digunakan pada langit-langit rumah. Dinding setebal 12 mm yang dibuat dari eternit diperkirakan bisa menahan beban api selama 30 menit. Kelemahan dari eternit adalah strukturnya

³⁶ *Ibid*,

³⁷ *Ibid*,

yang tidak kuat apabila berdiri sendiri dan lemah terhadap kerusakan akibat faktor mekanis. Etrernit harus digunakan bersama dengan bahan lain yang lebih kuat seperti kayu.

2.6.4 Tipe IV *Heavy Timber*

Gedung dengan konstruksi tipe IV memiliki karakteristik dimana kayu yang digunakan untuk bagian lantai dan atap gedung terhitung besar, yaitu sekitar 30 cm x 30 cm (12 inci x 12 inci). Bagian dindingnya terbuat dari bahan yang tidak mudah terbakar seperti batu bata atau beton. Walaupun tipe konstruksi ini tidak kebal terhadap api, namun karena ukuran kayu yang begitu besar, maka kayu akan terbakar dan hangus dan tidak menyebarkan api karena sifatnya berubah seperti bahan yang tidak mudah terbakar.³⁸

Tipe IV terkenal akan stabilitasnya yang tinggi bila terjadi kebakaran dan disebut juga sebagai *mill construction* atau konstruksi pabrik. Pada tahap awal kebakaran, petugas pemadam kebakaran tidak perlu mengkhawatirkan akan tertimpa runtuh dari langit-langit atau lantai yang dipijaknya akan runtuh. Namun hal yang harus diwaspadai adalah dalam beberapa jam bila kebakaran tidak dapat dipadamkan, maka konstruksi ini dapat runtuh secara bersamaan dari lantai paling atas sampai ke lantai paling bawah.³⁹

2.6.5 Tipe V *Wood Frame*

Tipe V merupakan tipe konstruksi yang terdiri dari kayu dengan ukuran antara 5 cm x 10 cm (2 inci x 4 inci) sampai dengan 5 cm x 30 cm (2 inci x 12

³⁸ *Ibid.*,

³⁹ *Ibid.*,

inci). Hanya bangunan jenis perumahan saja yang biasanya menggunakan konstruksi tipe ini. Tipe ini merupakan yang paling berbahaya, karena hanya dalam waktu lima sampai dengan sepuluh menit dapat langsung runtuh, bahkan sebelum seluruh konstruksinya terbakar habis. Hal ini disebabkan karena gedung dengan tipe ini terdiri dari kayu-kayu kecil yang saling berkaitan dan membentuk sambungan namun dengan ikatan lemah apabila terbakar.⁴⁰

2.7 Segregasi Bahaya

Segregasi bahaya adalah pemisahan tempat yang memiliki potensi tinggi terhadap kejadian kebakaran dari jalur penyelamatan dan ruang kerja. Tempat yang memiliki potensi tinggi maksudnya adalah tempat atau ruangan di dalam gedung yang penggunaannya berbeda dengan kegunaan gedung pada umumnya dan berpotensi menimbulkan api yang akan menyebabkan kebakaran.⁴¹

Berdasarkan *NFPA 101A Life safety code* (5.4.2), ada empat tahap untuk mengetahui apakah tempat yang memiliki potensi bahaya tinggi sudah dipisahkan atau belum. Yang pertama adalah dengan melakukan identifikasi tempat mana saja yang memiliki potensi bahaya tinggi. Tahap kedua adalah menentukan tingkat keparahan bahaya di tempat berbahaya yang telah teridentifikasi bila terjadi kebakaran, apakah akan merusak struktur bangunan atau tidak. Hal ini dihitung menggunakan rumus (2.1)⁴²

$$? = \frac{4,9 ??}{?? ??/?}$$

⁴⁰ *Ibid*,

⁴¹ Hughes Associates inc, *op.cit* , h.11

⁴² NFPA 101A : *Guide on alternative approaches to life safety*, 2013

t = waktu ketahanan struktur

L = Total fire load

A = luas bukaan pada tempat tersebut

A_s = luas dinding, lantai, dan langit-langit dari tempat yang berbahaya tersebut

Tahap ketiga adalah penentuan apakah ada sistem proteksi kebakaran di tempat tersebut. Sistem proteksi ini dapat berupa pemisahan tempat berbahaya ini dari tempat yang memiliki banyak pekerja atau dari jalur penyelamatan, lalu ada partisi yang memisahkan dengan bagian gedung yang lain, dan keberadaan pintu tahan api untuk mencegah penyebaran api dari sana. *Sprinkler* dapat digunakan sebagai sistem proteksi kebakaran, namun hanya jika tempat berbahaya ini diletakkan jauh dari area kerja.

Tahap terakhir adalah menentukan tingkat *deficiency* (kekurangan) pada tempat berbahaya tersebut. Tingkatannya adalah tidak memiliki kekurangan bila dapat menyebabkan kerusakan struktural namun perlindungannya bagus, atau tidak menyebabkan kerusakan struktural dan ada sistem proteksi. Ada yang disebut hanya memiliki kekurangan tunggal, bisa jadi bisa menyebabkan kerusakan struktural namun memiliki sistem proteksi, atau tidak menyebabkan kerusakan struktural namun tidak terdapat sistem proteksi disana. Dan yang disebut memiliki kekurangan ganda adalah bila dapat menyebabkan kerusakan struktural dan juga tidak memiliki sistem proteksi⁴³. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.7.

⁴³ *Ibid*,

Tabel 2.7 Tingkat kekurangan tempat berbahaya di gedung

	Tidak ada proteksi	Sprinkler	Pelapis tahan api	Sprinkler dan lapisan tahan api
Tidak menyebabkan kerusakan struktural	Kekurangan tunggal	Tidak terdapat kekurangan		
Menyebabkan kerusakan struktural	Kekurangan ganda	Kekurangan tunggal	Tidak terdapat kekurangan	

Sumber: NFPA 101,2006 (5.4.2.2)

2.8 Bukaannya Vertikal (*Vertical Opening*)

Bukaan vertikal adalah suatu penghubung antara satu lantai dengan lantai lain di bawah atau di atasnya secara vertikal. Penghubung yang dimaksud bisa berupa tangga atau jalur landai yang tidak memiliki pintu, bolongan pada atap, lift orang, lift barang, saluran binatu, saluran pembuangan sampah, jalur pipa, atau jalur ventilasi. Bukaan vertikal dapat menyebabkan perpindahan api ke lantai atas dan juga menyebabkan asap dapat bergerak lebih cepat⁴⁴.

Salah satu pencegahan sebaran api dan asap melalui bukaan vertikal adalah dengan *fire stop materials* yang memiliki tingkat ketahanan api selama 1 jam. *Fire stop material* ini dipasang pada salah satu atau kedua sisi bukaan vertikal seperti saf kabel, pipa, atau di sambungan pada konstruksi (*joint*).

Pencegahan sebaran api dan asap pada bukaan vertikal, khususnya di

⁴⁴ NFPA 101: Life safety code ©, 2012

saluran ventilasi, selain menggunakan *fire stop materials* adalah dengan menggunakan *damper*, dimana aktivasi untuk *fire damper* adalah berdasarkan suhu. Menurut IBC (*Internatinal Building Code*), jika suhu di bukaan vertikal sudah mencapai lebih dari 10°C (50°F) di atas suhu ruangan, maka *fire damper* harus segera aktif untuk menutup sistem ventilasi. Suhu maksimal untuk aktivasi ini adalah 71°C (160°F). Sementara untuk smoke damper harus terkoneksi dengan pendeteksi asap dengan jarak kurang dari 1,5 m (5 ft) dan harus diatur kecepatan aliran udara, suhu, dan kelembaban di dalam saluran ventilasi .

2.9 *Sprinkler*

Menurut IBC, gedung yang memiliki *occupancy load* lebih dari 30 atau tingginya lebih dari 16,76 m (55 ft) harus dilengkapi dengan *sprinkler*. Selain itu, harus ada kolam penyedia air cadangan dengan untuk menyediakan air selama minimal 30 menit.

Setiap gedung biasanya memiliki sistem proteksi aktif yang bersifat mudah dibawa dan yang sudah tetap berada di tempatnya. Untuk sistem proteksi aktif yang tetap berada di tempatnya, atau disebut juga *Fixed Fire Fighting Systems* (FFS) terdiri dari empat jenis yaitu *sprinkler* otomatis, sistem *drencher*, sistem *flooding* dan *inerting*, dan sistem *water mist*⁴⁵.

Sprinkler dapat berfungsi untuk memadamkan api pada tahap awal kebakaran, mencegah api semakin membesar dan menyebar, memberi tanda ke ruang kontrol sehingga bisa mengaktifkan alarm, dan jika memungkinkan bisa

⁴⁵ Furness A. & Muckett M., op.cit., h.217

memberi sinyal langsung kepada pemadam kebakaran.⁴⁶

Sistem *sprinkler* memiliki beberapa bagian utama yang harus diperhatikan pada saat instalasi. Pertama adalah ketersediaan air apakah cukup untuk luas gedung tersebut atau tidak. Ada dua jenis tempat penyediaan air untuk *sprinkler* yaitu bak yang berada di atas tanah, atau kolam penampungan yang berada di bawah tanah. Sebaiknya bangunan bertingkat menggunakan tempat penyediaan air yang berada di atas tanah (seperti menggunakan tandon atau tangki air yang tidak ditanam) sehingga tidak memerlukan energi lagi untuk menyedot air dari bawah tanah⁴⁷.

Kemudian ada pipa untuk mengalirkan air dari tempat persediaan sampai ke ruangan. Lalu ada katup pengendali, untuk mengendalikan tekanan air didalam pipa yang terhubung juga dengan sistem alarm dan pemantau di bagian luar katup ini. Alarm ini akan aktif apabila terjadi aliran air di dalam katup yang bisa berarti air di dalam ruangan mulai keluar (terjadi kebakaran) atau bila persediaan air berkurang karena terjadi kebocoran di suatu tempat⁴⁸.

Bagian terakhir adalah kepala *sprinkler* yang terdiri dari dua komponen yaitu bagian kepalanya yang berfungsi untuk memancarkan air dan juga tautan yang dapat melebur. Tautan yang dapat melebur ini biasanya adalah tipe bola kaca, dimana di dalam bola kaca ini terdapat gelembung udara yang tetap ada saat suhu normal. Namun ketika terjadi kebakaran yang mengakibatkan suhu lingkungan naik, maka gelembung ini akan memuai dan pecah. Pecahnya gelembung ini akan mengakibatkan sistem aktif dan air mengalir. Ada beberapa

⁴⁶ *Ibid*, h.217-219

⁴⁷ *Ibid*, h.219

⁴⁸ *Ibid*, h.219-220

tipe bola kaca yang pada umumnya digunakan (Tabel 2.8), dan bagian kepala ini tidak boleh diubah ataupun dicat karena akan mengganggu efektivitas dari gelembung udara di dalamnya⁴⁹.

Tabel 2.8 Standar sprinkler

Warna	Suhu dimana akan aktif (°C)
Oranye	57
Merah	68
Kuning	79

Sumber : Furness & Muckett, 2007

Kemampuan *sprinkler* untuk memadamkan api di ruang tertutup dipengaruhi oleh kondisi ventilasi. Pada ruangan yang memiliki pintu atau bukaan kecil, api akan lebih cepat dipadamkan sebelum membesar. Sementara di ruangan yang bukaannya lebih besar, daya api untuk menjadi lebih besar semakin sering. Selain itu faktor yang memengaruhi kemampuan *sprinkler* adalah kecenderungan radiasi api, keadaan tutup, dan tipe bahan yang terbakar⁵⁰.

2.10 Sistem Alarm Kebakaran

Setidaknya harus ada dua sinyal penanda saat terjadi kebakaran, yaitu sinyal audio dan sinyal visual⁵¹. Menurut RRFSo (*Regulatory Reform Fire Safety Order*) dan MHSWR (*The Management of Health and Safety Work Regulations*), elemen penting untuk memastikan penghuni gedung dapat melakukan evakuasi secara aman adalah dengan cara menyediakan perencanaan yang tepat dan

⁴⁹ *Ibid*, h.218

⁵⁰ Tao Z. & Yu Q., Residual bond strength in steel reinforced concrete columns after fire exposure, (*Fire Safety Journal* 53, 2012), h.19-27

⁵¹ Furness A. & Muckett M., *op.cit.*, h.225

memungkinkan penghuni gedung untuk mendeteksi api dan menyalakan alarm kebakaran.

Untuk bangunan kantor yang tergolong kecil masih memungkinkan apabila penghuni gedung menemukan langsung api dan memberikan peringatan kepada yang lain secara verbal. Namun bangunan kantor yang lebih besar membutuhkan suatu sistem yang mendasar dimana sistem alarm dan pendeteksi kebakarannya digabungkan. Penggabungan sistem alarm dan pendeteksi kebakaran ini memiliki beberapa keuntungan, yaitu:⁵²

- Mendeteksi kebakaran di tempat yang tidak ada penghuninya
- Memberikan peringatan dini kepada pekerja sehingga dapat melakukan evakuasi secara efektif
- Memberikan pemberitahuan kepada petugas pemadam lebih awal, sehingga dampak kebakaran dapat diminimalisasi dan mengurangi penyebaran api
- Memberikan waktu untuk mengaktifkan sistem lain yang bertujuan untuk melindungi penghuni gedung, seperti :
 - Pintu otomatis (wall barrier) untuk penghalang asap dan api atau sistem tekanan udara di tangga
 - Menutup jalur ventilasi dan Mematikan sistem AC sehingga tidak ada asap yang menyebar melalui jalur ini
 - Membuka ventilasi atau menyalakan kipas untuk pengendalian asap

⁵² Furness A. & Muckett M., *op.cit.*, h.225-226

- Membawa alat pemadam kebakaran ke sumber api, dll.

IBC menyebutkan bahwa untuk bangunan yang digunakan sebagai perkantoran biasa, sinyal alarm audionya adalah 15 dB diatas suara ambien atau sekitar 60 – 65 dB(A), namun tidak lebih dari 110 dB(A). Sementara untuk bangunan yang memiliki kebisingan di atas rata-rata, misalnya di pabrik atau industri, maka kekuatan audio dari sinyal alarm bisa ditingkatkan⁵³.

Orang yang menggunakan alat bantu dengar bukan berarti tidak sensitif terhadap suara alarm. Hanya saja untuk orang dengan alat bantu pendengaran sebaiknya ditambahkan peralatan pemberitahuan keadaan darurat misalnya dengan alat yang akan bergetar bila mendapat sinyal radio dari sistem alarm.

Beberapa tahun terakhir sudah dikembangkan *Emergency Voice Communications* (EVC), yaitu suatu sistem dimana pemberitahuan terhadap kebakaran atau situasi darurat lainnya bukan berdasarkan suara sirine saja, namun dikembangkan dengan cara pemberitahuan dari ruang kontrol dimana ada suara manusia yang memberitahukan apa yang sedang terjadi. Sistem EVC ini juga memiliki kelebihan yaitu dapat digunakan oleh petugas untuk proses evakuasi penghuni gedung, untuk membantu pemadam kebakaran setelah terjadinya evakuasi, dan juga untuk orang-orang yang memiliki kebutuhan khusus yang tidak dapat keluar dan hanya bisa berlindung di ruang kontrol.

Secara umum sistem EVC ini sangat efektif, namun masih lebih penting untuk memastikan bahwa jalur evakuasi yang di bangunan tersebut memang baik dan juga mengadakan pelatihan bagi para penghuni gedung.

⁵³ *Ibid*, h.230-231

Untuk sinyal alarm visual (suar) biasanya digunakan untuk melengkapi sinyal alarm audio untuk kondisi tertentu, seperti kebisingan ambien yang melebihi 90 dB(A), di tempat dimana pekerja diharuskan memakai pelindung telinga, dimana ada orang yang mengalami gangguan pendengaran, atau di tempat-tempat yang proses evakuasinya sangat bergantung pada pegawai bangunan tersebut misalnya di stasiun televisi atau radio, di bioskop, atau di rumah sakit.

Suar yang digunakan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- Terdeteksi secara merata sehingga seluruh penghuni gedung dapat melihat sinyal darurat
- Kecepatan suar menyala ada di antara 30 hingga 130 kali per menit
- Tidak boleh terlalu terang karena dapat menyebabkan silau dan mengganggu proses evakuasi
- Tingginya sekitar 2.1 m tapi tidak boleh terlalu dekat dengan langit-langit (sekitar 15 cm dibawah langit-langit)
- Memerhatikan warna suar yang keluar apakah menyebabkan susah melihat tanda-tanda evakuasi lain seperti penanda jalur keluar

Pemberitahuan tentang adanya kebakaran di suatu bangunan sangat dipengaruhi oleh persepsi seseorang terhadap pentingnya pelaporan insiden dan kemampuan orang tersebut dalam menanggapi sebuah situasi dan dampak yang mungkin terjadi. Maka dari itu sebaiknya sistem aktivasi dan konfirmasi sebuah keadaan darurat di bangunan dibuat sesederhana mungkin⁵⁴.

⁵⁴ *Ibid*, h.231

2.11 Pendeteksi Asap

Ada dua cara untuk mendeteksi asap, yaitu secara manual dan otomatis⁵⁵. Untuk sistem manual berarti secara langsung orang akan mencium asap atau penanda kebakaran lainnya, kemudian orang tersebut akan menekan tombol kebakaran manual. Sebaiknya penempatan tombol diberi kotak pengaman, dimana kotak pengaman mencolok (berwarna merah) dengan tinggi antara 1 – 1,3 m dari lantai dan mudah diakses penghuni gedung. Tombol manual kebakaran sebaiknya diletakkan tidak jauh dari pintu darurat yaitu sekitar 1,5 m (5 ft) di setiap lantai. Tombol manual kebakaran sebaiknya terlindung dari tertekan secara sengaja⁵⁶.

Pendeteksi asap otomatis harus dipasang di ruang yang memiliki peralatan mekanikal elektrik, lobi, ruang HVAC, ruang trafo, ruang telepon, ruang lif, dan sambungan bukaan vertikal.

Pendeteksi asap otomatis dapat dibedakan menjadi dua, yaitu unit ionisasi dan juga unit optikal. Pendeteksi asap unit ionisasi mendeteksi partikel kecil yang terdispersi dalam asap. Unit ionisasi ini memiliki material yang bersifat radioaktif yang dapat mendeteksi partikel dalam asap yang tidak terlihat secara kasat mata. Saat unit mendeteksi partikel ini, maka sinyal akan dikirim ke kontrol panel untuk mengaktifkan alarm.

Pendeteksi asap unit optikal mendeteksi partikel-partikel besar yang terdispersi di udara. Unit ini mendeteksi dengan cara menerima sinar ultraviolet dari matahari, dan apabila sinar terhalang akibat adanya asap, maka pendeteksi akan mengirim sinyal dan mengaktifkan alarm kebakaran.

⁵⁵ IBC 2012

⁵⁶ Furness A. & Muckett M., *op. cit.*, h.226

Selain dua jenis unit yang sudah disebutkan, ada jenis pendeteksi asap lain berdasarkan cara kerjanya. *Beam Smoke Detectors* adalah alat pendeteksi asap yang terdiri dari dua buah unit yang dipasang secara terpisah di langit-langit sebuah bangunan. Dimana satu unit akan mengirimkan sinyal dan unit lain akan menerimanya. Apabila terjadi kebakaran dan timbul asap, maka unit penerima tidak akan menerima sinyal sehingga unit penerima akan mengirimkan sinyal ke kontrol panel untuk mengaktifkan alarm kebakaran. Alat ini cocok digunakan pada bangunan-bangunan besar seperti gudang atau aula⁵⁷.

Pada dasarnya kebakaran pasti menghasilkan asap, panas, dan nyala api. Untuk itu, cara mendeteksi suatu kebakaran pada dasarnya bukan hanya terpaku pada pendeteksi asap tapi bisa juga dengan menggunakan pendeteksi panas dan pendeteksi nyala. Pendeteksi panas biasa digunakan di dapur, dimana asap memang biasa muncul. Pendeteksi panas ini biasanya terdiri dari dua jenis, yang mendeteksi bila suhu mencapai titik tertentu atau mendeteksi penambahan panas yang tidak normal. Sedangkan pendeteksi nyala api akan mendeteksi penambahan terang akibat api. Biasanya digunakan di instalasi petrokimia⁵⁸.

Ada baiknya untuk mendeteksi kebakaran digunakan integrasi dari ketiga pendeteksi tersebut, sehingga kebakaran tidak menyebar dan menjadi lebih besar. Tentunya dengan penempatan yang sesuai dengan peruntukannya.

⁵⁷ *Ibid*, h.227

⁵⁸ *Ibid*, h.228

2.12 Barang Properti

Keselamatan kebakaran di gedung bertujuan untuk mengurangi panas sehingga *flashover* tidak terjadi. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya *flashover* adalah dengan memastikan api yang timbul sekecil apapun segera padam. Pemadaman api yang cepat bisa menggunakan *sprinkler* atau dipadamkan oleh penghuni gedung yang melihat api tersebut. Bila lapisan kaca di gedung terlalu tebal, maka api sulit terlihat dari luar dan jika terjadi kebakaran akan terlambat diketahui. Jika kebakaran terjadi di tempat yang tidak ada penghuninya namun dapat terlihat dari luar, maka orang yang melihat api bisa langsung menelepon kantor pemadam kebakaran⁵⁹

Untuk mencegah terjadinya flashover bisa juga dengan menggunakan barang-barang yang memiliki tingkat sebaran api yang kecil. Kebanyakan barang-barang yang terbuat dari kayu yang digunakan sebagai barang properti di Amerika sudah melalui tes ASTM E-84, *Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials*. Dimana dari hasil tes ini didapatkan kategori penyebaran api yang dibagi menjadi tiga kelas besar seperti pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Kelas dari nilai sebaran api

Kelas	Flame Spread Range
I atau A	0 25
II atau B	26 75
III atau C	76 200

Sumber : American Wood Council, 2010

⁵⁹ Krause, U., Grosshandler, W., & Gritz, L., The international Forum of fire research directors: A position paper on sustainability and fire safety, (*Fire Safety Journal* 49, 2012), h.79-81

Dalam IBC (2012), seperti pada Tabel 2.10, sudah dijelaskan bahwa gedung yang digunakan sebagai perkantoran dan dilengkapi *sprinkler*, pada ruang kerja dan tempat tertutup, batasan tertingginya adalah barang- barang yang termasuk pada kelas C berdasarkan nilai sebaran apinya.

Tabel 2.10 Barang properti yang diperbolehkan pada setiap bagian gedung

Jenis Bangunan	Dilengkapi Sprinkler			Tidak dilengkapi sprinkler		
	Tangga dan jalur landai eksternal	Koridor, tangga dan jalur landai internal	Ruangan dan tempat tertutup	Tangga dan jalur landai eksternal	Koridor, tangga dan jalur landai internal	Ruangan dan tempat tertutup
Perkantoran	B	C	C	A	B	C

Sumber : IBC, 2012

Kebakaran dapat dipengaruhi oleh lokasi berdasarkan ketinggian tanah di atas permukaan laut. Berdasarkan hasil penelitian, semakin tinggi lokasi kebakaran dari permukaan laut (3.658 m dpl) maka tinggi api, panjang pirolisis dan spread rate akan lebih kecil bila dibandingkan dengan lokasi kebakaran yang berada di dataran rendah (50 m dpl). Karena semakin tinggi datarannya, maka oksigen akan semakin menipis. Maka dapat disimpulkan bahwa barang-barang di dataran rendah akan lebih cepat terbakar bila dibandingkan dengan di dataran tinggi⁶⁰.

Jika api yang berasal dari kebakaran sudah sampai langit-langit dan memenuhi langit-langit itu bukan hanya tanda-tanda *flashover*, tapi itu adalah

⁶⁰ Zhang, J., Lu, S., Li, Q., Yuen, R.K.K., Chen, B., Yuan, M., & Li, C. Smoke filling in closed compartments with elevated fire sources , (*Fire Safety Journal* 54, 2012), h.14-23

penyebab utama terjadinya *flashover*⁶¹. Secara etimologi bahasa, *flashover* dapat diartikan sebagai sebuah proses pengapian yang berjalan secara selaras dan membakar bahan-bahan yang ada disekitarnya sehingga secara keseluruhan bagian dari ruang menjadi sangat panas, kemudian menghasilkan asap yang bersifat panas pada suatu ruang dan ketika titik panas mendekati 500 derajat celcius akan menyebabkan terjadinya kobaran api yang membesar. Dan pada tingkat yang membahayakan ini aliran panas pada bidang lantai mencapai level 20 kW/m². Contoh dari kejadian *flashover* adalah sebagai berikut, sebuah ruangan yang memiliki barang mebel tersulut oleh api. Barang mebel yang terbuat dari kayu tersebut dengan mudah menghasilkan asap panas yang menyebar kebagian atap (langit-langit). Asap panas yang dihasilkan akan semakin membesar karena terhalang oleh tembok. Kondisi panas ini secara cepat menghabiskan barang-barang yang ada didalam ruang tersebut. Ketika temperatur panas mencapai titik tertingginya akan menyebabkan api yang memiliki daya bakar yang tinggi dengan tempo yang sangat cepat.

2.13 Pengendalian Asap

Cara pengendalian asap bisa terdiri dari beberapa metode atau cara yaitu : kompartemenisasi, menjaga tekanan, sistem *exhaust*, dan menjaga laju alir. Pertama adalah dengan kompartemenisasi, ini berfungsi sebagai pelindung fisik dari asap yang dapat masuk ke dalam ruangan. Selain itu, jika sumber api berada di dalam ruangan maka penyebaran asap ke luar ruangan harus dicegah. Cara

⁶¹ Francis, J., & Chen, A.P. Observable characteristics of flashover , (*Fire Safety Journal* 51), 2012, h.42-54

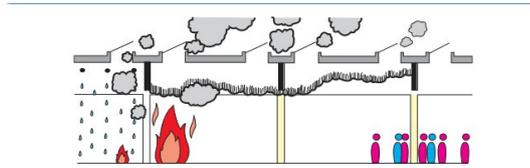
pengendalian asap yang kedua adalah dengan cara menjaga tekanan yang dilakukan dengan cara *pressure sandwich*. Jika terjadi kebakaran maka tekanan di lantai yang terbakar akan naik, sementara lantai atas dan bawahnya harus dijaga agar tekanannya tidak turun. Jika tekanan di lantai selain lantai yang terbakar turun, maka asap akan masuk ke lantai tersebut. Pengendalian asap juga bisa digabung dengan menyediakan *exhaust* untuk jalur keluar asap agar tidak masuk ke tangga darurat. Cara yang terakhir adalah menjaga laju alir dengan menyediakan udara yang mengalir untuk mengusir asap tapi harus diingat bahwa cara ini sama saja seperti menyediakan oksigen untuk api⁶², kecuali bila disedot dan di buang keluar gedung.

Penahan asap adalah membran dengan atau tanpa pelindung bukaan yang didesain dan dibuat untuk menahan laju alir asap, sementara yang dimaksud dengan penahan api adalah membran dengan atau tanpa pelindung bukaan dengan tingkat proteksi api yang spesifik, yang didesain dan dibuat dengan tingkat proteksi api untuk membatasi penyebaran api dan untuk menahan laju alir asap.

Berdasarkan hasil penelitian eksperimental, lapisan asap yang terbentuk pada awal kebakaran di dalam suatu kompartemen tidak menuju lantai, namun akan turun ke arah sumber api. Setelah ke arah sumber api, asap akan menjalar ke arah dinding dan menyebar. Setelah menyebar dari tengah (sumber api) asap akan menebal di bagian bawah dekat dinding⁶³

⁶² Klote, J.H., & Nelson, H.E., *Smoke Movement in Buildings*, 1997

⁶³ Zhang et al., op. cit.,



Gambar 2.2 Proses penyebaran asap

Ada beberapa jenis *damper* atau alat pengatur yang dapat digunakan untuk mencegah penyebaran kebakaran. Yang pertama ada *ceiling radiation damper* yaitu alat yang dipasang di langit-langit yang tahan api untuk membatasi perpindahan panas secara radiasi secara otomatis melewati bukaan. Lalu ada yang disebut dengan *fire damper* yaitu sebuah alat yang dipasang di sistem pendistribusian udara yang dirancang khusus untuk menutup laju alir udara secara otomatis apabila dideteksi ada panas sehingga dapat menghambat penyebaran api. Dan yang terakhir adalah *smoke damper* yaitu alat yang dipasang di sistem pendistribusian udara yang berfungsi untuk mengontrol aliran asap.

Ada dua teknik ventilasi untuk mengendalikan asap, yaitu ventilasi natural dan juga ventilasi mekanik. Ventilasi natural dibuat dengan cara membuat bukaan di suatu bangunan ke udara bebas yang akan mensuplai udara dari luar. Yang harus diperhatikan adalah bukaan dipilih yang memiliki laju alir udara cukup tinggi sehingga udara akan bersirkulasi di bangunan tersebut.⁶⁴

Ventilasi mekanik adalah teknik ventilasi dengan menggunakan alat untuk memaksa udara masuk, memaksa udara keluar, atau kombinasi keduanya dengan cara menjaga tekanan pada koridor atau jalur penyelamatan. Yang harus diperhatikan, alat yang digunakan sebagai ventilasi mekanik harus tahan terhadap suhu yang diperkirakan akan terjadi di bangunan tersebut pada saat terjadi

⁶⁴ Furness A. & Muckett M, op.cit., h.211

kebakaran. Metode ventilasi mekanik yang biasa digunakan adalah penekanan, dimana ruang yang diberi ventilasi mekanik tekanannya akan tetap positif jadi asap dari luar tidak dapat masuk. Tekanan di gedung yang dilengkapi dengan *sprinkler*, minimal adalah 0,05-inch water gage (0,0124 kPa).⁶⁵

Pada kondisi normal, suhu di dalam gedung yang terbakar akan lebih tinggi dari suhu lingkungan luar, sehingga asap akan mengalir keluar dan udara dingin dari luar akan masuk ke dalam gedung sesuai dengan hukum Bouyant. Jika suhu di lingkungan luar lebih tinggi dari suhu di dalam gedung maka asap akan berbalik ke dalam mengisi ruang-ruangan yang kosong. Kejadian ini biasanya terjadi di tempat yang tropis atau kondisi lingkungannya ekstrim panas, atau pada gedung yang memiliki suhu pendingin tinggi, misalnya gudang penyimpanan barang.⁶⁶

Jika di suatu bangunan terdapat ruang bawah tanah yang luasnya lebih dari 200 m² dan kedalamannya lebih dari sama dengan 3 m, maka harus ada sistem ventilasi mekanik dimana sistem ventilasi ini akan menyediakan pertukaran udara sebanyak 10 kali dalam satu jam, serta harus ditambah sistem *sprinkler* untuk menahan gas dalam ruang bawah tanah selama satu jam yang diestimasikan memiliki suhu 300°C.⁶⁷

Sprinkler juga dapat memengaruhi karakteristik asap yang dihasilkan pada saat kebakaran. Jika *droplet* air dari *sprinkler* kecil (dengan *rate* laju alir yang tetap) dan suhu lapisan asap pada awal kebakaran kecil, maka turunnya asap akan terjadi lebih mudah. Namun untuk *spray water* yang lebih besar, penurunan asap

⁶⁵ *ibid*

⁶⁶ Mowrer, F.W., *Driving forces for smokes movement and management*, 2009

⁶⁷ Furness A., & Muckett M, *op. cit.*, h.211

juga lebih besar namun tergantung dengan ketebalan asap di awal fase kebakaran (Tang, Vierendeels, Fang, & Merci, 2013b). Jika suhu awal asapnya lebih kecil maka kemungkinan asap turun akan semakin besar sementara bila *water spray*-nya lebih besar maka asap turunnya akan semakin besar juga.⁶⁸

2.14 Akses Keluar

Akses keluar adalah jarak terjauh dari tempat kerja ke pintu keluar menuju jalur penyelamatan [*NFPA 101 Life safety code*, 2012(3.3.71)]. PD 7974 dari *British Standard Institute* menyebutkan bahwa waktu untuk mengevakuasi orang atau *Required Safe Escape Time* (RSET) dapat dihitung dari sumber api menyala, alat pendeteksi bereaksi dan mengaktifkan alarm, kemudian waktu penghuni bangunan menyadari dan merespon alarm tersebut, sampai dengan waktu tempuh penghuni gedung sampai ke tempat yang aman. Namun waktu yang sebenarnya dibutuhkan penghuni gedung untuk melakukan evakuasi adalah *Available Safe Escape Time* (ASET), yang terdiri atas RSET dan batas waktu ketika evakuasi selesai dan orang-orang dapat memertahankan kondisinya.⁶⁹

Evakuasi terdiri dari dua tahap, yaitu tahap sebelum bergerak (*pre-movement*) dan tahap berjalan (*travel*). Tahap sebelum bergerak adalah waktu antara orang-orang sadar akan terjadinya kebakaran dan kemudian bergerak menuju pintu keluar. Biasanya waktu evakuasi paling lama adalah fase pertama ini. Masih sulit untuk menentukan waktu fase pertama ini secara spesifik karena kompleksnya perilaku manusia. Tahap berjalan adalah waktu yang dibutuhkan

⁶⁸ Tang, Z., Vierendeels, J., Fang, Z., & Merci, B. Experimental study of the downward displacement of fire-induced smoke by water spray, (*Fire Safety Journal* 55, 2013), h.35-49

⁶⁹ Furness A., & Muckett M, *op.cit.*, h.188-189

orang-orang untuk berjalan ke tempat yang aman.⁷⁰

Waktu yang dibutuhkan untuk melarikan diri (ASET) terdiri dari empat tahapan. Tahap pertama adalah waktu yang dibutuhkan oleh penghuni gedung untuk sadar untuk deteksi atau rekognisi akan adanya api yang baru menyala. Tahap kedua adalah waktu sebelum bergerak yang dipengaruhi oleh perilaku dari masing-masing individu untuk melalui jalur keluar per detik. Tahap ketiga adalah waktu berjalan secara fisik ke tempat keluar. Tahap keempat adalah lamanya waktu penghuni gedung untuk melewati suatu jalur keluar. Pintu biasanya diperhitungkan sebagai elemen yang tidak efisien dan memperpanjang waktu alir dan menghambat jalan.⁷¹

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tahap 1 bisa mencapai dua per tiga dari RSET. Selain itu yang harus diperhatikan adalah konstruksi gedung yang bila mudah terbakar atau mudah menyebarkan api akan mengganggu proses evakuasi.⁷²

Waktu evakuasi itu dipengaruhi secara besar oleh kemampuan orang-orang di gedung tersebut. Jika orang tersebut tidak waspada atau awas akan tanda-tanda bahaya, maka akan ada keterlambatan untuk bergerak ke pintu keluar. Untuk itu, perancangan prosedur evakuasi kebakaran harus memperhatikan dua tahap dari perilaku manusia tersebut.⁷³

Fase pertama adalah perilaku sebelum bergerak. Perilaku sebelum bergerak ini terdiri dari tahapan rekognisi orang akan adanya situasi gawat dan

⁷⁰ PD 7479-6, British Standard Institute:2004, h.2

⁷¹ Furness, A., & Muckett M, *op.cit.*, h.189

⁷² *Ibid*, h.190

⁷³ *Ibid*, h.190-191

respon awal mereka terhadap situasi tersebut. Pada fase ini orang akan tetap melakukan aktivitas normal namun sambil menerima dan memproses informasi yang diterima dari alarm darurat. Hasil rekognisi orang tersebut akan membuatnya memutuskan untuk pergi apabila dirasakan tingkat risiko di gedung tersebut terlalu tinggi. Ada beberapa perilaku yang menggambarkan bahwa seseorang masih dalam fase pertama ini, antara lain⁷⁴:

- Menyelesaikan pekerjaan yang sedang dikerjakan
- Berusaha memverifikasi kebenaran peringatan
- Melakukan investigasi, misalnya mencari sumber kebakaran
- Masih dapat melakukan kegiatan yang bertujuan menyelamatkan atau mengamankan, seperti mematikan mesin atau mengunci gembok
- Memperingatkan orang lain
- Mengumpulkan orang lain misalnya anak-anak
- Memadamkan api sendiri
- Mengumpulkan barang pribadi

Pemahaman yang baik dan juga pelatihan akan prosedur evakuasi darurat dapat membantu orang untuk memaksimalkan pemahaman mereka akan bahaya kebakaran dan mengurangi tindakan-tindakan *pre-movement* yang mungkin tidak perlu.⁷⁵

Sudah ada banyak perhitungan tentang laju alir orang melewati pintu keluar, seperti yang dilakukan di Inggris (*The Building Regulations ABD*) bahwa

⁷⁴ *Ibid.*, h.191

⁷⁵ *ibid*

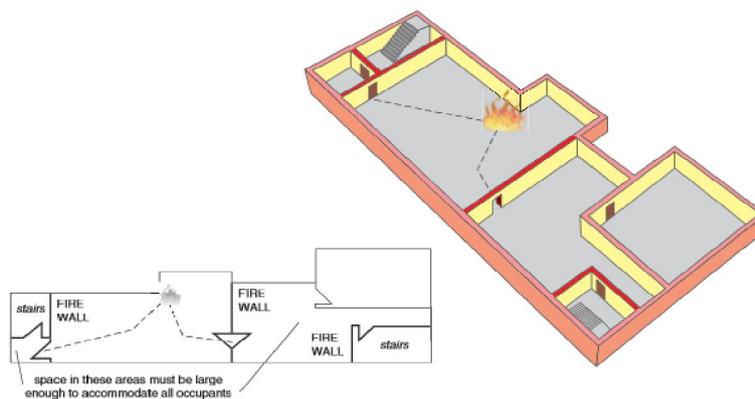
laju alir melewati pintu darurat adalah 40 orang per menit per 0.75 meter lebar pintu keluar. Tabel 2.11 menunjukkan laju alir yang akan meningkat seiring dengan peningkatan lebar pintu keluar dan jumlah orang yang melewatinya (dengan asumsi waktu yang dibutuhkan adalah 1 ½ menit).⁷⁶

Tabel 2.11 Laju alir pintu darurat

Jumlah orang maksimal	Lebar minimal pintu keluar (mm)	Laju alir orang untuk keluar (orang/detik/m)
60	750	0.66
110	850	1.22
220	1050	2.44

Sumber: Furness & Muckett, 2007

Agar akses keluar dari penghuni gedung tidak terhambat, sebaiknya tidak ada jalan buntu di suatu gedung. Jika ada jalan buntu yang panjangnya lebih dari 2 meter maka koridornya harus dibuat dari konstruksi tahan api termasuk pintu yang dapat menahan penajalaran api hingga 30 menit⁷⁷.



Gambar 2.3 contoh penggunaan fire wall

⁷⁶ Ibid, h.198

⁷⁷ Ibid, h.200

Untuk mengurangi korban, ada baiknya dibuat suatu *risk mapping* di setiap gedung. Pembuatan *risk mapping* sebaiknya didasarkan atas penilaian terhadap kemungkinan munculnya api, gas beracun, dan sebaran panas. Hal yang pertama dilakukan adalah pembuatan *hazard map* (sudah memakai sebaran asap dalam menit menit tertentu), lalu dibuat *hazard ranking* yang kemudian dimasukkan ke dalam *hazard map*. Setelah *risk mapping* dibuat dan dengan menghitung ASET dan RSET maka akan ditemukan jalur mana yang paling memungkinkan.⁷⁸

2.15 Jalur Penyelamatan

Jalur penyelamatan dapat didefinisikan sebagai suatu jalur yang aman bagi orang-orang untuk menyelamatkan diri apabila terjadi kebakaran, dari titik mana pun di gedung tersebut ke tempat yang aman di luar bangunan tersebut tanpa bantuan dari pihak luar.⁷⁹

NFPA 101 Life Safety Code®, 2006 (3.3.70) menyebutkan bahwa sistem jalan keluar adalah suatu bagian yang terdiri atas akses keluar, jalur penyelamatan, dan pintu darurat. Akses keluar adalah bagian dari sarana jalan keluar yang mengarah ke jalur keluar. Jalur penyelamatan adalah bagian dari sistem jalan keluar yang memisahkan suatu jalan yang dapat dilewati dari bagian gedung lain sehingga jalan tersebut terlindungi dan dapat dilewati apabila terjadi keadaan darurat. Sementara pintu darurat adalah bagian dari sistem jalan keluar yang

⁷⁸ Yao, W., Huang, H., Shen, S., Qiao, L., Wang, W., & Zhang, H., Fire risk mapping based assessment method applied in performance based design. , *Fire Safety Journal* 56, 2013, h.81-89

⁷⁹ Furness A. ,Muckett M, op.cit., h.188

memisahkan jalur penyelamatan dan jalur umum.

Jalur penyelamatan harus memiliki sistem perlindungan khusus dimana api dan asap tidak akan masuk dan mengganggu proses evakuasi penghuni gedung. IBC menyebutkan bahwa sistem perlindungan pada jalur penyelamatan dapat berupa pemasangan *sprinkler*, konstruksi tahan api selama 2 jam, dilengkapi dengan *exit sign* yang dilengkapi lampu (lebih dari 54 lux) dan harus selalu menyala. Penerangan di jalur penyelamatan minimal 11 lux dengan sistem baterai atau listrik yang terpisah dari gedung.

Jalur penyelamatan yang berjumlah lebih dari satu di setiap lantai harus diatur sedemikian rupa sehingga penghuni gedung tidak harus melewati tangga dari satu bagian ke bagian lain dalam satu jalur. Sistem sirkulasi di setiap jalur penyelamatan juga harus berbeda. Jadi, jalur penyelamatan tidak terhubung antara yang satu dengan yang lainnya. Tinggi jalur penyelamatan harus diatas 2 meter, kecuali di bagian pintu. Ini bukan hanya untuk mencegah kepala orang tidak terantuk tapi juga untuk menyediakan *reservoir* yang akan membuat udara tetap berada di atas kepala.⁸⁰

Perhitungan jarak jalur penyelamatan yang lebih sering digunakan adalah *horizontal area* dan *slope distance*. Sementara untuk daerah bordes (*landing*), yang sering digunakan adalah *effective area*. Penggunaan perhitungan dengan *effective area* ini dapat yang menyebabkan kepadatan penguni gedung lebih tinggi dan mengurangi kecepatan evakuasi penghuni gedung.⁸¹

Jalur penyelamatan yang panjangnya lebih dari 12 meter secara horzontal

⁸⁰ Furness A., & Muckett, op.cit., h.188

⁸¹ Hoskins, B.L., & Milke, J.A, Differences in measurement methods for travel distance and area for estimates of occupant speed on stairs. , Fire Safety Journal 48, 2012, h.49-57

dan menghubungkan dua lantai atau lebih harus menggunakan pintu tahan api yang akan menutup sendiri. Hal ini dimaksudkan agar asap tidak menyebar di dalam area jalur penyelamatan. Selain itu bisa ditambahkan sistem tekanan udara positif sehingga asap dari luar area jalur penyelamatan tidak dapat masuk ke dalam.⁸²

Pintu yang langsung mengarah ke luar bangunan, tangga yang terlindung, tangga yang terbuka, jalan landai, jalan untuk berjalan yang sudah dihitung dalam ASET termasuk ke dalam sarana jalur keluar yang aman. Namun lif, tangga rumah, tangga portabel, pintu yang dibuka secara menyamping (*sliding doors*), eskalator, lubang di dinding atau lantai, dan jendela adalah sarana jalur keluar yang tidak disarankan.⁸³

Jalur penyelamatan di bagian luar suatu bangunan diperbolehkan dengan syarat seluruh pintunya harus tahan api dan menutup sendiri, tidak ada ventilasi yang terbuka dalam jarak 3 meter, dan harus tahan api minimal 30 menit. Selain itu, dinding eksternal yang ada di bagian bawah tangga eksternal harus tahan api dan tebalnya 1.8 meter dengan tinggi 9 meter.⁸⁴

2.16 Kompartemenisasi

Menurut *NFPA 5000 Building Construction and Safety Code (3.3.107)*, ada 2 jenis kompartemenisasi, yaitu kompartemen api adalah sebuah ruangan dalam gedung yang dilapisi oleh pelindung api disemua sisinya, termasuk bagian atas dan bawahnya. Sementara kompartemen asap adalah sebuah ruangan dalam

⁸² Furness, A., & Muckett, *op.cit.*, h.198

⁸³ Furness, A., & Muckett, *op.cit.*, h.206

⁸⁴ *Ibid*, h.208

gedung yang dilapisi oleh pelindung asap disemua sisinya, termasuk bagian atas dan bawahnya.

Kompartementasi adalah pembagian gedung menjadi beberapa kompartemen. Setiap kompartemen dipisahkan oleh dinding dan/atau lantai yang tahan terhadap pertumbuhan dan penyebaran api. Ada dua jenis kompartementasi yaitu secara horizontal dan secara vertikal. Kompartementasi horizontal dapat dilakukan pada gedung dengan satu lantai, sedangkan kompartementasi vertikal digunakan untuk gedung bertingkat. Di setiap lantai pada gedung harus dilakukan kompartementasi yang disesuaikan dengan kemungkinan penyebaran api pada gedung tersebut. Kompartementasi ini berfungsi untuk melindungi penghuni gedung saat berusaha menyelamatkan diri pada saat terjadi kebakaran, dan juga melindungi petugas pemadam kebakaran pada saat usaha pemadaman.⁸⁵

Dinding yang dijadikan sebagai kompartemen harus tahan terhadap api. Bila digunakan bahan yang tidak dapat menahan beban api, maka dinding tersebut dapat runtuh secara cepat. Biasanya waktu minimal untuk menahan beban api adalah selama 30 menit, dan ini dapat ditingkatkan hingga 4 jam untuk beberapa kondisi tertentu.⁸⁶

Seharusnya tidak ada bukaan dalam kompartementasi. Namun pada kenyataannya, harus ada bukaan yang terletak di dalam sebuah ruangan. Bukaan ini dibutuhkan oleh penghuni gedung untuk bekerja secara maksimal, misalnya adalah pintu atau jendela. Namun bukaan ini harus memiliki proteksi yang baik, misalnya pada tangga dilengkapi dengan pintu tahan api atau pada saf kabel atau

⁸⁵ Ibid, h.177

⁸⁶ Ibid, h.178

sistem ventilasi dilapisi dengan *fire stop material*.⁸⁷

2.17 Pelatihan Tanggap Darurat

Tidak ada penelitian yang dapat membuktikan bahwa tanda jalur keluar dapat membuat orang mengarah ke sana apabila terjadi kebakaran. Kebanyakan orang akan lebih memilih jalur yang sudah biasa dilewati untuk menyelamatkan diri. Pelatihan tanggap darurat dilakukan untuk memastikan bahwa semua orang tahu tugas dan perannya masing-masing dan membiasakan perilaku tenang dan tidak panik apabila terjadi kebakaran yang sesungguhnya. Jadi orang-orang tidak akan terkena atau mengidap penyakit akibat asap atau panas.⁸⁸

Biasanya pelatihan yang dilakukan tidak secara menyeluruh. Padahal pelatihan kebakaran harus semirip mungkin dengan kejadian sesungguhnya. Kebanyakan orang akan mengalami konfrontasi memecahkan kaca untuk mengaktifkan alarm atau tidak, sehingga prosedur gawat darurat di gedung tersebut tidak dapat diketahui baik atau tidak.⁸⁹

Peningkatan *fire drill* memiliki korelasi positif dengan kinerja pengamanan bangunan pertokoan. Ada dua hal yang memegang peranan penting, yaitu *fire emergency plan* yang berpengaruh sebesar (74,0%) dan juga pola latihan bagi penghuni gedung tersebut yang berpengaruh sebesar 10,9%.⁹⁰

Berdasarkan penelitian Wu & Chen (2012), penggunaan 3D GNM dapat membantu petugas pemadam kebakaran untuk mendeteksi tempat korban lebih

⁸⁷ Ibid, h.182-183

⁸⁸ Ibid,h.240

⁸⁹ Ibid,h.249-253

⁹⁰ Saflinawati,2011, hal 92

cepat dan mengetahui jalur aman yang terdekat sehingga bisa menyelamatkan lebih cepat. Hal ini bukan saja berfungsi untuk mengurangi waktu respon tapi juga waktu pencarian korban. Jika untuk pencegahan bisa untuk pelatihan bersama antara penghuni gedung dan petugas pemadam kebakaran.

2.18 Definisi Operasional

Tabel 2.12 Definisi Operasional

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
1	Jumlah Lantai	Jumlah tingkatan lantai yang digunakan oleh pekerja sehari hari (NFPA 101A)	Observasi dan menghitung secara langsung	Checklist	1 2 3 4 - 5 Lebih dari 5 lantai	Ordinal
2	Tinggi Gedung	Jarak vertikal dari lantai paling bawah sampai dengan atap yang paling tinggi (IBC)	Studi literatur	Dokumen gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ	≤ 75 ft 75 ft < tinggi gedung < 150 ft ≥ 150 ft	Interval
3	Klasifikasi Gedung	Kategori lamanya suatu gedung dibangun (CFSES)	Studi literatur	Dokumen gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ	Gedung baru = Gedung yang masih dalam proses perencanaan (cetak biru) atau gedung yang sudah berdiri namun belum dioperasikan pada saat evaluasi terhadap keselamatan kebakaran perkantoran dilakukan Gedung lama = gedung yang sudah berdiri dan dioperasikan pada saat evaluasi terhadap keselamatan kebakaran perkantoran dilakukan	Nominal

Tabel 2.12 (sambungan)

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
4	Konstruksi Gedung	Elemen struktur dari bangunan yang terdiri atas dinding, bentangan, balok penopang, tiang penopang, lengkungan, lantai, dan atap yang membentuk suatu bangunan gedung dan penilaian dilakukan dengan mempertimbangkan tinggigedung serta jumlah lantai (NFPA 220 dan CFSES)	Studi literatur dan observasi	Dokumen gedung	<p>0 = Gedung yang memiliki 1-2 lantai dengan konstruksi Tipe I (433) atau (332) serta Tipe II (222)</p> <p>2 = Gedung yang memiliki ≥ 3 lantai dengan konstruksi Tipe I (433) atau (332) serta Tipe II (222)</p> <p>0 Gedung yang memiliki 1 2 lantai dengn konstruksi Tipe II (111)</p> <p>2 = Gedung yang memiliki ≥ 3 lantai dan tingginya ≤ 75 ft dengan konstruksi Tipe II (111)</p> <p>-1 = Gedung yang tingginya > 75 ft namun ≤ 150 ft dengan konstruksi Tipe II (111)</p>	Ordinal

Tabel 2.12 (sambungan)

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
4	Konstruksi Gedung (sambungan)				<p>Not Valid = Gedung yang tingginya ≥ 150 ft dengan konstruksi Tipe II (111)</p> <p>0 = Gedung yang memiliki 1 -2 lantai dengan konstruksi Tipe II (000)</p> <p>-6 = Gedung yang memiliki 3 lantai dengan konstruksi Tipe II (000)</p> <p>- 10 = Gedung yang memiliki 4-5 lantai dan tingginya ≤ 75 ft dengan konstruksi Tipe II (000)</p> <p>Not Valid = Gedung yang memiliki > 5 lantai dan tingginya ≤ 75 ft dengan konstruksi Tipe II (000)</p> <p>Not Valid = Gedung yang tingginya > 75 ft dengan konstruksi Tipe II (000)</p>	

Tabel 2.12 (sambungan)

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
4	Konstruksi Gedung (sambungan)				<p>0 = Semua gedung dengan Tipe III (211) atau Tipe IV (2HH) dan memiliki tinggi berapapun</p> <p>-1 = Gedung yang memiliki 1-2 lantai dengan konstruksi Tipe III (200)</p> <p>-6 = Gedung yang memiliki 3 lantai dengan konstruksi Tipe III (200)</p> <p>- 12 = Gedung yang memiliki 4 5 lantai dan tingginya ≤ 75 ft dengan konstruksi Tipe III (200)</p> <p>Not Valid = Gedung yang memiliki > 5 lantai dan tingginya ≤ 75 ft dengan konstruksi Tipe III (200)</p> <p>Not Valid = Gedung yang tingginya > 75 ft dengan konstruksi Tipe III (200)</p>	

Tabel 2.12 (sambungan)

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
4	Konstruksi Gedung (sambungan)				<p>0 = Gedung yang memiliki 1 - 3 lantai dengan konstruksi Tipe V (111)</p> <p>-3 = Gedung yang memiliki 4 - 5 lantai dan tingginya ≤ 75 ft dengan konstruksi Tipe V (111)</p> <p>- 6 = Gedung yang memiliki > 5 lantai dan tingginya ≤ 75 ft dengan konstruksi Tipe V (111)</p> <p>Not Valid = Gedung yang tingginya > 75 ft dengan konstruksi Tipe V (111)</p> <p>-1 = Gedung yang memiliki 1-2 lantai dengan konstruksi Tipe V (111)</p> <p>-12 = Gedung yang memiliki 3 lantai dengan konstruksi Tipe V (000)</p> <p>- 12 = Gedung yang memiliki 4 - 5 lantai dan tingginya ≤ 75 ft dengan konstruksi Tipe V (000)</p>	

Tabel 2.12 (sambungan)

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
4	Konstruksi Gedung (sambungan)				Not Valid = Gedung yang memiliki > 5 lantai dan tingginya ≤ 75 ft dengan konstruksi Tipe V (000) Not Valid = Gedung yang tingginya > 75 ft dengan konstruksi Tipe V (000)	
5	Segregasi Bahaya	Pemisahan tempat yang menyimpan potensi kebakaran dan ledakan atau kegiatan lain yang berlangsung di luar kegiatan normal di gedung tersebut yang berpotensi menyebabkan timbulnya kebakaran pada koridor ataupun jalur keluar (NFPA 101)	Observasi	Checklist	-7 = Tempat berbahaya terpapar langsung dengan jalan keluar & memiliki kekurangan berganda -4 = Tempat berbahaya terpapar langsung dengan jalan keluar dan memiliki kekurangan tunggal -4 = Tempat berbahaya terpisah dengan jalan keluar dan memiliki kekurangan berganda 0 = Tempat berbahaya terpisah dengan jalan keluar dan memiliki kekurangan tunggal	Ordinal

Tabel 2.12 (sambungan)

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
5	Segregasi Bahaya (sambungan)				0 = tidak ada tempat berbahaya atau ada tempat berbahaya tapi tidak memiliki kekurangan	
6	Bukaan Vertikal	Suatu penghubung antara satu lantai dengan lantai dibawah atau diatasnya secara vertikal. Penghubung yang dimaksud bisa berupa tangga, lift, saluran binatu, saluran sampah, jalur pipa atau jalur ventilasi (NFPA 101)	Observasi	Checklist	-10 = Bukaan vertikal terbuka atau tidak tertutup sempurna dan menghubungkan ≥ 5 lantai -7 = Bukaan vertikal terbuka atau tidak tertutup sempurna dan menghubungkan 4 lantai -4 = Bukaan vertikal terbuka atau tidak tertutup sempurna dan menghubungkan 3 lantai -2 = Bukaan vertikal terbuka atau tidak tertutup sempurna dan menghubungkan 2 lantai -1 = Bukaan vertikal tertutup dengan daya tahan air < 30 menit 0 = Bukaan vertikal tertutup dengan daya tahan api antara 30 menit hingga 1 jam	Ordinal

Tabel 2.12 (sambungan)

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
6	Bukaan Vertikal (sambungan)				1 = Bukaan vertikal tertutup dengan daya tahan api > 1jam	
7	<i>Sprinkler</i>	Pemasangan alat pemancar air untuk pemadaman kebakaran dengan tipe tertentu di suatu gedung (CFSES).	Observasi	Checklist	<p>0 = Tidak ada <i>sprinkler</i></p> <p>0 = <i>Sprinkler</i> hanya terdapat di koridor</p> <p>4 = Terdapat <i>sprinkler</i> standar diseluruh tempat kecuali di koridor dan lobi</p> <p>6 = Terdapat <i>sprinkler</i> dengan respon cepat diseluruh tempat kecuali di koridor dan lobi</p> <p>10 = Terdapat <i>sprinkler</i> standar diseluruh gedung</p> <p>12 = Terdapat <i>sprinkler</i> dengan respon cepat</p>	Ordinal

Tabel 2.12 (sambungan)

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
8	Sistem Alarm Kebakaran	Sistem pemberitahuan kejadian kebakaran pada ahap awal secara otomatis dan terhubung dengan sistem lainnya (CFSES).	Observasi	Checklist	<p>0 = Tidak memiliki alarm kebakaran</p> <p>-2 = Tidak memiliki alarm kebakaran serta memiliki salah satu dari kriteria A</p> <p>1 = Alarm kebakaran tidak dilengkapi dengan peringatan berbentuk suara dan tidak terhubung langsung dengan pemadam kebakaran</p> <p>0 = Alarm kebakaran tidak dilengkapi dengan peringatan berbentuk suara dan tidak terhubung langsung dengan pemadam kebakaran serta memiliki satu dari kriteria A</p> <p>-1 = Gedung tinggi dan masih baru yang alarm kebakarannya tidak dilengkapi dengan peringatan berbentuk suara dan tidak terhubung langsung dengan pemadam kebakaran</p>	Ordinal

Tabel 2.12 (sambungan)

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
8	Sistem Alarm Kebakaran (sambungan)				<p>2 = Alarm kebakaran dilengkapi dengan peringatan berbentuk suara dan tidak terhubung langsung dengan pemadam kebakaran</p> <p>0 = Gedung tinggi dan masih baru yang alarm kebakarannya dilengkapi dengan peringatan berbentuk suara dan tidak terhubung langsung dengan pemadam kebakaran</p> <p>2 = Alarm kebakaran tidak dilengkapi dengan peringatan berbentuk suara namun terhubung langsung dengan pemadam kebakaran</p> <p>1 = Alarm kebakaran tidak dilengkapi dengan peringatan berbentuk suara namun terhubung langsung dengan pemadam kebakaran serta memiliki salah satu dari kriteria A</p>	

Tabel 2.12 (sambungan)

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
8	Sistem Alarm Kebakaran (sambungan)				<p>-1 = Gedung tinggi dan masih baru yang alarm kebakarannya tidak dilengkapi dengan peringatan berbentuk suara namun terhubung langsung dengan pemadam kebakaran</p> <p>4 = Alarm kebakaran dilengkapi dengan peringatan berbentuk suara dan terhubung langsung dengan pemadam kebakaran</p> <p>2 = Alarm kebakaran dilengkapi dengan peringatan berbentuk suara dan terhubung langsung dengan pemadam kebakaran serta memiliki salah satu dari kriteria A</p>	

Tabel 2.12 (sambungan)

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
8	Sistem Alarm Kebakaran (sambungan)				<p>Suatu gedung dikategorikan masuk dalam kriteria A apabila memiliki salah satu ketentuan dibawah ini :</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Ada ≥ 2 lantai diatas jalan keluar lantai dasar b. Ada ≥ 50 pekerja (atau ≥ 100 pekerja untuk gedung lama) dibawah atau diatas jalur keluar lantai dasar c. Total pekerja di gedung tersebut ≥ 300 pekerja (atau ≥ 1000 pekerja untuk gedung lama) 	
9	Pendeteksi Asap		Observasi	Checklist	<p>0= Tidak ada pendeteksi asap</p> <p>1 = Pendeteksi asap hanya ada di koridor</p> <p>2 = Pendeteksi asap hanya ada diruangan</p> <p>4 = Pendeteksi asap ada di seluruh gedung</p>	Ordinal

Tabel 2.12 (sambungan)

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
10	Barang Properti	Lantai bangunan, anak tangga, dinding dengan wallpaper, ruang toilet, partisi, langit langit, pembingkai dinding, dan barang barang lainnya yang terpapar pada api secara langsung apabila terjadi kebakaran (IBC)	Studi literatur dan observasi	Dokumen gedung dan Checklist	<p>-3 = Barang properti di jalur keluar memiliki tingkat penyebaran api $75 < x \leq 200$</p> <p>-1 = Barang properti di jalur keluar memiliki tingkat penyebaran api $75 < x \leq 200$ serta di ruangan memiliki tingkat penyebaran api ≤ 75</p> <p>0 = Barang properti di jalur keluar memiliki tingkat penyebaran api $25 < x \leq 75$ serta di ruangan memiliki tingkat penyebaran api $75 < x \leq 200$</p> <p>1 = Barang properti di jalur keluar memiliki tingkat penyebaran api $25 < x \leq 75$ serta di ruangan memiliki tingkat penyebaran api ≤ 75</p>	Ordinal

Tabel 2.12 (sambungan)

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
10	Barang Properti (sambungan)				<p>1 = Barang properti di jalur keluar memiliki tingkat penyebaran api ≤ 25 serta di ruangan memiliki tingkat penyebaran api $25 < x \leq 200$</p> <p>2 = Barang properti di jalur keluar memiliki tingkat penyebaran api ≤ 25 serta di ruangan memiliki tingkat penyebaran api ≤ 25</p>	
11	Pengendalian Asap	Sistem untuk mencegah penyebaran asap, dengan mengandalkan perbedaan tekanan udara atau menciptakan perbedaan tekanan udara (CFSES)	Observasi	Checklist	<p>0 = Tidak ada pengendali asap</p> <p>3 = Alat pengendali asap bersifat pasif</p> <p>3 = Alat pengendali asap bersifat aktif namun variable Sprinkler bernilai < 10</p> <p>4 = Alat pengendali asap bersifat aktif dan variabel Sprinkler bernilai ≥ 10</p>	Ordinal
12	Akses Keluar	Jarak terjauh dari tempat kerja ke pintu keluar yang menuju jalur penyelamatan (CFSES)	Observasi	Checklist	-2 = Ada jalan buntu & jarak tempat ke pintu keluar sebesar $75 \text{ ft} < x \leq 100 \text{ ft}$	Ordinal

Tabel 2.12 (sambungan)

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
12	Akses Keluar (Sambungan)				<p>0 = Ada jalan buntu & jarak tempat kerja ke pintu keluar sebesar $75 \text{ ft} < x \leq 100 \text{ ft}$ serta variabel Kompartemenisasi bernilai -6</p> <p>-1 = Ada jalan buntu & jarak tempat kerja ke pintu keluar sebesar $50 \text{ ft} < x \leq 75 \text{ ft}$ untuk gedung lama</p> <p>-1 = Ada jalan buntu & jarak tempat kerja ke pintu keluar sebesar $20 \text{ ft} < x \leq 75 \text{ ft}$ untuk gedung lama</p> <p>-1 = Tidak ada jalan buntu & jarak tempat kerja ke pintu keluar $> 50 \text{ ft}$ serta jarak jalur penyelamatan sebesar $200 \text{ ft} < x \leq 400 \text{ ft}$</p> <p>-1 = Tidak ada jalan buntu & jarak tempat kerja ke pintu keluar $> 50 \text{ ft}$ serta jarak jalur penyelamatan sebesar $300 \text{ ft} < x \leq 400 \text{ kaki}$ apabila variabel Sprinkler bernilai ≥ 10</p>	

Tabel 2.12 (sambungan)

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
12	Akses Keluar (sambungan)				<p>0 = Tidak ada jalan buntu & jarak tempat kerja ke pintu keluar > 50 ft serta jarak jalur penyelamatan sebesar $100 < x \leq 200$ ft</p> <p>-1 = Tidak ada jalan buntu & jarak tempat kerja ke pintu keluar > 50 ft serta jarak jalur penyelamatan sebesar $100 \text{ ft} < x \leq 300$ ft apabila variabel Sprinkler bernilai ≥ 10</p> <p>1 = Tidak ada jalan buntu & jarak tempat kerja ke pintu keluar > 50 ft serta jarak jalur penyelamatan sebesar $50 \text{ ft} < x \leq 100$ ft</p> <p>3 = Tidak ada jalan buntu & jarak tempat kerja ke pintu keluar > 50 ft dan jarak jalur penyelamatan ≤ 50 ft</p>	

Tabel 2.12 (sambungan)

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
13	Jalur Penyelamatan (sambungan)	Suatu jalan lintasan yang menerus dan tidak terhambat dari titik manapun dalam bangunan gedung ke jalanan umum (SNI 03 1746 2000)	Observasi	Checklist	<p>-6 = Hanya terdapat satu jalur penyelamatan</p> <p>0 = Hanya terdapat satu jalur penyelamatan namun sesuai dengan NFPA 101 bagian 38.2.4 dan 39.2.4</p> <p>-2 = Terdapat lebih dari satu jalur penyelamatan dan tidak memiliki kekurangan</p> <p>0 = Terdapat lebih dari satu jalur penyelamatan dan tidak memiliki kekurangan</p> <p>3 = Terdapat lebih dari satu jalur penyelamatan dan dilengkapi dengan pembatas ruang yang kedap asap</p> <p>5 = Jalur penyelamatan berupa pintu keluar langsung ke arah luar gedung</p>	Ordinal

Tabel 2.12 (sambungan)

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
14	Kompartemenisasi (sambungan)	Pembagian gedung menjadi beberapa ruangan dalam bangunan yang dilapisi oleh pelindung api di semua sisinya (NFPA 5000)	Observasi	Checklist	<p>-6 = Kompartemenisasi tidak sempurna</p> <p>0 = Kompartemenisasi tidak sempurna namun sesuai dengan NFPA 101 bagian 38.2.4 dan 39.2.4</p> <p>0 = Kompartemenisasi bersifat smoke resistive namun tidak menggunakan penutup pintu otomatis</p> <p>1 = Kompartemenisasi bersifat smoke resistive dan menggunakan pintu otomatis</p> <p>2 = Kompartemenisasi bersifat smoke resistive dan menggunakan penutup pintu otomatis serta pembatas antar ruangan & sesuai dengan kriteria</p> <p>1 = Kompartemenisasi dapat menahan api selama $\geq \frac{1}{2}$ jam namun tidak menggunakan penutup pintu otomatis</p>	Ordinal

Tabel 2.12 (sambungan)

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
14	Kompartemenisasi (sambungan)				<p>2 = Kompartemenisasi dapat menahan api selama $\geq \frac{1}{2}$ jam dan menggunakan penutup pintu otomatis</p> <p>3 = Kompartemenisasi dapat menahan api selama $\geq \frac{1}{2}$ jam dan menggunakan penutup pintu otomatis serta pembatas antar ruangan juga sesuai dengan kriteria</p> <p>3 = Kompartemenisasi dapat menahan api selama ≥ 1 jam dan menggunakan penutup pintu otomatis</p> <p>4 = Kompartemenisasi dapat menahan api selama ≥ 1 jam dan menggunakan penutup pintu otomatis serta pembatas antar ruangan juga sesuai dengan kriteria</p>	

Tabel 2.12 (sambungan)

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
14	Kompartemenisasi (sambungan)				3 = Tidak ada pemisah sesuai dengan NFPA 101 bagian 38.3.6(1) hingga 38.3.6.1(3) atau variabel Sprinkler bernilai ≥ 10	
15	Pelatihan Tanggap Darurat	Peningkatan kemampuan penghuni gedung untuk memadamkan api pada tahap awal kebakaran (CFSES)	Studi Literatur	Dokumen Gedung	<p>-2 = Tidak ada pelatihan pemadaman kebakaran setiap tahunnya</p> <p>-3 = Untuk gedung dengan tinggi diatas 150 ft, tidak ada pelatihan pemadaman kebakaran setiap tahunnya serta tidak ada organisasi tanggap darurat kebakaran yang resmi</p> <p>0 = Pelatihan pemadaman kebakaran dilakukan antara 1 hingga 2 kali setiap tahunnya.</p> <p>1 =Pelatihan pemadaman kebakaran dilakukan antara 1 hingga 2 kali setiap tahunnya serta ada organisasi tanggap darurat kebakaran yang resmi</p>	Ordinal

Tabel 2.12 (sambungan)

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
15	Pelatihan Tanggap Darurat (sambungan)				1 = Pelatihan pemadaman kebakaran dilakukan lebih dari 2 kali setiap tahunnya 2 = Pelatihan pemadaman kebakaran dilakukan lebih dari 2 kali setiap tahunnya serta ada organisasi tanggap darurat kebakaran yang resmi	
16	Kontrol Penyebaran Api	Penjumlahan variabel konstruksi gedung, segregasi bahaya, bukaan vertikal, sprinkler, sistem alarm kebakaran, pendeteksi asap, barang properti, dan pemisah antara ruang dankoridor (NFPA 101)	Menjumlahkan variabel terkait	Checklist	-32 19,5	Interval
17	Sistem Jalan Keluar	Penjumlahan variabel segregasi bahaya, bukaan vertikal, sprinklers, sistem alarm kebakaran, pendeteksi asap, pengendalian asap, akses keluar, jalur penyelamatan, pemisah	Menjumlahkan variabel terkait	Checklist	- 36 - 29	Interval

Tabel 2.12 (sambungan)

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
17	Sistem Jalan Keluar (sambungan)	antara ruang dan koridor, dan program pelatihan tanggap darurat (NFPA 101)				
18	Keselamatan Kebakaran Umum	Penjumlahan variabel konstruksi gedung, segregasi bahaya, bukaan vertikal, sprinklers, sistem alarm kebakaran, pendeteksi asap, barang properti, pengendalian asap, akses keluar, jalur penyelamatan, pemisah antara ruang dan koridor, dan program pelatihan tanggap darurat (NFPA 101)	Menjumlahkan variabel terkait	Checklist	- 51 - 41	Interval
19	Persyaratan Tambahan	Ketentuan khusus yang harus dimiliki oleh setiap gedung, antara lain adalah sistem HVAC, bukaan vertikal,	Studi literatur dan observasi	Dokumen Gedung dan checklist	Sesuai Tidak sesuai Tidak diterapkan	Ordinal

Tabel 2.12 (sambungan)

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
19	Persyaratan Tambahan (sambungan)	eskalator, tempat sampah, APAR, dan jalur instalasi pipa (NFPA 101)				
20	Keselamatan Kebakaran Perkantoran	Sistem mencegah dan menanggulangi kebakaran di gedung tempat dilaksanakannya kegiatan bisnis	Menilai kesesuaian antara variabel Kontrol Penyebaran Api, Sistem Jalan Keluar, dan Keselamatan Kebakaran Umum dengan variabel Persyaratan Tambahan	Checklist	Sesuai Tidak sesuai	Ordinal

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah mengevaluasi sistem keselamatan kebakaran di gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ sesuai dengan *Fire Safety Evaluation System NFPA 101A: Guide on Alternative Approaches to Life Safety* dan dianalisis menggunakan perangkat lunak yaitu CFSES (*Computerized Fire Safety Evaluation System*)

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ, Jalan Pemuda, Rawamangun, Jakarta Timur. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2015.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini bersifat deskriptif melalui pendekatan observasional dengan menilai sistem penanggulangan kebakaran yang diterapkan di gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ kemudian membandingkan dengan standar yang ada. Penelitian ini menggunakan metode semi kuantitatif. Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder, yang diambil dari hasil observasi lapangan. Data tersebut kemudian diolah dengan menggunakan aplikasi piranti lunak CFSES. Objek dari penelitian itu sendiri adalah keselamatan kebakaran di gedung

Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ yang menurut NFPA 101A: *Guide on Alternative Approaches to Life Safety* terdiri dari kontrol penyebaran api, sistem jalan keluar, keselamatan kebakaran secara umum, serta pesyaratan tambahan. Lebih detail lagi, keselamatan kebakaran gedung memiliki elemen – elemen seperti jumlah lantai, tinggi gedung, klasifikasi gedung, konstruksi gedung, segregasi bahaya, bukaan vertikal, sprinklers, sistem alarm kebakaran, pendeteksi atap, barang properti, pengendalian asap, akses keluar, jalur penyelamatan, kompartemenisasi, dan pelatihan tanggap darurat.

3.4 Pengumpulan dan Pengolahan Data

3.4.1 Data Primer

Data primer dalam penelitian ini didapatkan dari hasil observasi peneliti, pengukuran dan pemeriksaan langsung terhadap komponen – komponen sistem proteksi kebakaran sesuai dengan NFPA 101A: *Guide on Alternative Approaches to Life Safety* terhadap jenis sistem alarm kebakaran, pengendalian asap, bukaan vertikal di gedung, karakteristik tangga darurat dengan menggunakan meteran dan kamera.

3.4.2 Data Sekunder

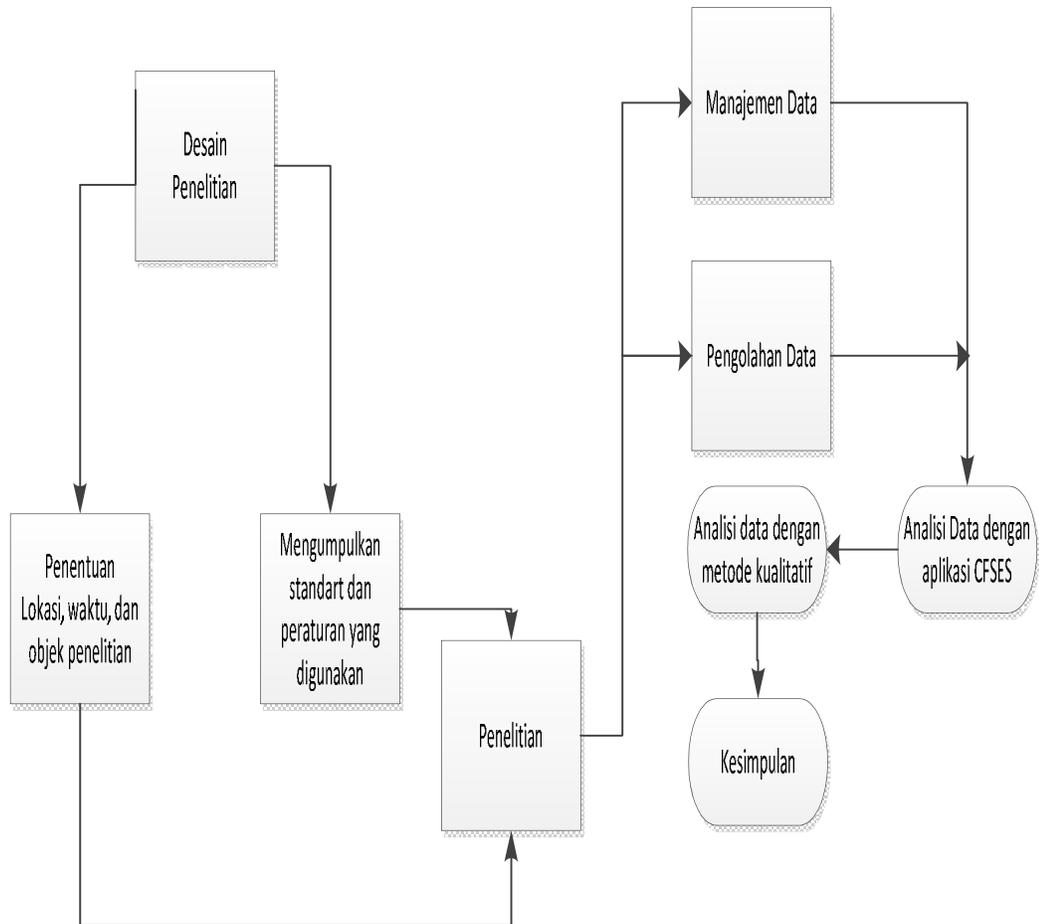
Data sekunder dalam penelitian didapat dengan menelaah data dokumen gedung seperti data tinggi gedung, tanggal pembangunan gedung, jenis konstruksi gedung, jenis barang properti yang digunakan, dan juga laporan pelatihan kebakaran setiap tahunnya.

3.5 Analisis Data

Setelah data untuk penelitian ini diperoleh, maka data tersebut akan dianalisis dengan menggunakan CFSES. Langkah – langkah analisis data dengan menggunakan CFSES adalah sebagai berikut :

1. Memasukan nama dan organisasi analis
2. Memasukan tanggal dan waktu penelitian
3. Memasukkan identitas gedung
4. Memilih jumlah lantai
5. Memilih tinggi gedung, klasifikasi gedung, dan jumlah total luas lantai di gedung tersebut
6. Memilih variabel konstruksi gedung, segregasi bahaya, bukaan vertikal, sprinklers, sistem alarm kebakaran, pendeteksi asap, barang properti, pengendalian asap, akses keluar, jalur penyelamatan, kompartemenisasi, dan pelatihan tanggap darurat sesuai dengan keadaan gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ
7. Merancang perbaikan terhadap variabel terkait
8. Memilih persyaratan tambahan yang sesuai dengan keadaan gedung pemerintahan
9. Menentukan tingkat kesesuaian manajemen keselamatan kebakaran gedung pemerintahan terkait

3.6 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Fisik Gedung Pusat Studi Dan Sertifikasi Guru UNJ

Gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ atau biasa disebut sebagai gedung Sergur UNJ berlokasi di Kampus A UNJ, jalan rawamangun muka Jakarta Timur. Gedung ini berada di posisi paling timur kampus A UNJ. Sehingga gedung ini berbatasan langsung dengan Labscholl rawamangun di sebelah utara, timur, dan selatan. Sedangkan bagian baratnya berbatasan dengan kompleks daksinapati timur.

Gedung ini mulai beroperasi tahun 2010, setelah selesai masa pembangunan selama 2 tahun. Sebelumnya di lokasi ini berdiri gedung teater besar yang kemudian terbakar pada tahun 2008. Sekarang gedung sergur yang memiliki 10 lantai digunakan untuk berbagai aktifitas dan kantor. Di lantai 1 ada kantor pengelola gedung dan loba yang cukup luas. Lantai 2 s/7 digunakan sebagai kantor LPP dan LPMJ serta ada beberapa ruang kelas untuk perkuliahan dan ruang microteaching. Lantai 8 ada aula, dan lantai 9-10 ada auditorium. Gedung ini memiliki luas 5446,44 ft² dengan panjang 37,5 m / 123 ft, lebar 13,5 m / 44,28 ft, dan tinggi 45,75 m / 150,06 ft. Sementara itu di utara terdapat ruang pompa, ruang genset, dan ruang trafo yang terpisah dari gedung. Jarak dari gedung ke ruang pompa 3,5 meter.

CFSES Windows Application

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES
GENERAL BUILDING CHARACTERISTICS - SHEET 1

This screen is used to determine the building height. The building height is either the number of occupied stories above the lowest level of exit discharge or the number of occupied stories above the lowest level that is at least fifty percent above grade.

Number of Stories

1 2 3 4-5 Over 5

Next Screen Back Screen Exit Help

Gambar 4.1 Jumlah Lantai

CFSES Windows Application

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES
GENERAL BUILDING CHARACTERISTICS - SHEET 2

An existing building is defined in NFPA 101 (2000) as a building erected or officially authorized prior to the effective date of the adoption of this edition of the Code by the agency or jurisdiction.

Building Height (Feet)

Less than 75 75 to 150 Greater than 150

Building is Classified as:

Existing New

Gross Floor Area (Square Feet):
Enter Gross Building Floor Area: 5446.44

Next Screen Back Screen Exit Help

Gambar 4.2 Karakteristik Gedung

Setelah dimasukkan data umum gedung dengan tinggi gedung adalah diatas 150 ft (gambar 4.2) dengan klasifikasi gedung yang sudah beroperasi, maka berdasarkan perhitungan CFSES yang berdasarkan NFPA 101 di dapatkan standar nilai minimal untuk variabel kontrol penyebaran api sebesar 5, untuk variabel sistem jalan keluar adalah 10.5, dan untuk variabel keselamatan kebakaran umum adalah 9 (gambar 4.3).

SCORE			MANDATORY REQUIREMENT		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	10.5	5.	9.
Egr.	L.S.	Gen.	Egr.	L.S.	Gen.

Gambar 4.3 Persyaratan Wajib

4.2 Konstruksi Gedung

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES
JUDGEMENT SCORE FOR THE CONSTRUCTION PARAMETER (1)

This screen allows one to enter any score value between the range of values for a particular parameter. This is to allow selection of scores that fall in between the available scores on a typical work sheet.

Enter the desired score:

Enter reason for score selection: Nilai konstruksi awal adalah 2. kemudian dikombinasikan dengan nilai dari Listrik dan Hydrant, maka nilai parameter ini menjadi 1

Accept Clear Cancel Help

ENTER JUDGEMENT DATA REMOVES JUDGEMENT DATA MAKES NO CHANGES BRIEF TEXT HELP

Gambar 4.4 Penilaian Parameter Konstruksi Gedung

Berdasarkan data drawing plan dan konstruksi di lampiran 1 , konstruksi dasar dari gedung Sergur adalah beton dengan struktur balok concrete prestressed dan langit langit juga terbuat dari concrete, maka konstruksi ini masuk ke dalam tipe I dan mendapat nilai 2. Kemudian ditambah dengan nilai parameter listrik dan parameter hydrant. Untuk listrik mendapat penilaian 90% dan Hydrant & Ruang pompa (Lampiran 2) hanya 56%, sehingga nilai akhir parameter ini adalah 1.

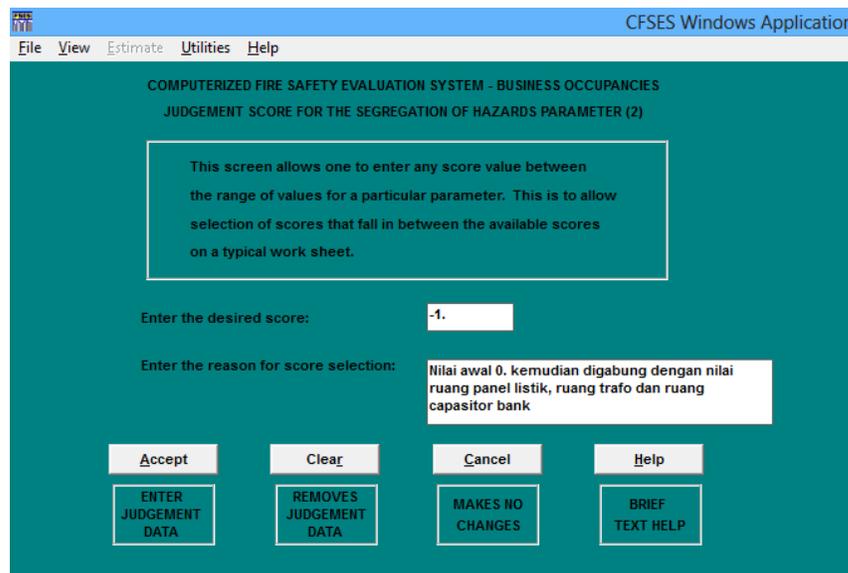
Konstruksi dasar pada gedung sergur merupakan balok concrete prestressed yang memiliki ketahanan api secara melekat selama 2 jam. Konstruksi gedung memiliki peranan penting ketika terjadi kebakaran. Ketahanan konstruksi gedung terhadap kebakaran akan memberikan waktu yang cukup bagi penghuni untuk mengevakuasi diri keluar gedung dan bagi pemadam kebakaran untuk memberikan penyelamatan

Listrik pada gedung sergur mendapat suplai dari PLN untuk kemudian masuk ke trafo yang memiliki daya 1000 KVA. Sementara itu kebutuhan listrik secara total di sergur 850,916 KVA. Dengan rincian 715,841 KVA untuk kebutuhan lampu dan sistem pendingin, 36,825 KVA untuk pompa air bersih, dan 98,250 untuk pompa kebakaran.

Sistem Hydrant pada gedung ini terdiri atas pompa kebakaran, springkler, hydrant box, dan juga pillar hydrant. Secara umum sistem hydrant di gedung sudah tertata rapi dan sesuai dengan standar. Penilaian pada ruang pompa dapat dilihat di lampiran 2. Kekurangan mendasar disini adalah hydrant box outdoor kosong dan tidak memiliki isi. Isinya diletakan ke dalam ruangan

pompa oleh pengelola gedung. Sedangkan posisi pilar hydrant sendiri tertutup oleh tanaman sehingga secara kasat mata tidak terlalu tampak (bisa dilihat di tabel gambar). Untuk hydran box indoor seluruhnya baik dan lengkap. Tiap lantai terdiri atas 2 hydrant box yang dilengkapi alarm kebakaran. Isi hydranto box indoor sendiri masih komplit dan lengkap.

4.3 Pemisahan Bahaya (*Segregation Hazard*)



Gambar 4.6 Penilaian Parameter Pemisahan Bahaya

Penilaian Pemisahan Bahaya (*Segregation Hazard*) pada gedung Sergur UNJ mendapat nilai -1. Ruang yang berpotensi memiliki bahaya yang tinggi seperti Transformer, Genset dan Capacitor Bank sudah dialokasikan terpisah dari jalur keluar. Sedangkan ruang panel listrik dan ruang auditorium yang juga berpotensi memiliki bahaya tinggi karena memiliki bahan mudah terbakar sudah terlindungi oleh sistem springkler.

Secara umum kondisi pemisahan bahaya di sergur cukup baik. Segregasi bahaya disana termasuk memiliki single deficiency. Yaitu hanya memiliki kekurangan tunggal dan jauh dari jalan keluar serta dilengkapi dengan springkler system.

Peneliti juga memasukan nilai dari ruang panel listrik, ruang trafo, ruang capasitor, dan ruang genset kedalam penilaian parameter segregasi bahaya. Pada ruang panel listrik (lampiran 3) hasil penilaian mencapai angka 77 %. Yang menjadi catatan khusus di ruang panel listrik adalah banyaknya bahan bakar yang diletakkan di dalam ruang panel. Karena ruang panel listrik dijadikan ruang ganti oleh satpam. Kemudian jarak untuk melakukan perbaikan panel tidak sesuai. Sisi belakang dan kiri dari panel listrik utama tidak memiliki jarak untuk melakukan perbaikan / maintenance.

DI ruang trafo (lampiran 4) angka penilaiannya mencapai 76%. Catatan khusus di ruang trafo yang pertama adalah adanya penutup ventilasi dari papan. Karena kesalahan desain awal maka ada lubang ventilasi yang harus ditutup dengan papan. Lalu kondisi oil purificationnya sudah berada di suhu 60°. Suhu nya akan semakin tinggi dan dapat menyebabkan kerusakan bila dibiarkan.

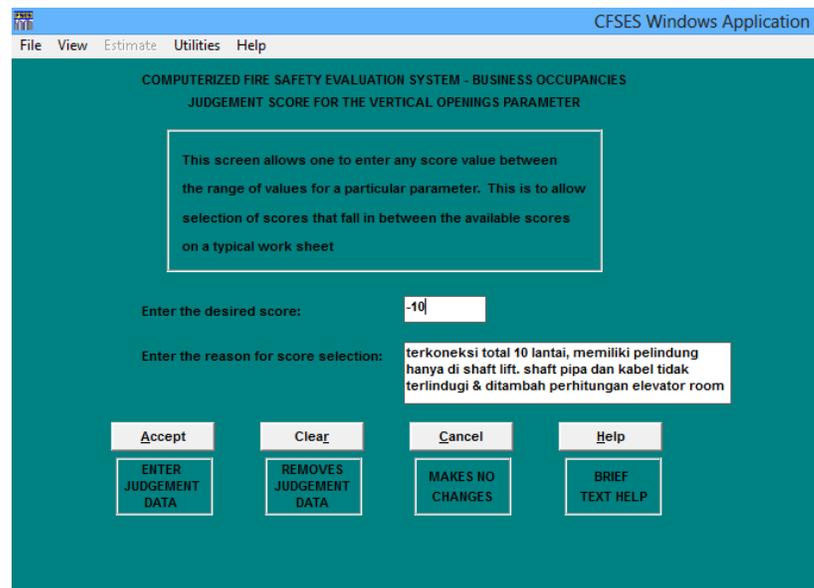
Ruang capasitor bank (lampiran 5) menjadi satu dengan ruang trafo sehingga kondisi ruangnya sama. Penilaian di ruangan ini mencapai 77%. Tidak jauh dengan penilaian pada ruang trafo.

Kemudian ruang genset (lampiran 6) mendapatkan nilai 81%. Catatan khusus di ruang genset adalah tidak adanya detector di ruangan ini. Sehingga

pendeteksian bila terjadi kebakaran atau kerusakan di ruang ini tidak dapat dipantau secara otomatis.

Secara umum ke empat ruang tadi sudah bisa dikatakan memiliki sistem pencegahan kebakaran yang cukup baik, seperti memiliki body grounding, neutral grounding, dan APAR. Serta memiliki pintu besi dan dinding.

4.4 Buakan Vertikal (*Vertical Opening*)



Gambar 4.7 Penilaian Parameter Buakan Vertikal

Penilaian bukaan vertikal mendapatkan skor -10 dari range nilai -10 sampai 1. Secara umum keadaan bukaan vertikal bisa dilihat dari adanya koneksi dua lantai atau lebih yang terbuka. Untuk potensi bukaan vertikal ini bisa diamati pada shaft elevator, instalasi untuk kabel vertikal, instalasi pipa vertikal, dan jalur evakuasi.

Penilaian parameter bukaan vertikal digabungkan dengan penilaian untuk

ruang control lift (lampiran 7). lift room sendiri mendapatkan nilai 80%. Kekurangan disana adalah sulitnya merespon bila terjadi sesuatu di ruangan lift. Karena ruang lift ada di roof top sedangkan ruang pengelola ada di lantai 1. Sehingga sangat menyulitkan bila terjadi sesuatu di ruang lift. Ruang lift juga tidak dilengkapi sistem alarm.

Pada gedung serbaguna elevator menghubungkan lantai 1 sampai lantai 9 secara langsung. Ruang shaft elevatornya tidak ditemukan pengaman tahan api. Kemudian untuk jalur evakuasi yang juga berpotensi sebagai bukaan vertikal, sudah dilengkapi dengan pintu darurat yang dilengkapi panic bar dan door closer, hanya saja pintunya tidak menggunakan material tahan api yang sesuai. Kemudian instalasi kabel listrik, pipa air bersih dan kotor, serta pipa untuk pemadam kesemuanya terhubung ke setiap lantai dan belum memakai fire stopper, juga penutup shaftnya tidak terdapat material tahan api.

4.5 Springkler

The screenshot shows a window titled "CFSES Windows Application" with a menu bar containing "File", "View", "Estimate", "Utilities", and "Help". The main content area has a dark teal background and contains the following text:

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES
 JUDGEMENT SCORE FOR THE SPRINKLER PARAMETER (4)

This screen allows one to enter any score value between the range of values for a particular parameter. This is to allow selection of scores that fall in between the available score on a typical work sheet.

Enter the desired score:

Enter the reason for score selection:

At the bottom, there are four buttons:

- Accept**: ENTER JUDGEMENT DATA
- Clear**: REMOVES JUDGEMENT DATA
- Cancel**: MAKES NO CHANGES
- Help**: BRIEF TEXT HELP

Gambar 4.8 Penilaian Parameter Springkler

Penilaian parameter *springkler* mendapat nilai 8 dari skala 0 – 12. Semua area dikedung sergur sudah dilengkapi dengan *springkler* sistem. Ini bisa dilihat dari diagram *fire fighting* instalasi tiap lantai dan diagram *fire fighting schematic* (lampiran 8), dan hasil observasi peneliti dilapangan.

Jenis *Springkler* yang dipasang adalah jenis standar dengan tekanan 175 psi dengan temperature 57°C. Springkler sistem sudah terkoneksi dengan sistem alarm, namun masih manual pengaktifannya di ruangan pengelola.

Kekurangan adalah dikedung hanya terdapat jenis standar dan tidak menggunakan jenis quick response. Dan yang paling utama ada pengetesan fungsi belum pernah sekalipun dilakukan.

4.6 Fire Alarm System

The screenshot shows a Windows application window titled "CFSES Windows Application". The menu bar includes "File", "View", "Estimate", "Utilities", and "Help". The main window content is titled "COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES" and "JUDGEMENT SCORE FOR THE FIRE ALARM SYSTEM PARAMETER (5)".

A text box explains: "This screen allows one to enter any score value between the range of values for a particular parameter. This is to allow selection of scores that fall in between the available scores on a typical work sheet."

There are two input fields:

- "Enter the desired score:" with a text box containing the value "1".
- "Enter the reason for score selection:" with a text box containing the text "nilai awal 2. kemudian digabung dengan nilai fire alarm system".

At the bottom, there are four buttons:

- Accept**: ENTER JUDGEMENT DATA
- Clear**: REMOVES JUDGEMENT DATA
- Cancel**: MAKES NO CHANGES
- Help**: BRIEF TEXT HELP

Gambar 4.9 Penilaian Parameter Fire Alarm System

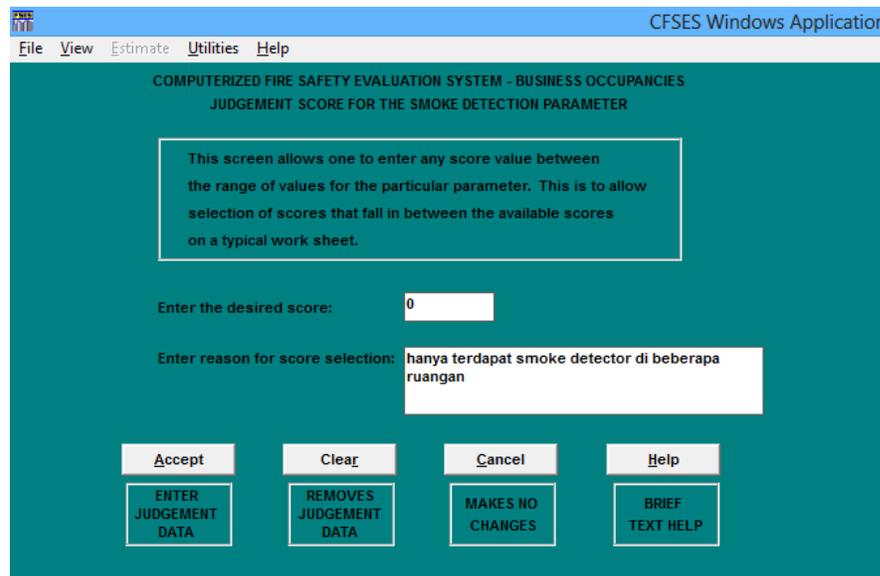
Penilaian parameter fire alarm system mendapatkan nilai 1. Penilaian ini digabungkan dengan hasil penilaian pada ruang control alarm (lampiran 9). Ruang control alarm sendiri mendapat nilai 74%. Sistem alarm yang terpasang di gedung sergur UNJ menggunakan sistem MCFA (Main Control Fire Alarm) yang bersifat semi addressable dan terpasang dilantai dasar Gedung Sergur UNJ.

Jika kebakaran terdeteksi maka alarm akan berbunyi pada lantai yang terjadi kebakaran. Alarm sistem di gedung sergur tidak memberikan pemberitahuan secara langsung kepada dinas pemadam kebakaran. Pemberitahuan kepada dinas pemadam kebakaran dilakukan secara manual melalui telepon yang ada di ruang MCFA. Alat komunikasi di gedung menggunakan intercom sebagai tambahan sistem alarm. Tetapi intercom ini

masih menggunakan sistem manual yang dikontrol melalui panel di ruang control panel di lantai 1.

Kekurangan di ruang control alarm adalah ruangnya terhalang oleh meja resepsionis yang sudah tidak terpakai (bisa dilihat di tabel gambar). Kondisi itu sangat mengganggu dan membahayakan. Kemudian pintu di ruangan juga hanya terbuat dari kayu. Selain itu petugas penjaganya tidak selalu standby di ruangan sebab merangkap juga sebagai operator di ruang auditorium.

4.7 Deteksi Asap (*Smoke Detector*)

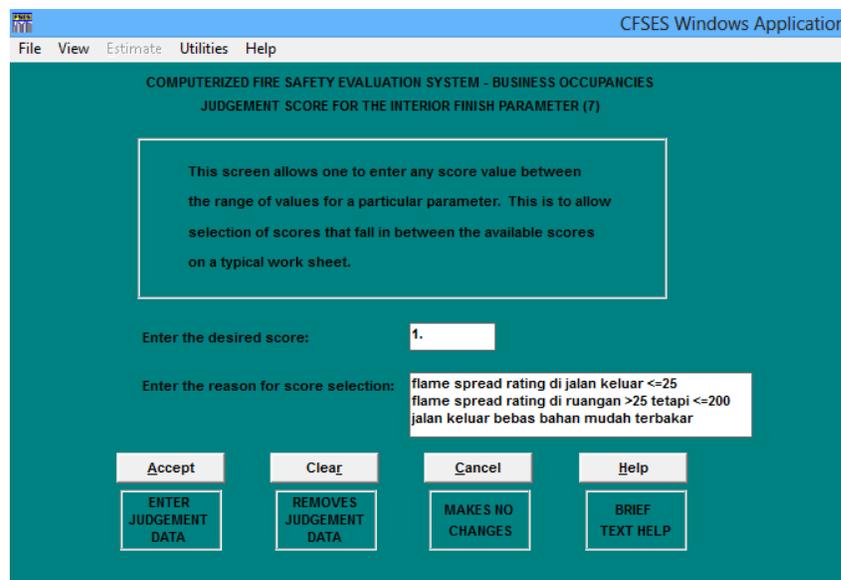


Gambar 4.10 Penilaian Parameter Smoke Detector

Penilaian pada parameter ini hanya mencakup penggunaan smoke detector sebagai alat deteksi. Gedung ini hanya memiliki 27 smoke detector yang terletak di beberapa ruangan khusus saja. Seperti ruang panel listrik, ruang dapur, dan ruang operator. Nilai awal untuk parameter ini adalah 0 dari

skala 0 – 4. Karena secara umum smoke detector yang terpasang sesuai dengan model room, yaitu hanya terdapat di beberapa ruangan khusus. Tetapi penempatannya sangat tidak tepat. Kemudian ditambah dengan tidak pernah dilakukan pengetesan maka nilainya tetap 0.

4.8 Interior Finish

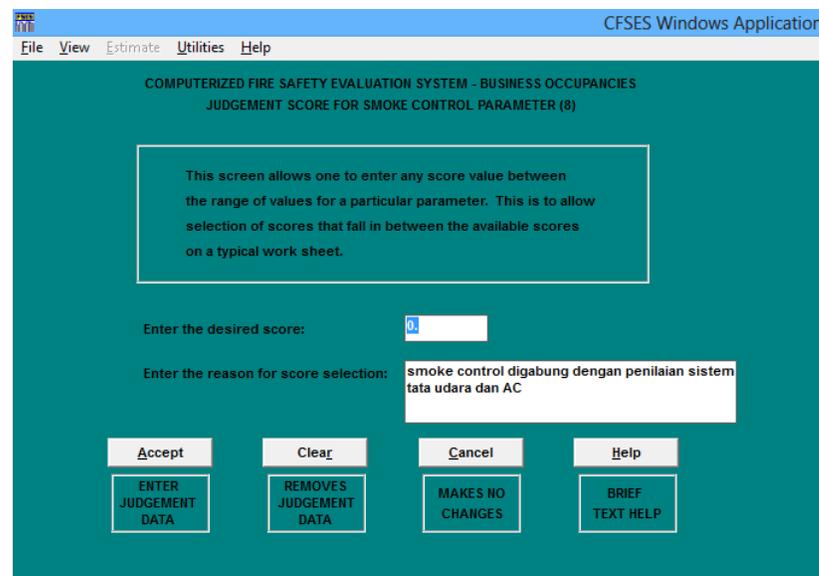


Gambar 4.11 Penilaian Parameter Interior Finish

Parameter interior finish mencakup 2 bagian utama. Yaitu keberadaan bahan mudah terbakar di jalur keluar dan di dalam ruangan. Pada gedung sergur tidak terdapat tumpukan kertas, kardus, atau apapun benda mudah terbakar yang menumpuk dan berada di jalur keluar. Artinya jalur keluar sudah bebas dari bahan mudah terbakar. Kemudian di dalam gedung, karena gedung ini memang digunakan sebagai kantor, maka benda – benda mudah terbakar terdiri dari meja, kursi dan lemari yang beberapa masih terbuat dari

kayu. Kemudian di lantai 9 dan 10 yang merupakan auditorium, disana terdapat sofa busa yang memiliki flame spread rating tinggi. Sehingga berdasarkan 2 hal tersebut nilai untuk parameter ini adalah 1 dari skala -3 sampai 2

4.9 Pengendali Asap (Smoke Control)



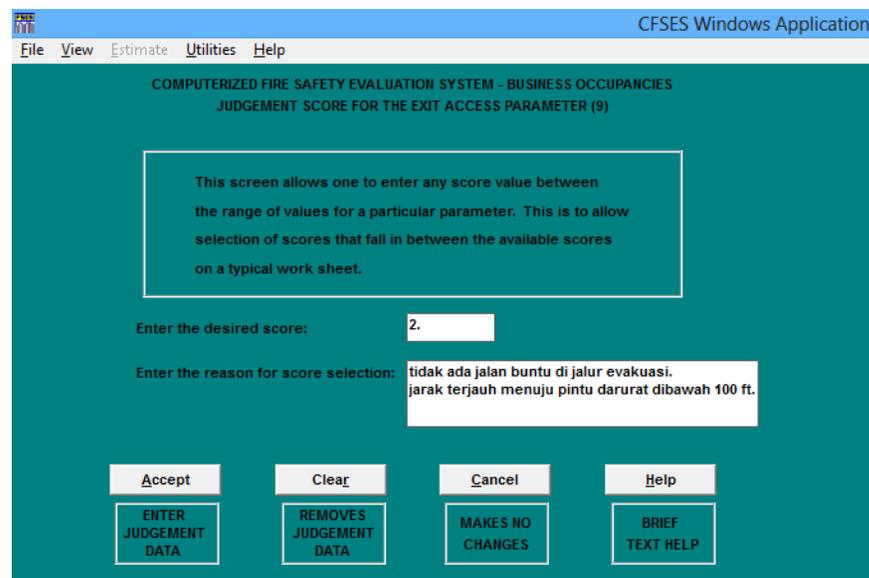
Gambar 4.12 Penilaian Parameter Smoke Control

Penilaian pada parameter ini merupakan hasil penilaian sistem pengendalian asap di tambah dengan penilaian AC (lampiran 10). Penilaian AC hanya mendapat nilai 40 %. Penilaian pada sistem pengendalian asap di gedung ini termasuk yang kurang bagus.

Pressure fan yang selalu memberikan tekanan udara kedalam jalur tangga darurat termasuk ke dalam sistem aktif. Pressure fan ini berada dalam posisi selalu menyala, ini bisa memperpendek umur pakai dari pressure fan itu

sendiri. Sebab seharusnya pressure fan hanya dibutuhkan ketika terjadi kebakaran dan dioperasikan secara otomatis. Kemudian pintu daruratnya bisa menutup sendiri dan dilengkapi panic bar sehingga perpindahan udara dari dalam gedung menuju akses jalur evakuasi menjadi terbatas.

4.10 *Exit Access*

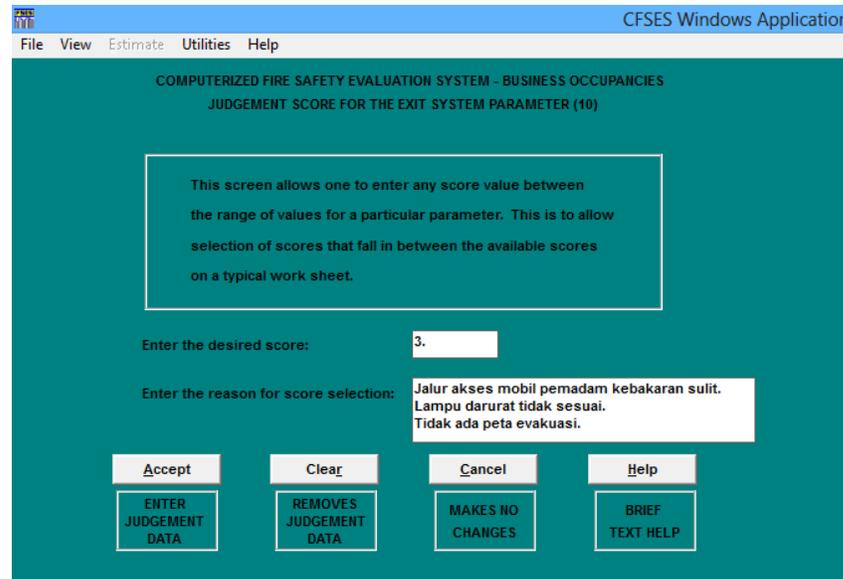


Gambar 4.13 Penilaian Parameter Exit Access

Penilaian pada parameter ini mencakup jarak tempuh yang harus dilalui seseorang dalam gedung untuk mencapai pintu darurat di masing – masing lantainya. Di gedung sergur tidak terdapat jalur buntu yang akan menyulitkan pengguna. Selain itu jarak tempuh menuju pintu keluar maksimal tidak lebih dari 80 ft (24m). Karena bila melebihi 24 m maka memerlukan fire barrier atau gorden tahan api untuk melindungi penghuni

yang akan melewati jalur evakuasi. Karena dua hal tadi maka peneliti memberikan nilai 2 untuk parameter ini dari skala -2 sampai 3.

4.11 *Exit System*



Gambar 4.14 Penilaian Parameter Exit System

Penilaian parameter exit system mencakup keberadann jalur evakuasi, kelengkapan tambahan di jalur evakuasi dan juga akses bagi mobil pemadam. Keberadaan dua jalur tangga darurat membuat gedung ini tergolong aman. Tetapi ada beberapa kekurangan di jalur tersebut. Yang utama adalah masalah penerangan. Karena masih menggunakan jalur yang sama dengan lampu pada ruangan sehingga bila terjadi kebakaran dan terjadi peralihan sumber dari listrik ke genset, lampu juga akan mati beberapa saat. Kemudian ketiadaan peta evakuasi di gedung tersebut membuat resiko pengunjung tersesat dan panik saat terjadi bencana menjadi

meningkat. Selanjutnya adalah akses mobil pemadam yang cukup sulit. Sepanjang jalan menuju gedung sergur hanya bisa dilewati 1 mobil kecil karena digunakan sebagai parkir mobil.

4.12 Kompartemenisasi

The screenshot shows a window titled "CFSES Windows Application" with a menu bar containing "File", "View", "Estimate", "Utilities", and "Help". The main content area has a dark teal background and contains the following text:

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES
 JUDGEMENT SCORE FOR THE CORRIDOR/ROOM SEPARATION PARAMETER (11)

This screen allows one to enter any score value between the range of values for a particular parameter. This is to allow selection of scores that fall in between the available scores on a typical work sheet.

Enter the desired score:

Enter the reason for score selection:

At the bottom, there are four buttons:

- Accept**: ENTER JUDGEMENT DATA
- Clear**: REMOVES JUDGEMENT DATA
- Cancel**: MAKES NO CHANGES
- Help**: BRIEF TEXT HELP

Gambar 4.15 Penilaian Paramater Kompartemenisasi

Pada setiap lantai di gedung sergur terdapat kompartemenisasi berupa koridor. Koridor dilengkapi dengan system alarm, springkler, dan hidrant system. Tidak terdapat smoke extractor di koridor. Kompartemenisasi pada gedung menggunakan partisi gypsum board. Sehingga peneliti memberikan nilai 0 untuk parameter kompartemenisasi.

4.13 Pelatihan Tanggap Darurat

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES
12. OCCUPANCY EMERGENCY PROGRAM PARAMETER

Safety Parameter	PARAMETER STATUS		
12. Occupant Emergency Program	Number of Fire Drills Conducted per Year		
	0	1 to 2	over 2
	-3	0(1)	1(2)

OCCUPANCY EMERGENCY PROGRAM

This parameter gives a measure to the emergency preparedness of the building occupants. It measures that preparedness in terms of the number of fire drills held each year.

Accept Cancel Help Judgement

Gambar 4.16 Penilaian Parameter Pelatihan Tanggap Darurat

Gedung sergur tidak pernah melakukan pelatihan tanggap darurat. Sejak gedung pertama digunakan pada 2010 sampai sekarang belum pernah ada pelatihan khusus disini. Gedung ini juga tidak memiliki petugas khusus untuk manajemen kebakarannya. Oleh karena itu maka nilai parameter ini adalah -3.

4.14 Hasil Evaluasi

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES
MAIN PARAMETER SCREEN

PARAMETERS

<input checked="" type="checkbox"/>	CONSTRUCTION	JUDGEMENT SCORE: 1.
<input checked="" type="checkbox"/>	SEGREGATION OF HAZARDS	JUDGEMENT SCORE: -1.
<input checked="" type="checkbox"/>	VERTICAL OPENINGS	JUDGEMENT SCORE: -10.
<input checked="" type="checkbox"/>	SPRINKLERS	JUDGEMENT SCORE: 8.
<input checked="" type="checkbox"/>	FIRE ALARM SYSTEM	JUDGEMENT SCORE: 1.
<input checked="" type="checkbox"/>	SMOKE DETECTION	JUDGEMENT SCORE: 0.0
<input checked="" type="checkbox"/>	INTERIOR FINISH	JUDGEMENT SCORE: 1.
<input checked="" type="checkbox"/>	SMOKE CONTROL	JUDGEMENT SCORE: 0.0
<input checked="" type="checkbox"/>	EXIT ACCESS	JUDGEMENT SCORE: 2.
<input checked="" type="checkbox"/>	EXIT SYSTEMS	JUDGEMENT SCORE: 3.
<input checked="" type="checkbox"/>	CORRIDOR/ROOM SEPARATION	JUDGEMENT SCORE: 0.0
<input checked="" type="checkbox"/>	OCCUPANT EMERGENCY PROGRAM	No fire drill conducted

SCORE: 4, -4, 2 (Egr., L.S., Gen.)

MANDATORY REQUIREMENT: 10.5, 5, 9 (Egr., L.S., Gen.)

Gambar 4.17 Hasil Evaluasi (1)

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES
INDIVIDUAL PARAMETER EVALUATION - WORKSHEET (BASE CASE)

PARAMETER	FIRE CONTROL	EGRESS	GENERAL
CONSTRUCTION	1.		1.
SEGREGATION	-1.	-1.	-1.
V. OPENINGS	-10/2 = -5.	-10.	-10.
SPRINKLERS	8.	8/2 = 4.	8.
FIRE ALARM	1/2 = 0.5	1.	1.
SMOKE DET.	0/2 = 0.	0.	0.
INT. FINISH	1/2 = 0.5		1.
SMOKE CONT.		0/2 = 0.	0.
EXIT ACCESS		2.	2.
EXIT SYSTEM		3.	3.
CORRIDOR SEP.	0/2 = 0.	0/2 = 0.	0.
OCC. EMER. PR.		-3	-3
TOTAL	4.	-4.	2.
REQUIRED	10.5	5.	9.

Options: OPTION 1 (Cost/Risk), OPTION 2 (Cost/Risk), OPTION 3 (Cost/Risk), OPTION 4 (Cost/Risk), OPTION 5 (Cost/Risk)

Actions: Set Base Case (Not Set), Refinements (None Available), Base Case (Not Available), Considerations (Not Evaluated)

Gambar 4.18 Hasil Evaluasi (2)

Setelah melakukan penilaian terhadap 12 parameter *fire safety evaluation system* hasilnya terlihat pada dua gambar diatas. Variabel kontrol penyebaran api (fire control) hanya mendapat nilai 4 dari 10,5 yang dibutuhkan. Untuk

variabel kedua yaitu jalan keluar (egress) nilai total yang didapat hanya –4 sedangkan persyaratan mewajibkan nilai 5. Yang terakhir adalah keselamatan kebakaran umum, dari standar 2 yang diharuskan gedung sergur hanya bisa mendapat total nilai 6,5.

Itu artinya gedung sergur sangat tidak memenuhi syarat keamanan dan keselamatan terhadap bahaya kebakaran. Dari ketiga variabel utama tadi tidak ada yang mendapat skor minimal sesuai dengan batas.

4.15 Utilities

Pada aplikasi CFSES ada menu utilities yang bisa digunakan untuk menghitung beberapa kebutuhan tentang gedung. Disini akan coba dibahas satu per satu

4.15.1 Egress Calculation

Egress calculation menghitung waktu yang dibutuhkan oleh orang atau sekelompok orang untuk keluar dari gedung bila terjadi kebakaran. Jalur yang digunakan adalah pintu darurat, tangga darurat, dan koridor, tidak menggunakan lift.

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - SERGUR.PRJ

File View Estimate Utilities Help

Egress Calculation

This procedure calculates the time needed for a person or group of people to exit an area. The egress movement may be vertical or horizontal and may include the use of doorways, stairs, ramps, and corridors. Elevator transportation is not considered.

Number of people (1 - 10000): Distance over floor (0 - 6560 ft):

Number of exit doors (1 - 1000): Speed on level routes (0.33 - 39 ft/s):

Flow rate through exit leaf (0.3 - 12 persons/exit-s):

Disabled persons

Stairs Number of stairways (1 - 20): Vertical distance (0 - 1600 ft):

Width of stairs (27 - 120 in): Average width Total width

Height of riser (4 - 10 in): Depth of tread (8 - 140 in):

Stair flow rate (0.07 - 1 pers/ft of stairs): Speed down stairs (0.33 - 39 ft/s):

Egress Calculation Summary

Summary of Calculated Egress Times

Based on the information provided in the EGRESS CALCULATION ROUTINE window, the following egress times have been calculated for the building and the recommended score for the egress parameter is provided.

Unimpeded egress time (s): 2000.

Egress through exit doors (s): 380.

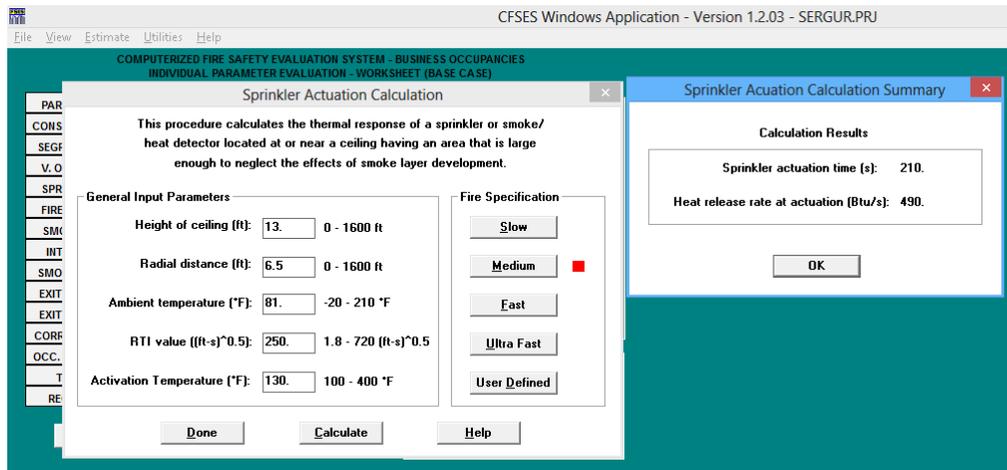
Egress through stairs (s): 110.

Gambar 4.19 Egress Calculation

Berdasarkan perhitungan diatas perhitungan waktu keluar tanpa hambatan adalah sekitar 2000s (33 menit) untuk total 384 orang. Dengan waktu melalui pintu keluar 380s dan waktu melalui tangga 110 s.

4.15.2 *Sprinkler Actuation Calculation*

Metode ini digunakan untuk mengetahui waktu aktivasi sprinkler bial terjadi kebakaran.

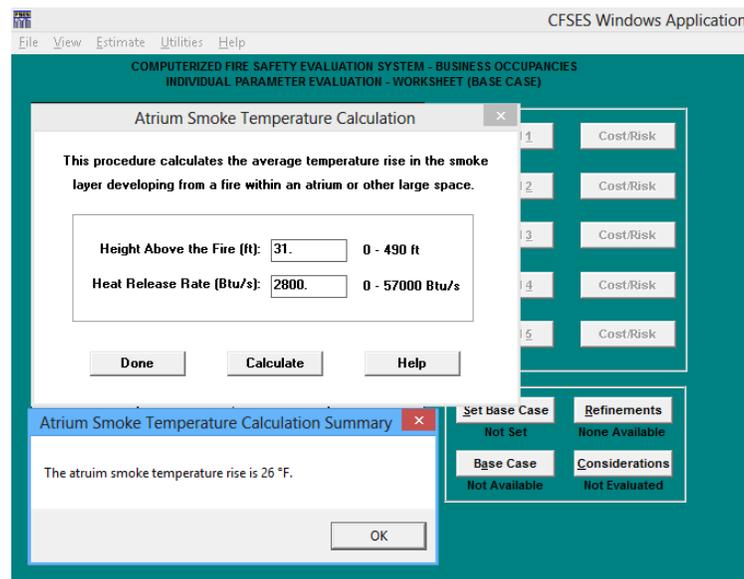


Gambar 4.20 Sprinkler Actuation Calculation

Hasil perhitungannya adalah sprinkler membutuhkan waktu sekitar 210 s untuk aktif ketika terjadi kebakaran. Sedangkan Heat Release Rate pada saat aktif yaitu 490 Btu/s.

4.15.3 Atrium Smoke Temperature Calculation

Perhitungan ini digunakan untuk menghitung kenaikan suhu rata-rata di lapisan bila terjadi kebakaran di ruang berbentuk atrium atau ruang yang luas.

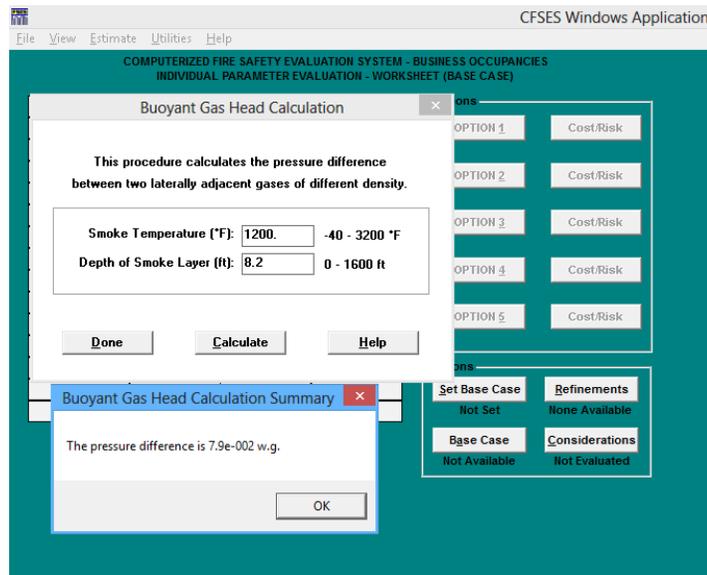


Gambar 4.21 Atrium Smoke Temperature Calculation

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kenaikan suhu rata-rata di lapisan asap 26°F. Perhitungan ini diasumsikan terjadi di ruang auditorium lantai 9 dan 10.

4.15.4 *Bouyant Gas Head Calculation*

Perhitungan ini menghitung perbedaan tekanan apabila terdapat 2 gas lateral yang berdekatan dengan perbedaan massa jenis.

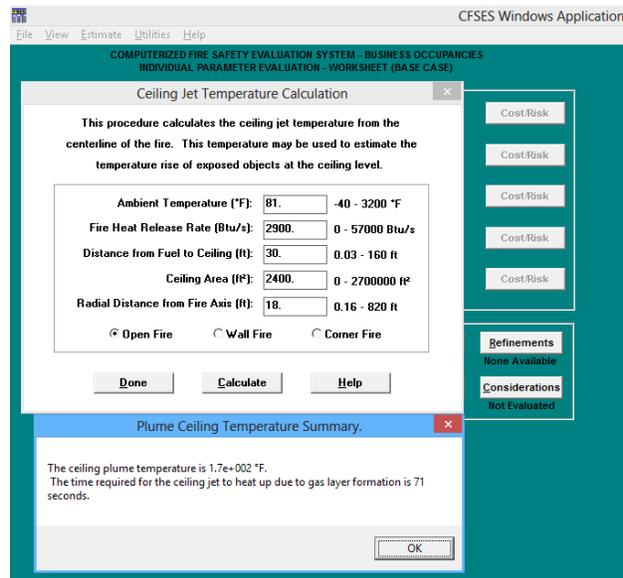


Gambar 4.22

Hasilnya adalah perbedaan tekanannya sekitar $7,9e-002$ wg. Atau sekitar $0,079$ wg sama dengan $0,79$ kPa atau 790 Pa

4.15.5 Ceiling Jet Temperature Calculation

Ceiling jet temperature calculation, menghitung suhu ceiling jet yang terjadi dari titik tengah api. Karena ada beberapa bahan yang akan menyala sendiri bila terkena sambaran ceiling jet yang sudah mencapai suhunya.

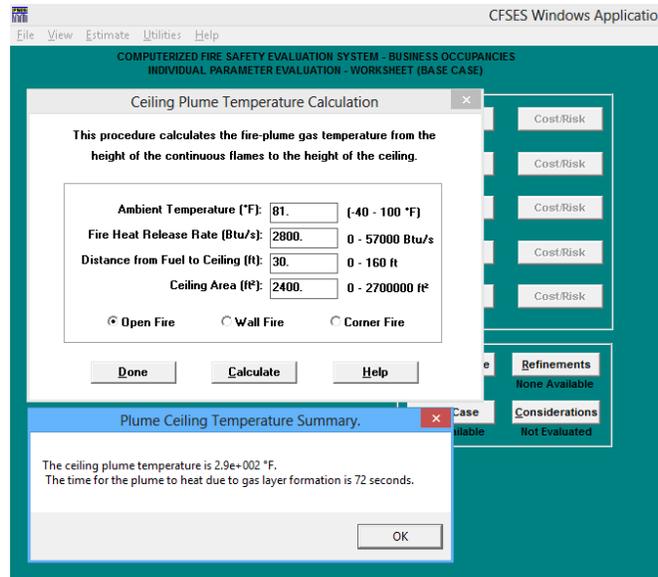


Gambar 4.23 Ceiling Jet temperature

Hasilnya adalah suhu pada ceiling plume mencapai 170°F dan membutuhkan waktu sekitar 71s untuk membentuk layer sempurna yang mengelilingi fire jet

4.15.6 Ceiling Plume Calculation

Ceiling plume calculation, menghitung suhu gas yang dihasilkan dari fire plume bila terus menyala dan menuju ke langit – langit atap.

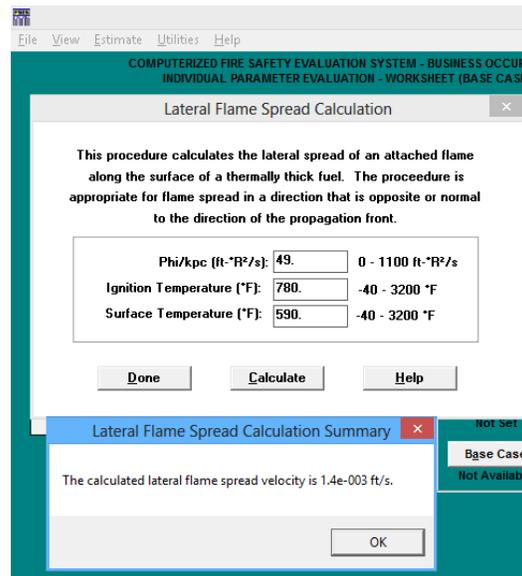


Gambar 4.24 Ceiling Plume Temperature

Suhu yang terjadi adalah sekitar 290°F dan waktu yang dibutuhkan untuk membentuk layer yang sempurna adalah 72 s

4.15.7 Lateral Flame Spread Calculation

Perhitungan ini menghasilkan kecepatan suatu bahan terbakar bila terkena api langsung. Bahan yang digunakan pada perhitungan ini adalah polyurethane foam yang merupakan bahan untuk membuat busa sofa.

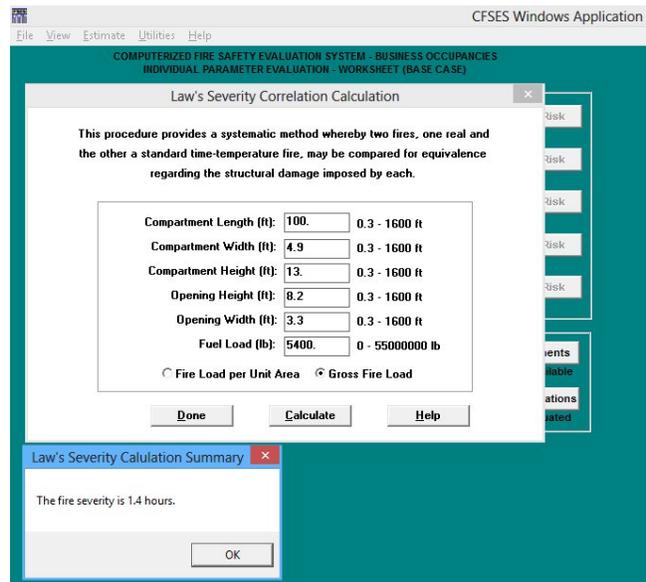


Gambar 4.25 Lateral flame spread Calculation

Hasil dari perhitungan ini adalah kecepatan rata – rata barang yang akan terbakar adalah 0,0014 ft/ s. Catatan ini dengan menggunakan flame spread rating dari busa sofa tadi.

4.15.8 *Law's Severity Corelation Calculation*

Law's severity corelation menghitung ketahanan struktur suatu bangunan bila terjadi kebakaran, dan tanpa mendapatkan bantuan dari luar. Jadi hasil dari perhitungan ini akan memperkirakan berapa lama struktur gedung dapat bertahan dalam kebakaran.

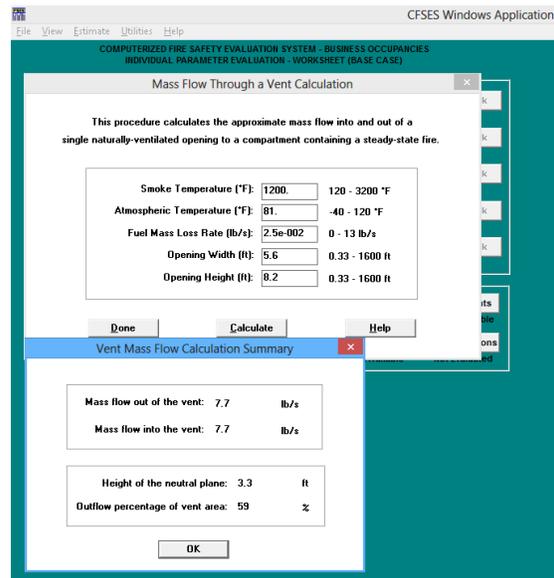


Gambar 4.26 *Law's Severity Corelation Calculation*

Dari perhitungan diatas, maka struktur gedung sergur dapat bertahan selama 1 jam 12 menit bila terjadi kebakaran tanpa mendapat bantuan pemadaman dari luar.

4.15.9 *Mass Flow Through a Vent Calculation*

Perhitungan ini menghitung aliran masa yang akan keluar melalui ventilasi tunggal secara alami. Bila di dalam suatu ruangan terjadi kebakaran.

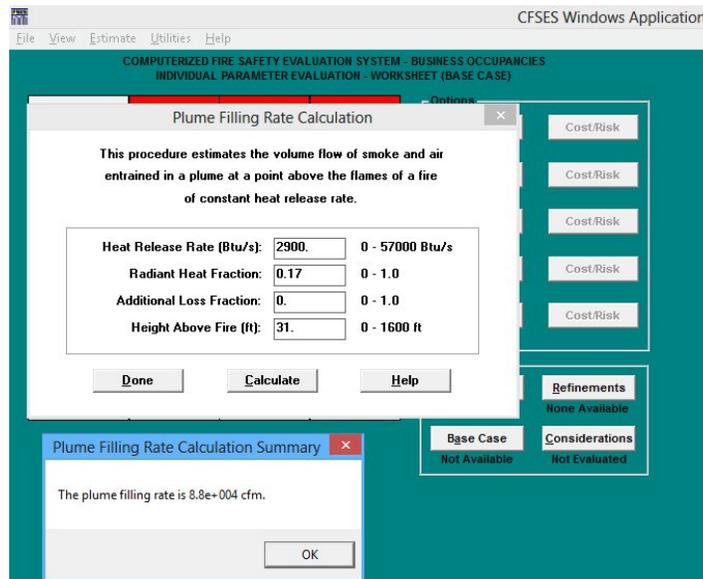


Gambar 4.27 *Mass Flow Through a Vent Calculation*

Hasil perhitungannya menyebutkan bahwa aliran udara yang akan keluar dan masuk melalui ventilasi sebesar 7,7 lb/s, atau sekitar 3,4926 kg/s. Ketinggian netral dari dataran sekitar 3,3 ft dan persentase aliran udara yang keluar adalah 59%.

4.15.10 *Plume Filling Rate Calculation*

Prosedur ini menghitung volume aliran asap dan udara pada sebuah titik diatas api dengan perkiraan heat release ratenya konstant.

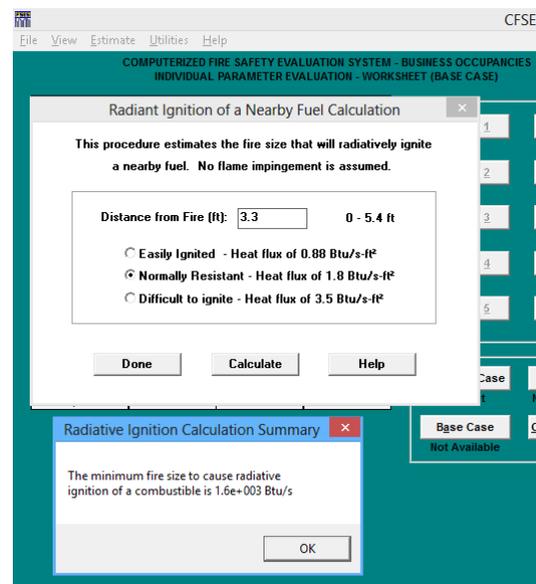


Gambar 4.28 *Plume Filling Rate Calculation*

Hasilnya adalah volume rata – rata asap yang akan terbentuk sebesar 88000 cfm (cubicfoot per minute).

4.15.11 Radiant Ignition of a Nearby Fuel

Prosedur ini menghitung penyalaan akibat radiasi dari api bila disekitar api terdapat bahan bakar atau bahan yang mudah terbakar.

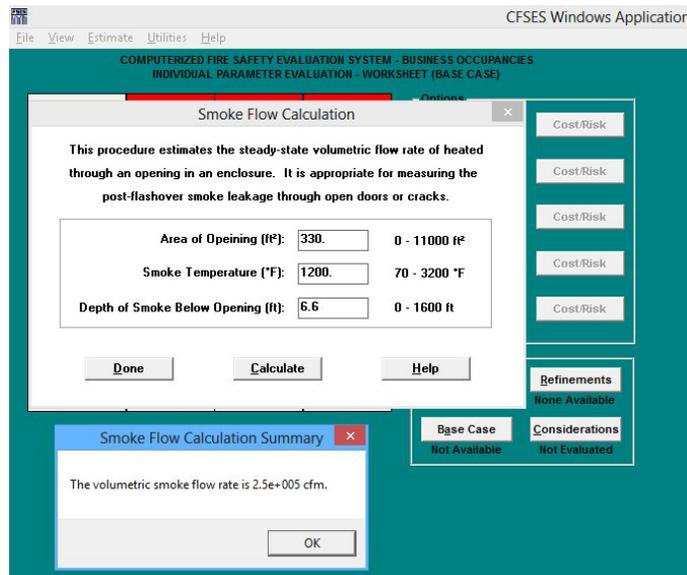


Gambar 4.29 Radiant Ignition of a Nearby Fuel

Hasil yang di dapat adalah ukuran minimum api yang bisa mengakibatkan penyalaan secara radiasi yaitu panasnya berkisar 1600 Btu/s.

4.15.12 *Smoke Flow Calculation*

Prosedur ini menghitung volume aliran asap yang terjadi diruang tertutup. ini biasa terjadi pada fase post-flashover.



Gambar 4.30 *Smoke Flow Calculation*

Hasil perhitungannya adalah rata rata volume aliran asap yang terjadi di dalam ruangan adalah sekitar 25000 cfm.

4.15.13 Thomas's Flashover Calculation

Prosedur ini menghitung berapa energi yang memungkinkan terjadi flashover pada suatu ruangan tertutup.

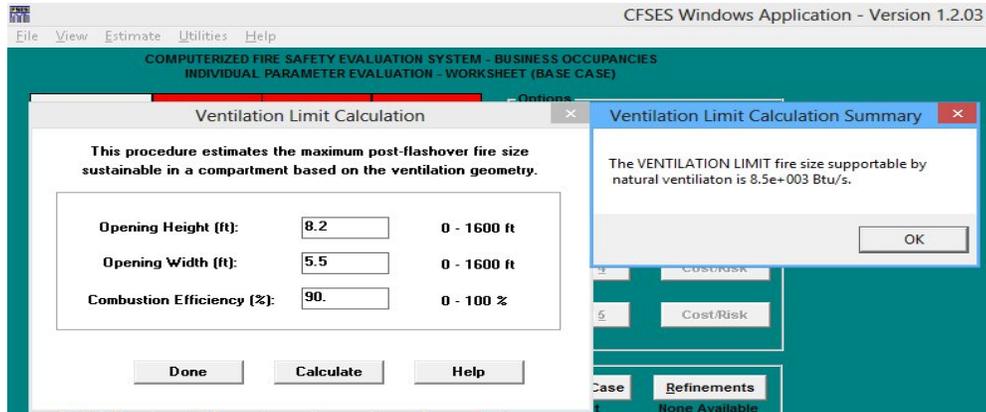
The screenshot shows the CFSES (Computerized Fire Safety Evaluation System) interface. The main window is titled 'COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES INDIVIDUAL PARAMETER EVALUATION - WORKSHEET (BASE CASE)'. A dialog box titled 'Thomas's Flashover Calculation' is open, containing the following text: 'This procedure estimates the amount of energy needed to cause flashover in a compartment. The calculation is based on Thomas's flashover correlation.' Below this text are input fields for: Length of Compartment (ft): 30.0 (range 0 - 1600 ft), Width of Compartment (ft): 6.6 (range 0 - 1600 ft), Height of Compartment (ft): 13.0 (range 0 - 1600 ft), Width of Opening (ft): 5.5 (range 0 - 1600 ft), and Height of Opening (ft): 8.2 (range 0 - 1600 ft). Buttons for 'Done', 'Calculate', and 'Help' are visible. Below the dialog box, a 'Flashover Calculation Summary' window is open, displaying the results: 'Flashover is expected to occur when the compartment heat release rate reaches 3.3e+003 Btu/s.', 'Door/opening heat loss: 2.4e+003 Btu/s.', and 'Wall heat loss: 9.e+002 Btu/s.'. An 'OK' button is at the bottom of the summary window.

Gambar 4.31 Thomas's Flashover Calculation

Hasil yang didapat dari perhitungan ini adalah flashover dapat terjadi bila heat release yang dihasilkan di dalam ruangan sudah mencapai 3300 Btu/s. Dengan kehilangan panas dari pintu/bukaan sekitar 2400 Btu/s dan dari dinding sebesar 900 Btu/s.

4.15.14 Ventilation Limit Calculation

Prosedur ini memperkirakan ukuran maksimum dari api pada tahap lanjut pada sebuah ruang dengan kompartemenisasi yang dengan mempertimbangkan ventilasinya.



Gambar 4.32 Ventilation Limit Calculation

Hasil perhitungan yang didapat adalah ukuran api minimal yang bisa terus menyala tanpa ada bukaan tambahan adalah sebesar 8500 Btu/s.

4.16 Gambar Temuan

Tabel 3.1 Gambar Temuan

 <p>Gambar 4.33</p>	<p>Ini adalah posisi pillar hydrant yang sangat tersembunyi karena tertutup pohon</p>
 <p>Gambar 4.34</p>	<p>Posisi Hidrant box indoor. Disetiap lantai posisinya sama.</p>
 <p>Gambar 4.35</p>	<p>Isi Hydrant box indoor, masih lengkap dan terawat. Peletakannya bersebelahan dengan APAR</p>

	<p>Keadaan ruang pompa. Terdiri atas jockey pump, fire pump, diesel pump.</p>
	<p>Keadaan pipa header di ruang pompa</p>
	<p>Kondisi katup</p>

	<p>Banyak barang tak terpakai di simpan di ruang pompa. Ada bok hydrant yang sengaja disimpan didalam dan pipa yang tidak terpakai.</p>
<p>Gambar 4.39</p>	
	<p>Kondisi panel pompa</p>
<p>Gambar 4.40</p>	
	<p>Kondisi pompa air bersih</p>
<p>Gambar 4.41</p>	

	Pressure gauge di suction.
	Pressure gauge di discharge.
	Vent di ruangan pompa.

Gambar 4.42

Gambar 4.43

Gambar 4.44

	Lubang ventilasi.
	Kondisi aki untuk diesel pump
	Posisi grounding diruang pompa

Gambar 4.45

Gambar 4.46

Gambar 4.47

	Exhaust dari pompa diesel
	Kolam penampungan air
	Panel jockey pump

Gambar 4.48

Gambar 4.49

Gambar 4.50



Gambar 4.51

Pintu ruang pompa dan ruang trafo.



Gambar 4.52

Ruang pompa, ruang trafo, dan genset terpisah dari gedung.



Gambar 4.53

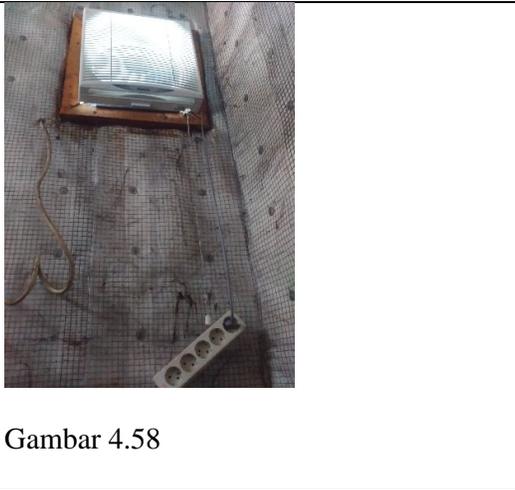
Ada jarak 3,5 meter dari gedung menuju ruang pompa.

 <p>Model No. C550D5E Serial No. G09S900873 Spec.</p> <p>IMPORTANT! Model & Serial No. Required When Ordering Parts.</p> <p>Power Generation</p> <p>Made In Singapore</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>YEAR OF MANUFACTURE</th> <th>2009</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>APPLICATION</td> <td>Prime Standby</td> </tr> <tr> <td>RATED POWER KW</td> <td>600 440</td> </tr> <tr> <td>RATED POWER KVA</td> <td>500 350</td> </tr> <tr> <td>RATED CURRENT (S-PP)</td> <td>760 630</td> </tr> <tr> <td>VOLTAGE</td> <td>230/208V</td> </tr> <tr> <td>FREQUENCY</td> <td>50Hz</td> </tr> <tr> <td>ROTATING SPEED</td> <td>1500 rpm</td> </tr> <tr> <td>BATTERY VOLTS</td> <td>28VDC</td> </tr> <tr> <td>CONTROL SYSTEM</td> <td>PG2.0</td> </tr> <tr> <td>SITE ALTITUDE BEFORE DEGRADE</td> <td>500 m/1640'</td> </tr> <tr> <td>SITE AMBI TEMP BEFORE DEGRADE</td> <td>40 °C</td> </tr> <tr> <td>GENSET MAX LOAD (KW)</td> <td>4100</td> </tr> </tbody> </table> <p>OPTIONS 1000 0574</p>	YEAR OF MANUFACTURE	2009	APPLICATION	Prime Standby	RATED POWER KW	600 440	RATED POWER KVA	500 350	RATED CURRENT (S-PP)	760 630	VOLTAGE	230/208V	FREQUENCY	50Hz	ROTATING SPEED	1500 rpm	BATTERY VOLTS	28VDC	CONTROL SYSTEM	PG2.0	SITE ALTITUDE BEFORE DEGRADE	500 m/1640'	SITE AMBI TEMP BEFORE DEGRADE	40 °C	GENSET MAX LOAD (KW)	4100	<p>Nameplate genset</p>
YEAR OF MANUFACTURE	2009																										
APPLICATION	Prime Standby																										
RATED POWER KW	600 440																										
RATED POWER KVA	500 350																										
RATED CURRENT (S-PP)	760 630																										
VOLTAGE	230/208V																										
FREQUENCY	50Hz																										
ROTATING SPEED	1500 rpm																										
BATTERY VOLTS	28VDC																										
CONTROL SYSTEM	PG2.0																										
SITE ALTITUDE BEFORE DEGRADE	500 m/1640'																										
SITE AMBI TEMP BEFORE DEGRADE	40 °C																										
GENSET MAX LOAD (KW)	4100																										
	<p>Kondisi genset</p>																										
	<p>Kondisi body grounding</p>																										

Gambar 4.54

Gambar 4.55

Gambar 4.56

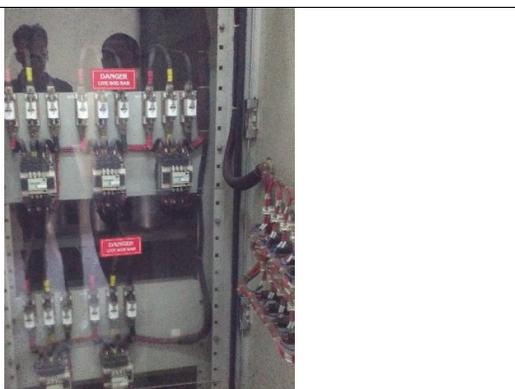
	<p>Mufler mengarah ke luar ruangan</p>
<p>Gambar 4.57</p>	
	<p>Ventilasi yang dipakai di ruang genset. Sambungan kabelnya sangat membahayakan.</p>
<p>Gambar 4.58</p>	
	<p>Kabel tray di ruang genset tersusun rapi.</p>
<p>Gambar 4.59</p>	

 A control panel for a generator set featuring six analog meters. The top row contains three ammeter (A) gauges labeled 'AMPERE BATTERY CHARGER', 'VOLTAGE BATTERY CHARGER', and 'VOLTAGE GENERATOR'. The bottom row contains three voltmeter (V) gauges. Below the meters are a digital hour meter and a selector switch.	Panel genset
 A control panel for a generator set with a digital display. The display shows '23.5' and '25.2'. Below the display are several control buttons and switches, including 'SPEED ADJUSTER', 'GENERATOR WIDE', 'EMERGENCY STOP', and 'FOR SERVICE'. There are also two pairs of indicator lights (green and red).	Panel genset
 A close-up view of the internal wiring of a generator set control panel. It shows a dense arrangement of red, blue, and yellow cables connected to various electrical components, including terminal blocks and a digital display unit.	Kabel di panel genset

Gambar 4.60

Gambar 4.61

Gambar 4.62

	<p>Ruang Trafo dan ruang capacitor bank</p>
	<p>Panel capacitor</p>
	<p>Kondisi kabel dalam capasitor</p>

Gambar 4.63

Gambar 4.64

Gambar 4.65

	<p>Kondisi vertical opening. Shaft ini berisi pipa air bersih, air untuk pemadam, dan air kotor. Tidak ada pelindung api di shaft.</p>
	<p>Kondisi vertical opening bagian shaft kabel telpon.</p>
	<p>Kondisi vertical opening bagian shaft kabel listrik</p>

Gambar 4.69

Gambar 4.70

Gambar 4.71

	Kondisi accu di ruang lift
	Sistem pendingin di ruang lift kondisinya berfungsi normal.
	Tali kawat terlihat dalam kondisi bagus.

Gambar 4.72

Gambar 4.73

Gambar 4.74

 <p data-bbox="350 701 509 735">Gambar 4.78</p>	<p data-bbox="883 285 1094 319">Pressure fan no.1</p>
 <p data-bbox="350 1190 509 1224">Gambar 4.79</p>	<p data-bbox="883 768 1094 802">Pressure fan no.2</p>
 <p data-bbox="350 1677 509 1711">Gambar 4.80</p>	<p data-bbox="883 1262 1312 1295">Ventilasi di jalur evakuasi lantai 10</p>

	Kondisi ventilasi di jalur evakuasi
Gambar 4.80	
	Terdapat ventilasi yang berhubungan langsung dengan udara luar.
Gambar 4.81	
	Kondisi ventilasi di ruangan evakuasi
Gambar 4.82	

	<p>Ada beberapa benda yang menghalangi jalan keluar.</p>
	<p>Keadaan tangga darurat.</p>
	<p>Pintu darurat sudah dilengkapi panic bar</p>

	Kondisi ruang MCFA yang terhalang.
Gambar 4.86	
	Panel MCFA
Gambar 4.87	
	Kondisi pemasangan detector dan springler
Gambar 4.88	

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

- Secara umum variable untuk penyebaran api (fire control) adalah 4, Jalur keluar (egress) adalah -4, dan keselamatan kebakaran secara umum adalah 2 masih jauh dibawah standar yang diwajibkan oleh NFPA 101A untuk klasifikasi gedung yaitu nilai penyebaran api adalah 10,5 , jalur penyelamatan (egress) adalah 5 dan keselamatan umum adalah 9.
- Pada safety parameter konstruksi gedung Pusat Studi dan Sertifikasi Guru UNJ masuk kedalam klasifikasi tipe I karena konstruksi gedung terdiri dari beton bertulang.
- Spesifikasi pompa baik secara data maupun secara riil tidak sesuai dengan standar NFPA 20 dan perlu dilakukan beberapa perbaikan.
- Ruang yang dianggap berbahaya yaitu ruangan genset, ruang trafo dan ruang capacitor bank sudah dipisahkan dari jalur keluar dan dilengkapi springkler sistem disekelilingnya. Namun tidak ditemukan kesesuaian dari pintu yang terpasang. Pintunya tidak memiliki sertifikat uji tahan api yang sesuai.
- Masih terdapat bukaan vertical yang terhubung lebih dari 5 lantai dan sangat perlu dilakukan improvement untuk meningkatkan kehandalan gedung dalam menghadapi kebakaran.

- Instalasi springklernya sudah mencakup seluruh ruangan yang ada kemudian menggunakan jenis standart. Namun belum pernah dilakukan pengujian sistem sama sekali.
- Fire alarm system sudah menggunakan semiaddressable dan dibantu paging sistem namun sama halnya dengan sistem springkler, belum pernah dilakukan pengujian sistem.
- Penempatan smoke detector banyak yang salah penempatan
- Interior finish dijalur keluar dan ruangan yang terdapat di gedung memiliki flame spread rating antara 15 dan 200 Btu/s
- Sistem pengendalian asap hanya dilengkapi oleh pressure fan.
- Tidak terdapat jalan buntu di gedung. Setiap lantai memiliki petunjuk arah keluar. Namun kesesuaian pintu tahan api tidak ditemukan di gedung.
- Terdapat dua jalur evakuasi di gedung yang dilengkapi dengan pressure fan.
- Pemisah ruangan memakai material gypsum. Koridor sudah dilengkapi dengan heat detector dan springkler.
- Pelatihan tanggap darurat tidak pernah dilakukan. Bahkan tidak memiliki sistem management penyelamatan darurat.

5.2. Saran

- Pengelola harus segera melakukan pengujian kepada pintu darurat yang ada. Sebab masalah utama disana adalah tidak ditemukan

sertifikat uji ketahanan api di pintu darurat. Padahal secara drawing plan pintunya sudah di rancang untuk tahan api.

- Menyesuaikan pompa pemadam dengan standar berdasarkan NFPA 20, dan melakukan tes untuk pompa pemadam.
- Melakukan pemasangan fire stop material untuk shaft kabel yang terhubung lebih dari 5 lantai, sehingga bila terjadi kebakaran bisa menghambat perambatan api dan asap ke lantai lainnya.
- Melakukan pengujian secara menyeluruh untuk sistem alarm dan sistem springklernya. Sebab semua sistem sudah terpasang namun tidak pernah terpakai dan tidak pernah diuji juga.
- Melengkapi perlengkapan untuk akses keluar, yaitu lampu darurat dan petunjuk arah dibuat bercahaya dalam gelap, lalu peta jalur evakuasi dibuat dan di tempel di setiap lantainya. Menyediakan jalur khusus untuk mobil pemadam kebakaran masuk ke parkiran gedung.
- Membuat emergency team dan melakukan pelatihan kepada emergency teamnya. Kemudian juga membuat emergency response plan (ERP) agar jelas fungsi dan tanggung jawab dari seluruh anggota emergency team.
- Melakukan evaluasi keamanan dan keselamatan gedung terhadap bahaya kebakaran di seluruh gedung bertingkat yang ada di UNJ.

DAFTAR PUSTAKA

- Aker, Jenna M., (2008). *The basics of passive fire protection*
- American Wood Council (2010). *Flame spread performance of wood products*
- Code of Maryland Administrative Regulations (COMAR). (Juni 2011). *International Building Code 2012*.
- Du, Y., & Li, G. (2012). A new temperature-time curve for fire-resistance analysis of structures. *Fire Safety Journal*, 54, 113–120. Diperoleh dari: <http://www.sciencedirect.com>
- Furness, A., & Muckett, M (2007). *Introduction to fire safety management*. Burlington, MA: Elsevier Ltd.
- Hall, J.R., Jr. (Desember, 2011). U.S. *High-rise building fires fact sheet*. 23 Januari 2013. <http://www.nfpa.org>
- Hughes Associates, Inc., (2000). *Computerized fire safety evaluation system for Business Occupancies Software*. Baltimore, MD: Commerce Drive.
- Klote, J.H., & Nelson, H.E. (1997). *Smoke movement in buildings*.
- Mostafei, H., (2013). Hybrid fire testing for assessing performance of sruktures in fire-Application. *Fire Safety Journal*, 56, 30-38. Diperoleh dari: <http://www.sciencedirect.com>
- NFPA. (2010). *NFPA 101: Life safety code®*.
- NFPA. (2010). *NFPA 5000: Building construction and safety code®*.
- NFPA. (2013). *NFPA 101A: Guide on alternative approaches to life safety*.
- NFPA. (2006). *NFPA 654: Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids*
- NFPA. (2006). *NFPA 220: Standard on Types of Building Construction*
- NFPA. (2006). *NFPA 92A: Standard for Smoke-Control Systems Utilizing Barriers and Pressure Differences*
- NFPA. (2002). *NFPA 90A: Standard for the Installation of Air-Conditioning and Ventilating Systems*

- NFPA. (2007). *NFPA 80: Standard for Fire Doors and Other Opening Protectives*
- NFPA. (2005). *NFPA 55: Standard for the Storage, Use, and Handling of Compressed Gases and Cryogenic Fluids in Portable and Stationary Containers, Cylinders, and Tanks*
- NFPA. (2008). *NFPA 30: Flammable and Combustible Liquids Code*
- NFPA. (2013). *NFPA 20: Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection*
- NFPA. (2007). *NFPA 14: Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems*
- NFPA. (2007). *NFPA 13 Standard for the Installation of Sprinkler Systems*
- Ramli, S., (2010). *Manajemen kebakaran*. Jakarta, Indonesia: Dian Rakyat.
- The Fire Protection Research Foundation. (2012). *Fire flow water consumption in sprinklered and unsprinklered buildings: An assessment of community impacts*. Quincy, MA: One Batterymarch Park.
- Walla Walla Country Fire District 4(n.d) *Building_Construction*. Mei 19, 2013. Diperoleh dari: <http://www.wwfire4.com/>
- Yao, W., Huang, H., Shen, S., Qiao, L., Wang, W., & Zhang, H. (2013). Fire risk mapping based assesment method applied in performance based design. *Fire Safety Journal*, 56, 81-89. Diperoleh dari: <http://www.sciencedirect.com>

Lampiran 2 Bridging table hydrant & pump room

NO	DESCRIPTION	MAXIMUM SCORE	JUDGEMENT	REMARKS
1	Pump suction			
	- Positive		-	NFPA 20 -2013
	- Negative	10	0	
	- Priming Tank	10	5	
2	Piping System			4.7
	- Header	10	10	NFPA 20 (4.26)
	- Suction	10	5	Yang terpasang ukuran 4 , standar 6
	- Discharge	10	10	Terpasang 6
	- Flexible Coupling	10	5	Yang terpasang rubber, harusnya aluminium
	- Strainer	10	10	Negative harus ada
	- Safety Valve	10	10	
	- Flow Meter	10	0	Tidak ada
	- PRV System Sprinkler	10	10	
	- Hydrant Box Acc.	10	0	
3	Pressure Tank			
	- Conventional	10	10	
	- Membrane	n/a		
4	Pump Starting			NFPA 850
	- Manual	10	10	
	- Automatic	10	10	
	- DOL	n/a	n/a	
	- Y/D	10	10	
5	Pump Technical Data			
	- Capacity	10	10	NFPA 14/22/20
	- Total Head	10	10	
	- Power Cosumption	10	10	
	- Efficiency	10	8	
	- UL/FM Standard	10	0	
	- Mechanical / Gland Seal	10	0	
	- End Suction	10	10	

	- Vertical Turbine	n/a	n/a	
	- Diesel Hydrant	10	0	
	- Electric Hydrant	10	0	
	- Diesel / Electric Hydrant	10	0	
	- Jockey Pump	10	5	
6	Electrical System			NFPA 70/70E
	- Control Panel UL/FM	10	0	
	- Cable Sizing	10	10	
	- FRC Cable	10	10	
	- Conventional Cable	10	10	
	- Cable Feeder Source	10	10	
7	Pump Room			
	- Open / Close	10	10	NFPA 220
	- Ventilation	10	5	NFPA 90/90A
	- Steel Door	10	2	NFPA 80
	- Muffler	10	10	
	- Level Indicator	10	0	
	- Maintenance	10	10	
	- Fire Compartment	10	10	
8	Hydrant			
	Indoor	10	10	
	outdoor	10	0	
9	Maintenance			
	- Pump performance test	10	0	NFPA 20
	- Flow test	10	0	
	- Adequacy test	10	0	
	- Hydraulic test	10	0	
	TOTAL	450	255	56%

Lampiran 3 Bridging table ruang panel listrik

NO	DESCRIPTION	MAXIMUM SCORE	JUDGEMENT	REMARKS
1	MV Cubicle			
	- Load Capacity	10	10	NFPA 70/70E
	- Cubicle Type	10	10	
	- LA Completed	10	10	
	- Body Grounding	10	10	
	- Response Sensitivity	10	5	
2	Cabling			
	- Cable Sizing	10	10	NFPA 70/70E
	- Cable Coloring	10	10	
3	LVMDB			
	- Standard	10	10	
	- LV Cable	10	10	
	- Measurement Instrument	10	5	
	- Panel Cell system	10	5	
	- Maintenance Spacing	10	2	
	- Drawable	10	5	
	- Fire Extinguish System	10	8	
4	Panel Room			
	- Ventilation / AC	10	10	NFPA 90/90A
	- Wall	10	10	NFPA 220
	- Door	10	10	NFPA 80
	- Grounding	10	10	NFPA 780
	- Fire Alarm System	10	10	NFPA 72
	- Surveillance System	10	0	
	- Open / Close room	10	0	
	- Cables Structure	10	10	NFPA 70/70E
	- Cable Tray & ladder	10	10	NFPA 70/70E
	- Fire Compartment	10	10	NFPA 220
5	Maintenance			
	- Thermograph	10	0	
	- Measurement	10	10	

	- Cleaning	10	10	
	TOTAL	270	210	77%

Lampiran 4 Bridging table trafo room

NO	DESCRIPTION	MAXIMUM SCORE	JUDGEMENT	REMARKS
1	Transformer			
	- Load Capacity	10	10	NFPA 70/70E 1000 KVA dengan kebutuhan total 825 KVA
	- DGPT-2/RIS	10	10	
	- Body Grounding	10	10	
	- Neutral Grounding	10	10	
2	Cabling			
	- Cable Sizing	10	10	
	- Cable Coloring	10	10	
3	Cable Type			
	- MV Cable	10	10	
	- LV Cable	10	10	
4	Transformer Room			
	- Ventilation	10	7	NFPA 90/90A
	- Wall	10	5	NFPA 220
	- Door	10	8	NFPA 80
	- Grounding	10	10	NFPA 782
	- Fire Alarm System	10	7	NFPA 72
	- Surveillance System	10	0	
	- Open / Close room	10	5	
	- Cables Structure	10	8	NFPA 70/70E
	- Cable Tray & ladder	10	10	
5	Maintenance			
	- DGA Test	10	10	NFPA 850
	- Oil Purification	10	5	
	TOTAL	190	145	76%

Lampiran 5 Bridging table capacitor bank room

NO	DESCRIPTION	MAXIMUM SCORE	JUDGEMENT	REMARKS
1	Capacitor Bank			
	- Load Capacity	10	9	NFPA 70/70E
	- Capacitor Unit Type	10	10	bank
	- Capacitor Selection	10	9	
	- Capacitor Layout	10	0	
	- Body Grounding	10	10	NFPA 782
	- Inductive / Capacitive	10	8	
2	Cabling			
	- Cable Sizing	10	10	NFPA 70/70E
	- Cable Coloring	10	10	
3	Panel			
	- Standard	10	10	NFPA 70/70E
	- LV Cable	10	10	
	- Measurement Instrument	10	10	
	- Panel Cell system	10	10	
	- Maintenance Spacing	10	10	
	- Drawable	10	0	
	- Fire Extinguish System	10	10	
4	Panel Room			
	- Ventilation / AC	10	10	NFPA 90/90A
	- Wall	10	5	NFPA 220
	- Door	10	5	Pintu tidak sesuai
	- Grounding	10	10	NFPA 780
	- Fire Alarm System	10	0	NFPA 72
	- Surveillance System	10	N/A	
	- Open / Close room	10	5	
	- Cables Structure	10	10	NFPA 70/70E
	- Cable Tray & ladder	10	10	
	- Fire Compartment	10	5	NFPA 220

5	Maintenance			
	- Thermograph	10	10	
	- Measurement	10	8	
	- Cleaning	10	10	Rutin per minggu
	TOTAL	280	214	77%

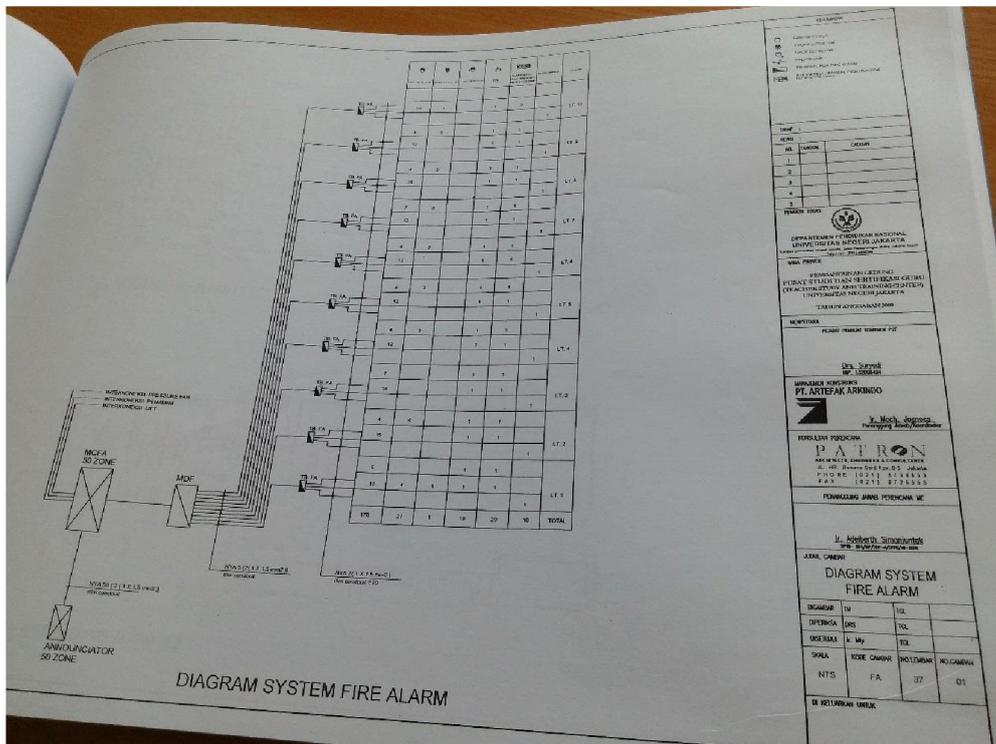
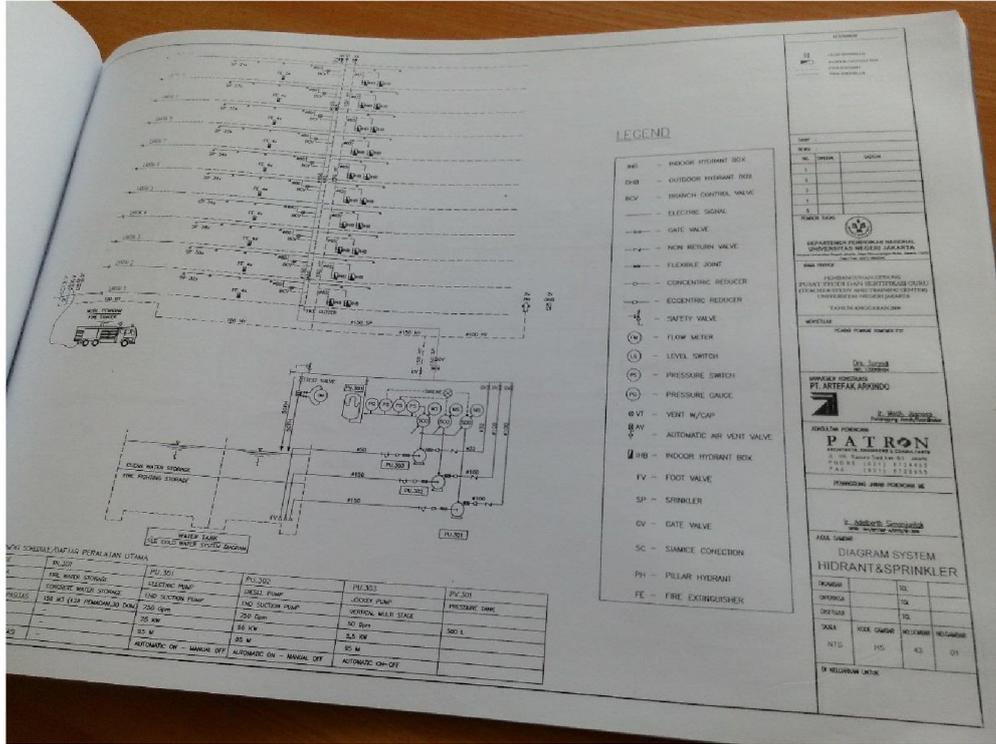
Lampiran 6 Bridging table generator room

NO	DESCRIPTION	MAXIMUM SCORE	JUDGEMENT	REMARKS
1	Genset			
	- Load Capacity	10	10	NFPA 70/70E
	- Protection	10	10	
	- Body Grounding	10	10	
	- Neutral Grounding	10	10	
	- Muffler	10	10	
	- Automatic Start	10	10	
	- Battery System	10	10	
2	Cabling			
	- Cable Sizing	10	10	NFPA T0/70E
	- Cable Coloring	10	10	
3	Cable Type	10		
	- MV Cable	10	10	
	- LV Cable	10	10	
4	Transformer Room			
	- Ventilation	10	10	NFPA 90/90A
	- Wall	10	5	NFPA 220
	- Door	10	8	NFPA 80
	- Grounding	10	10	NFPA 780
	- Fire Alarm System	10	5	NFPA 72
	- Surveillance System	10	0	
	- Open / Close room	10	5	
	- Fire Compartment	10	10	NFPA 220
	- Gas Detector	10	0	NFPA 72
5	Maintenance			
	- Overhaul	10	10	
	- Regular oil treatment	10	5	
	- Regular spare part	10	10	
	- Cleaning	10	10	
	TOTAL	250	198	79%

Lampiran 7 Bridging table control elevator room

NO	DESCRIPTION	MAXIMUM SCORE	JUDGEMENT	REMARKS
1	Passenger Elevator			
	- Load Capacity	10	10	NFPA 70/70E
	- Protection / ERD	10	10	
	- Body Grounding	10	10	
	- Neutral Grounding	10	10	
	- Fire Response	10	0	
	- Automatic Start	10	10	
	- Battery System	10	10	
2	Cabling			
	- Cable Sizing	10	10	NFPA 70/70E
	- Cable Coloring	10	10	
	- LV Cable	10	10	
3	Elevator r Room			
	- Ventilation / AC	10	10	NFPA 90/90A
	- Wall	10	5	NFPA 220
	- Door	10	5	NFPA 80
	- Grounding	10	10	NFPA 782
	- Fire Alarm System	10	0	NFPA 72
	- Surveillance System	10	0	
	- Fire Compartment	10	5	NFPA 220
	- Basement / Roof Top room	10	10	
4	Maintenance			
	- Thermograph	10	5	
	- Measurement	10	10	
	- Cleaning	10	10	
	TOTAL	210	160	80%

Lampiran 8 Gambar fire fighting instalation and schematic



Lampiran 9 Bridging table control alarm room

NO	DESCRIPTION	MAXIMUM SCORE	JUDGEMENT	REMARKS
1	MCFA			
	- Load Capacity	10	10	NFPA - 72
	- Conventional	N/A	N/A	
	- Semi Addressable	10	5	
	- Full Addressable	N/A	N/A	
	- Detector Selection	10	10	
	- Anunciator	10	2	Anonciator harus berbeda ruang dengan ruang MCFA
	- Battery System	10	10	
2	Cabling			NFPA 70/70E
	- Cable Identification	10	0	
	- Cable Coloring	10	0	
3	Integration			
	- Ventilation / AC	10	2	NFPA- 90 / 90A
	- Wall	10	5	
	- Door	10	5	
	- Grounding	10	10	
	- Paging System	10	10	
	- Surveillance System	10	0	
	- External System	10	0	Petugas tidak selalu berada di ruang MCFA
	- Fire Compartment	10	2	NFPA 220
	- Basement / Roof Top room	10	10	
4	Maintenance	10	10	
	TOTAL	170	91	53%

Lampiran 10 Bridging table AC room

NO	DESCRIPTION	MAXIMUM SCORE	JUDGEMENT	REMARKS
1	AC/ Ventilation System			
	- Chiller & FCU	N/A	N/A	NFPA 90/90A
	- Single Split	100	30	
	- Cooling Load Capacity	100	50	
	- VAV Box	N/A	N/A	
	- Inverter System	100	50	
	- Body Grounding	100	20	NFPA 782
2	Fire Response			
	- Ducting Material	N/A	N/A	NFPA 90/90A
	- Ducting Insulation Material	N/A	N/A	
	- Diffuser/ Grille System	N/A	N/A	
	- Manual Fire Damper	N/A	N/A	
	- Motorize Fire Damper	N/A	N/A	
	- Volume Damper	N/A	N/A	
	- Filter	N/A	N/A	
	- Grease Trap in Kitchen	N/A	N/A	
	- Internal Ducting Fire Detection	N/A	N/A	
3	Cabling			
	- Cable Sizing	100	90	NFPA 70/70E
	- Cable Coloring	100	100	
4	AC/ Ventilation Room			
	- Ventilation / AC	100	0	NFPA 90/90E
	- Wall	100	0	
	- Door	100	0	
	- Grounding	100	30	
	- Fire Alarm System	100	10	
	- Surveillance System	N/A	N/A	

	- Fire Compartment	100	0	
	- Basement / Roof Top room	100	70	
5	Maintenance			
	- Refferigerant	100	100	
	- Cleaning	100	50	
	TOTAL	1500	600	40%

Daftar Riwayat Hidup



Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 19 Oktober 1990 dari ayah bernama Kokok Prihantoro dan ibu bernama Rohmah. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN Jatinegara Kaum 01 Pagi pada tahun 1996 dan tamat pada tahun 2002. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 92 Jakarta dan tamat pada tahun 2005. Penulis melanjutkan pendidikannya di SMKN 26 Jakarta Jurusan Otomotif dan tamat pada tahun 2009. Selama sekolah di SMKN 26 Jakarta, penulis pernah magang di PT Toyota Astra Motor, Sunter sebagai mekanik. Kemudian penulis bekerja di PT Hiba Utama dari juni 2009 s/d Maret 2014. Kemudian sambil bekerja penulis melanjutkan pendidikannya di Universitas Negeri Jakarta pada tahun 2010. Semasa kuliah penulis melakukan PKL (Praktek Kerja Lapangan) di Suku Dinas Pemadam Kebakaran dan Penyelamatan pada september 2014 dan melakukan PKM (Praktek Kegiatan Mengajar) di SMKN 53 Jakarta pada september 2015. Selama berkuliah di Universitas Negeri Jakarta penulis aktif di berbagai organisasi. Yaitu BEM Jurusan Teknik Mesin 2011 dan 2012 sebagai staff kominfo. Kemudian BEM Fakultas Teknik 2013 sebagai staff kominfo. Dan terakhir di BEM UNJ 2014 dimana penulis terakhir menjabat sebagai kepala divisi kaderisasi.