

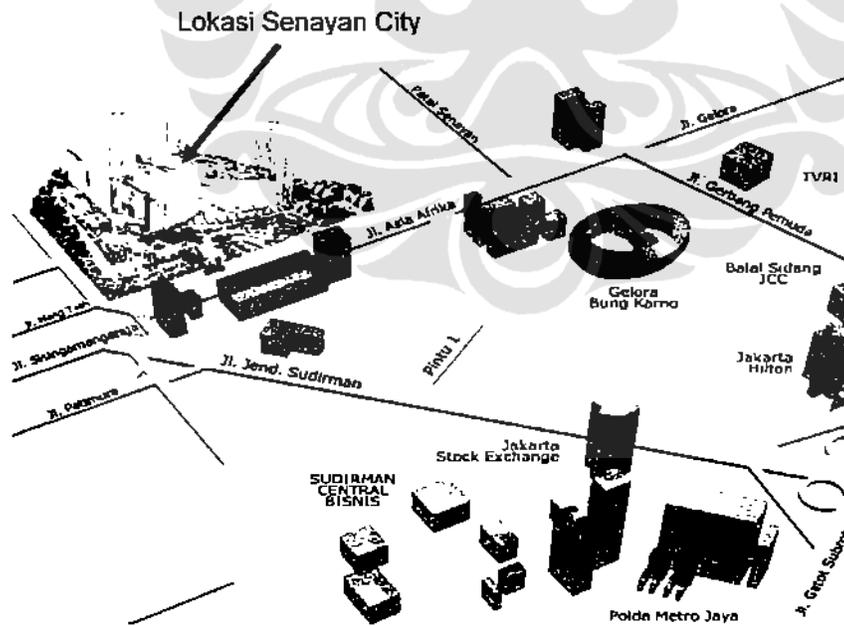
## BAB I V : KEAMANAN BANGUNAN DAN RISIKO PENGHUNI TERHADAP BAHAYA KEBAKARAN

### 4.1. DATA OBYEK PENELITIAN

Senayan City selain pusat perbelanjaan lengkap juga menawarkan kenyamanan bekerja di gedung perkantoran, dilengkapi apartemen serta hotel bintang lima. Senayan City digunakan oleh tiga retailer terkemuka di dunia. Pengelola pusat perbelanjaan ini adalah PT. Agung Podomoro Group yang berkompeten mengelola Mall di Jakarta.

Menurut Dechiara (1980) Senayan city dapat digolongkan ke dalam tipologi Renewal Project (*Downtown*), yaitu merupakan bangunan pusat perbelanjaan menggabungkan fasilitas belanja (*department store*, pertokoan, restoran) dengan fasilitas komersial lainnya seperti hotel, kantor (Menara SCTV), bioskop (XXI) dan parkir/garasi.

Senayan City berada dikawasan komersial Senayan Jakarta Selatan , tepatnya seperti pada peta dibawah ini:



Gambar 4.1. Lokasi SenayanCity

Tabel 4.1. Data fisik dan non fisik Senayan City

NO	KRITERIA DATA	DATA LAPANGAN	KETERANGAN
1	<b>DATA FISIK</b> Luas lantai tipikal Jumlah lantai komersial - Lower ground - Ground floor - 1 st - 2 nd - 3 rd - 4 th - 5 th Jenis struktur Bahan bangunan yang digunakan: • Atap • Dinding • Kosen pintu/jendela • Lantai Bahan interior • Plafond • Dinding penyekat ruang • Pelapis lantai • Pelapis dinding	48000 m <sup>2</sup> 7 Lantai 19636 m <sup>2</sup> 13686 m <sup>2</sup> 14110 m <sup>2</sup> 14419 m <sup>2</sup> 14831 m <sup>2</sup> 14884 m <sup>2</sup> 11829 m <sup>2</sup> Beton bertulang Dek beton Beton, Celkon, dinding precast Alumunium Beton Gypsum Gypsum Karpet, parket, vinil Wall paper	
	<b>Sistem proteksi Aktif</b> Detektor dan alarm Sprinkler Hidran APAR Sistem daya darurat Pompa dan sumber air Pengendalian asap kebakaran Pencahayaan Darurat & tanda exit Pusat pengendali kebakaran	- Detektor asap ionisasi diseluruh ruang - Sistem Preaction dengan kepala sprinkler menghadap kebawah - 4 Bh di basement, 4 bh di lantai tipikal - 1bh disetiap retail/toko dan selasar - PLN dan generator - Pompa utama, pompa diesel & Jockey Sumber air yang utama air tanah - Terdapat ventilasi untuk udara pengganti - Tanda exit disetiap jalur keluar tiap lantai - Berada di ruang basement pada ruang pengendali CCTV	
	<b>Sistem Proteksi Pasif</b> Ketahanan api dan Stabilitas Kompartmentisasi dan pemisahan Komponen penunjang	-Termasuk klas A -Dinding tahan api, pemisah lift, peralatan & perlindungan pada bukaan pada bukaan pintu kebakaran -Memiliki penyetop api di setiap penembusan dan pemipaan	
	<b>Sarana evakuasi</b> Pintu kebakaran Tangga kebakaran Daerah pengungsian sementara Exit route Alat bantu evakuasi	6 bh/lt, lebar 1m, bahan baja 6 unit/lt, bahan beton Ada tetapi tanpa pintu 6 bh Tidak ada	- ada 1 bh pintu kebakaran yang terkunci - 1 akses di gunakan oleh karyawan
	<b>Fire Safety Manajemen</b> Latihan kebakaran Pelatihan personil Prosedure operation standart	Belum ada 1 x/th Tidak ada	Fire safety Manajemen untuk seluruh fungsi gedung menjadi satu kesatuan yang ditangani pihak pengelola
	<b>Kegiatan atau fungsi komersial dan pendukung</b> Lantai Lowerground floor Lantai Ground floor Lantai 1 st Lantai 2 nd	-Café, Perhiasan dan artoji, Departem store, jasa -Exibition hall , café, Fashion -Sepatu & tas, Perhiasan, fashion, optik -Perhiasan & artoji, busana, sepatu & tas, beauty,	

	Lantai 3 rd Lantai 4 Lantai 5	-Perhiasan & arloji, busana, sepatu & tas, beauty, sport, café -Kids Station, café, elektronik, buku -busana, sepatu & tas, beauty, sport, café, food court, cinema, fitness center	
<b>2</b>	<b>DATA NON FISIK</b> Tahun pembangunan Tahun Operasional Pemilik Alamat	2003 2007 PT. Manggala Gelora Perkasa Jl. Asia Afrika, Jakarta Pusat	

Sumber : Dokumen perancangan dan pengamatan lapangan: 2008

Denah bangunan dan Data mengenai pemanfaatan retail/ruang penjualan terlampir .

## 4.2. ANALISIS NILAI KEAMANAN BANGUNAN

### 4.2.1. Analisis Nilai Keandalan Bangunan Berdasarkan Standar NFPA (101)

Penilaian keandalan bangunan dengan menggunakan metode evaluasi dari NFPA 101 *life safety code (evaluation for business occupancy)* dilakukan dengan beberapa langkah penilaian seperti yang dijelaskan pada bab III sebelumnya. Selanjutnya keterangan untuk setiap parameter penilaian dapat dilihat setelah tabel penilaian.

#### 4.2.1.1 Penilaian Parameter Keamanan Individual

Penilaian parameter keamanan individual pada pusat perbelanjaan Senayan City dipengaruhi oleh tiga faktor penilaian yaitu: kontrol api, egress yang tersedia dan fire safety secara keseluruhan. Nilai dari ketiga faktor penilaian tersebut akan menentukan tingkat keamanan bangunan terhadap kebakaran.

Tabel 4.2. Penilaian parameter keamanan individual Senayan City

Parameter Keamanan	Kontrol api yang tersedia (S1)	Egress yang tersedia (S2)	Firesafety umum, Yang tersedia (S3)
1. Konstruksi	2		2
2. Pemisahan daerah bahaya	-7	-7	-7
3. Bukaan Vertikal	0	0	0
4. Sprinkler	10	5	10
5. Peralatan pemadam api manual	2		2
6. Sistem alarm kebakaran manual	0,5	1	1
7. Deteksi asap dan alarm	2,5	5	5
8. Penyelesaian/ pelapis interior	0,5		1
9. Kontrol asap		1,5	3
10. Akses keluar		1	1
11. Sistem keluar		5	5
12. Pemisahan koridor	0,5	0,5	1
13. Persiapan keadaan darurat		1	1
Nilai Total	S1 = 11	S2 = 10,5	S3 = 16

### 1. Konstruksi

Parameter konstruksi memiliki nilai (2) yang menunjukkan bahwa konstruksi pada Senayan City memiliki nilai keandalan baik terhadap bahaya kebakaran. Hal ini dikarenakan konstruksi yang dipergunakan pada bangunan ini memiliki *fire resistance* selama 2 jam. Kondisi lebih baik dari standar minimal dari sebuah pusat perbelanjaan maksimal 4 lantai, sehingga waktu yang dimiliki penghuni untuk menyelamatkan diri sebelum bangunan runtuh, Sehingga kemungkinan penghuni selamat keluar dari bangunan tersebut lebih besar.

### 2. Daerah berbahaya

Nilai keamanan dari daerah berbahaya pada bangunan ini adalah (-7). Penilaian ini berdasarkan kondisi daerah bahaya yang ada pada bangunan yaitu adanya barang-barang yang mudah terbakar berada dalam suatu lokasi tertentu Penempatan fungsi dan jenis kegiatan pada setiap lantai yang tidak dipisahkan berdasarkan jenis dan besarnya beban api yang akan ditimbulkan, sehingga dapat memicu terjadinya kebakaran dan berkembangnya sumber api ke fungsi/jenis kegiatan lain dalam bangunan tersebut. Penempatan fasilitas bioskop, restoran, *coffe bar*, *food court* dalam satu lantai dengan toko busana yang mempunyai potensi tinggi untuk munculnya sumber api mempengaruhi keandalan bangunan dari bahaya kebakaran.

### 3. Bukaannya Vertikal

Parameter bukaan vertikal terbagi dalam sub parameter yaitu fasade bukaan vertikal dan bukaan atap. Pada Bangunan Senayan City, fasade bukaan vertikal memiliki nilai keandalan kurang baik. Hal ini disebabkan fasade yang ada terbuka mencapai 75%, sehingga semakin besar bukaan maka asap/gas yang terjadi semakin sulit untuk dikendalikan. Kondisi ini tentunya sangat berbahaya bagi evakuasi penghuninya didalamnya.

Sedangkan untuk parameter bukaan atap juga memiliki nilai keandalan kurang baik (0) sebagai nilai terendah dari parameter keamanan bangunan yang ada, ini disebabkan bangunan tidak memiliki bukaan atap. Seluruh permukaan bangunan tertutup dengan menggunakan dek beton, sehingga akan menyulitkan sirkulasi asap keluar dari bangunan pada saat terjadi kebakaran, aliran asap yang menuju ke atas akan terkurung dan memenuhi seluruh ruangan. Hal ini akan mengganggu kemampuan penghuni saat evakuasi karena asap mengganggu penglihatan serta akan menyebabkan jatuhnya korban jiwa yang lebih tinggi karena keracunan asap.

#### 4. Sprinkler

Pada parameter sprinkler penilaian diberikan angka (10), hal ini dikarenakan pemasangan sprinkler sesuai dengan standar yang terdapat di seluruh bangunan, baik di koridor, lobby, maupun dalam ruang *counter* dan *dept.store* sebagai penyewa. Pemakaian sprinkler di setiap lantai termasuk *basement* yang keseluruhan rangkaian masih dapat berfungsi dengan baik untuk memancarkan air pada saat terjadinya kebakaran dalam ruang. Kinerja sprinkler dipengaruhi oleh bekerjanya sistem detektor dan alarm dalam bangunan yang memberikan sinyal bunyi ke seluruh ruangan.

#### 5. Pemakaian pemadaman api secara manual

Pada parameter pemakaian pemadaman api secara manual, nilai keandalan yang didapat adalah (2). Nilai ini diberikan karena kondisi peralatan pemadaman yang terdiri dari APAR dan hidran memenuhi standar yang ada dan masih berfungsi dengan kelengkapan daftar periksa pada tabung, namun tidak semua penghuni dapat memanfaatkan peralatan pemadaman tersebut disebabkan oleh perbedaan kemampuan fisik maupun mental bagi para pengunjung. Tingkat kemampuan untuk memanfaatkan APAR hanya dimiliki oleh beberapa staff/karyawan yang terlatih. pada setiap *counter* penjualan atau pada swalayan dan *department store* yang ada di dalam bangunan.

#### 6. Alarm Kebakaran secara Manual

Sistem alarm kebakaran secara manual ditempatkan diseluruh bangunan disetiap lantai. Sistem alarm kebakaran masih berfungsi untuk memberikan sinyal bunyi ke ruang operator yang langsung dihubungkan dengan Dinas kebakaran terdekat, sehingga diberikan nilai (1).

#### 7. Detektor Asap dan Alarm

Pada parameter detektor asap dan alarm penilaian diberikan nilai (5). Penilaian ini didasarkan atas pemasangan detektor asap di seluruh bangunan. Penempatan didasarkan pada daerah rawan kebakaran yang menyebabkan adanya sinyal bunyi pada seluruh ruangan. Disamping itu berfungsinya detektor asap dan alarm kebakaran pada bangunan akan mempengaruhi kinerja sistem sprinkler yang terpasang pada bangunan.

## 8. Penyelesaian/Pelapis Interior

Pada parameter penyelesaian interior diberikan nilai (1) dengan pertimbangan bahwa penggunaan celkon pada dinding bangunan Senayan city memiliki tingkat penyebaran api 0. Selanjutnya dinding yang dipleser kemudian di cat maka akan menambah tingkat ketahanan api pada dinding bangunan secara keseluruhan.

## 9. Kontrol Asap

Pada bangunan ini, pengontrol asap secara pasif hanya pada ventilasi udara yang jumlahnya terbatas. Fasade atap yang tertutup kecuali pada atrium, akan menyebabkan asap pada peristiwa kebakaran akan naik ke atas dan terperangkap sehingga memenuhi seluruh ruangan dan mengganggu proses evakuasi. Nilai keandalan diberikan pada penggunaan sistem proteksi pasif berupa ventilasi udara pada ruang atrium, sehingga penilaian diberikan nilai (3).

## 10. Akses Keluar

Akses keluar diberikan nilai keandalan (1), hal ini karena bangunan secara keseluruhan tidak memiliki jalan buntu dengan jarak pencapaian untuk evakuasi penghuni ke daerah aman mencapai jarak 50-100meter.

## 11. Sistem Keluar

Sebagai bangunan publik, pusat perbelanjaan Senayan City memiliki sistem keluar dengan eksit langsung, dimana penghuni memiliki beberapa pilihan terbaik untuk keluar dari bangunan saat terjadi kebakaran. Nilai keandalan bangunan parameter sistem keluar adalah (5).

## 12. Pemisahan koridor

Kondisi koridor pada bangunan ini adalah berupa jalur yang memiliki partisi secara menerus dari lantai ke langit-langit. Koridor maupun selasar dibatasi dengan sekat dinding yang terbuat dari kaca ataupun dengan kolom bangunan yang dipergunakan sebagai batas setiap area penjualan/toko. Selain itu pada beberapa koridor terdapat dinding tahan api. Kondisi ini didapat karena umumnya pusat perbelanjaan merupakan ruang yang terbuka untuk mendapatkan fleksibilitas ruang. Nilai yang diberikan yaitu (1).

### 13. Persiapan Keadaan Darurat

Pada parameter persiapan keadaan darurat diberikan nilai (1). Hal ini didasarkan pada kelengkapan prosedur operasi standar yang ada pada bangunan, persiapan keadaan darurat hanya dilakukan pada staff dari setiap counter maupun penyewa dalam bangunan termasuk staff/karyawan, itupun tidak semua staf dalam satu *counter* mengikuti sehingga akan mempengaruhi kemampuan evakuasi pada saat terjadi kebakaran dalam bangunan. Persiapan keadaan darurat para pengunjung belum dilakukan sehingga apabila terjadi kebakaran pengunjung melakukan tindakan sesuai kemampuan mereka masing-masing dan menunggu instruksi dari karyawan yang telah ditugaskan untuk membantu proses pergerakan orang pada saat evakuasi. Apabila terjadi kebakaran pada pusat perbelanjaan akan dilaporkan ke Dinas Kebakaran melalui stasiun/ruang pengendali kebakaran yang mempunyai akses langsung dengan Dinas Kebakaran setempat.

#### 4.2.1.2 Ekuivalensi Penilaian

Setelah didapatkan nilai tingkat keamanan individual, maka dilakukan ekuivalensi dengan mengurangi nilai keamanan yang didapatkan pada Tabel 4. 3 dengan nilai keamanan yang disyaratkan untuk tiap parameter penilaian. Dari hasil ekuivalensi penilaian didapat nilai tingkat keamanan bangunan terhadap kebakaran secara keseluruhan, dimana nilai 0 (nol) atau lebih besar menunjukkan bahwa bangunan yang dievaluasi memenuhi persyaratan keselamatan jiwa terhadap kebakaran (aman) sedangkan nilai negatif menunjukkan bahwa bangunan yang dievaluasi tidak memenuhi persyaratan keselamatan jiwa terhadap kebakaran (tidak aman).

Tabel 4. 3. Ekuivalen penilaian Senayan City

						Ya	Tidak
Tersedia Kontrol	(S1)	Minus	Kontrol yang dibutuhkan	(Sa)	$\geq 0$	$\begin{array}{r} S1 \\ 11 \end{array} - \begin{array}{r} Sa \\ 11 \end{array} = \begin{array}{r} \\ 0 \end{array}$	√
Tersedia Egres	(S2)	Minus	Egres yang dibutuhkan	(Sb)	$\geq 0$	$\begin{array}{r} S2 \\ 11,5 \end{array} - \begin{array}{r} Sb \\ 4 \end{array} = \begin{array}{r} \\ 6,5 \end{array}$	√
Fire safety umum	(S3)	Minus	Firesafety Umum yang dibutuhkan	(Sc)	$\geq 0$	$\begin{array}{r} S3 \\ 16 \end{array} - \begin{array}{r} Sc \\ 9 \end{array} = \begin{array}{r} \\ 7 \end{array}$	√

Dari hasil pemeriksaan pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa:

Pusat perbelanjaan Senayan City memenuhi syarat keselamatan jiwa terhadap bahaya kebakaran, hal itu karena 3 kriteria penilaian pada kotak Ya, walaupun pada nilai kontrol api nilainya 0.

#### 4.2.2. Analisa Penilaian Keamanan Bangunan Terhadap kebakaran

##### Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 2000)

Penilaian keamanan terhadap bahaya kebakaran Berdasarkan SNI dan KEPMEN disusun dengan menggunakan metode Skoring dari beberapa bagian variabel nilai keamanan bangunan, sehingga akan didapatkan nilai prosentase keamanan bangunan terhadap kebakaran. Penilaian ini dipengaruhi oleh tingkat kelengkapan, kualitas sistem proteksi kebakaran dalam bangunan. Sistem proteksi tersebut dibagi dalam 4 penilaian yaitu: sistem proteksi aktif, sistem proteksi pasif, sarana evakuasi dan akses pemadam kebakaran dan *Fire safety management*. Selanjutnya didapatkan nilai perbandingan dari keempat sistem proteksi tersebut.

#### 4.2.2.1. Hasil Penilaian Dan Pengolahan Data Senayan City

##### (1). Sistem Proteksi Aktif

Tabel.4.4. Penilaian Proteksi Aktif

No	Komponen	Bobot	Nilai	B x N
			(0/1/2/3)	
1	<b>A. Proteksi Aktif</b>			
	<b>Detektor dan Alarm</b>		<b>40</b>	
	Jenis detektor sesuai	5	2	10
	Jarak-jarak sesuai	5	2	10
	Pemasangan baik	5	2	10
2	<b>Sprinkler</b>		<b>18</b>	
	Jenis sprinkler	3	2	6
	Jarak sesuai	3	2	6
	Pemasangan baik	3	2	6
3	<b>Hidran</b>		<b>10</b>	
	Jenis hidran	1	3	3
	Jarak hidran memenuhi	1	2	2
	Jumlah selang memenuhi	1	2	2
4	<b>APAR</b>		<b>6</b>	
	Jenis APAR sesuai	1	2	2
	Jarak memenuhi	1	2	2
	Pemasangan baik	1	2	2
5	<b>Sistem daya darurat</b>		<b>2</b>	
	Terdapat sistem daya darurat	1	2	2

6	<b>Pompa dan sumber air</b>		6	
	Pompa kebakaran memadai	1	3	3
	Sumber air memadai	1	3	3
7	<b>Pengendalian asap kebakaran</b>		6	
	Fan pembuangan asap	1	2	2
	Ada reservoir (tirai) asap	1	2	2
	Ventilasi untuk pembuangan udara	1	2	2
8	<b>Pencahayaan darurat dan tanda eksit</b>		8	
	Ada sistem pencahayaan darurat	1	2	2
	Syarat-syarat tempat memenuhi	1	2	2
	Terdapat tanda eksit	1	2	2
	Terletak dekat tangga eksit	1	2	2
9	<b>Pusat pengendali kebakaran</b>		5	
	Ada ruang khusus	1	3	3
	Fasilitas baik	1	2	2
	<b>NILAI</b>		<b>Skor A</b>	<b>101</b>

### 1. Detektor dan Alarm = 40

Pada pusat perbelanjaan Senayan City menggunakan detektor asap ionisasi dengan sistem zona yang terpasang di koridor, lobby, *basement* dan seluruh *tenant/counter* yang ada dalam bangunan tersebut. Pemasangan detektor dan alarm otomatis dengan jarak 16 meter dalam setiap zona sesuai dengan KEPMEN PU No.10 /KPTS/2000 tentang ketentuan teknis pengamanan terhadap bahaya kebakaran pada bangunan gedung dan lingkungan yang mensyaratkan bangunan dengan jumlah < 4 lantai menggunakan sistem detektor dan alarm otomatis.

### 2. Sprinkler = 18

Pada pusat perbelanjaan ini menggunakan sprinkler dengan sistem *preaction* dan jenis kepala sprinkler menghadap kebawah yang terpasang diseluruh ruangan baik koridor, lobby, *basement*, *counter* maupun ruang-ruang studio dengan jarak 3 meter dalam satu baris. Pemasangan sprinkler sesuai dengan standar yang disyaratkan dalam KEPMEN PU No.10/KPTS/2000 yaitu untuk jenis bangunan perdagangan (kelas 6) pemasangan sprinkler diperlukan untuk luas lantai > 3500 m<sup>2</sup>. Sprinkler terletak 5 cm dari langit-langit dengan kepala sprinkler menghadap ke bawah, dimaksudkan untuk memberikan pancaran air ke bawah (ruangan) ketika terjadinya kebakaran.

### 3. Hidran = 10

Jenis hidran yang dipergunakan hidran pilar, hidran dalam, hidran luar, dan *siamesse connection* yang menggunakan kombinasi dua jenis hidran yaitu hidran kelas 1 (2,5 inch) dan kelas 2 (1,5 inch), terletak di dalam maupun di luar bangunan. Jumlah keseluruhan hidran dalam bangunan sebanyak 35 buah, yaitu pada lantai *basement* sebanyak 10 buah, lantai 1 dan lantai 2 masing-masing sebanyak 6 buah dan 3 buah untuk lantai 3. Diluar bangunan terdapat 4 buah hidran, yang masing-masing terletak pada sudut bangunan. Untuk semua jenis hidran yang terpasang memiliki panjang selang lebih dari 30 meter dan semuanya masih lengkap terpasang pada kotak hidran. Kotak hidran yang ada dalam bangunan mempunyai ketinggian 1,5 m dari permukaan lantai sehingga mudah dijangkau pada peristiwa kebakaran dan sesuai dengan standar perletakan yang disyaratkan dalam KEPMEN PU No.10/KPTS/2000.

### 4. APAR = 6

Jenis APAR yang digunakan pada bangunan ini terdiri dari CO<sub>2</sub>, busa/foam, *dry chemical*, dan halon. Jenis busa dan *dry chemical* terletak di sepanjang koridor/selasar dan di beberapa *counter/tenant*, untuk APAR jenis CO<sub>2</sub> terletak pada ruang genset. Perletakan APAR dengan jarak 50 meter dari setiap titik yang tidak memenuhi kebutuhan beban api yang ada di sekitarnya dan tidak sesuai dengan jarak yang disyaratkan dalam KEPMEN PU No.10/KPTS/2000 yaitu maksimum 25 meter. Sedangkan pemasangan APAR terletak pada ketinggian 1,5 meter dari permukaan lantai dan juga menggunakan kereta dengan segel dalam keadaan baik, mudah ditemukan dan masa berlaku belum lewat sesuai dengan KEPMEN PU No.10/KPTS/2000 mengenai penempatan APAR harus pada lokasi yang mudah ditemukan, mudah dijangkau, dan mudah diambil dari tempatnya untuk di bawah ke lokasi kebakaran.

### 5. Sistem daya darurat = 2

Pada bangunan pusat perbelanjaan Senayan City selain menggunakan sumber daya listrik dari PLN juga menggunakan sistem daya darurat berupa generator dengan daya 200 KVA. Sistem daya darurat digunakan untuk mengoperasikan:

	Penyetop api	3	2	6
	Fire damper	3	2	6
	NILAI		Skor B	82

### 1. Ketahanan api & stabilitas = 45

Konstruksi gedung merupakan tipe A, yaitu tipe konstruksi yang paling tahan api sesuai dengan KEPMEN PU No.II/KPTS/2000 tentang ketentuan teknis manajemen penanggulangan kebakaran di perkotaan. Dinding bangunan dari bahan celkon yang dipleser, dengan pertimbangan bahwa penggunaan celkon pada dinding bangunan memiliki tingkat penyebaran api 0. Penggunaan bahan bangunan baik untuk atap, dinding, lantai maupun kosen pintu/jendela mempunyai tingkat ketahanan api selama 2 jam

### 2. Kompartemenisasi & pemisahan = 25

Bangunan ini memiliki dinding tahan api dan dilengkapi dengan lif kebakaran, namun tidak ada pemisahan saf lif pada bangunan. Lif kebakaran difungsikan untuk sirkulasi orang dalam keadaan normal. Tidak dilakukan pemisahan generator darurat, ketel uap dan monitor lift, semuanya terdapat dalam satu ruang genset yang berada di lantai *basement*. Perlindungan pada bukaan berupa bukaan pada pintu kebakaran dan jendela kebakaran untuk menunjang kinerja sistem proteksi aktif dalam bangunan. dinding koridor menuju pintu kebakaran merupakan dinding kompartemen. yang khusus digunakan sebagai jalur evakuasi pada keadaan darurat.

### 3. Komponen penunjang = 12

Komponen penunjang pada seluruh bangunan menggunakan penyetop api di setiap penembusan dan pemipaan (*ducting*). Dengan adanya penyetop api dan *fire damper* yang baik, maka dapat menghambat penjalaran asap/api ke ruangan lain dalam gedung pada peristiwa kebakaran

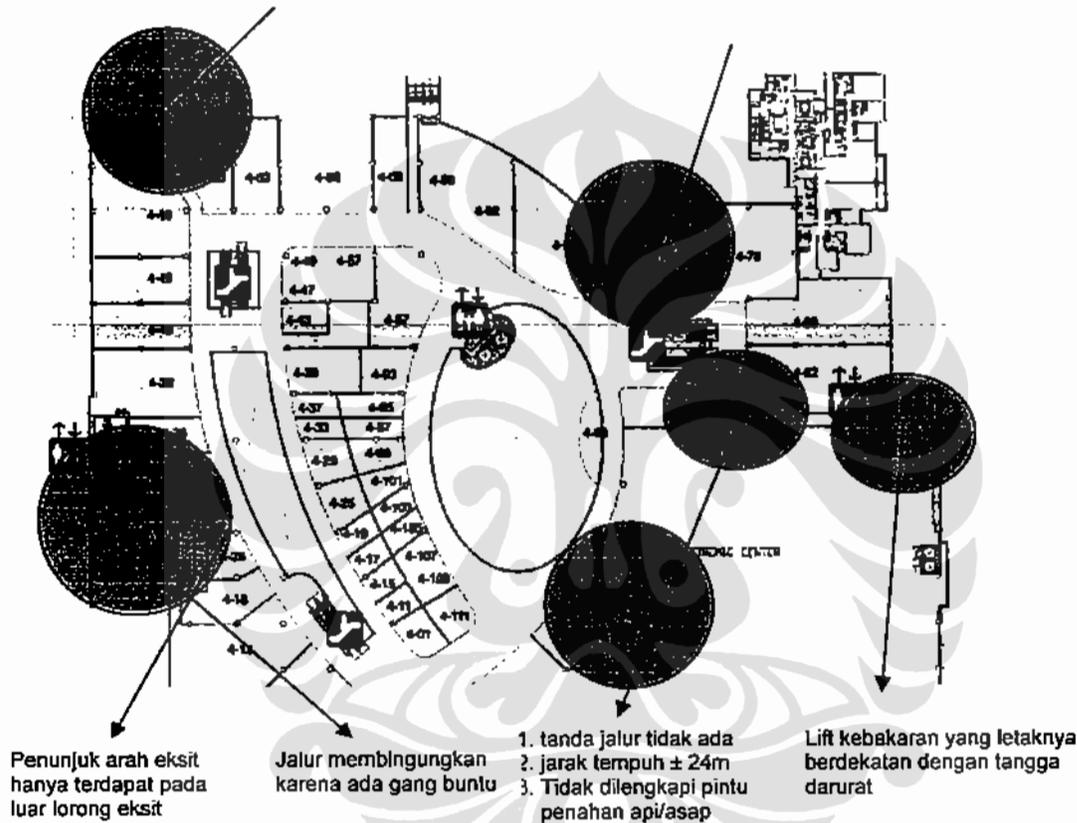
**(3). Sarana Evakuasi dan Akses Pemadam kebakaran**

Tabel 4.6. Penilaian Sarana evakuasi dan akses pemadam kebakaran

No	Komponen	Bobot	Nilai	B x N
			(0/1/2/3)	
<b>A</b>	<b>Sarana Evakuasi &amp; Akses Pemadam kebakaran</b>			
	<b>Sarana Evakuasi</b>	1		
1	Pintu kebakaran	1	5	
	Dimensi pintu	1	2	2
	Akses melalui pintu	1	1	1
	Pintu dapat menutup otomatis	1	2	2
2	<b>Tangga kebakaran</b>		6	
	Dimensi tangga (lebar, anak tangga)	1	2	2
	Bukan tangga spiral	1	2	2
	Railing	1	2	2
	Dilengkapi <i>pressurizer</i>	1	0	0
3	<b>Daerah pengungsian sementara</b>	1	1	1
4	<b>Alat bantu evakuasi</b>	1	0	
	Minimal dua perlantai	1	0	0
	Keadaan baik	1	0	0
5	<b>S a r a n a Exit</b>	1	8	
	Minimal dua exit perlantai	1	3	3
	Memiliki pintu kebakaran	1	2	2
	Jarak-jarak memenuhi syarat	1	1	1
	Tak ada koridor buntu	1	1	1
	Ujung koridor menuju halaman luar	1	2	2
	<b>Akses Pemadam kebakaran</b>	1	4	
1	Lapisan perkerasan ada ?	1	2	2
	Bebas rintangan	1	2	2
2	<b>Jalur akses</b>	5	25	
	Dimensi	5	3	15
	Ukuran	5	2	10
3	<b>Shaf lift kebakaran</b>	1	2	2
4	<b>Lif kebakaran</b>	1	4	
	Terlindung dalam shaf tahan api	1	0	0
	Beroperasi dengan baik	1	2	2
	Terletak dekat tangga eksit	1	2	2
	Terdapat tanda peringatan	1	0	0
5	<b>Tanda jalur akses pemadam kebakaran</b>	3	0	0
	<b>NILAI</b>		<b>Skor A</b>	<b>56</b>

Sarana evakuasi dan akses pemadam kebakaran pada bangunan Senayan City memperoleh nilai 56 sehingga masuk dalam kategori baik dalam batas minimum. Hal ini disebabkan oleh adanya sarana evakuasi yang telah memenuhi standar

dimensi dan kelengkapan tidak dimanfaatkan sebagai sarana evakuasi, sehingga mengurangi performansi dari seluruh sistem evakuasi yang ada. Sedangkan untuk akses pemadam kebakaran, banyak komponen penilaian yang tidak terdapat pada bangunan ini. Sarana evakuasi dapat dilihat pada gambar 4.2. yaitu denah lantai 4 dibawah ini:



Gambar 4.2. Analisis data eksisting sarana evakuasi

### Sarana Evakuasi dan Akses pemadam kebakaran

#### 1. Pintu kebakaran = 5

Pintu kebakaran mempunyai lebar 90 cm, tinggi 210 cm dan tebal pintu > 35 mm, menutup secara otomatis sebagaimana yang disyaratkan dalam KEPMEN PU No. 10/KPTS/2000. Pintu dilengkapi dengan batang panik untuk membuka dan mendorong ke arah tangga darurat/ ke arah luar bangunan dengan tingkat ketahanan api selama jam.

#### 2. Tangga kebakaran = 6

Tangga kebakaran pada bangunan Senayan City berjumlah 6 unit di

setiap lantai. Lebar tangga 160 cm, tinggi anak tangga 16 cm, dan panjang injakan 20cm dengan jumlah anak tangga sebanyak 22 buah. Kondisi railing dalam keadaan kokoh dan menerus dengan tinggi railing 82 cm, tidak ada celah pada anak tangga dan tidak dilengkapi dengan *pressurizer* tetapi memiliki ventilasi udara dengan tingkat ketahanan api selama 2 jam pada tangga kebakaran di setiap lantai dan rute dari tangga kebakaran berakhir pada lantai *basement*.

**2. Daerah pengungsian sementara = 1**

Bangunan pusat perbelanjaan Senayan City untuk ruang-ruang pengungsian sementara dalam bangunan tidak disediakan, evakuasi penghuni, akan tetapi langsung diarahkan menuju tangga kebakaran termasuk pada ruang-ruang dalam fasilitas bioskop 21.

**4. Sarana *Exit* = 8**

Pada peristiwa kebakaran jalur keluar menggunakan tangga kebakaran yang ada di setiap lantai bangunan dengan jarak tempuh maksimum 25 meter ke pintu keluar. Jumlah jalur keluar yang ada melebihi syarat untuk kebutuhan jalan keluar yang disyaratkan pada SNI 03-1746-2000 tentang tata cara perencanaan dan pemasangan sarana jalan keluar untuk penyelamatan terhadap bahaya kebakaran pada bangunan gedung yaitu sedikitnya dua jalur keluar. Pada peristiwa kebakaran, jalur eksit penghuni diarahkan menuju tangga darurat yang berjumlah 6 unit dan memiliki ketahanan api selama 2 jam. Akses vertikal yang menggunakan tangga normal berakhir pada lantai *basement* sedangkan eksit yang menggunakan eskalator dan *liff* berakhir pada lantai 1, sehingga dapat langsung menuju ke luar bangunan begitu juga pada lantai *basement* akses keluar terdiri dari 3 unit yang langsung menuju keluar bangunan.

**5. Alat bantu evakuasi = 0**

Pada bangunan Senayan City tidak terdapat alat bantu evakuasi berupa alat bantu pernafasan, mantel api maupun tandu atau kursi roda.

## Akses Pemadam Kebakaran

### 1. Lapisan perkerasan = 2

Bangunan pusat perbelanjaan Senayan City memiliki lapisan perkerasan untuk mobil kebakaran sebagaimana yang disyaratkan dalam KEPMEN PU No.10 /KPTS/2000 yaitu perkerasan yang dapat mengakomodasi jalan masuk dan manuver mobil pemadam, *snorkel*, mobil pompa, mobil tangga dan *platform* hidrolis.

### 1. Jalur akses = 25

Bangunan ini mempunyai akses masuk bagi pemadam kebakaran, dengan panjang jalur akses sepanjang 6 meter dari jalan umum yang dapat ditempuh dari Jalan Asia Afrika, Jakarta Pusat dan Jalan Hang tuah Jalur. Akses tidak dibatasi oleh portal atau terhalang oleh pohon sehingga melebihi standar yang dipersyaratkan pada SNI 03-1735-2000 tentang tata cara perencanaan akses bangunan dan akses lingkungan untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan gedung. Tinggi jalur akses mobil pemadam kebakaran harus lebih dari 4,5 meter sehingga tidak menghalangi masuknya mobil pemadam kebakaran yang dapat ditempuh dalam waktu > 20menit.

### 3. Shaf lif kebakaran = 2

Bangunan ini mempunyai lift kebakaran, tetapi tidak dilengkapi oleh shaf yang tahan api. Dari tinggi efektif bangunan yang mencapai ± 20 meter, seharusnya terdapat shaf untuk lif kebakaran sesuai yang disyaratkan dalam KEPMEN No. 10/KPTS/2000.

### 3. Lift kebakaran = 4

Terdapat 2 buah lift kebakaran dalam keadaan normal dimanfaatkan untuk lift penumpang bagi karyawan. Lif kebakaran tidak terlindung dalam shaf tahan api dan tidak dilengkapi dengan sarana operasional , sehingga tidak dapat dioperasikan oleh petugas pemadam kebakaran untuk keperluan penanggulangan keadaan darurat kebakaran. Lokasi lift berdekatan dengan tangga eksit dan dapat berhenti di setiap lantai bangunan tetapi tidak dilengkapi dengan tanda peringatan penggunaan lift tersebut pada saat kebakaran.

## 5. Tanda jalur akses pemadam kebakaran = 0

Pada bangunan ini tidak memiliki tanda jalur akses pemadam kebakaran seperti yang disyaratkan dalam KEPMEN No. 10/KPTS/2000 yaitu diberi tanda segitiga warna merah atau kuning dengan ukuran tiap sisi minimum 150 mm dan diletakkan pada, sisi luar dinding dan diberi tulisan "AKSES PEMADAM KEBAKARAN JANGAN DIHALANGI dengan ukuran tinggi minimal 50 mm.

### (4). Analisis *Fire Safety Management*

Tabel. 4.7. Penilaian *Fire safety management*

No	Komponen	Bobot	Nilai	B x N
			(0/1/2/3)	
<b>B</b>	<b><i>Fire Safety Management</i></b>			
1	Latihan kebakaran	1	0	0
2	Pelatihan personil	5	2	10
3	Prosedur operasi standar	3	1	3
4	Sosialisasi pengamanan terhadap bahaya kebakaran	1	1	1
5	Pemeriksaan berkala	5	2	10
6	Tim khusus	3	2	6
7	Penyimpanan catatan	3	2	6
8	Koordinasi dengan pemadam	1	2	2
9	Audit sistem proteksi kebakaran	1	1	1
	<b>NILAI</b>		<b>Skor B</b>	<b>39</b>

Sistem manajemen penyelamatan dari bahaya kebakaran (*fire safety management*) merujuk pada KEPMEN PU No.10/KPTS/2000 tentang manajemen penanggulangan kebakaran di perkotaan. Pada bangunan pusat perbelanjaan Senayan City, *fire safety management* terdiri dari satu tim khusus yang mengontrol seluruh fasilitas dan fungsi/kegiatan yang ada dalam bangunan terutama berhubungan dengan pengendalian dan pencegahan kebakaran dalam bangunan.

Nilai yang diperoleh untuk *Fire Safety Management* adalah 39 termasuk dalam kategori kurang. Hal ini disebabkan tidak adanya pelatihan kebakaran kepada seluruh pemakai bangunan, terutama untuk pengunjung dan belum pernah dilakukannya audit sistem proteksi kebakaran dalam bangunan.

#### 1. Latihan kebakaran = 0

Latihan kebakaran penting untuk dilakukan secara berkala, minimum satu tahun sekali. Untuk bangunan pusat perbelanjaan Senayan

City, latihan kebakaran belum pernah dilakukan. Latihan kebakaran yang dilakukan, pada waktu acak dapat menguji dan meningkatkan kesiapan setiap komponen dalam bangunan, baik karyawan, pengunjung, maupun petugas keamanan dalam mengambil keputusan.

## 2. Pelatihan personil = 10

Salah satu fungsi dan tugas dari *Fire safety management* (FSM) Senayan City yaitu memberikan pelatihan kepada setiap karyawan dalam bangunan. Setiap *counter* atau fasilitas yang ada dalam bangunan mengutus beberapa orang karyawan untuk mengikuti *training* penanggulangan kebakaran dalam bangunan. *Training* ini dilakukan secara berkala minimum 1 kali dalam setahun dan bekerja sama dengan Dinas Kebakaran setempat. Pelatihan lebih ditekankan pada tindakan yang seharusnya dilakukan pada peristiwa kebakaran, misalnya penggunaan APAR dan hidran, serta prosedur evakuasi. Pelatihan yang diadakan secara rutin, memberikan kesempatan kepada seluruh karyawan untuk menjadi bagian dari FSM yang ada, sehingga dapat melakukan tindakan yang tepat pada saat terjadinya kebakaran.

## 3. Prosedur Operational Standart = 3

Prosedur operasi standar yang ada dalam *fire safety management* bangunan ini minim dan belum ada prosedur secara tertulis, sehingga dapat menghambat proses pemadaman api, prosedur evakuasi dan koordinasi dengan petugas kebakaran pada saat terjadinya kebakaran.

## 4. Sosialisasi pengamanan terhadap bahaya kebakaran = 1

Sosialisasi pengamanan terhadap bahaya kebakaran dilakukan bersamaan dengan pelatihan personil yang dilakukan setahun sekali, baik itu berupa buku maupun arahan. Sedangkan sosialisasi pengamanan terhadap bahaya kebakaran pada pengunjung belum dilakukan.

## 5. Pemeriksaan berkala =10

Pemeriksaan berkala pada gedung dilakukan oleh karyawan bagian *maintenance* dan mekanikal elektirkal. Untuk pemeriksaan berkala

pada jaringan/sambungan listrik, air, dan telepon dilakukan setiap hari oleh bagian pemeliharaan dan mekanikal elektrikal sedangkan pemeriksaan komponen sistem proteksi kebakaran dilakukan secara berkala seminggu sekali. Pemeriksaan sistem proteksi kebakaran berupa pemeriksaan rute evakuasi, pintu dan tangga kebakaran, sistem detektor, sprinkler, dan hidran serta pemeriksaan sambungan.

#### **6. Tim khusus = 6**

Pada bangunan ini terdapat satu tim khusus untuk penanggulangan kebakaran dalam satu unit kerja *fire safety management* yang tergabung dengan bagian *security, maintenance* dan mekanikal elektrikal dari bangunan. Tim ini mempunyai terdiri dari beberapa orang karyawan yang bertanggung jawab terhadap pengendalian kebakaran dalam bangunan baik sebelum, pada saat dan setelah terjadinya kebakaran.

#### **7. Penyimpanan catatan = 6**

Bagian *maintenance* dan mekanikal elektrikal menyimpan catatan hasil pemeriksaan secara berkala baik harian, mingguan, bulanan, maupun tahunan dalam sebuah *log-book* mengenai seluruh komponen sistem proteksi kebakaran dalam bangunan. Dengan adanya penyimpanan catatan tersebut, maka dapat diketahui kinerja seluruh sistem proteksi kebakaran dalam bangunan dan memudahkan pekerjaan dari bagian *fire safety management* dalam gedung tersebut.

#### **8. Koordinasi dengan pemadam kebakaran= 2**

manajemen penyelamatan dari bahaya kebakaran dalam bangunan Senayan City melakukan koordinasi dengan Dinas pemadam kebakaran terdekat untuk mengadakan pengarahannya maupun pelatihan kepada personil maupun karyawan dalam bangunan dan melakukan pemeriksaan secara berkala terhadap sistem proteksi kebakaran dalam bangunan. Sambungan langsung dengan Dinas Pemadam Kebakaran telah terpasang, sehingga jika terjadi kebakaran langsung terhubung dengan pemadam kebakaran.

### 9. Audit sistem proteksi kebakaran = 0

Menurut KEPMEN PU No. 11/KPTS/2000, audit sistem proteksi kebakaran perlu dilakukan setiap lima tahun sekali. Pada bangunan ini audit sistem proteksi kebakaran belum pernah dilakukan karena operasional pusat perbelanjaan belum ada 5 tahun.

#### 4.2.2.2. Perbandingan Sistem Proteksi Kebakaran

Tabel 4.8. Perbandingan Sistem Proteksi Kebakaran

	Proteksi kebakaran	Bobot	Nilai	B X N
A	Sistem proteksi aktif	3	101	303
B	Sistem proteksi Pasif	1	82	82
C	Sarana evakuasi & Akses Pemadam kebakaran	2	56	112
D	Fire safety management	4	39	156
			Skor Akhir	65.3

#### Kesimpulan:

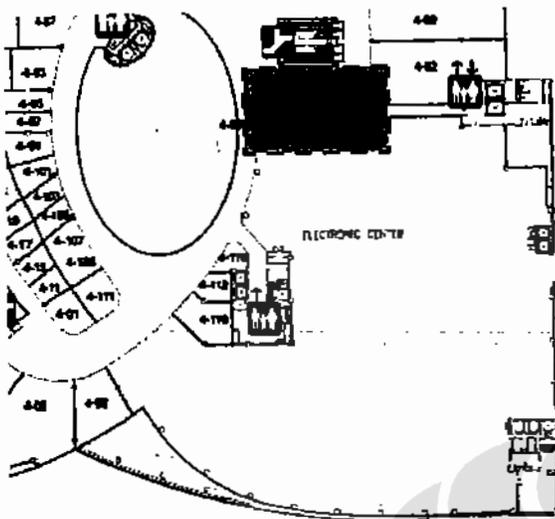
Hasil analisis penilaian dan pengolahan data sistem proteksi kebakaran pada bangunan menunjukkan Nilai sistem proteksi aktif memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan nilai sistem proteksi lainnya, kemudian nilai sistem manajemen penanggulangan kebakaran, sarana evakuasi dan akses pemadam kebakaran, serta sistem proteksi pasif. Maka dapat disimpulkan bahwa bangunan pusat perbelanjaan Senayan City termasuk dalam kategori cukup aman terhadap kebakaran karena melebihi nilai angka minimum cukup yaitu  $> 50$ .

### 4.3. ANALISIS TINGKAT RISIKO PENGHUNI PUSAT PERBELANJAAN SENAYAN CITY TERHADAP BAHAYA KEBAKARAN

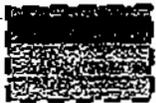
#### 4.3.1. Analisis Risiko Penghuni Akibat Produk Kebakaran

Untuk mendapatkan gambaran kejadian kebakaran dan menganalisis bahaya akibat produk kebakaran yang di rasakan penghuni pada saat terjadi kebakaran pada bangunan pusat perbelanjaan, maka di buat rancangan model skenario kebakaran pada ruangan retail yang termasuk pada potensi kebakaran tinggi. Pemilihan ruang yang dijadikan model berdasarkan tabel 3.16. mengenai asumsi produk asap/gas/panas kebakaran menurut jenis kegiatan, sehingga yang terpilih adalah retail arena bermain anak, Food court, dan bioskop (Cinemaplex XXI).

#### 4.3.1.1. Kejadian kebakaran pada Ruang bermain Anak



Keterangan:



Titik api berasal dari Timezone/arena bermain anak  
Lokasi berada di lantai 4.

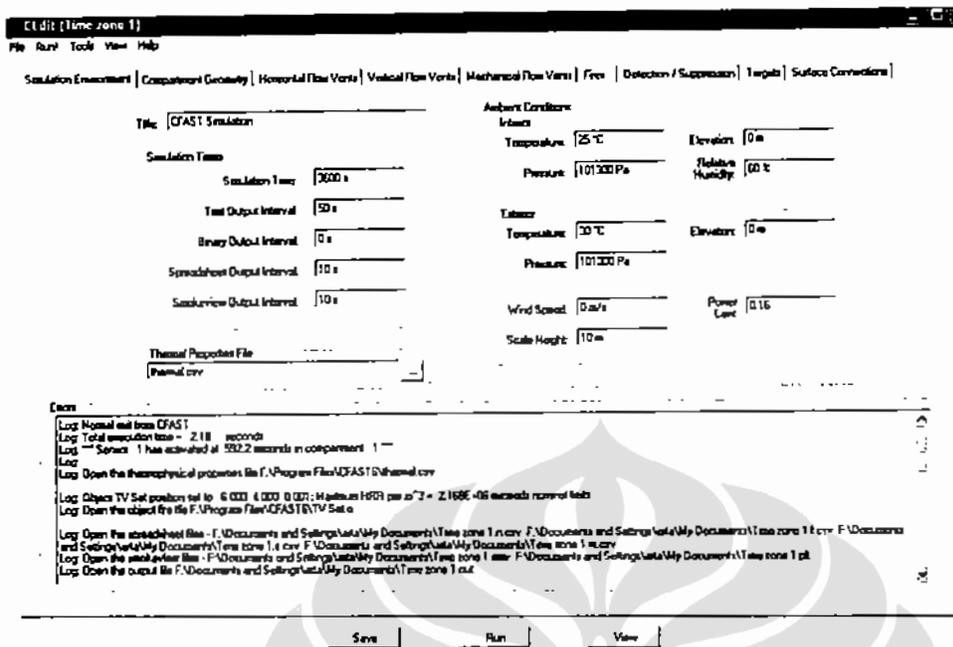
Tabel berikut adalah tabel data yang digunakan dalam melakukan simulasi pada ruang bermain anak berukuran 8x 12 x 3,5m

Tabel 4.9. Data yang digunakan dalam simulasi ruang

DATA-DATA YANG DIGUNAKAN DALAM SIMULASI	
ukuran ruangan (m)	8m x 20m
temperatur ruangan (°C)	25°C
temperatur di luar ruangan (°C)	30°C
tekanan (Pa)	101300
kelembaban relatif (%)	60%
bahan bangunan	langit-langit: gypsum board; lantai: lantai Granit; dinding: beton ringan
sumber api	Fiber pada peralatan mainan / Tv set
Vertikal vent	1m <sup>2</sup> Void

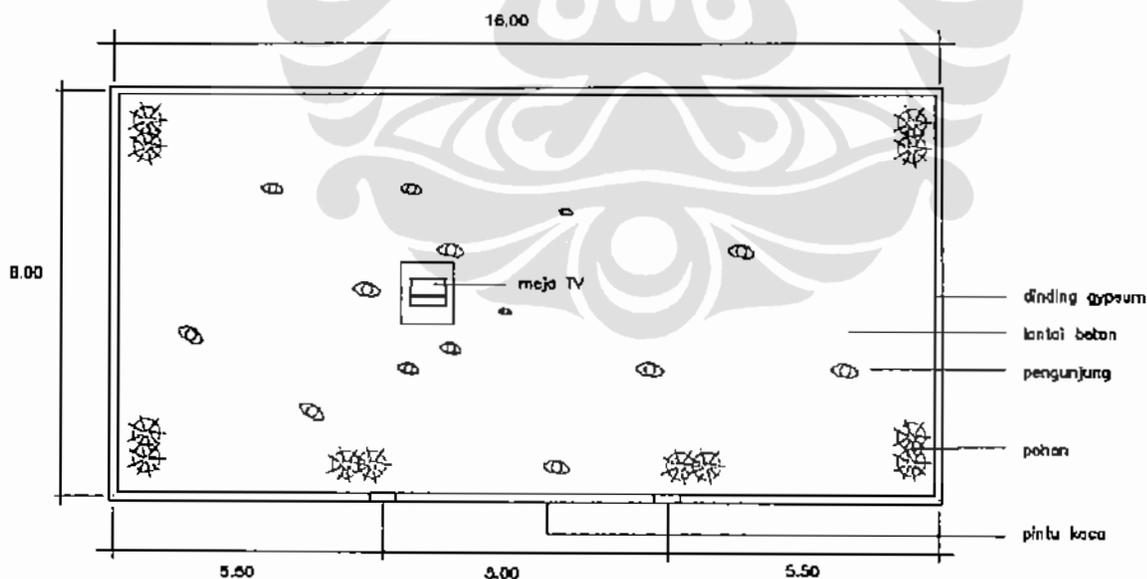
Tahapan pengerjaan program CFAST adalah sebagai berikut:

1. Memasukan data pada Simulation Environment yaitu dengan memasukan data antara lain Waktu simulasi, Temperatur dan kelembaban udara didalam ruangan. Hasil pengisian seperti tampilan di bawah ini:



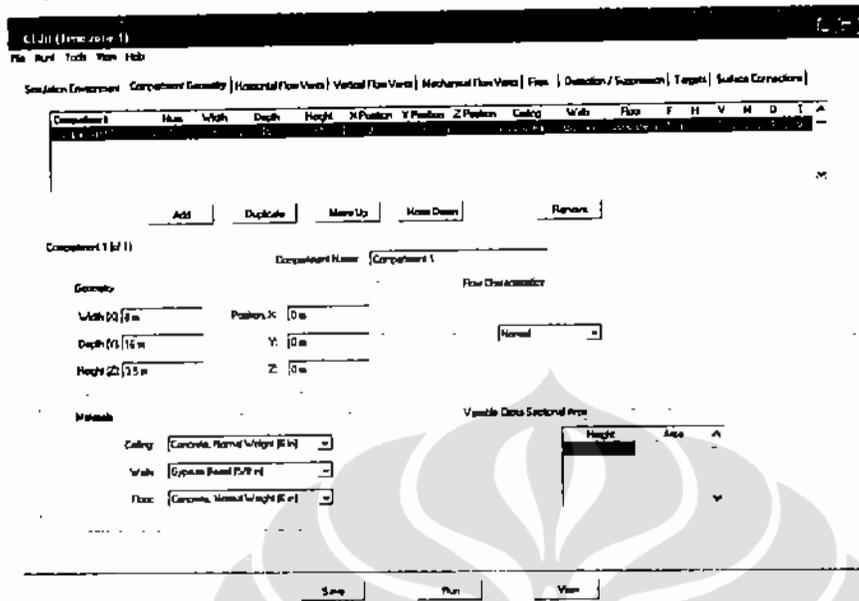
Gambar 4. 3. input untuk *simulation environment* kejadian kebakaran pada ruang bermain anak

2. Mengisi kolom geometri/dimensi ruang, dan material ruangan. Pengisian tersebut berdasarkan data eksiting denah ruang bermain anak yaitu:



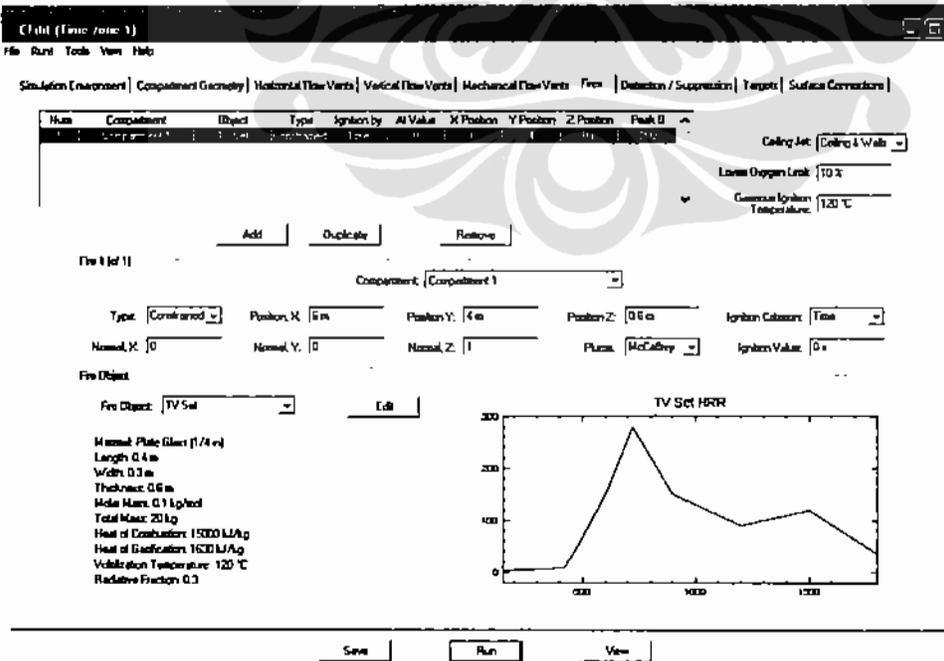
Gambar 4.4. Denah Ruang Bermain anak

Tampilan yang didapat adalah seperti dibawah ini:



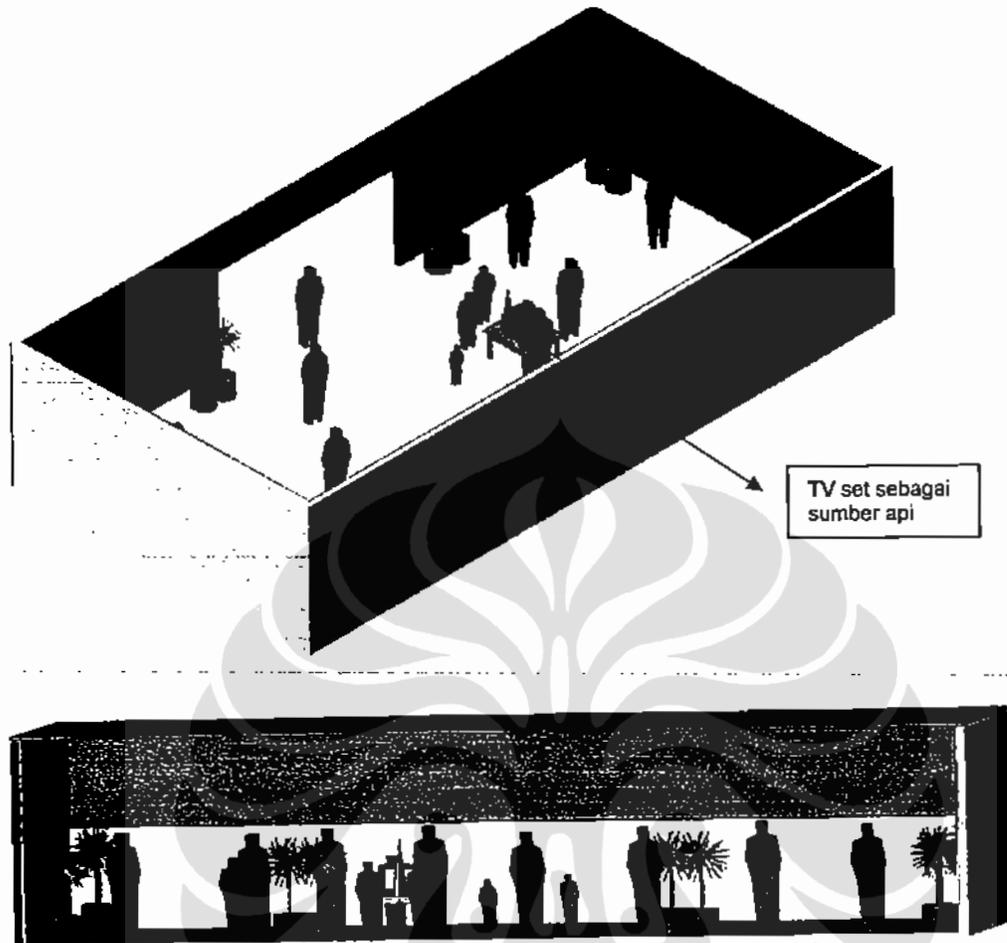
Gambar 4. 5. input untuk *compartment geometry* Pada ruang bermain anak

3. Mengisi data mengenai sumber kebakaran (posisi, material ) untuk mendapatkan *Heat Release Rate* dari benda yang terbakar. Tampilan pada kolom ini adalah seagai berikut:



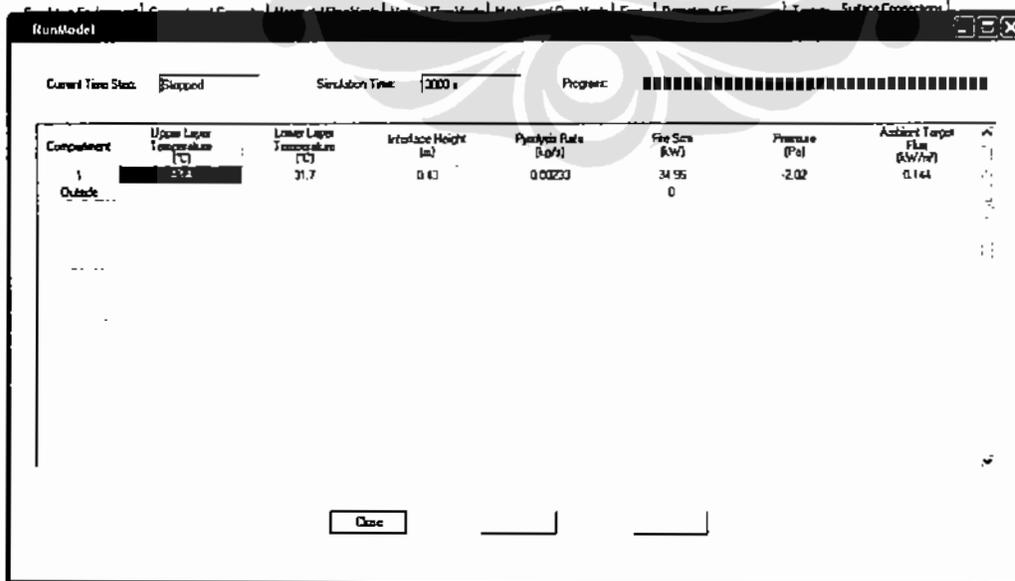
Gambar 4.6. input untuk *Fires* Pada ruang bermain anak

Posisi material terbakar pada ruang bermain anak adalah sebagai berikut:



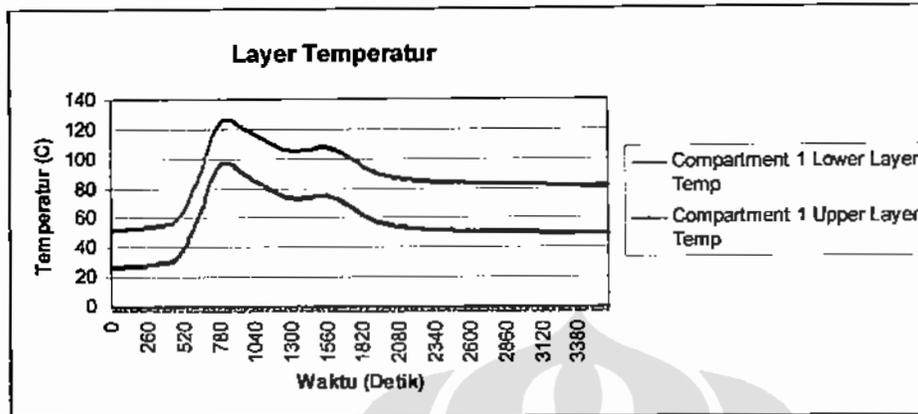
Gambar 4.7. Posisi Titik api pada Ruang bermain anak

Hasil dari Running data adalah sebagai berikut:



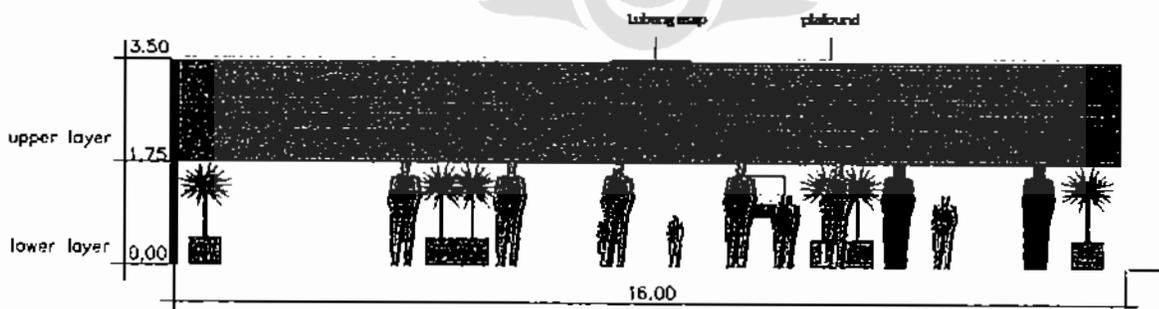
Gambar 4.8. Run model pada CFAST

Dari hasil simulasi data – data tersebut akan dihasilkan tabel dan grafik serta hasil gambar gerak. Gambar berikut adalah grafik yang dihasilkan.

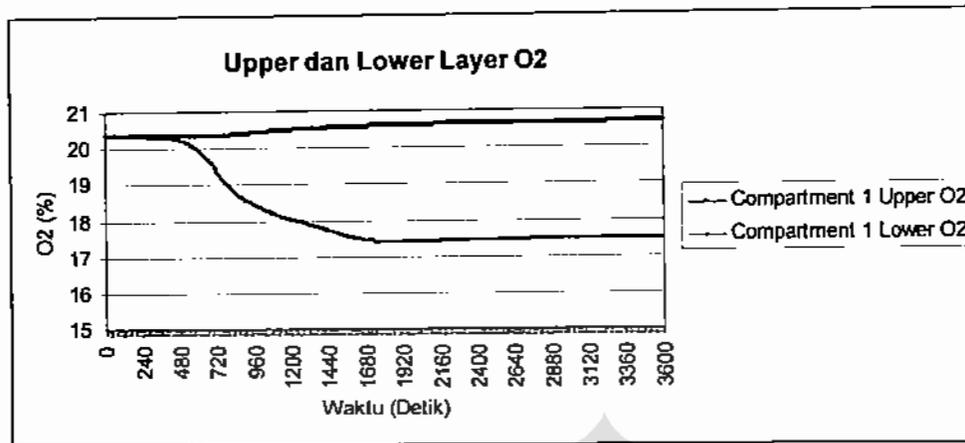


Gambar 4.9. Grafik Layer Temperatur dari simulasi ruang Arena bermain anak ukuran 10 x 8 Meter

Gambar 4.9 merupakan grafik *layer temperature* yang dihasilkan dari hasil simulasi ruang arena bermain anak berukuran 8 x 16 meter dengan ketinggian langit – langit 3.5 meter. Grafik ini menunjukkan bahwa pada detik ke-450 temperatur udara di lapisan atas meningkat dari 30°C menjadi 126°C hanya dalam ± 330 detik. Setelah temperatur meningkat kemudian Temperatur udara turun kembali secara perlahan dimulai pada detik ke-1300 dan naik lagi sampai detik ke-1560. Untuk selanjutnya berangsur turun sampai akhir waktu simulasi. Penurunan temperatur udara ini mulai dari ± 76°C sampai menjadi ± 48°C. Layer temperatur pada suatu ruangan adalah perbedaan temperatur berdasarkan tinggi ruang. Dari hasil simulasi layer tersebut terlihat pada gambar potongan ruang seperti dibawah ini:

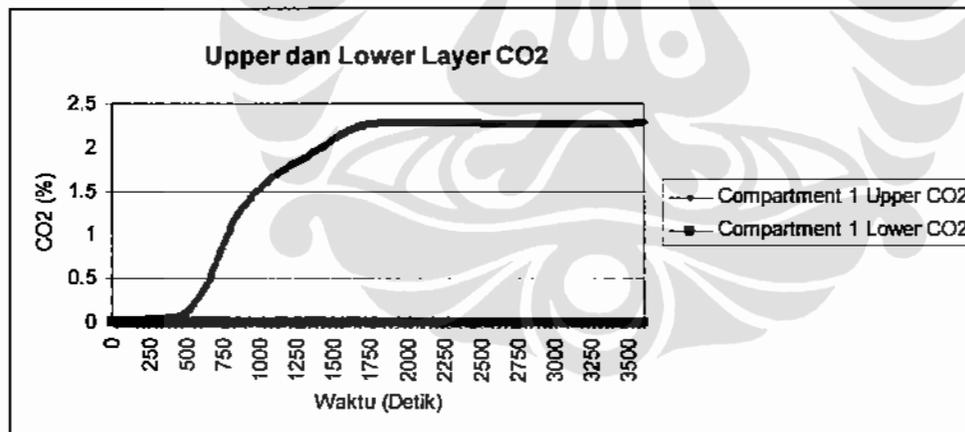


Gambar 4.10. Layer temperatur pada ruang bermain anak



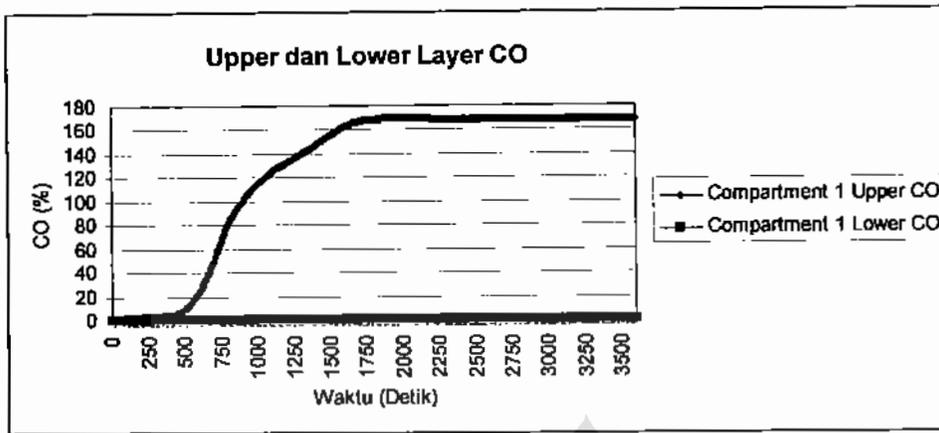
Gambar 4.11. Grafik gas O<sub>2</sub> dari hasil simulasi ruang arena bermain anak 8 x 16m

Gambar 4.11. yaitu grafik perubahan gas O<sub>2</sub> pada dari simulasi ruang arena bermain anak 8 x 16 meter. Gas O<sub>2</sub> pada lapisan atas berkurang dimulai pada detik ke-480 dan dan menurun sampai detik ke 1680, pada detik tersebut kadar O<sub>2</sub> di udara ±17,5 %. Pada kadar udara tersebut manusia mengalami pusing-pusing dan pemapasan sesak( ASHRAE, Suprpto, 1994)



Gambar 4.12. Grafik gas CO<sub>2</sub> dari hasil simulasi ruang arena bermain anak 10 x 8 m

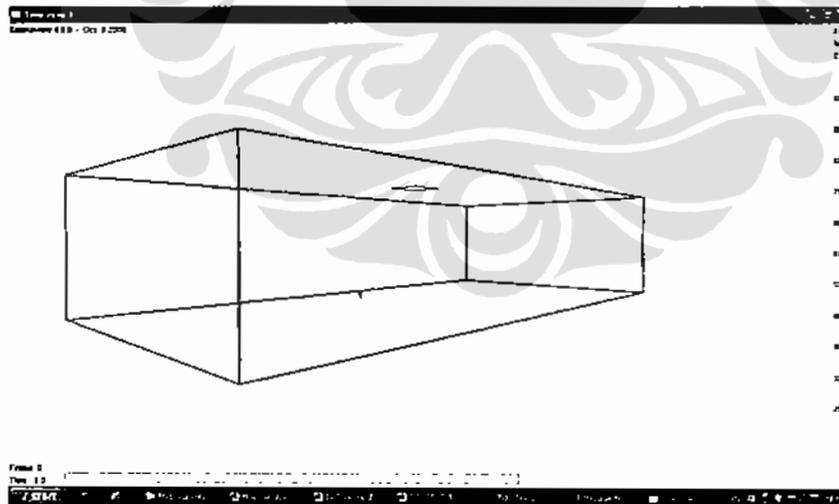
Gambar 4.12. merupakan grafik perubahan gas CO<sub>2</sub> yang terjadi pada dari simulasi ruang arena bermain anak 8 x 16 meter. Kadar CO<sub>2</sub> yang terjadi di dalam ruangan stabil dari detik ke 0 sampai detik 480, setelah itu baru mengalami peningkatan drastis sampai detik ke-1680 dengan kadar CO<sub>2</sub> ± 2,3 % sampai pada akhir simulasi. Pada kondisi ini manusia mengalami mual-mual, tetapi kadar CO<sub>2</sub> ini perlu diwaspadai karena walaupun dalam kadar yang rendah gas CO<sub>2</sub> tetap dapat membahayakan penghuni.

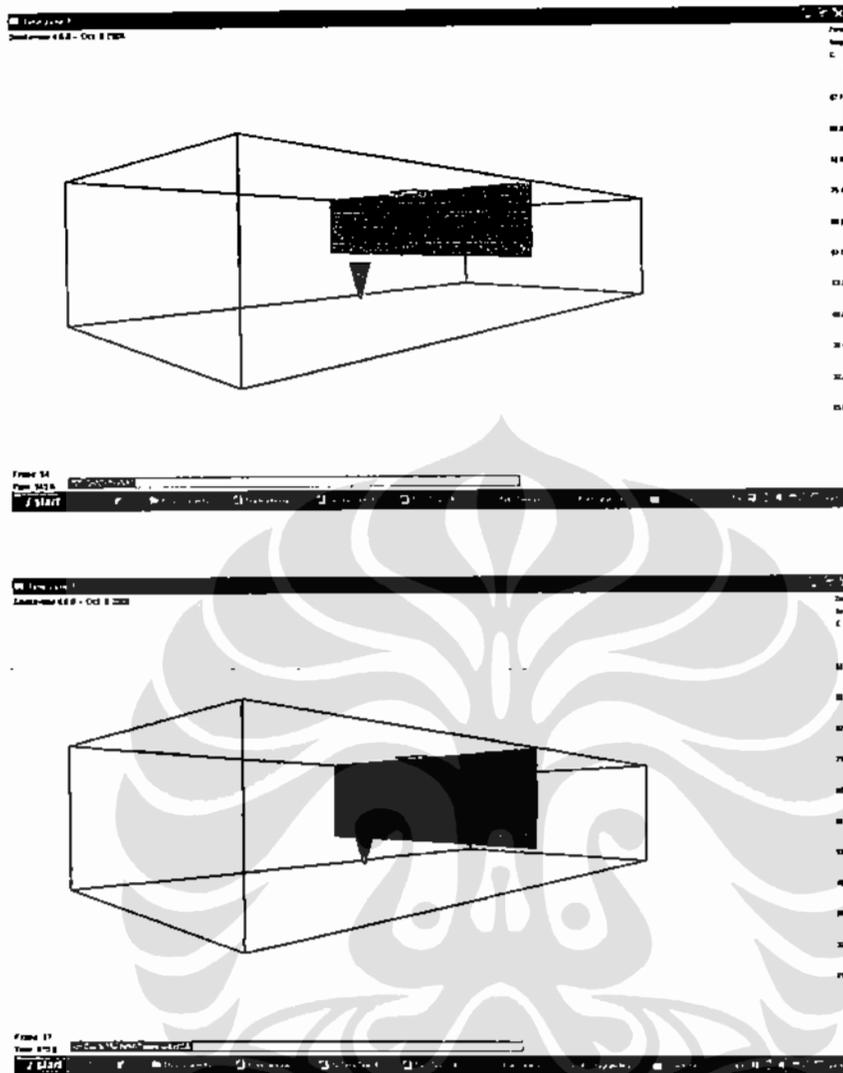


Gambar 4.13. Grafik gas CO dari simulasi ruang arena bermain anak 8 x 16 m

Gas CO merupakan gas yang berbahaya bagi penghuni walaupun tingkat paparannya rendah, dalam grafik 4.6 dapat dilihat bahwa kadar CO di lapisan atas telah jauh melebihi nilai ambang batas ( $\pm 0.17\%$ ). Kadar CO di lapisan atas mulai meningkat pada detik ke - 480 sampai detik ke-1680, setelah itu stabil pada kadar CO  $\pm 0,17\%$  sampai akhir simulasi. Pada ke  $\pm 480$  sampai akhir simulasi manusia mengalami pusing dan mual.

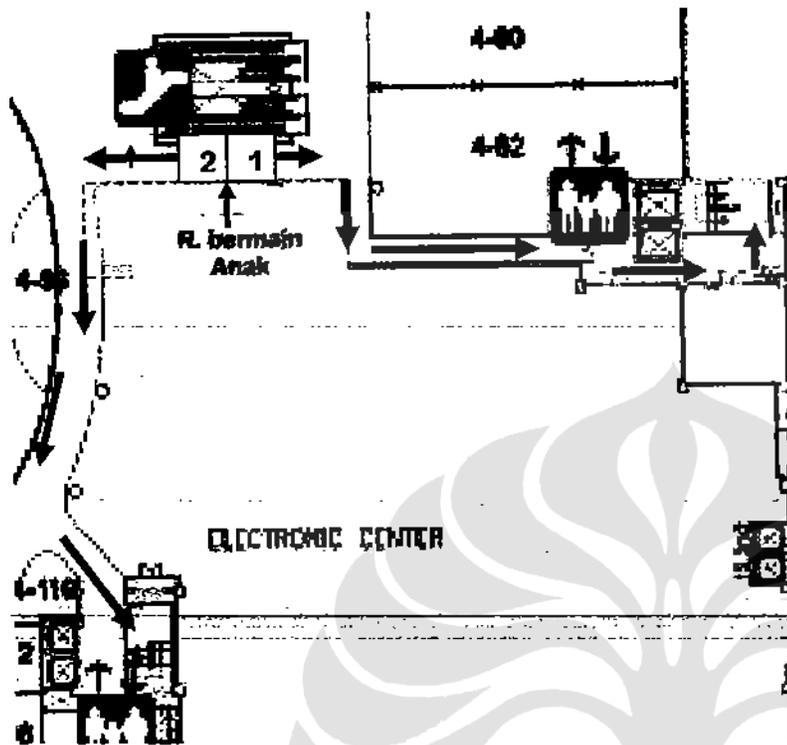
Perubahan Temperatur ruangan dapat diperhatikan pada gambar berikut, yaitu memberikan gambaran kejadian kebakaran pada arena bermain anak dengan waktu simulasi selama 3600 detik dalam interval output selama 10 detik.





Gambar 4.14. gambar tiga dimensi hasil simulasi CFAST pada ruang bermain anak

## 4.3.1.2. Perhitungan Waktu untuk Evakuasi pada ruang bermain anak



Gambar 4.15. Denah Jalur Evakuasi Lt.4

Keterangan:

1 → : Jalur evakuasi Alternatif 1

← 1 : Jalur evakuasi Alternatif 2

Panjang ruang  $L_r = 16\text{ m}$

Lebar ruang  $W_r = 8\text{ m}$

Jarak terpanjang ruang tangga  $L_s = 9,7\text{ m}$

Luas lantai  $A_r = L_r \times W_r$   
 $= 16 \times 8$   
 $= 128\text{ m}^2$

Ruang gerak manusia  $D_o = 0,5\text{ orang/m}^2$  (diambil dari tabel  
 Kepadatan penghuni)

Jumlah orang  $N_o = A_r \times D_o$   
 $= 0,5 \times 128$   
 $= 64\text{ orang}$

$K_t$  faktor  $K_t = 84$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan berjalan } S &= K_t \times (1 - 0.266 D_o) \\ &= 84 \times (1 - 0.266 \times 0.5) \\ &= \mathbf{72.82 \text{ m/menit}} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak rute keluar paling jauh dari pintu exit } L_t = 42 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang waktu tunggu } T_r &= L_t / S \\ &= 42\text{m} / 72.82 \\ &= 0.576 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\text{Awal evakuasi } t_d + t_o + t_a + t_i = \mathbf{1.9 \text{ menit}}$$

(waktu orang pertama yang mencapai mulut tangga)

Waktu yang diperlukan sampai orang terakhir mencapai mulut tangga

$$\begin{aligned} t_{ev} &= t_d + t_a + t_o + t_i + t_r \\ &= 1.9 + 0.576 \\ &= \mathbf{2.476 \text{ menit}} \end{aligned}$$

Untuk mencapai tangga, prediksi waktu yang diperlukan untuk setiap orang dengan kecepatan berjalan menuju pintu tangga dan asumsi waktu terbanyak untuk menemukan ruang luar.

$$\text{Lebar tangga } W = 1,6 \text{ m}$$

$$\text{Lebar boundary layer } B = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{Lebar efektif } W_e = W - 2 B = 1,5 \text{ m}$$

Arus spesifik menuju mulut tangga

$$\begin{aligned} F_s &= S D_o \\ &= 72.82 \times 0.5 \\ &= 36.41 \text{ orang/menit/meter} \sim \\ &= \mathbf{37 \text{ orang/menit/meter}} \end{aligned}$$

Arus sebenarnya menuju mulut tangga

$$\begin{aligned} F_a &= F_s \times W_e \\ &= 36.41 \times 1,5 \\ &= \mathbf{54,6 \text{ orang/menit}} \end{aligned}$$

Waktu antri untuk keluar mulut tangga

$$\begin{aligned} t_q &= N / F_a \\ &= 64 / 54,6 \\ &= \mathbf{1,17 \text{ menit}} \end{aligned}$$

Waktu untuk keluar adalah 1,77 menit, sedangkan untuk waktu evakuasi:

$$t_{ev} = t_d + t_o + t_i + t_q$$

$$t_{ev} = 1,9 + 1,77$$

$$= 3,67 \text{ menit}$$

Batas Penyelamatan  $t_s = 3,67$  menit

Waktu yang direncanakan untuk keluar  $t_d = t_{ev} + t_s$

$$= 3,67 + 3,67$$

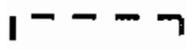
$$= 7,34 \text{ menit}$$

Dari hasil perhitungan waktu evakuasi untuk ruang bermain anak adalah 7,34 menit, selanjutnya dibandingkan dengan hasil analisis berdasarkan teori bahwa evakuasi harus dilakukan sampai saat kadar CO melampaui ambang batas. Dari hasil simulasi CO detik ke  $\pm 500$  ( $\pm 8,3$  menit), sehingga waktu untuk evakuasi belum melampaui ambang batas yang ditentukan.

#### 4.3.2.1. Kejadian kebakaran pada Ruang Food Court



Keterangan:

-  Titik api berada di food court (Dabu-dabu Restaurant)
-  Lokasi lantai 5

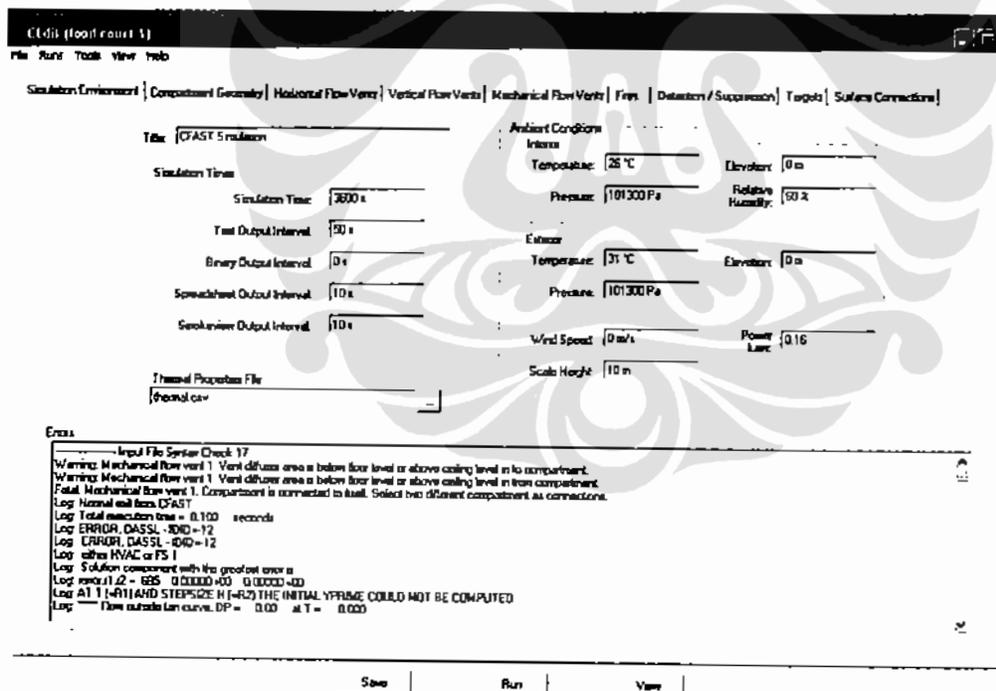
Tabel berikut adalah tabel data yang digunakan dalam melakukan simulasi pada ruang food court berukuran 4x 12 x 3,5m

Tabel 4.10. Data yang digunakan dalam simulasi ruang

DATA - DATA YANG DIGUNAKAN DALAM SIMULASI	
ukuran ruangan (m)	4m x 12m
temperatur ruangan (°C)	26°C
temperatur di luar ruangan (°C)	31°C
tekanan (Pa)	101300
kelembaban relatif (%)	60%
bahan bangunan	langit-langit: gypsum board; lantai: lantai Granit; dinding: beton ringan
sumber api	Konslet listrik pada alat memasak

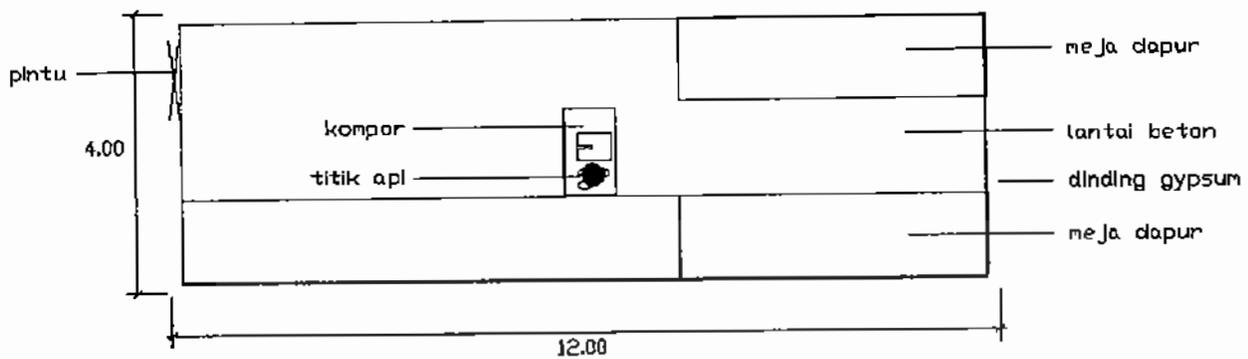
Tahapan pengerjaan program CFAST adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan data pada Simulation Environment yaitu dengan memasukkan data antara lain Waktu simulasi, Temperatur dan kelembaban udara didalam ruangan. Hasil pengisian seperti tampilan di bawah ini:



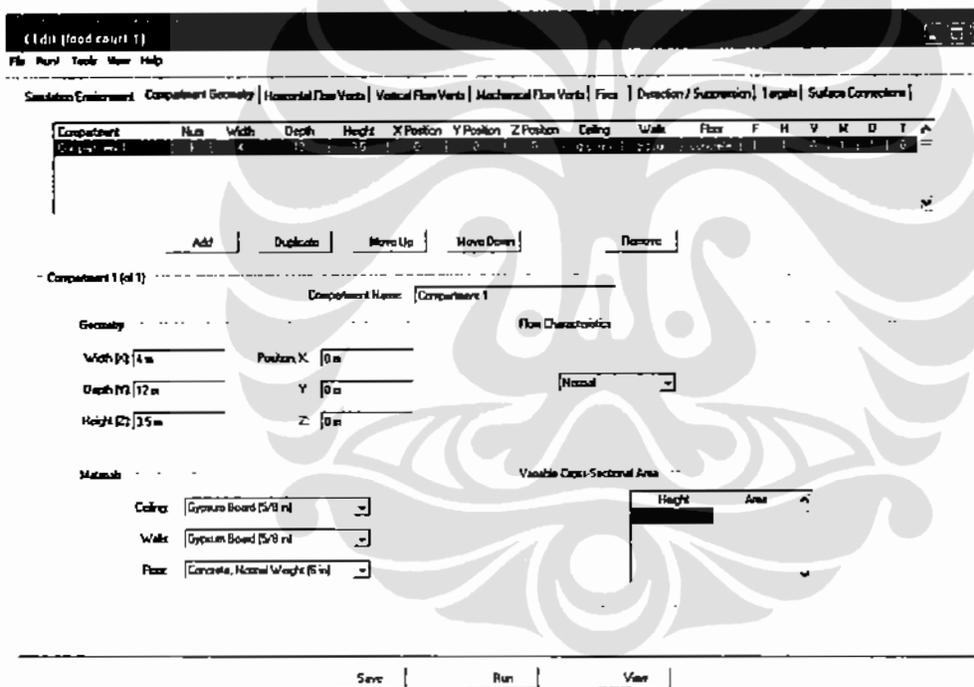
Gambar 4. 16. input untuk *simulation environment* kejadian kebakaran pada ruang food court

2. Mengisi kolom geometri/dimensi ruang, dan material ruangan. Pengisian tersebut berdasarkan data eksiting denah ruang bermain anak yaitu:



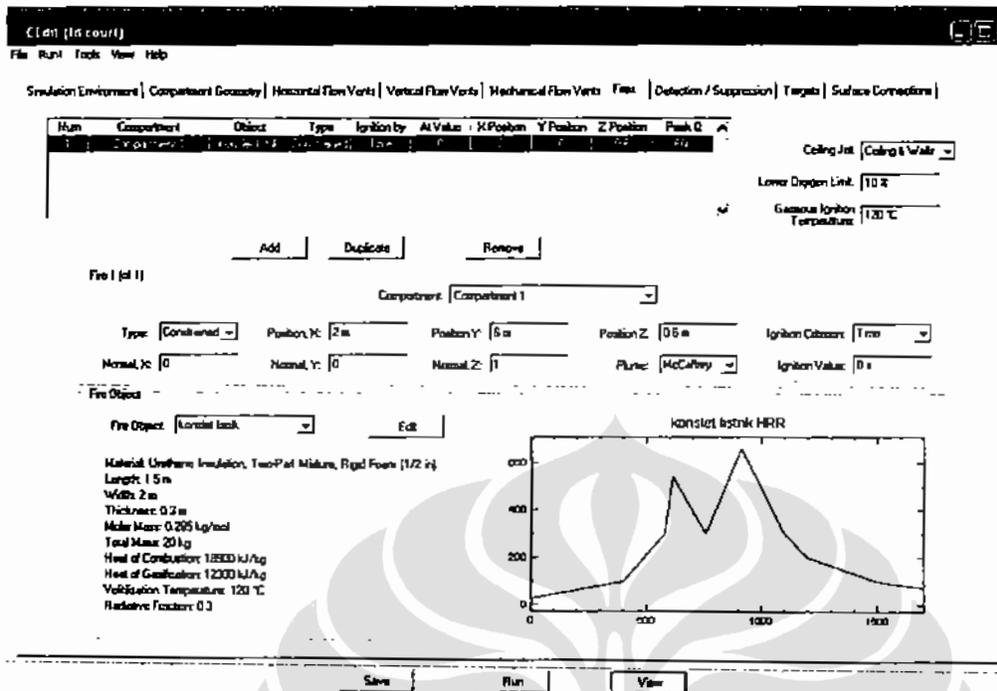
Gambar 4. 17. Denah ruang food court

Tampilan yang didapat adalah seperti dibawah ini:



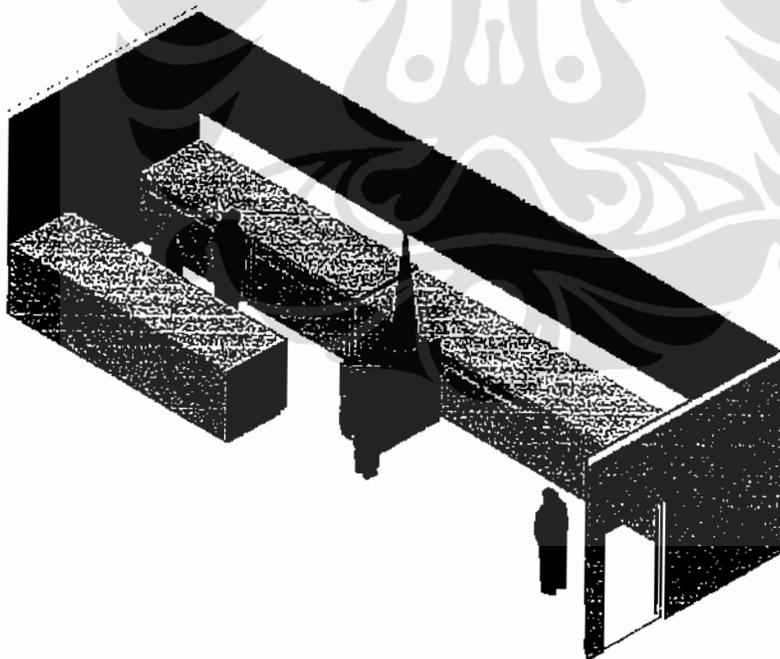
Gambar 4. 18. input untuk *compartment geometry* Pada ruang food court

3. Mengisi data mengenai sumber kebakaran (posisi, material ) untuk mendapatkan *Heat Release Rate* dari benda yang terbakar. Tampilan pada kolom ini adalah seagai berikut:



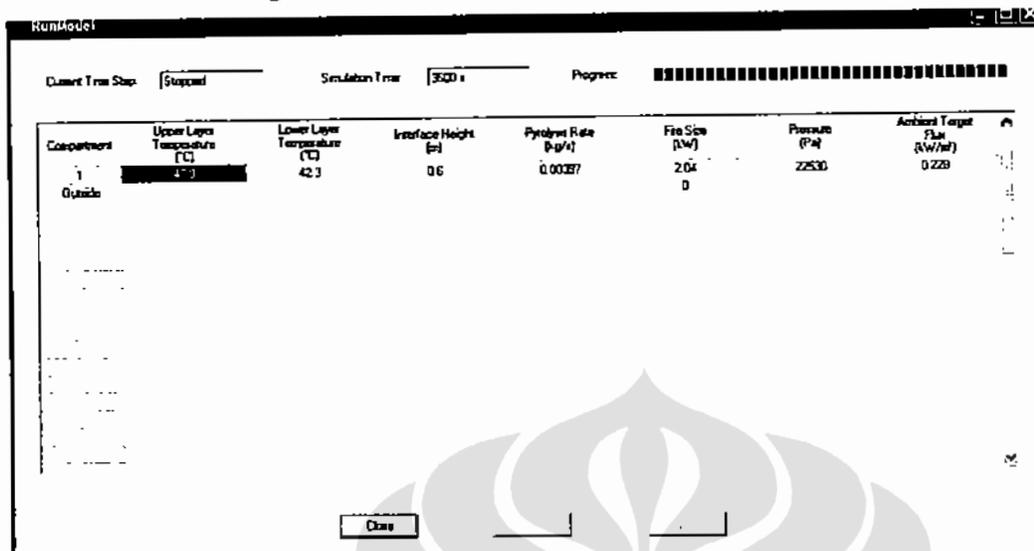
Gambar 4.19. input untuk Fires pada ruang food court

Posisi material terbakar pada ruang food court adalah sebagai berikut



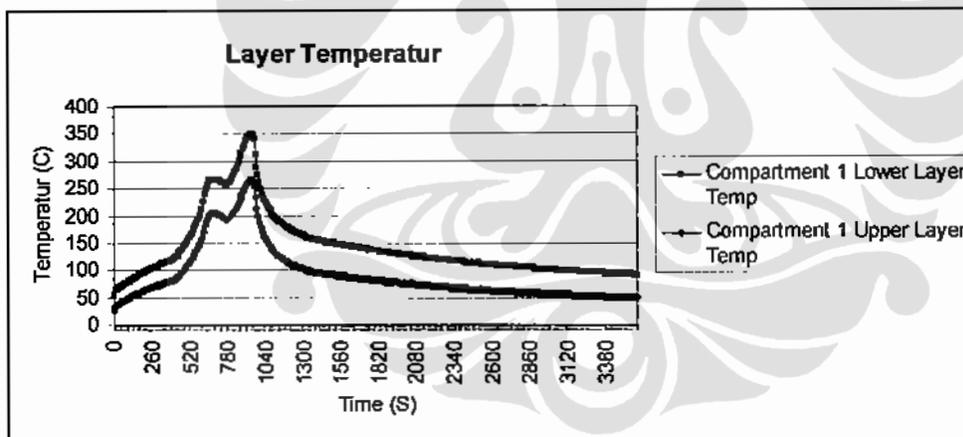
Gambar 4.20. Posisi Titik api pada ruang food court

Hasil dari Running data adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 21. Hasil Run dari Program CFAST pada ruang food court

Dari hasil simulasi data – data tersebut akan dihasilkan tabel dan grafik serta hasil gambar gerak. Gambar berikut adalah grafik yang dihasilkan:

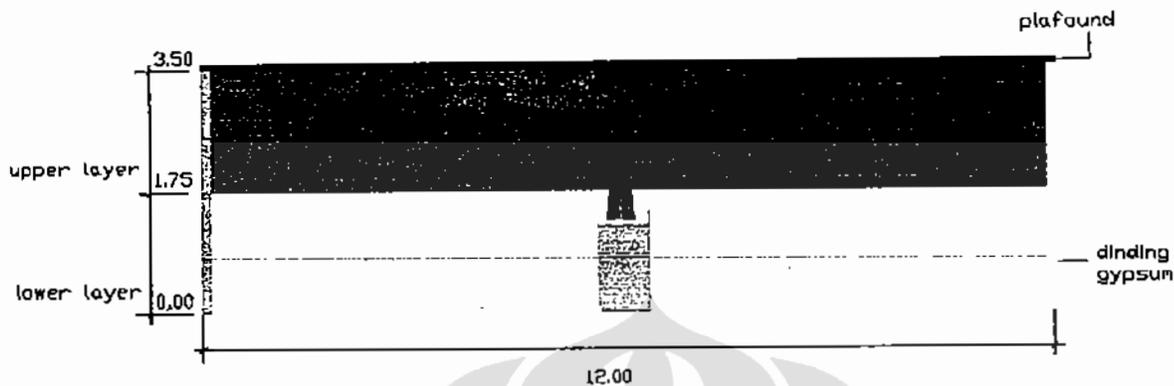


Gambar 4.22. Grafik Layer temperatur dari simulasi ruang food court ukuran 4 x 12 m

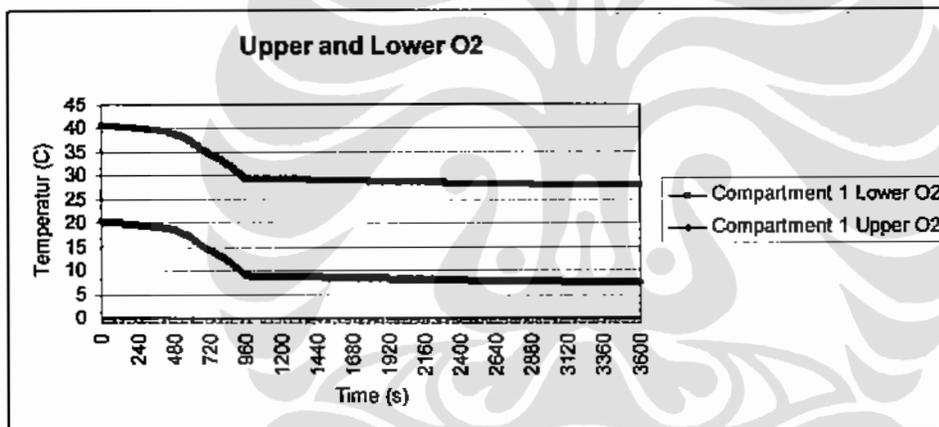
Gambar 4.22. merupakan grafik *layer temperature* yang dihasilkan dari hasil simulasi simulasi ruang food court ukuran 4 x 12 meter dengan ketinggian langit – langit 3.25 meter. Grafik ini menunjukkan bahwa dari detik ke-0 temperatur udara di lapisan atas meningkat dari 27°C menjadi 200°C dalam ± 650 detik. Setelah meningkat drastis temperatur udara turun kembali secara perlahan dimulai pada detik ke-650 sampai detik ke-780 dengan temperature 190°C. Pada detik ke 780 mengalami kenaikan lagi detik ke-960 mencapai temperature 270°C, selanjutnya mengalami penurunan temperature sampai akhir simulasi dengan temperature terakhir ± 48°C. Layer temperatur pada suatu ruangan adalah perbedaan temperatur

Keselamatan bangunan pusat..., Tri Endangsih, FT-UI, 2008

berdasarkan tinggi ruang. Dari hasil simulasi layer tersebut terlihat pada gambar potongan ruang seperti dibawah ini:

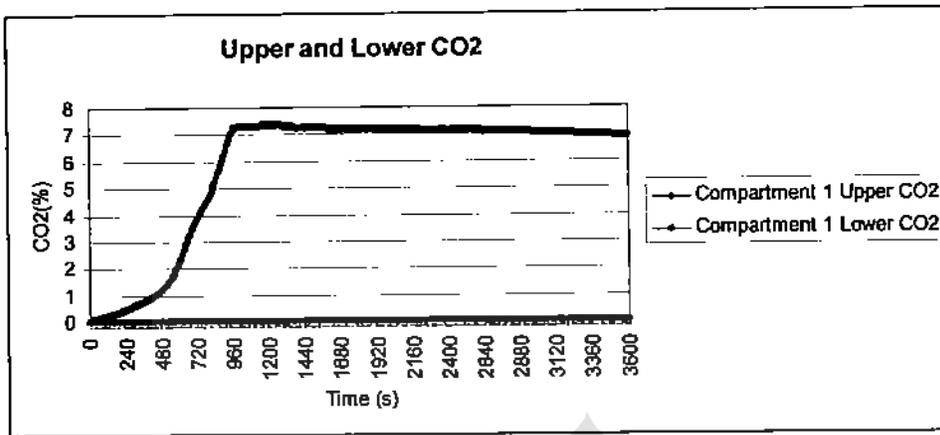


Gambar 4.23. Layer Temperatur pada ruang food court



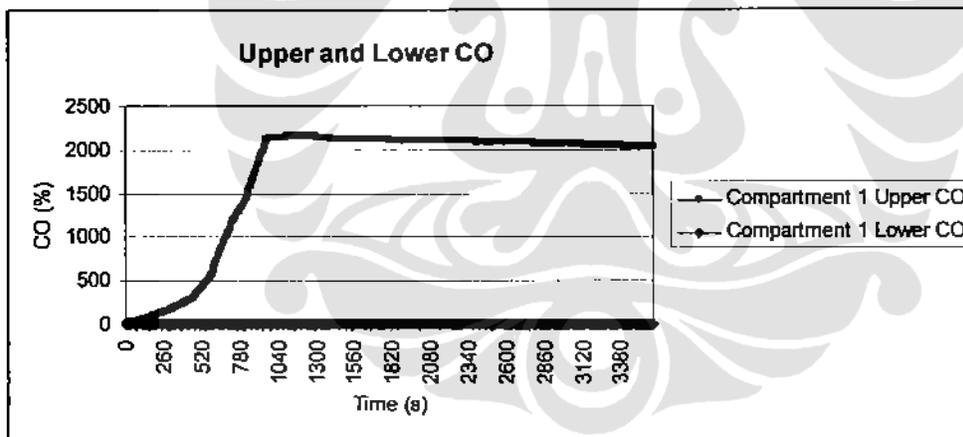
Gambar 4.24. Grafik gas O<sub>2</sub> dari hasil simulasi ruang food court ukuran 4 x 12 m

Gambar 4.24. merupakan grafik perubahan gas O<sub>2</sub> pada simulasi ruang food court ukuran 4 x 12 meter. Gas O<sub>2</sub> pada lapisan atas berkurang dimulai pada detik ke-0 sampai detik ke-960 dengan kadar O<sub>2</sub> ± 8% dan menurun sampai detik ke 3600, pada detik tersebut kadar O<sub>2</sub> di udara = < 7%. Pada kadar udara tersebut manusia mengalami pingsan (ASHRAE, Suprpto, 1994). Kondisi tersebut mengurangi kemampuan untuk menyelamatkan diri.



Gambar 4.25. Grafik gas CO<sub>2</sub> dari hasil simulasi ruang food court ukuran 4 x 12 m

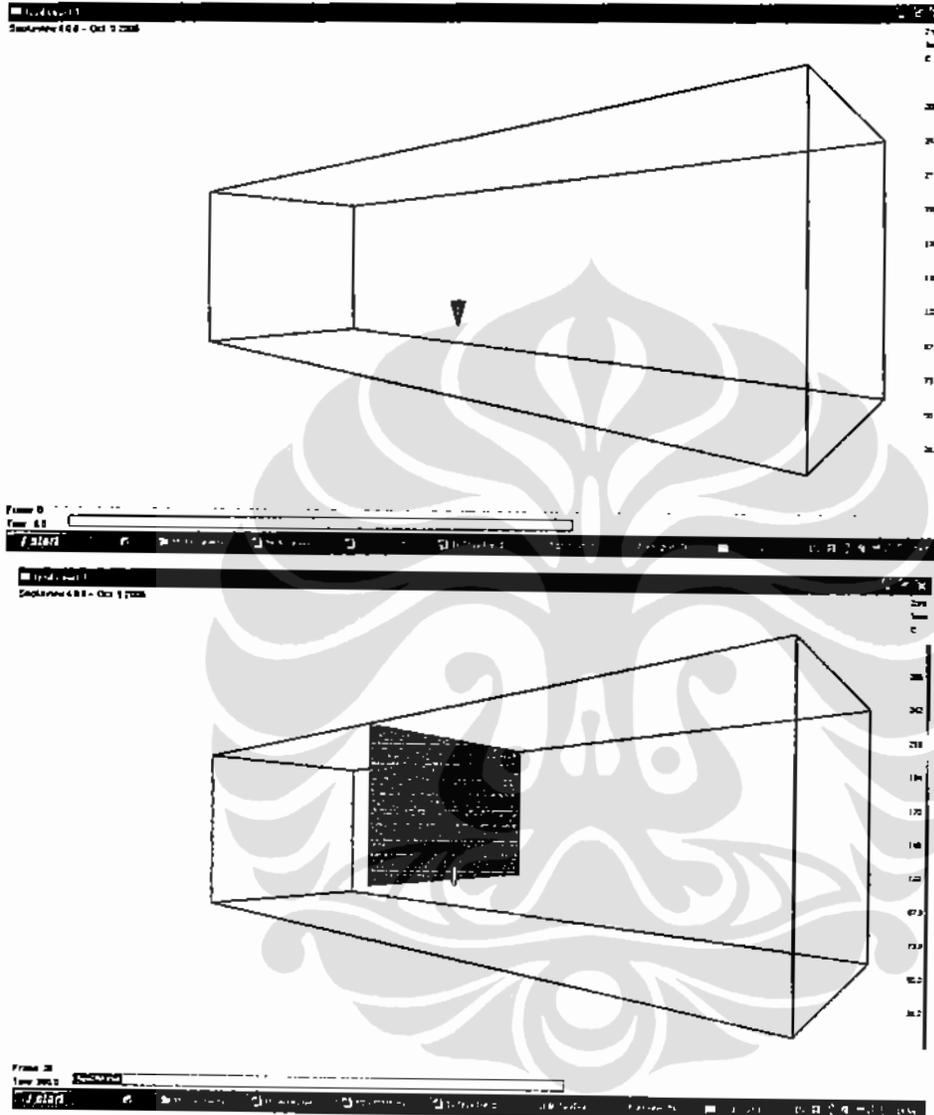
Gambar 4.25. merupakan grafik perubahan gas CO<sub>2</sub> yang terjadi pada simulasi food court ukuran 4 x 12 meter. Kadar CO<sub>2</sub> yang terjadi di dalam ruangan masih berada di ambang batas Toleransi yaitu antara 7 s/d 9%, tetapi kadar CO<sub>2</sub> ini perlu diwaspadai karena walaupun dalam kadar yang rendah gas CO<sub>2</sub> tetap dapat membahayakan penghuni.

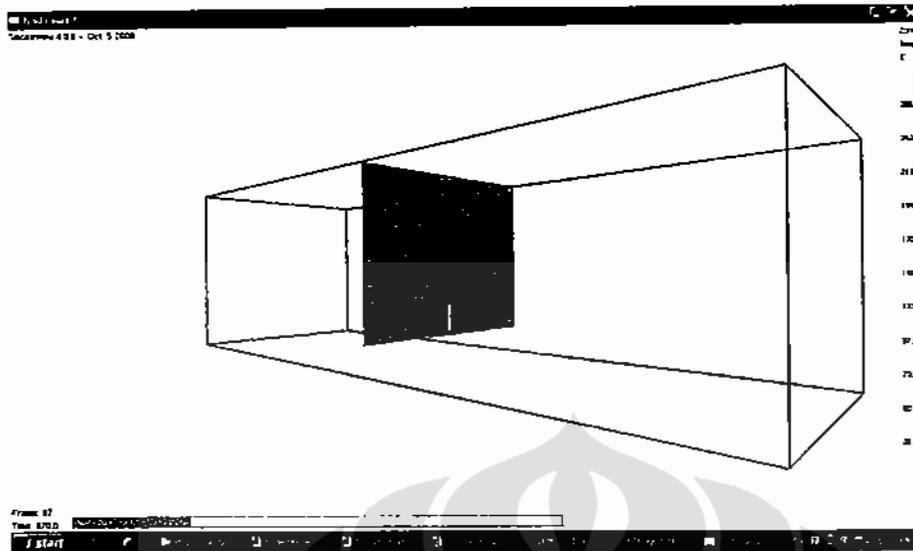


Gambar 4.26. Grafik gas CO dari hasil simulasi ruang food court ukuran 4 x 12 m

Gas CO merupakan gas yang berbahaya bagi penghuni walaupun tingkat paparannya rendah, dalam grafik 4.10 dapat dilihat bahwa kadar CO di lapisan atas telah jauh melebihi nilai ambang batas ( $\pm 2,15\%$ ). Kadar CO di lapisan atas mulai meningkat dari detik ke 0 sampai detik ke-910, setelah detik ke-910 kadar CO di udara menurun sampai  $\pm 2\%$ . Kandungan CO pada kadar tersebut bisa membuat manusia mengalami pingsan dan mati dalam 1-2 menit.

Perubahan suhu ruangan dapat diperhatikan pada gambar berikut yang memberikan gambaran kejadian kebakaran pada food court ini dengan waktu simulasi selama 3600 detik dalam interval output selama 10 detik.





Gambar 4.27. gambar tiga dimensi hasil simulasi CFAST pada ruang food court

#### 4.3.2.2. Perhitungan Waktu Evakuasi Pada Ruang Food Court



Gambar 4.28. Denah Jalur Evakuasi Lt.5

#### Keterangan:

→ Jalur evakuasi

Panjang ruang  $L_r = 12 \text{ m}$

Lebar ruang  $W_r = 4 \text{ m}$

Jarak terpanjang ruang tangga  $L_s = 9,7 \text{ m}$

Luas lantai  $A_r = L_r \times W_r$   
 $= 12 \times 4$   
 $= 48 \text{ m}^2$

Ruang gerak manusia  $D_o = 0.5 \text{ orang/m}^2$  ( diambil dari tabel

Kepadatan penghuni bangunan)

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah orang} \quad N_o &= A_f \times D_o \\
 &= 48 \times 0,5 \\
 &= 24 \text{ orang} \\
 K_f \text{ faktor} \quad K_f &= 84 \\
 \text{Kecepatan berjalan} \quad S &= K_f \times (1 - 0.266 D_o) \\
 &= 84 \times (1 - 0.266 \times 0.5) \\
 &= \mathbf{72.82 \text{ m/menit}}
 \end{aligned}$$

Jarak rute keluar paling jauh dari pintu exit  $L_f = 40 \text{ m}$ 

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang waktu tunggu} \quad T_r &= L_f / S \\
 &= 40\text{m} / 72.82 \\
 &= 0.55 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Awal evakuasi  $t_d + t_o + t_a + t_i = \mathbf{1.9 \text{ menit}}$ 

(waktu orang pertama yang mencapai mulut tangga)

Waktu yang diperlukan sampai orang terakhir mencapai mulut tangga

$$\begin{aligned}
 t_{ev} &= t_d + t_a + t_o + t_i + t_r \\
 &= 1.9 + 0.55 \\
 &= \mathbf{2,45 \text{ menit}}
 \end{aligned}$$

Untuk mencapai tangga, prediksi waktu yang diperlukan untuk setiap orang dengan kecepatan berjalan menuju pintu tangga dan asumsi waktu terbanyak untuk menemukan ruang luar.

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar tangga} \quad W &= 1,6 \text{ m} \\
 \text{Lebar boundary layer } B &= 0,05 \text{ m} \\
 \text{Lebar efektif} \quad W_e &= W - 2 B = 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Arus spesifik menuju mulut tangga

$$\begin{aligned}
 F_s &= S D_o \\
 &= 72.82 \times 0.5 \\
 &= 36.41 \text{ orang/menit/meter} \sim \\
 &= \mathbf{37 \text{ orang/menit/meter}}
 \end{aligned}$$

Arus sebenarnya menuju mulut tangga

$$\begin{aligned}
 F_a &= F_s \times W_e \\
 &= 37 \times 1,5 \\
 &= \mathbf{55,5 \text{ orang/menit}}
 \end{aligned}$$

Waktu antri untuk keluar mulut tangga

$$\begin{aligned}
 t_q &= N/F_a \\
 &= 24 / 55,5 \\
 &= \mathbf{0,432 \text{ menit}}
 \end{aligned}$$

Waktu untuk keluar adalah 0,43 menit , sedangkan untuk waktu evakuasi:

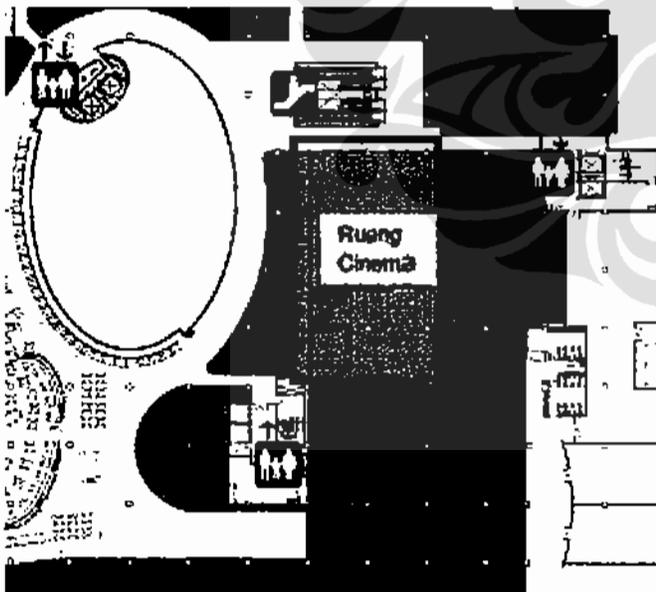
$$\begin{aligned}
 t_{ev} &= t_d + t_o + t_i + t_q \\
 t_{ev} &= 1,9 + 0,432 \\
 &= \mathbf{2,33 \text{ menit}}
 \end{aligned}$$

Batas Penyelamatan  $t_s = 2,33 \text{ menit}$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu yang direncanakan untuk keluar } t_d &= t_{ev} + t_s \\
 &= 2,44 + 2,33 \\
 &= \mathbf{4,77 \text{ menit}}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan waktu evakuasi untuk ruang Dapur food court adalah 4,77 menit, selanjutnya dibandingkan dengan hasil analisis berdasarkan teori bahwa evakuasi harus dilakukan sampai saat kadar CO melampaui ambang batas yaitu . Dari hasil simulasi kadar CO naik pada detik ke – 300 (5 menit), sehingga waktu untuk evakuasi belum melampaui ambang batas kadar CO.

#### 4.3.3.1. Kejadian kebakaran pada Ruang Cinemplex XXI



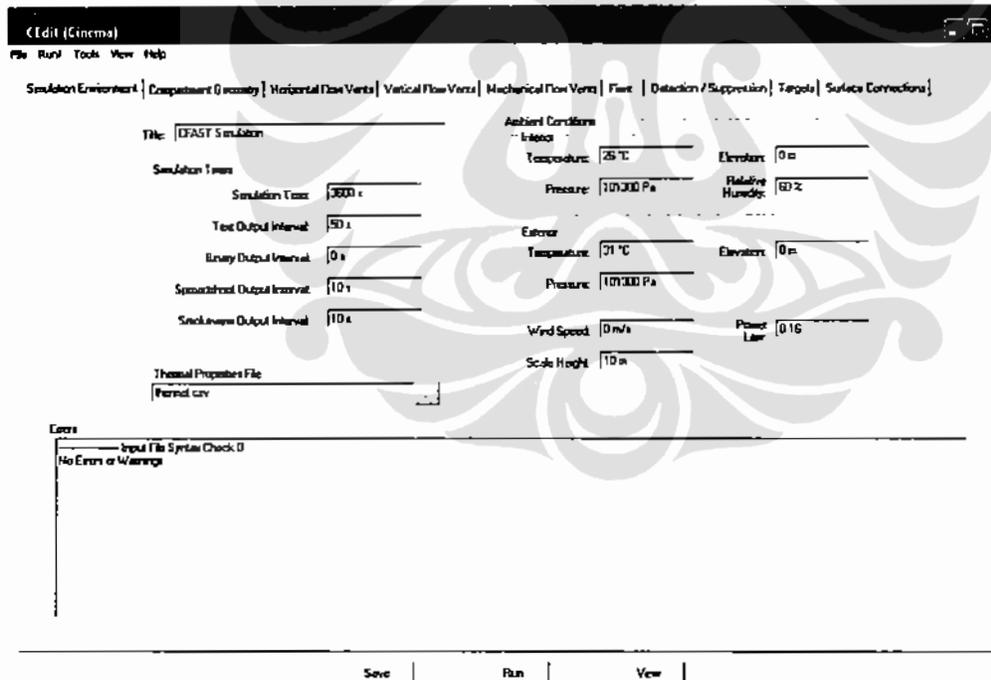
Tabel berikut adalah tabel data yang digunakan dalam melakukan simulasi pada ruang Cinemplex XXI berukuran 16x 20 x 5m

Tabel 4.11. Data yang digunakan dalam simulasi ruang

DATA-DATA YANG DIGUNAKAN DALAM SIMULASI	
ukuran ruangan (m)	16m x 20m
temperatur ruangan (°C)	26°C
temperatur di luar ruangan (°C)	31°C
tekanan (Pa)	101300
kelembaban relatif (%)	60%
bahan bangunan	langit-langit: gypsum board; lantai: Granit; dinding: Akustik
sumber api	karpas

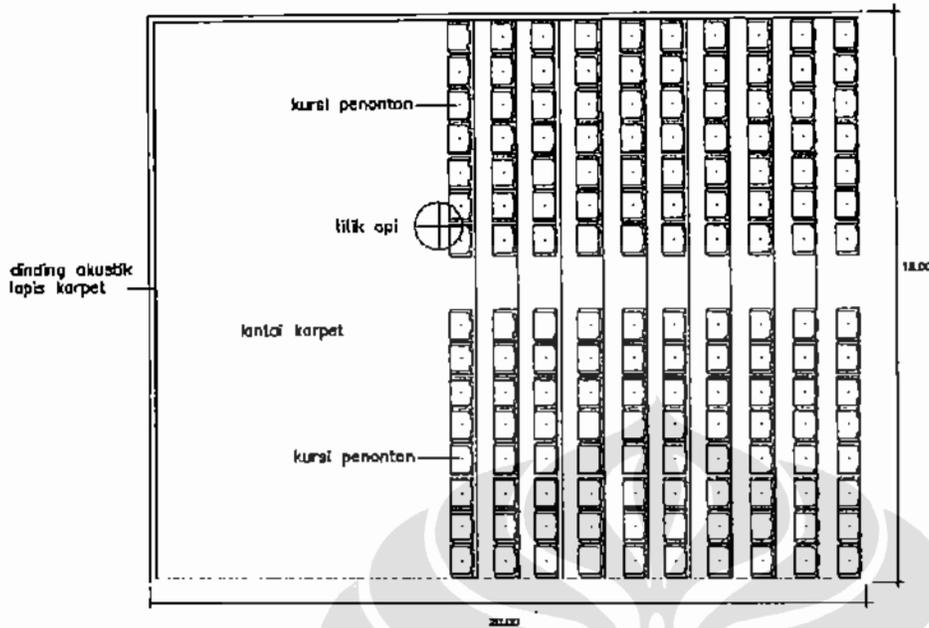
Tahapan pengerjaan program CFAST adalah sebagai berikut:

1. Memasukan data pada Simulation Environment yaitu dengan memasukan data antara lain Waktu simulasi, Temperatur dan kelembaban udara didalam ruangan. Hasil pengisian seperti tampilan di bawah ini:

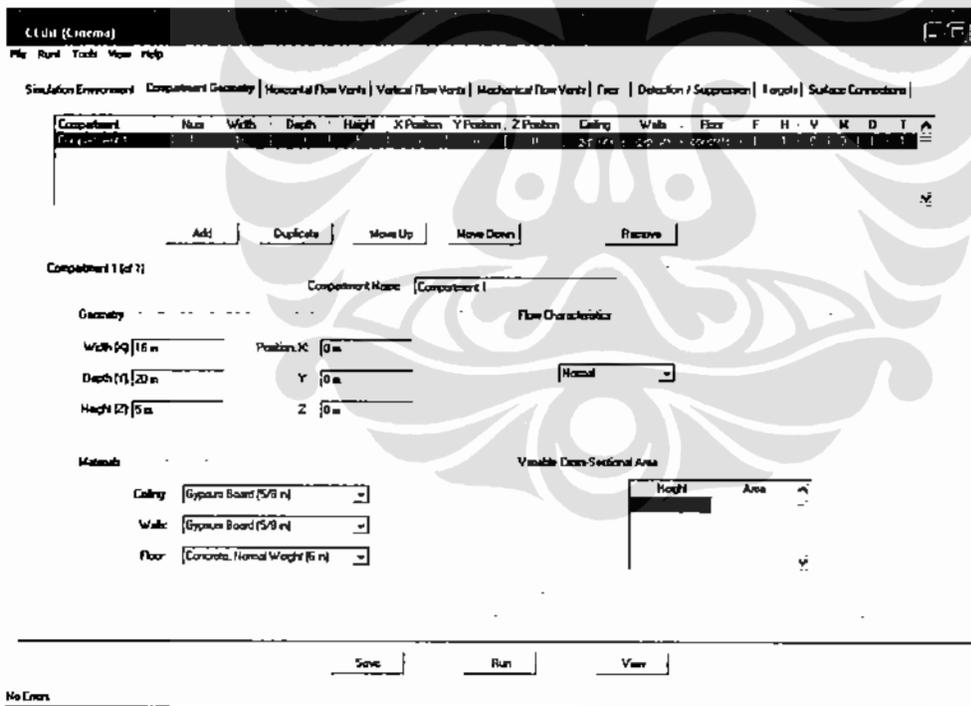


No Errors

Gambar 4. 29. input untuk *simulation environment* kejadian kebakaran pada ruang Cinemaplex XXI



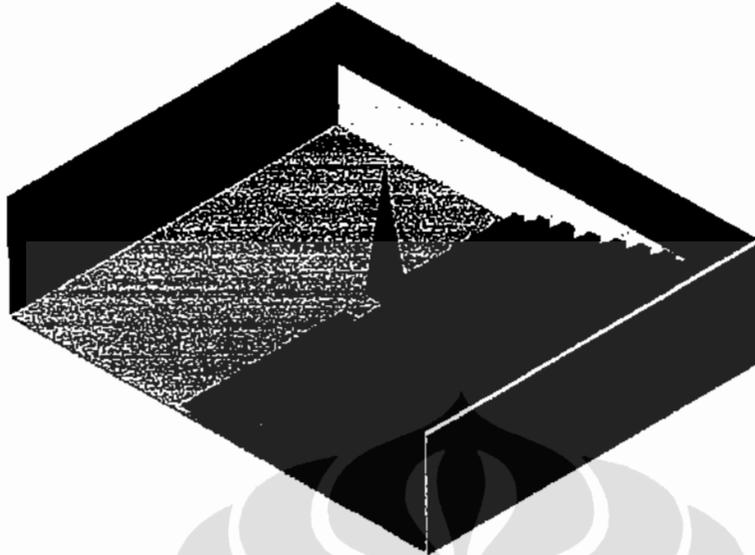
Gambar 4.30. Denah ruang Cinemaplex XXI  
Tampilan yang didapat adalah seperti dibawah ini:



Gambar 4. 31. input untuk *compartment geometry* pada ruang Cinemaplex XXI

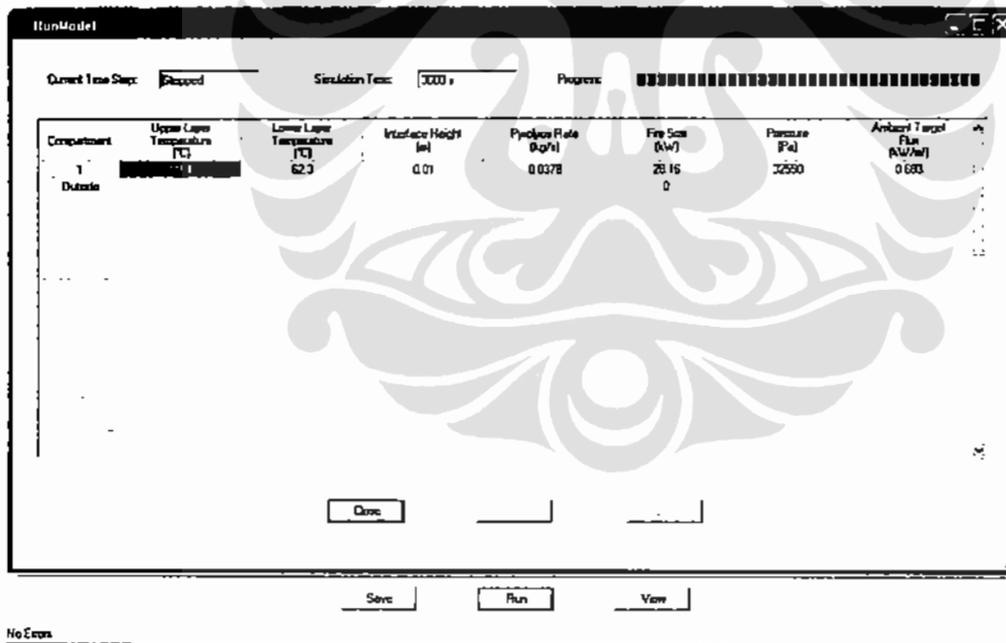
3. Mengisi data mengenai sumber kebakaran (posisi, material ) untuk mendapatkan *Heat Release Rate* dari benda yang terbakar. Tampilan pada kolom ini adalah seagai berikut:





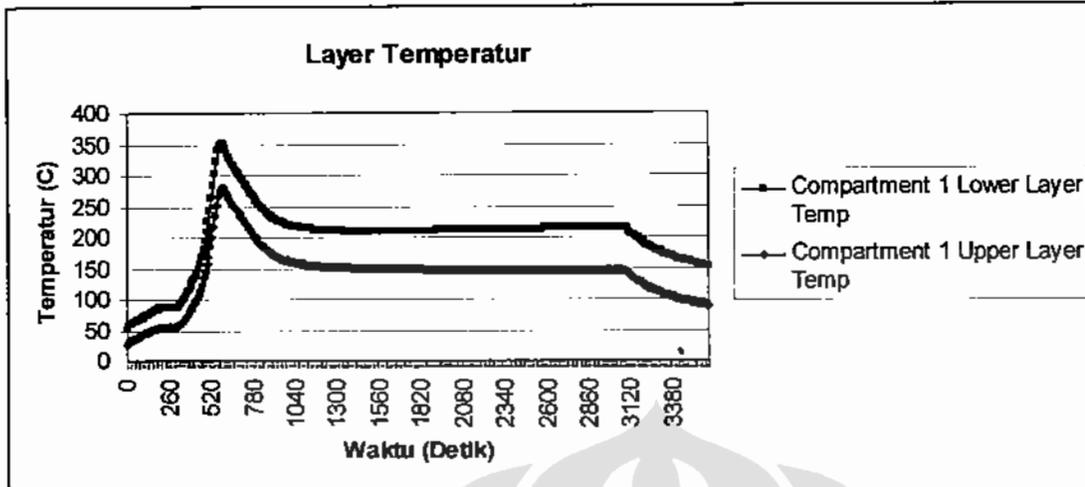
Gambar 4.33. Posisi Titik api pada Ruang Cinemaplex XXI

Hasil dari Running data adalah sebagai berikut:



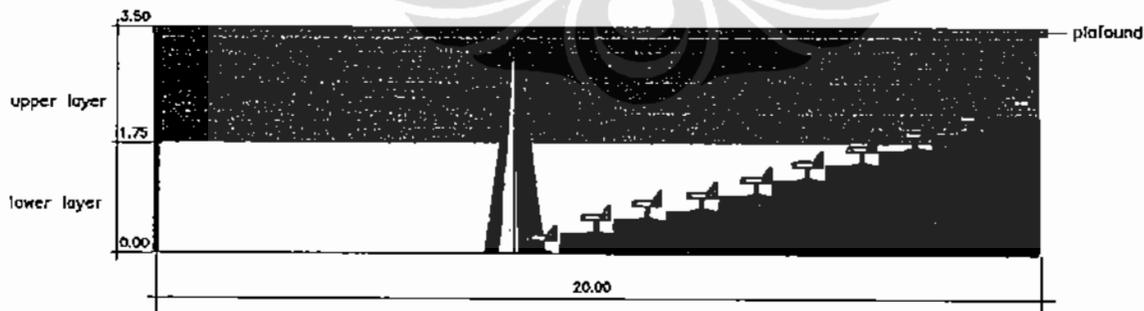
Gambar 4.34. Hasil run program CFAST pada Ruang Cinemaplex XXI

Dari hasil simulasi data – data tersebut akan dihasilkan tabel dan grafik serta hasil gambar gerak. Gambar berikut adalah grafik yang dihasilkan:

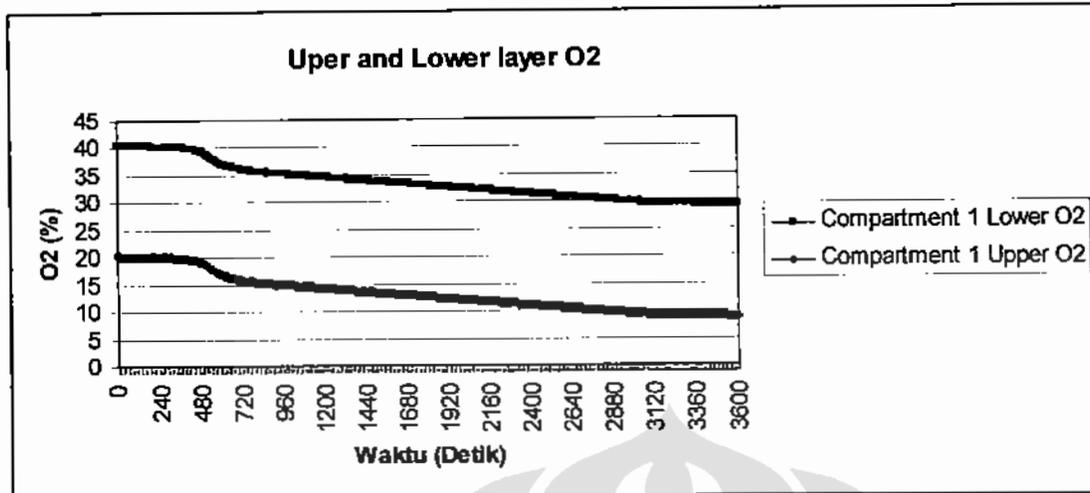


Gambar 4.35. Grafik Layer Temperatur dari simulasi ruang cinemplex ukuran 16 x 20m

Gambar 4.35. merupakan grafik *layer temperature* yang dihasilkan dari hasil simulasi ruang ruang cinemplex ukuran 16 x 20 dengan ketinggian langit – langit 5 meter. Grafik ini menunjukkan bahwa pada detik ke-260 temperatur udara di lapisan atas meningkat dari 30°C menjadi 275°C hanya dalam ± 610 detik. Setelah temperatur meningkat kemudian Temperatur udara turun kembali secara perlahan dimulai pada detik ke-1040 stabil sampai detik ke 3120 dengan temperatur ± 150°C. Untuk selanjutnya berangsur turun sampai akhir waktu simulasi. Penurunan temperatur udara ini mulai dari ± 150°C sampai menjadi ± 90°C. . Layer temperatur pada suatu ruangan adalah perbedaan temperatur berdasarkan tinggi ruang. Dari hasil simulasi layer tersebut terlihat pada gambar potongan ruang seperti dibawah ini:

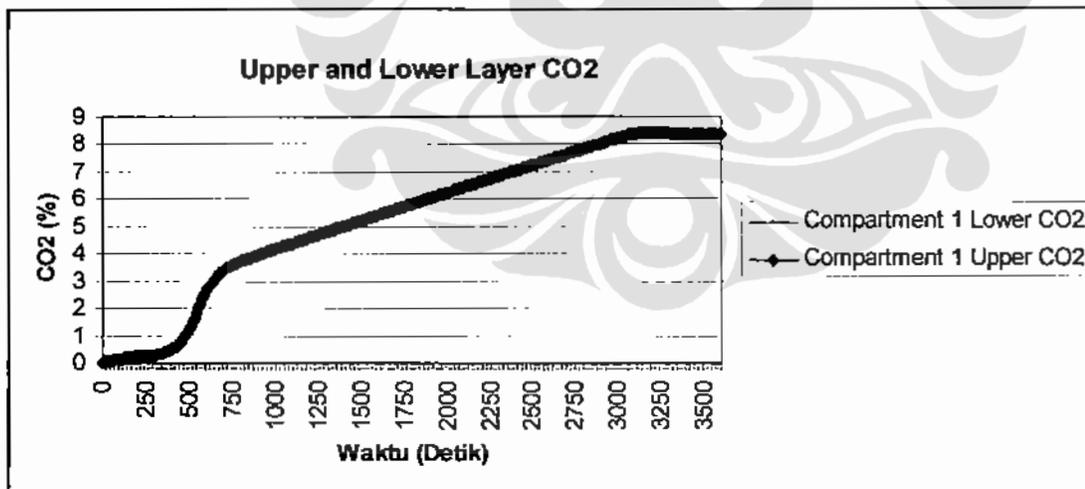


Gambar 4.36. Layer Temperatur pada Ruang Cinemplex XXI



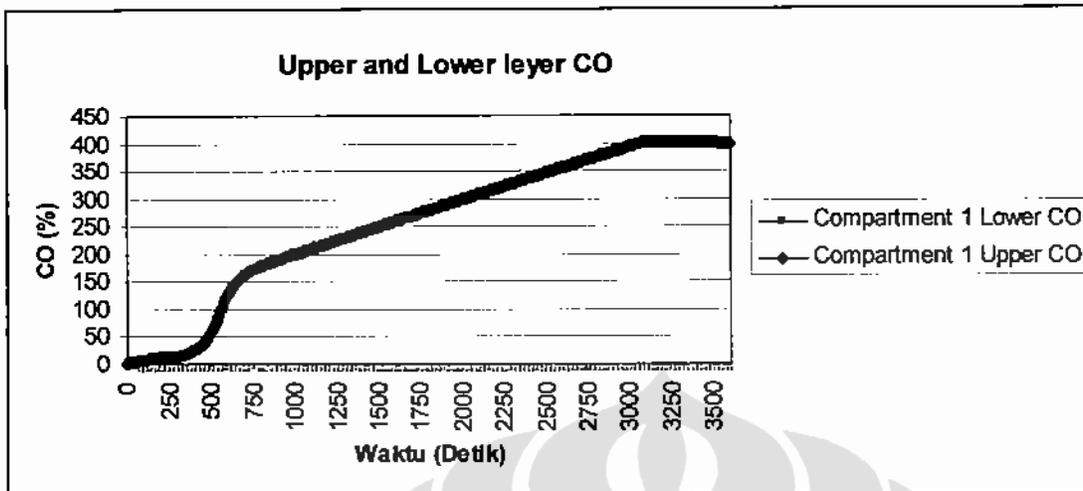
Gambar 4.37. Grafik gas  $O_2$  dari hasil simulasi ruang cinemaplex ukuran 16 x 20m

Gambar 4.37. merupakan grafik perubahan gas  $O_2$  pada simulasi ruang cinemaplex ukuran 16 x 20. Gas  $O_2$  pada lapisan atas berkurang dimulai pada detik ke-0 sampai detik ke-960 dengan kadar  $O_2 \pm 20\%$  dan menurun sampai detik ke 3600, pada detik tersebut kadar  $O_2$  di udara = < 9%. Pada kadar udara tersebut manusia mengalami pingsan (ASHRAE, Suprpto, 1994). Kondisi tersebut mengurangi kemampuan untuk menyelamatkan diri.



Gambar 4.38. Grafik gas  $CO_2$  dari hasil simulasi ruang cinemaplex ukuran 16 x 20m

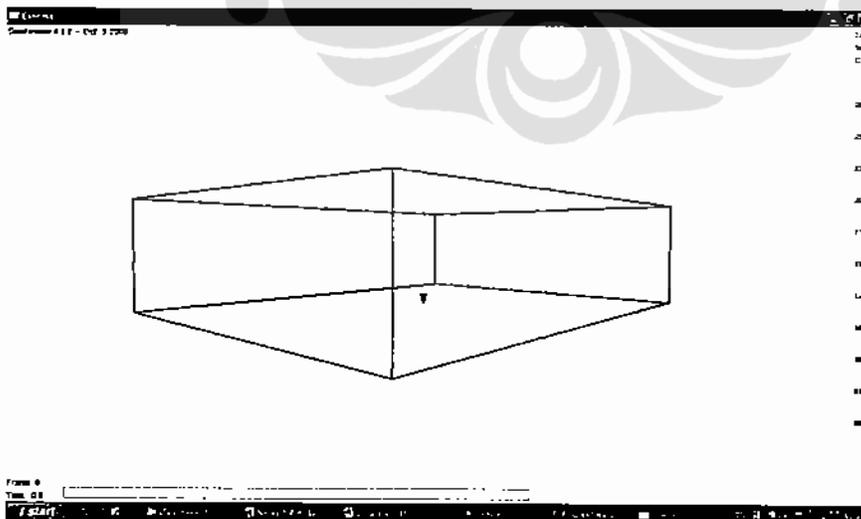
Gambar 4.38. merupakan grafik perubahan gas  $CO_2$  yang terjadi pada simulasi ruang cinemaplex ukuran 16 x 20. Kadar  $CO_2$  yang terjadi di dalam ruangan masih berada di ambang batas Toleransi yaitu antara 7 s/d 9%, tetapi kadar  $CO_2$  ini perlu diwaspadai karena walaupun dalam kadar yang rendah gas  $CO_2$  tetap dapat membahayakan penghuni.

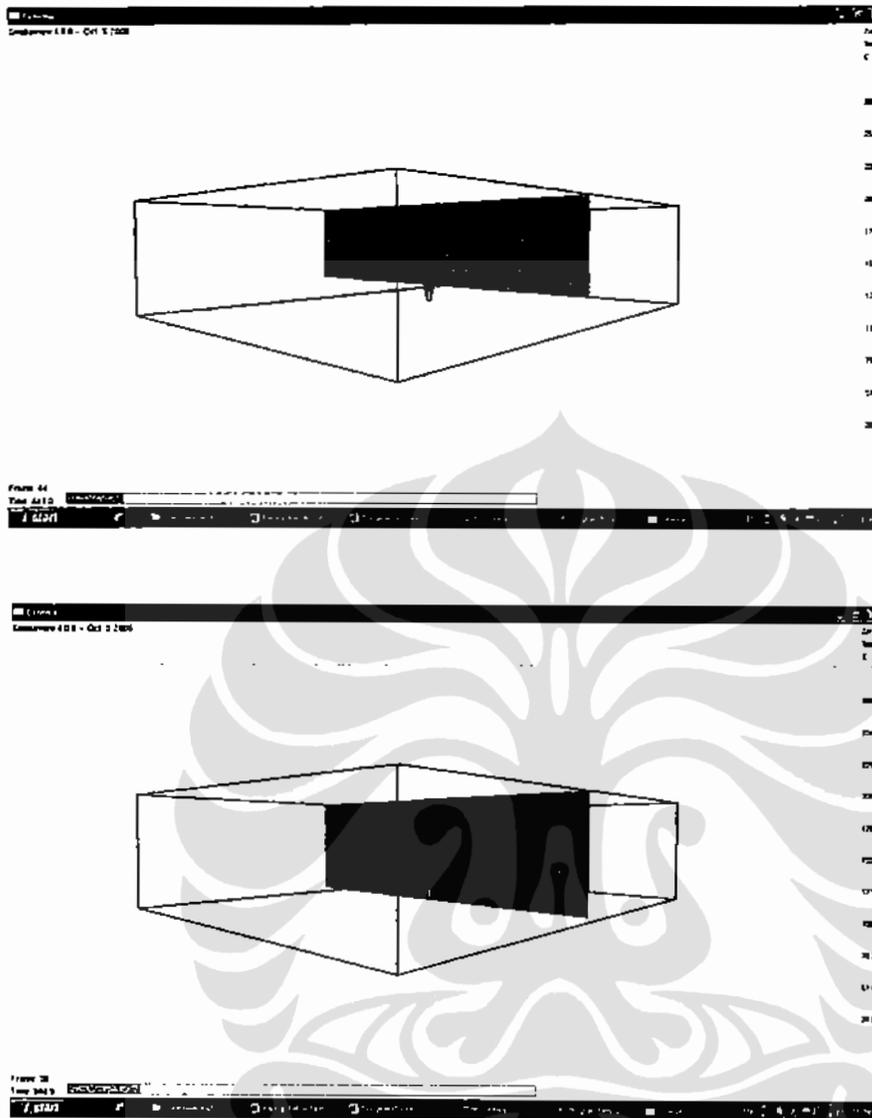


Gambar 4.39. Grafik gas CO dari hasil simulasi ruang cinemaplex ukuran 16 x 20m

Gas CO merupakan gas yang berbahaya bagi penghuni walaupun tingkat paparannya rendah, dalam grafik 4.14 dapat dilihat bahwa kadar CO di lapisan atas telah jauh melebihi nilai ambang batas ( $\pm 4\%$ ). Kadar CO di lapisan atas mulai meningkat dari detik ke 0 sampai detik ke-3600. Kandungan CO pada kadar tersebut bisa membuat manusia mengalami pingsan dan mati dalam 1-2 menit.

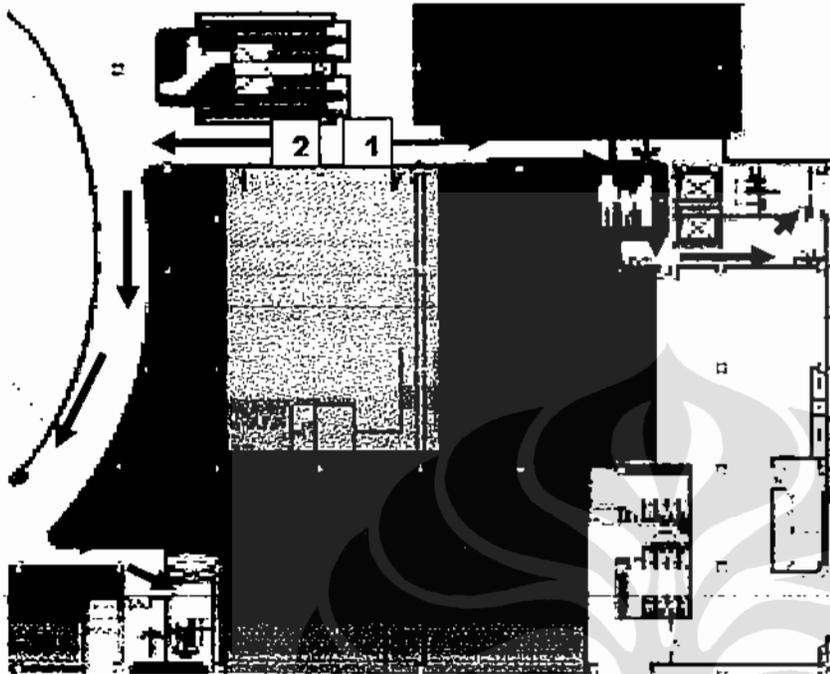
Perubahan suhu ruangan dapat diperhatikan pada gambar berikut yang memberikan gambaran kejadian kebakaran pada cinemaplex ini dengan waktu simulasi selama 3600 detik dalam interval output selama 10 detik.





Gambar 4.40. gambar tiga dimensi hasil simulasi CFAST pada ruang Cinemaplex XXI

## 4.3.3.2. Perhitungan Waktu Evakuasi Pada Ruang Cinemaplex XXI



Gambar 4. 41. Denah evakuasi Cinemaplex XXI

Keterangan:

1 → = Jalur evakuasi Alternatif 1 (jarak 35m)

← 2 = Jalur evakuasi Alternatif 2 (jarak 44m)

Panjang ruang  $L_r = 20 \text{ m}$

Lebar ruang  $W_r = 16 \text{ m}$

Jarak terpanjang ruang tangga  $L_s = 9,7 \text{ m}$

Luas lantai  $A_r = L_r \times W_r$   
 $= 20 \times 16$   
 $= 320 \text{ m}^2$

Ruang gerak manusia  $D_o = 0.5 \text{ orang/m}^2$  ( diambil dari tabel  
 Kepadatan penghuni bangunan)

Jumlah orang  $N_o = A_r \times D_o$   
 $= 320 \times 0,5$   
 $= 160 \text{ orang}$

$K_t$  faktor  $K_t = 84$

Kecepatan berjalan  $S = K_t \times (1 - 0.266 D_o)$   
 $= 84 \times (1 - 0.266 \times 0.5)$   
 $= 72.82 \text{ m/menit}$

Jarak rute keluar paling jauh dari pintu exit  $L_t = 44 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \text{Panjang waktu tunggu } T_r &= L_t/S \\ &= 44\text{m}/72.82 \\ &= 0.604 \text{ menit} \end{aligned}$$

Awal evakuasi  $t_d + t_o + t_a + t_i = 1.9 \text{ menit}$

(waktu orang pertama yang  
mencapai mulut tangga)

Waktu yang diperlukan sampai orang terakhir mencapai mulut tangga

$$\begin{aligned} t_{ev} &= t_d + t_a + t_o + t_i + t_r \\ &= 1.9 + 0.604 \\ &= 2,504 \text{ menit} \end{aligned}$$

Untuk mencapai tangga, prediksi waktu yang diperlukan untuk setiap orang dengan kecepatan berjalan menuju pintu tangga dan asumsi waktu terbanyak untuk menemukan ruang luar.

$$\begin{aligned} \text{Lebar tangga } W &= 1,6 \text{ m} \\ \text{Lebar boundary layer } B &= 0,05 \text{ m} \\ \text{Lebar efektif } W_e &= W - 2 B = 1,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Arus spesifik menuju mulut tangga

$$\begin{aligned} F_s &= SD_o \\ &= 72.82 \times 0.5 \\ &= 36.41 \text{ orang/menit/meter} \sim \\ &= \mathbf{37 \text{ orang/menit/meter}} \end{aligned}$$

Arus sebenarnya menuju mulut tangga

$$\begin{aligned} F_a &= F_s \times W_e \\ &= 37 \times 1,5 \\ &= \mathbf{55,5 \text{ orang/menit}} \end{aligned}$$

Waktu antri untuk keluar mulut tangga

$$\begin{aligned} t_q &= N/F_a \\ &= 160 / 55,5 \\ &= \mathbf{2,88 \text{ menit}} \end{aligned}$$

Waktu untuk keluar adalah 0,43 menit, sedangkan untuk waktu evakuasi:

$$\begin{aligned}
 t_{ev} &= t_d + t_o + t_i + t_q \\
 t_{ev} &= 1,9 + 2,88 \\
 &= 4,78 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Batas Penyelamatan  $t_s = 4,78$  menit

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu yang direncanakan untuk keluar } t_d &= t_{ev} + t_s \\
 &= 4,78 + 4,78 \\
 &= \mathbf{9,56 \text{ menit}}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan waktu evakuasi untuk ruang Cinemaplex XXI adalah 9,56 menit, selanjutnya dibandingkan dengan hasil analisis berdasarkan teori bahwa evakuasi harus dilakukan sebelum peristiwa flashover. Dari hasil simulasi kadar CO mengalami peningkatan pada detik ke – 520 (8,66 menit), sehingga waktu untuk evakuasi melebihi batas (berbahaya), hal ini bisa mengakibatkan kematian pada penghuni karena menghirup CO yang sangat tinggi.

#### 4.3.4.1. Perhitungan waktu evakuasi berdasarkan jumlah tangga darurat

Jarak terpanjang ruang tangga  $L_s = 9,7$  m

Luas lantai  $A_f = 11829$  m<sup>2</sup>

Luas lantai efektif yang bisa dimanfaatkan pengunjung adalah 60% karena yang 40% adalah area service. Sehingga luasnya adalah 7097,4 m<sup>2</sup>

Ruang gerak manusia  $D_o = 3,4$  m<sup>2</sup> /perorang ( diambil dari tabel Kepadatan penghuni bangunan)

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas lantai tipikal (5) } N_o &= A_f \times D_o \\
 &= 7097,4 \text{ m}^2 : 3,4 \\
 &= 2087 \text{ orang}
 \end{aligned}$$

Kemudian jumlah pengunjung diasumsikan hanya 25 % yaitu 417 orang

$K_1$  faktor  $K_1 = 84$

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan berjalan } S &= K_1 \times (1 - 0.266) \\
 &= 84 \times (1 - 0.266) \\
 &= \mathbf{22,34 \text{ m/menit}}
 \end{aligned}$$

Jumlah exit  $= 5$  m

1. Panjang waktu tunggu untuk 5 pintu exit yang bisa dimanfaatkan

$$\begin{aligned}
 T_r &= (\text{Jumlah penghuni} : S) : \text{jumlah exit} \\
 &= (417 : 22,34) \times 5 \\
 &= \mathbf{3,733 \text{ menit}}
 \end{aligned}$$

waktu evakuasi:

$$\begin{aligned} t_{ev} &= t_d + t_o + t_i + t_q \\ t_{ev} &= 1,9 + 3,733 \\ &= 5,633 \text{ menit} \end{aligned}$$

Batas Penyelamatan  $t_s = 5,633$  menit

$$\begin{aligned} \text{Waktu yang direncanakan untuk keluar } t_d &= t_{ev} + t_s \\ &= 5,633 + 5,633 \\ &= \mathbf{11,266 \text{ menit}} \end{aligned}$$

2. Panjang waktu tunggu untuk 4 pintu exit yang bisa dimanfaatkan

$$\begin{aligned} Tr &= (\text{Jumlah penghuni} : S) : \text{jumlah exit} \\ &= (417 : 22,34) : 4 \\ &= 4,666 \text{ menit} \end{aligned}$$

waktu evakuasi:

$$\begin{aligned} t_{ev} &= t_d + t_o + t_i + t_q \\ t_{ev} &= 1,9 + 4,666 \\ &= 6,566 \text{ menit} \end{aligned}$$

Batas Penyelamatan  $t_s = 6,566$  menit

$$\begin{aligned} \text{Waktu yang direncanakan untuk keluar } t_d &= t_{ev} + t_s \\ &= 6,566 + 6,566 \\ &= \mathbf{13,132 \text{ menit}} \end{aligned}$$

3. Panjang waktu tunggu untuk 3 pintu exit yang bisa dimanfaatkan

$$\begin{aligned} Tr &= (\text{Jumlah penghuni} : S) : \text{jumlah exit} \\ &= (417 : 22,34) : 3 \\ &= 6,22 \text{ menit} \end{aligned}$$

waktu evakuasi:

$$\begin{aligned} t_{ev} &= t_d + t_o + t_i + t_q \\ t_{ev} &= 1,9 + 6,22 \\ &= 8,12 \text{ menit} \end{aligned}$$

Batas Penyelamatan  $t_s = 8,12$  menit

$$\begin{aligned} \text{Waktu yang direncanakan untuk keluar } t_d &= t_{ev} + t_s \\ &= 8,12 + 8,12 \\ &= \mathbf{16,24 \text{ menit}} \end{aligned}$$

## 4. Panjang waktu tunggu untuk 2 pintu exit yang bisa dimanfaatkan

$$\begin{aligned} Tr &= (\text{Jumlah penghuni} : S) : \text{jumlah exit} \\ &= (417 : 22,34) : 2 \\ &= 9,333 \text{ menit} \end{aligned}$$

waktu evakuasi:

$$\begin{aligned} t_{ev} &= t_d + t_o + t_i + t_q \\ t_{ev} &= 1,9 + 9,333 \\ &= 11,23 \text{ menit} \end{aligned}$$

Batas Penyelamatan  $t_s = 11,23$  menit

$$\begin{aligned} \text{Waktu yang direncanakan untuk keluar } t_d &= t_{ev} + t_s \\ &= 11,23 + 11,23 \\ &= 22,466 \text{ menit} \end{aligned}$$

## 5. Panjang waktu tunggu untuk 1 pintu exit yang bisa dimanfaatkan

$$\begin{aligned} Tr &= (\text{Jumlah penghuni} : S) : \text{jumlah exit} \\ &= (417 : 22,34) : 1 \\ &= 18 \text{ menit} \end{aligned}$$

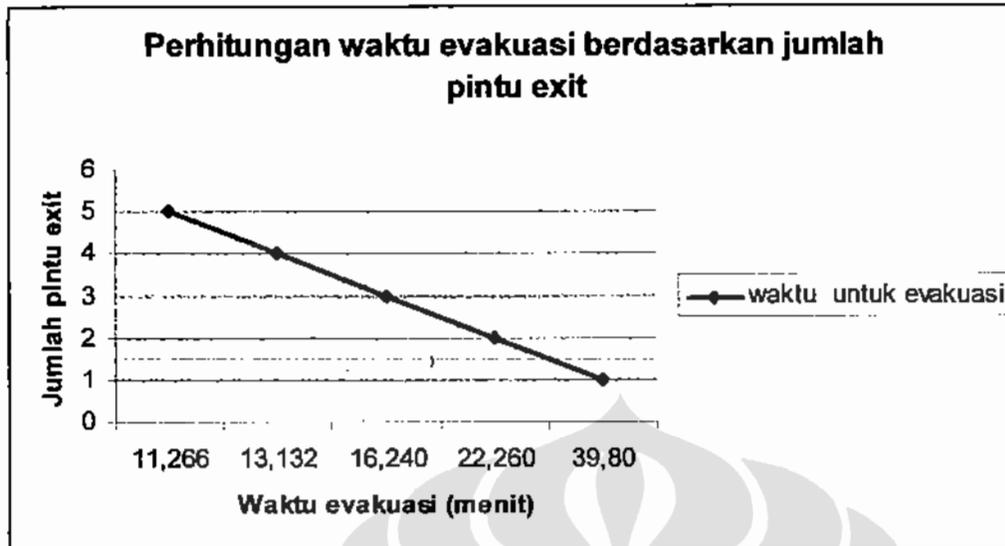
waktu evakuasi:

$$\begin{aligned} t_{ev} &= t_d + t_o + t_i + t_q \\ t_{ev} &= 1,9 + 18 \\ &= 19,9 \text{ menit} \end{aligned}$$

Batas Penyelamatan  $t_s = 19,9$  menit

$$\begin{aligned} \text{Waktu yang direncanakan untuk keluar } t_d &= t_{ev} + t_s \\ &= 19,9 + 19,9 \\ &= 39,8 \text{ menit} \end{aligned}$$

Dari hasil penghitungan waktu evakuasi berdasarkan jumlah pintu exit di dapat grafik seperti dibawah ini:



Gambar 4.42. Grafik hasil perhitungan waktu evakuasi pada lantai 5 berdasarkan jumlah pintu eksit yang dapat dipergunakan

Grafik diatas menjelaskan waktu evakuasi dipengaruhi oleh jumlah penghuni dan jumlah pintu exit yang dapat dimanfaatkan untuk menyelamatkan diri. Hal itu penting untuk di prediksi karena belum tentu semua pintu exit dapat dipergunakan pada saat terjadi kebakaran. Pengurangan pemanfaatan pintu exit dengan alasan faktor keamanan barang yang ada di dalam bangunan.

Kesimpulan hasil simulasi:

Dari tiga rancangan model kebakaran yang dilakukan, yang paling berbahaya adalah kebakaran yang terjadi pada ruang Cinemaplex XXI (Bioskop). Hal itu karena material yang ada didalam ruang hampir seluruhnya dari bahan yang mudah terbakar. Temperatur tertinggi mencapai  $\pm 350$  °C (610 detik), pada suhu tersebut akan mengakibatkan kerusakan fatal berupa kekeringan kulit dalam waktu 30 detik.

Selain itu kandungan gas yang muncul akibat kebakaran tersebut menyebabkan menurunnya kondisi tubuh manusia. Kandungan CO pada kadar 4% bisa membuat manusia mengalami pingsan dan mati dalam 1-2 menit. Kondisi tersebut mengurangi kemampuan penghuni untuk menyelamatkan diri. Dari perhitungan waktu evakuasi pada ruang cinemaplex juga pada kategori berbahaya karena waktu evakuasi melebihi ambang batas yang ditentukan.

#### 4.3.2. Analisis Tingkat Risiko Kematian Dan Terluka

Tabel 4.9. Tingkat risiko kematian dan terluka (Kelompok I)

Elemen	Tingkat risiko	Bobot	Sistem deteksi	Total
1.Tidur	0	3	0.5	0
2.Evakuasi	3	3	0.5	4.5
3.Kepadatan	3	3	0.5	4.5
4.Dibatasai/ditahan	1	3	0.5	1.5
5.Pelemahan	3	2	0.5	3
6.Latihan dan kontrol penghuni	2	1	0.5	1
Total				$14,5 \times 0,75 = 10,875$

##### (1) Tidur

Pada bangunan Senayan City tidak ada aktivitas tidur, kegiatannya berhubungan dengan bisnis/perdagangan sehingga tidak akan ada risiko yang terjadi. Pemakai bangunan dapat keluar dengan segera jika terjadi kebakaran pada bangunan karena memiliki kesadaran (tidak tidur). Oleh karena itu penilaian diberikan nilai (0) tidak berisiko.

##### (2) Evakuasi

Bangunan pusat perbelanjaan Senayan City terdiri dari 7 lantai diatas jalan . hal itu akan mengalami kesulitan untuk evakuasi dari bangunan karena keterbatasan tinggi dari pelayanan pemadaman kebakaran yang dapat diraih dari luar bangunan. Selain itu jalur yang berbelok-belok juga menyebabkan kesulitan evakuasi. Sehingga nilai risiko yang diberikan (3) cukup berisiko.

##### (3) Kepadatan

Risiko terhadap kebakaran meningkat seiring dengan peningkatan kepadatan. Hal ini terjadi karena makin padat penghuni pada suatu bangunan, maka makin besar risiko yang akan terjadi, baik karena kepanikan maupun karena terlalu banyaknya penghuni yang menggunakan jalur evakuasi yang ada. Kepadatan pada Senayan City adalah  $3,4 \text{ m}^2$  sehingga risiko terhadap kebakaran adalah (3) berisiko tinggi.

**(4) Dibatasi/ditahan**

Pada bangunan pusat perbelanjaan Senayan City semua ruang umum untuk perbelanjaan/toko terbuka (tidak terkunci) selama penghuni berada di dalamnya, sehingga hal-hal yang menyebabkan orang untuk tertahan pada suatu ruangan jarang ditemukan. Kejadian seperti yang ditemukan di rumah sakit jiwa atau di penjara, dimana penghuni dalam keadaan terkunci kemungkinan kecil terjadi di pusat perbelanjaan pada beberapa ruang. Hal ini yang mendasari pemberian nilai risiko rendah (1).

**(5) Pelemahan**

Pusat perbelanjaan Senayan City memiliki pengunjung yang berbeda dari segi fisik maupun kemampuan mental dalam menyelamatkan diri pada peristiwa kebakaran. Pengunjung terdiri dari anak-anak, orang tua dan dewasa baik yang normal maupun cacat yang terkadang menggunakan alat bantu berupa kursi roda maupun tongkat. Atas dasar tersebut maka pengunjung dari bangunan ini memiliki kemampuan yang berbeda pula dalam menyelamatkan diri pada peristiwa kebakaran, kebanyakan mereka mengalami pelemahan fisik dan tidak bisa bertahan. Dengan keadaan tersebut, maka akan memberikan risiko yang tinggi terhadap kematian (3).

**(6) Latihan dan kontrol penghuni**

Adanya pelatihan penanggulangan kebakaran, baik bagi penghuni maupun staf yang ada sangat penting dalam usaha menurunkan risiko bagi keselamatan. Adanya manajemen penanggulangan kebakaran pada Senayan city dengan melakukan pelatihan pada staf dan karyawan akan mengurangi risiko kematian dan terluka, namun tidak dibarengi latihan pada para penghuni/pengunjung secara keseluruhan sehingga cukup berisiko terhadap kematian dan terluka (2).

**4.3.3. Analisis Tingkat Risiko Kehilangan Isi Bangunan**

Tabel 4.10. Tingkat risiko kehilangan isi bangunan (Kelompok II)

Elemen	Tingkat risiko	Bobot	Total
1. Beban api	3	2	6
2. Waktu tanggapan	2	1	2
3. Involvement	4	1	4
4. Kontrol api	2	1	2
Total			$14 \times 0,25 = 3,5$

### **(1) Beban Api**

Pada pusat perbelanjaan Senayan City beban api dari bahan yang ada memiliki tingkat risiko tinggi (3). Hal ini disebabkan oleh barang-barang yang ditawarkan/dijual terdiri dari bahan plastik, kain, kayu, maupun bahan lain yang mudah terbakar. Disamping itu adanya penggunaan bahan bakar gas di beberapa tipe restoran dan *food court* sehingga mempunyai risiko yang tinggi terhadap kehilangan isi bangunan.

### **(2) Waktu Tanggapan**

Senayan city dengan jarak  $\pm 5$  Km dari Pos Pemadam Kebakaran menyebabkan waktu tanggapan dari pihak pemadaman  $\pm 20$  menit ke Senayan City. Akan tetapi halangan menuju gedung yaitu macet di perjalanan akan mengurangi waktu tanggapan yang diberikan sehingga nilai risiko yang diberikan cukup berisiko (2).

### **(3) Involvement**

Bangunan pusat perbelanjaan Senayan City merupakan bangunan dengan ruang, yang terbuka (*open plan*), sehingga tidak terdapat suatu konstruksi yang dapat membatasi api dalam areal kecil pada suatu peristiwa kebakaran untuk memberikan kesempatan kepada petugas kebakaran untuk datang ke lokasi. Pada lift kebakaran tidak disediakan shaf untuk petugas pemadam kebakaran sehingga nilai risiko yang diberikan sangat berisiko (4).

### **(4) Kontrol Api**

Pada Senayan City dilengkapi dengan alat pemadam api manual yang diletakkan di setiap counter dan dilengkapi dengan sistem proteksi aktif berupa detektor sehingga api yang muncul dapat terdeteksi. Dalam skala kecil api dapat dipadamkan dengan APAR yang ada di setiap ruang dengan radius tertentu sedangkan dalam skala besar api dapat terdeteksi oleh detektor yang kemudian memberikan sinyal bunyi ke pusat kontrol sehingga sprinkler dapat berfungsi. Penggunaan APAR umumnya hanya dapat digunakan oleh sebagian pengunjung, sehingga cukup berisiko, terhadap kematian (2).

#### 4.3.4. Analisis Tingkat Risiko Potensi Kebakaran

Tabel 4.11. Tingkat Risiko Potensi Kebakaran (Kelompok III)

Elemen	Tingkat risiko	Bobot	Total
1. Terencana	1	3	3
2. Kecelakaan	2	1	2
Total			6

##### (1) Terencana

Tidak ada suatu jenis bangunan yang terbebas dari kebakaran. Walaupun Senayan City sudah direncanakan agar bangunan tersebut terbebas dari kebakaran, namun kemungkinan terjadinya kebakaran akan tetap ada sehingga nilai risiko, yang diberikan rendah (1).

##### (2) Kecelakaan

Sebagai bangunan publik, pusat perbelanjaan memiliki kemungkinan untuk terjadinya kebakaran tanpa disengaja (kecelakaan). Adanya beberapa tipe restoran, food court dan counter penjualan elektronik yang mempunyai nilai tertinggi terhadap munculnya sumber api membutuhkan kesigapan dari karyawan tempat-tempat tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan tempat lainnya. Disamping itu juga adanya penghuni bangunan yang merokok bisa menyebabkan munculnya sumber api, sehingga kecelakaan yang diakibatkan ketidaksengajaan oleh kelalaian dari karyawan maupun pengunjung cukup berisiko (2) terhadap potensi kebakaran yang terjadi.

#### 4.3.5. Kalkulasi Indek Penilaian Risiko Kebakaran

##### a. Nilai tingkat risiko penghuni

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Kel. I} + \text{KEI. II}) \times \text{Kel. III} \\
 &= (10,875 + 3,5) \times 6 \\
 &= 86,25
 \end{aligned}$$

##### b. Persentase nilai tingkat risiko penghuni

$$\begin{aligned}
 &= 100\% + (86,25 / 1280 \times 100\%) \\
 &= 100,067\%
 \end{aligned}$$

Dari penilaian tingkat risiko penghuni terhadap kebakaran pada Senayan City memiliki nilai tingkat risiko 86,875 dengan prosentase nilai keamanan yang sebesar 100,067 %. sehingga dapat mencapai nilai keandalan bangunan yang dipersyaratkan dengan risiko tidak tinggi karena tidak melebihi angka  $\geq 200\%$ .

#### 4.4. INTERPRETASI HASIL ANALISIS

Tujuan interpretasi ini adalah untuk menarik kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Penarikan kesimpulan ini dilakukan dengan cara membandingkan antara dugaan dengan hasil analisis. Hipotesis yang dilontarkan pada awal penelitian ini yaitu; Bahwa Bangunan pusat perbelanjaan memiliki risiko tinggi apabila tidak diimbangi dengan sistem proteksi aktif, proteksi pasif dan *Fire safety Management* yang baik, maka bangunan tersebut dalam kondisi tidak aman terhadap bahaya kebakaran khususnya keselamatan jiwa penghuninya. Hubungan antara analisis satu dengan yang lain dapat dijelaskan dibawah ini:

1. Hasil analisis mengenai keandalan menunjukan pusat perbelanjaan Senayan City memenuhi syarat keselamatan jiwa terhadap bahaya kebakaran. Akan tetapi dari beberapa bagian penilaian ada beberapa bagian yang skornya buruk antara lain; pemisahan daerah berbahaya, Tidak ada bukaan vertikal untuk mengeluarkan asap dan pengunjung belum pernah ada latihan kebakaran. Dari tiga hal ini bisa mengurangi nilai keamanan bangunan.
2. Hasil analisis mengenai keamanan bangunan terhadap bahaya kebakaran menunjukan bahwa pusat perbelanjaan Senayan City termasuk dalam kategori cukup aman terhadap kebakaran. Pada penilaian keamanan berdasarkan standar SNI walaupun hasilnya cukup aman, akan tetapi pada sistem *fire safety management* ada beberapa nilai buruk yaitu belum ada latihan kebakaran bagi pengunjung dan belum ada sosialisasi tanggap darurat kebakaran. Kedua hal ini bisa menghambat evakuasi kebakaran karena pengunjung belum mengetahui sinyal kebakaran tidak tahu apa yang harus mereka lakukan dan jalur mana untuk keluar dari bangunan pada saat terjadi kebakaran.
3. Hasil analisis mengenai bahaya akibat produk kebakaran terhadap penghuni menunjukan bahwa kenaikan temperatur pada lower dan upper layer sangat tinggi rentang 120°C s/d 350°C akan menyebabkan kerusakan fatal pada kulit, Selain itu gas beracun yang paling berbahaya yaitu CO dalam kategori ambang batas toleransi yaitu bisa menyebabkan pingsan atau kematian. Akan tetapi bila dari hasil penilaian proteksi kebakaran nilai proteksi aktif memiliki nilai tertinggi, maka akan dapat menurunkan risiko terluka bahkan meninggal. Selain itu CO dalam kategori ambang batas toleransi.

4. Hasil perhitungan waktu evakuasi yang dilakukan terhadap 3 rancangan model berdasarkan standar dan teori-teori berada dibawah batas toleransi atau waktu yang dibutuhkan untuk evakuasi sebelum terjadi *flashover* . akan tetapi untuk perhitungan evakuasi pada ruang cinemaplex XXI hasilnya hampir sama waktu *flashover*, sehingga dibutuhkan alterlain misalnya memperpendek jalur tangga kebakaran. Hasil analisis risiko penghuni terhadap bahaya kebakaran menunjukkan bahwa pusat perbelanjaan Senayan City tidak termasuk dalam kategori risiko rendah. Dari hasil penilaian skor untuk Persentase nilai tingkat risiko penghuni nya adalah 100,067 %, nilai tersebut masuk kategori risiko rendah karena risiko tinggi apabila persentase nilai tingkat risiko penghuninya lebih dari 200%.

Dari hasil analisis yang telah dilakukan dapat di simpulkan sebagai berikut:

- Dari hipotesis pertama mengenai penilaian keandalan dan keamanan bangunan , risiko penghuni akibat produk kebakaran dan risiko penghuni terhadap bahaya kebakaran, ternyata terbukti jika risiko tinggi tetapi diimbangi dengan proteksi kebakaran, sarana evakuasi dan *fire safety management* baik/memenuhi syarat, maka bangunan dalam kondisi aman terhadap bahaya kebakaran.
- Dari hipotesis kedua yaitu Senayan city dibangun setelah ada peraturan tentang pencegahan dan penanggulangan kebakaran pada bangunan, akan tetapi belum diketahui apakah risiko kebakaran kecil. Hasil analisis dan pengolahan data menunjukkan bahwa penerapan standar proteksi kebakaran, sarana evakuasi dan *fire safety management* pada desain bangunan Senayan City menyebabkan risiko kebakaran tidak tinggi.

Hasil analisis terhadap bangunan pusat perbelanjaan pada penelitian ini memang hanya 1 kasus dari sekian banyak bangunan sejenis yang ada, hal itu karena sifatnya studi kasus . Maka hasil penelitian mengenai keselamatan bangunan hanya berlaku untuk 1 obyek yang diteliti. Akan tetapi hasil pembahasan mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi keselamatan bangunan yang bersifat teori dan standar dapat digunakan untuk kasus yang lebih luas (bangunan yang lainnya).