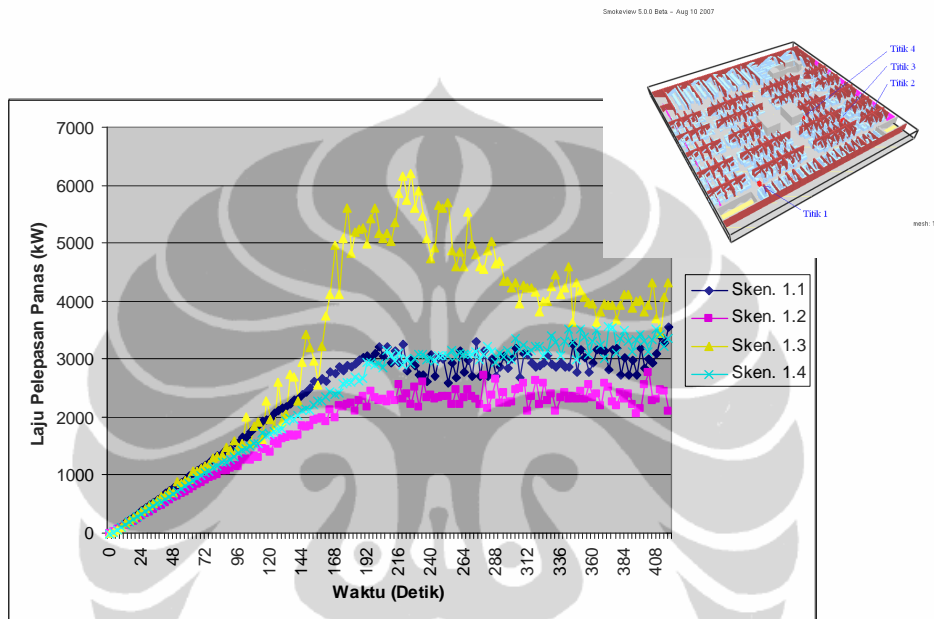


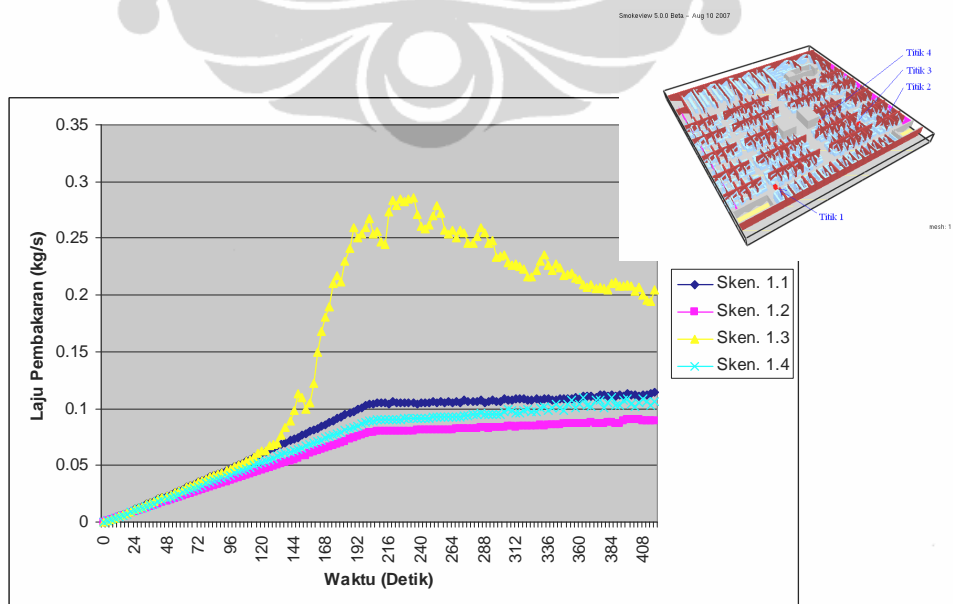
## BAB V HASIL DAN ANALISIS

### 5.1. Lokasi Titik Awal Api

Hasil simulasi FDS terhadap empat skenario titik awal parameter pertumbuhan api berupa laju pelepasan panas dan laju pembakaran dapat dilihat pada grafik 5.1 dan 5.2.



**Grafik 5.1 Laju Pelepasan Panas terhadap Waktu**



**Grafik 5.2 Laju Pembakaran terhadap Waktu**

Ketiga grafik menunjukkan kecenderungan titik awal api di titik 1 dan 3 pada tahap awal kebakaran memiliki dampak kebakaran yang lebih besar dibanding yang lainnya. Pertumbuhan pelepasan pada dan pembakaran menunjukkan peningkatan yang lebih besar dibanding titik awal api pada lokasi 2 dan 4.

Jika melihat pada gambar *insert* tentang posisi penempatan titik awal api dikaitkan dengan fenomena di atas, terdapat pengaruh bukaan koridor yang menghubungkan titik api dengan ruangan lain yang memiliki cadangan oksigen untuk pembakaran. Untuk titik awal 2 dan 4 bukaan yang menghubungkannya dengan ruang lain lebih sempit dibanding dengan kasus 1 dan 3 sehingga pertumbuhan api lebih kecil dibandingkan lainnya.

Dari kedua titik awal api yaitu 1 dan 3, untuk perkembangan api selanjutnya akan sangat dipengaruhi oleh jarak material pertama terbakar dengan material diruang atau kios lain. Disini terlihat kasus 3 memiliki jarak yang lebih dekat dan kepadatan material yang lebih besar, setelah melewati waktu tertentu laju pelepasan panas meningkat lebih tajam dibanding titik api pada lokasi 1. Untuk itu lokasi 3 dapat dipertimbangkan sebagai lokasi awal penyebaran api.

## **5.2. Analisis Data Keluaran FDS**

Titik awal api dari hasil kajian pada sub bab 5.1 selanjutnya dipakai sebagai bagian dari proses simulasi utama yaitu untuk mempelajari pertumbuhan api dan asap dalam ruangan yang dibatasi roller shutter. Hasil dari simulasi tersebut akan dipaparkan pada sub bab berikut:

### **5.2.1. Perbandingan Kebakaran dengan Sprinkler Aktif dan Tidak Aktif**

Hasil simulasi FDS skenario 2.1 dan 2.2 untuk mengetahui perbandingan perkembangan api antara sprinkler aktif dan tidak aktif dapat dilihat pada grafik 5.3 dan 5.4. Parameter penting yang diamati dalam simulasi ini adalah laju pembakaran dan pelepasan panas. Pada detik-detik awal dimana kenaikan temperatur ruangan akibat pelepasan panas kebakaran masih rendah, sprinkler belum bekerja sehingga kedua skenario memiliki grafik peningkatan intensitas api

yang sama pada tahap awal. Namun ketika suhu ruangan terutama daerah dekat kepala sprinkler telah mencapai suhu aktivasi sprinkler yang menyebabkan sprinkler bekerja, terjadi perbedaan bentuk grafik. Akibat semburan air dari kepala sprinkler yang memberi efek pendinginan yang menghambat perkembangan api menyebabkan peningkatan laju pembakaran skenario 2.1 tidak setinggi skenario 2.2 dimana api secara bebas menyebar sesuai dengan ketersediaan bahan bakar dan oksigen.

Situasi kebakaran pada skenario 2.2 tentunya memberikan dampak kebakaran yang lebih dahsyat meskipun keduanya menggunakan *fire roller shutter*. Dengan tidak aktifnya sprinkler menyebabkan waktu untuk evakuasi semakin pendek seiring dengan berkembangnya api dan asap secara cepat.

Didalam mendesain bangunan pasar terkait dengan aspek keselamatan kebakaran, sangat penting untuk mengetahui karakter api kebakaran sesuai material yang ada dalam bangunan tersebut. Sebelas pengujian kebakaran skala penuh telah dilakukan untuk menyelidiki dampak kebakaran pada toko kecil maupun toko besar dalam sebuah pusat perbelanjaan <sup>[13]</sup>. Dua pengujian diantaranya dilakukan untuk mensimulasikan kebakaran pada toko mainan anak (Gambar 5.1 dan 5.2), dan dua lainnya dilakukan untuk mensimulasikan kebakaran pada gudang penyimpanan sepatu. Dua situasi diatas dipilih karena dapat mewakili skenario kebakaran terburuk seiring dengan banyaknya material plastik dan penempatannya yang dilakukan secara susun vertikal. Susunan seperti ini akan menyebabkan api lebih cepat membesar, sedangkan dari sisi pemadaman sprinkler susunan material diatas api akan menghalangi air memadamkan api. Pengujian dilakukan dengan dan tanpa sprinkler. Dari dua situasi pengujian tanpa sprinkler menunjukkan beban api puncak pada toko mainan mencapai 25 MW sedangkan toko sepatu mencapai angka 40 MW. Hasil pengujian dengan sprinkler menunjukkan beban api lebih kecil, namun asap yang mengalami efek *bouyancy* akan menjauh dari titik asal api dan tetap berada dibawah *ceiling*. Jumlah dan kepadatan asap kebakaran dengan sprinkler jauh lebih kecil dibanding tanpa sprinkler. Pengujian kebakaran pada toko pakaian menunjukkan efek pemadaman sprinkler cukup efektif mengurangi beban api, namun ada kecenderungan api akan menyala kembali ketika sprinkler dimatikan.

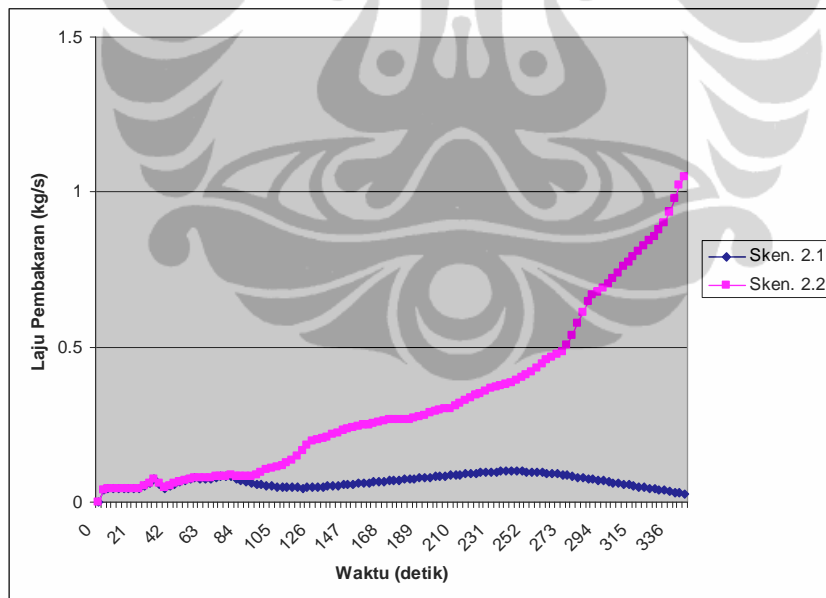
Seperti telah dibahas pada sub bab 3.2, meskipun bangunan secara fisik telah dilengkapi dengan sistem sprinkler, namun dapat saja sistem tersebut mengalami kegagalan karena beberapa hal yaitu terhalang oleh benda lain, tidak terpelihara dengan baik sehingga tidak bekerja ketika dibutuhkan atau tidak bekerjanya sistem pompa kebakaran.



**Gambar 5.1 Pengujian Kebakaran Toko Mainan Bersprinkler** <sup>[13]</sup>



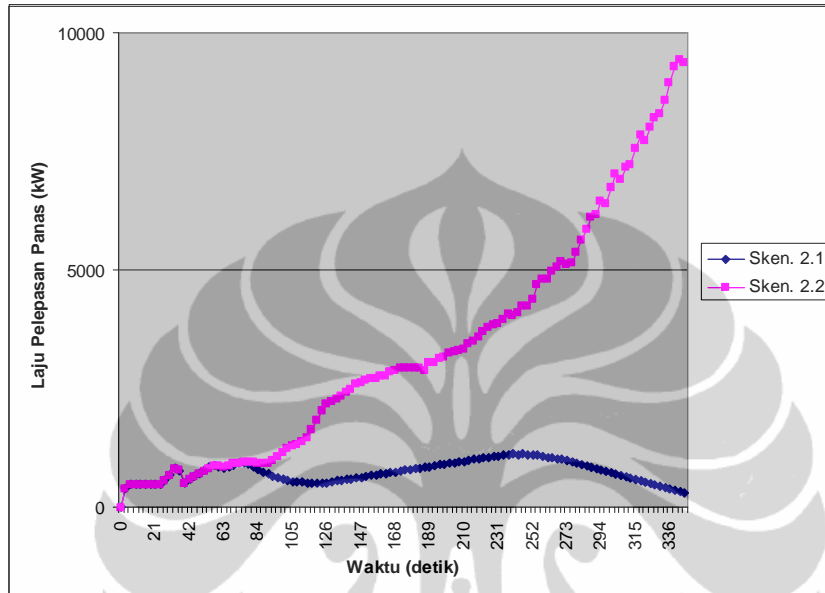
**Gambar 5.2 Pengujian Kebakaran Toko Mainan Tanpa Sprinkler [13]**



**Grafik 5.3 Perbandingan Laju Pembakaran dengan Sprinkler Aktif dan Tidak Aktif**

Dengan mempertimbangkan kemungkinan terburuk dalam menentukan sistem perlindungan kebakaran yang dipilih maka skenario kebakaran tanpa

sprinkler (skenario 2.2) dapat dipilih sebagai skenario untuk mengevaluasi keselamatan kebakaran bangunan baik dari sisi perkembangan api dan asap maupun kemampuan bangunan dalam hal evakuasi penghuni.



**Grafik 5.4 Perbandingan Laju Pelepasan Panas dengan Sprinkler Aktif dan Tidak Aktif**

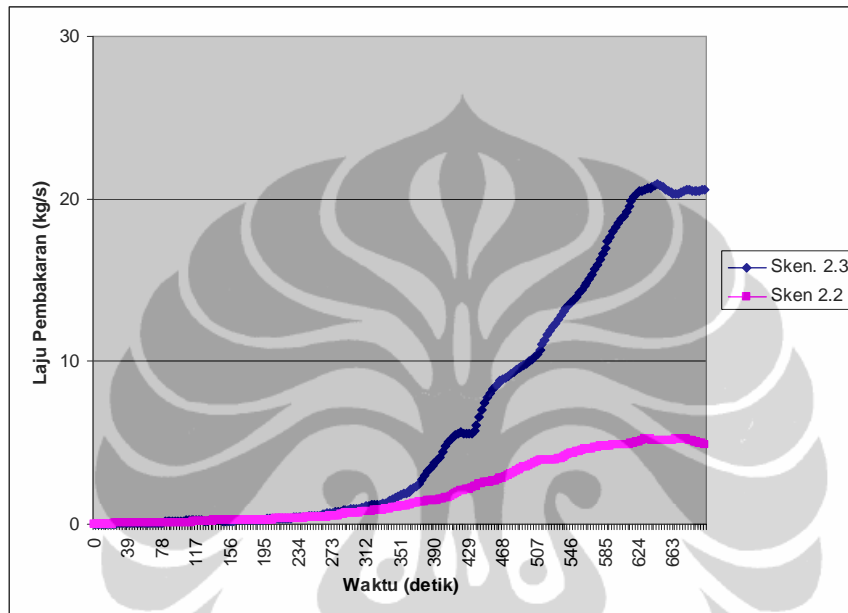
## 5.2.2. Perbandingan Kebakaran Tanpa Sprinkler dengan dan Tanpa Roller Shutter

### 5.2.2.1. Laju Pembakaran dan Pelepasan Panas

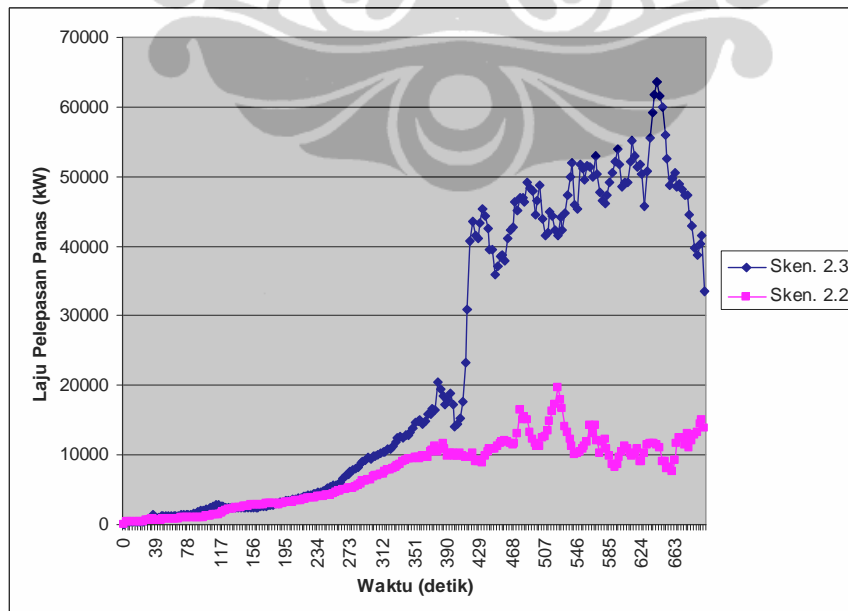
Grafik 5.5 dan 5.6 dibawah memperlihatkan perbandingan laju total pembakaran dan pelepasan panas antara skenario simulasi 2.2 (bangunan dilengkapi roller shutter) dan skenario 2.3 (tanpa roller shutter). Kedua grafik menunjukkan adanya kecenderungan gradien peningkatan yang sama pada tahap awal kebakaran. Namun setelah melewati waktu tertentu, parameter laju pembakaran dan pelepasan panas pada skenario meningkat lebih tajam dibandingkan skenario 2.2. Adanya sekat *roller shutter* menyebabkan proses penyebaran api menjadi terhambat.

Dilihat dari aspek tingkat kedahsyatan kebakaran, tentunya skenario 2.2 lebih memberikan efek kebakaran yang lebih ringan dibanding skenario 2.3.

Selain tingkat kerugian barang dan kerusakan bangunan akan lebih kecil, proses pemadamannya juga akan lebih mudah dan tidak membahayakan petugas pemadam kebakaran karena tertimpa struktur bangunan yang runtuh. Runtuhnya bangunan akibat kedahsyatan kebakaran pernah terjadi pada kebakaran Pasar Tanah Abang tahun 2003 seperti terlihat pada rekaman gambar 5.3 (sumber: Harian Kompas).



**Grafik 5.5 Perbandingan Laju Pembakaran terhadap Waktu**



**Grafik 5.6 Perbandingan Laju Pelepasan Panas terhadap Waktu**



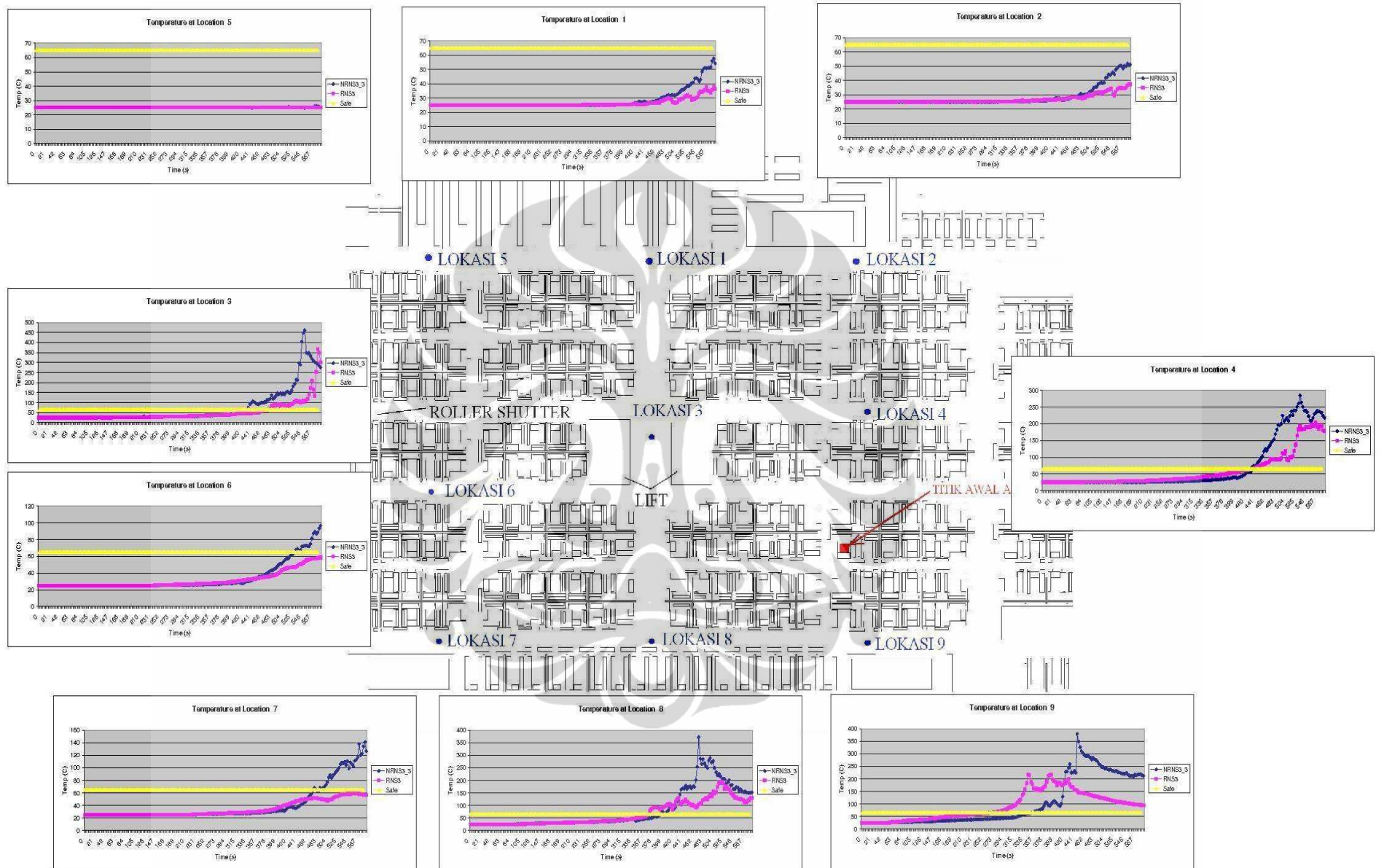
Petugas pemadam kebakaran tengah mengamati bangunan empat lantai di Pasar Tanah Abang Blok A, Jakarta Pusat, Kamis (20/2/2003), yang roboh akibat kebakaran.

**Gambar 5.3 Bangunan Pasar yang Runtuh Akibat Kebakaran**

#### 5.2.2.2. Temperatur

Peningkatan suhu ruang dengan roller shutter pada lokasi dekat dengan titik awal kebakaran lebih cepat dibandingkan dengan tanpa roller shutter. Sedangkan sebaliknya pada lokasi pengukuran yang jauh dari titik awal kebakaran ruang tanpa roller shutter menunjukkan peningkatan yang lebih besar. Kondisi ini disebabkan oleh tersedianya bahan bakar dan oksigen yang lebih banyak pada ruang tanpa roller shutter yang menyebabkan laju pembakaran dan pelepasan panas lebih besar. Sedangkan pada lokasi dekat titik awal api penyekatan roller shutter menyebabkan akumulasi asap panas sehingga ruang dengan roller shutter akan lebih cepat panas pada daerah dekat titik awal api.





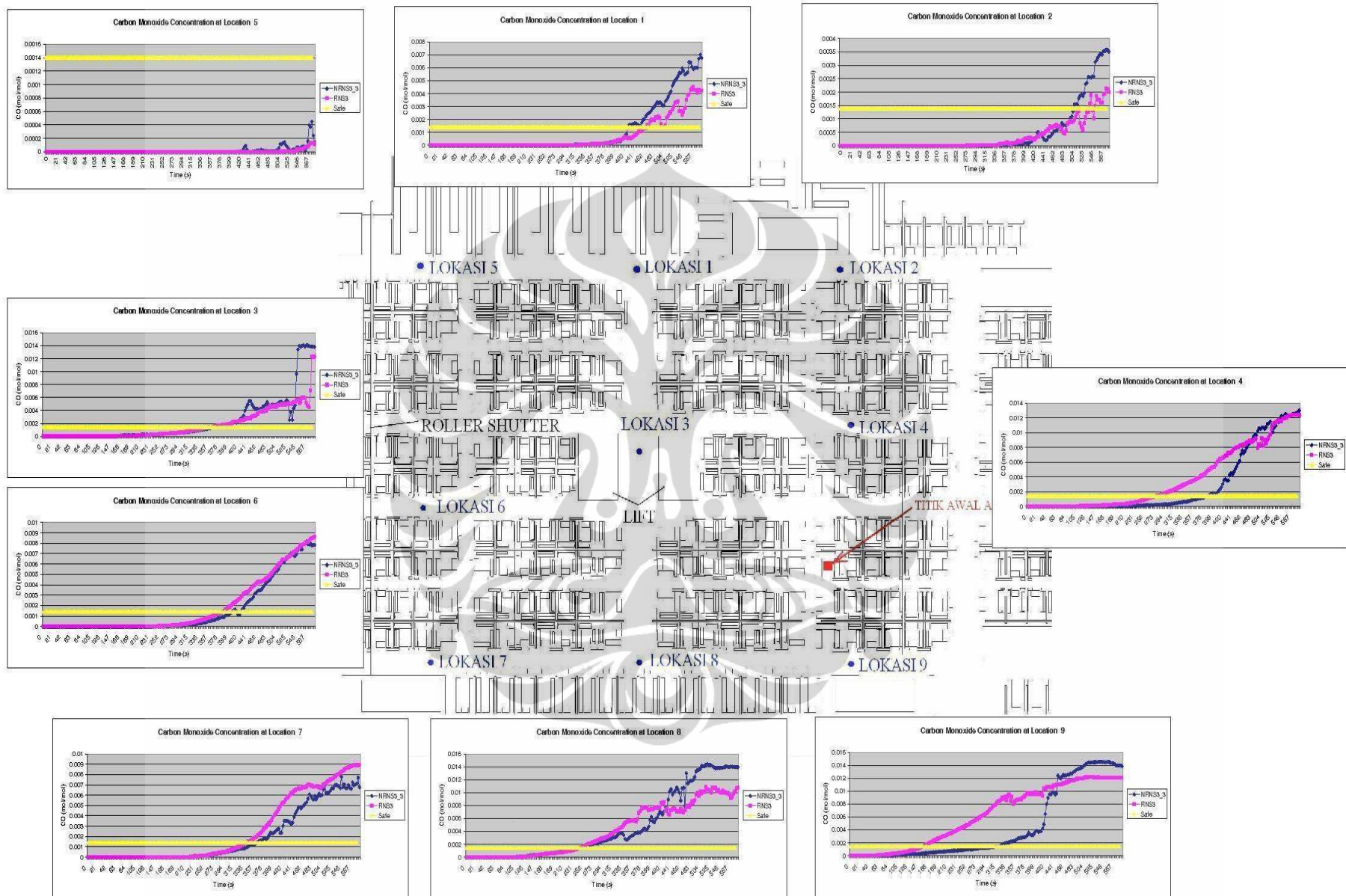
**Grafik 5.7 Perkembangan Temperatur di Tiap Lokasi Pengukuran**

Dari grafik 5.7 terlihat bahwa dengan lokasi titik api seperti ditunjukkan dalam gambar maka pada lokasi pengukuran di lokasi 9, 8 dan 4 memiliki peningkatan temperatur yang lebih cepat terkait dengan posisinya yang lebih dekat dengan titik api. Notasi 'NRNS' merupakan grafik untuk simulasi tanpa *roller shutter* dan sprinkler, 'RNS' berarti dilengkapi *roller shutter* tapi tanpa sprinkler sedangkan 'Safe' berarti kriteria aman yang telah ditetapkan. Pada lokasi 9 yang merupakan akses tangga kebakaran pada waktu tertentu dimana temperatur gas dititik tersebut telah melebihi batas aman untuk dilewati orang, maka tangga kebakaran sudah tidak dapat lagi dimanfaatkan sebagai pintu keluar.

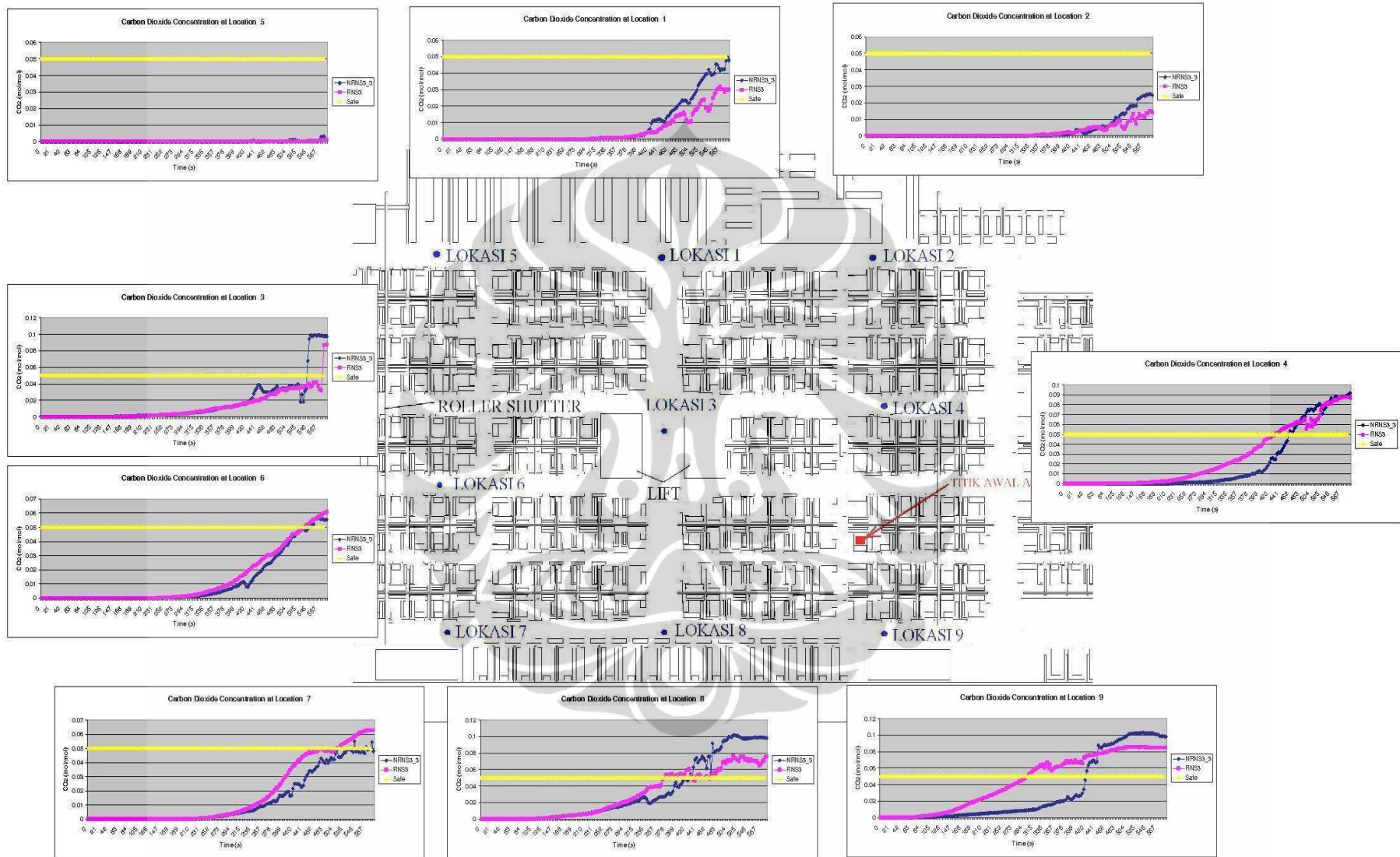
### **5.2.2.3.Konsentrasi Gas**

Hampir diseluruh lokasi pengukuran, peningkatan konsentrasi gas CO dan CO<sub>2</sub> pada ruang dengan *roller shutter* lebih besar dibandingkan tanpa *roller shutter*. Pada daerah dekat titik awal api, ruang tanpa *roller shutter* lebih lama tercapainya kondisi tidak aman dibanding dengan ruang ber-*roller shutter* disebabkan oleh perpindahan asap ke ruang atau zona lain.

Konsentrasi gas karbon monoksida menunjukkan kecenderungan yang sama dengan perkembangan parameter suhu. Pada waktu tertentu setelah kebakaran kondisi udara disekitar tangga kebakaran dekat titik pengukuran 9 sudah tidak dapat lagi dilewati orang. Apa bila masih ada orang yang mengantri untuk masuk tangga kebakaran maka dampak dapat menyebabkan korban jiwa didaerah tersebut.



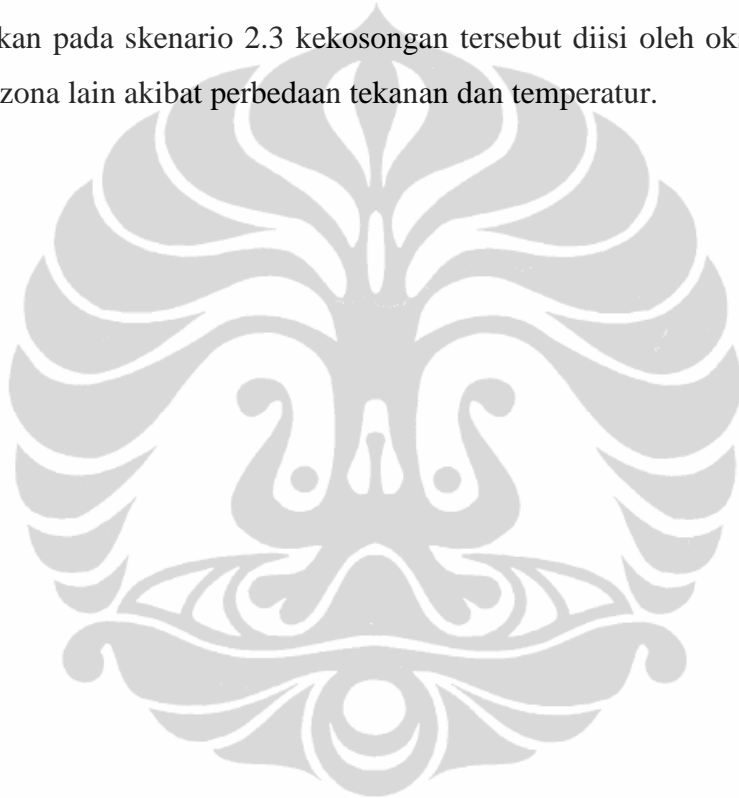
**Grafik 5.8 Konsentrasi Gas CO di tiap Lokasi Pengukuran**

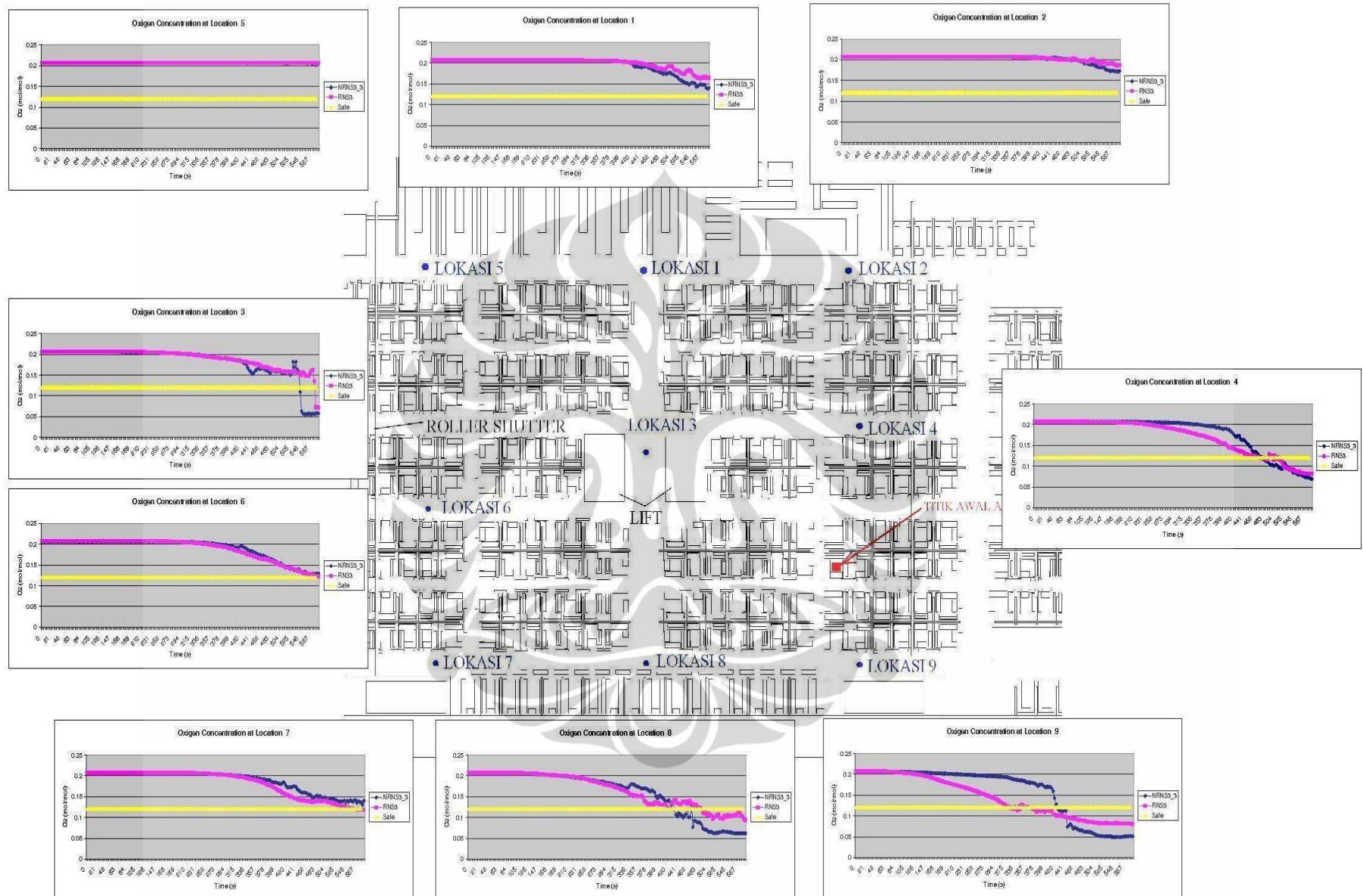


Grafik 5.9 Konsentrasi Gas CO<sub>2</sub> di tiap Lokasi Pengukuran

#### **5.2.2.4. Penurunan Konsentrasi Oksigen**

Hasil simulasi FDS untuk konsentrasi oksigen selama kebakaran pada lokasi sekitar titik awal api menunjukkan kecenderungan skenario 2.2 (dengan roller shutter) lebih cepat terjadi penurunan kadar oksigen dalam ruangan dibanding skenario 2.3 (tanpa roller shutter). Kecenderungan ini akan memberikan efek berkurangnya waktu aman evakuasi pada area tersebut. Penyekatan roller shutter menyebabkan oksigen yang dipakai oleh proses pembakaran lebih cepat habis, sedangkan pada skenario 2.3 kekosongan tersebut diisi oleh oksigen yang mengalir dari zona lain akibat perbedaan tekanan dan temperatur.



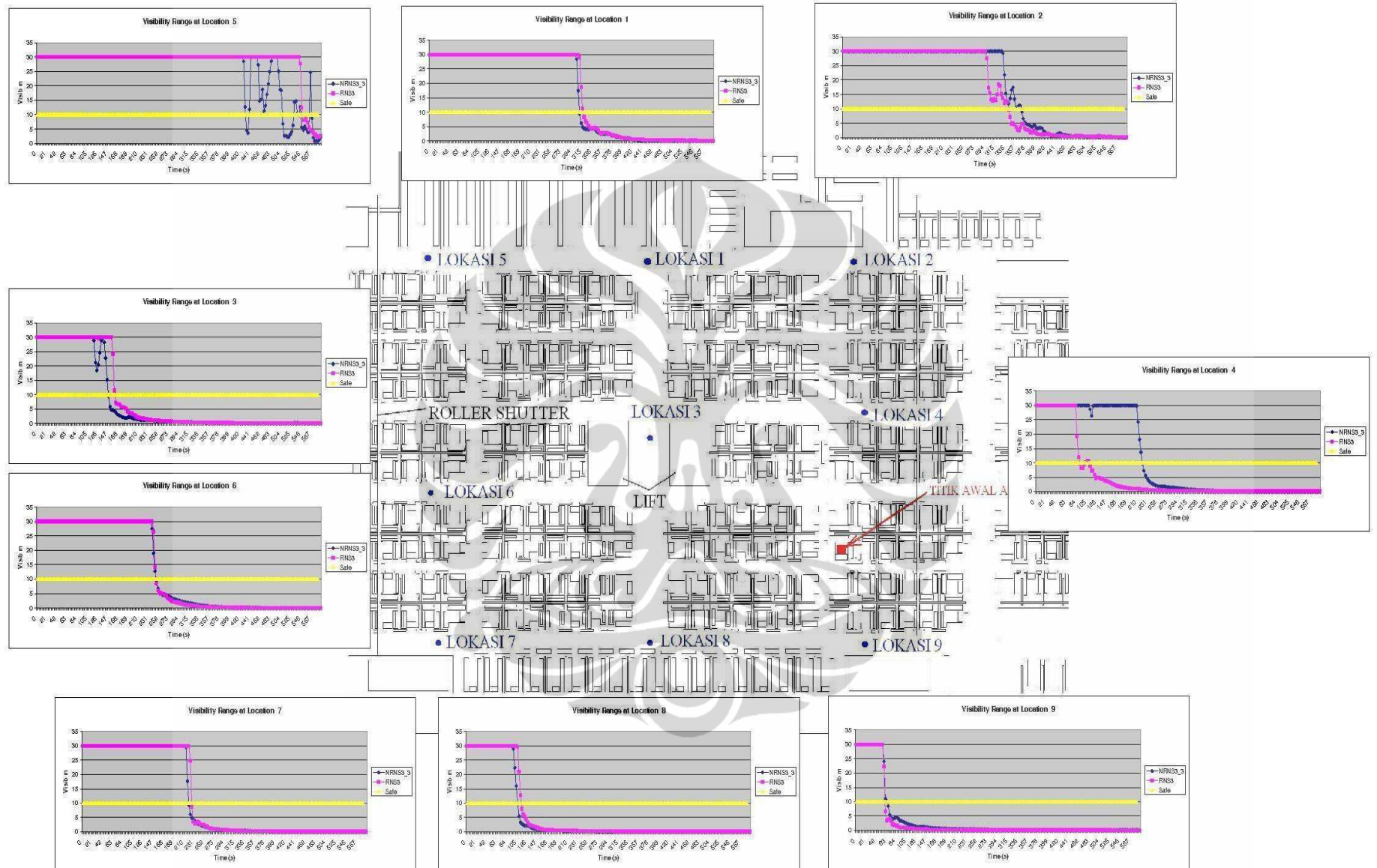


**Grafik 5.10 Konsentrasi O<sub>2</sub> di tiap Lokasi Pengukuran**

#### 5.2.2.5. Jarak Pandang

Di setiap lokasi pengukuran menunjukkan kecenderungan waktu tercapainya kondisi tidak aman yang tidak jauh berbeda antara ruang ber-*roller shutter* dan tanpa *roller shutter*, kecuali di lokasi 4. Di lokasi tersebut asap akan bergerak ke zona lain sedangkan sebaliknya untuk ruang ber-*roller shutter* akan terjadi akumulasi asap.

Seperti halnya pertumbuhan gas CO dalam ruangan, penurunan jarak pandang memperlihatkan kecenderungan yang sama bahkan waktu yang diperlukan untuk melewati batas jarak pandang aman lebih cepat dibandingkan dengan pertumbuhan temperatur dan gas. Akibat dari kepekatan asap ini, orang akan menghindari dari asap kebakaran sehingga salah satu tangga kebakaran tidak digunakan melainkan beralih menggunakan tangga kebakaran lain. Untuk memanfaatkan tangga kebakaran di zona lain sudah tidak mungkin karena tertutup *roller shutter*. Hal ini akan menambah kepadatan antrian orang untuk memasuki tangga kebakaran. Dengan semakin banyaknya orang diluar tangga yang ingin masuk, waktu yang diperlukan untuk mengosongkan ruangan dari orang akan bertambah lama.



**Grafik 5.11 Jarak Pandang terhadap Waktu di tiap Lokasi Pengukuran**

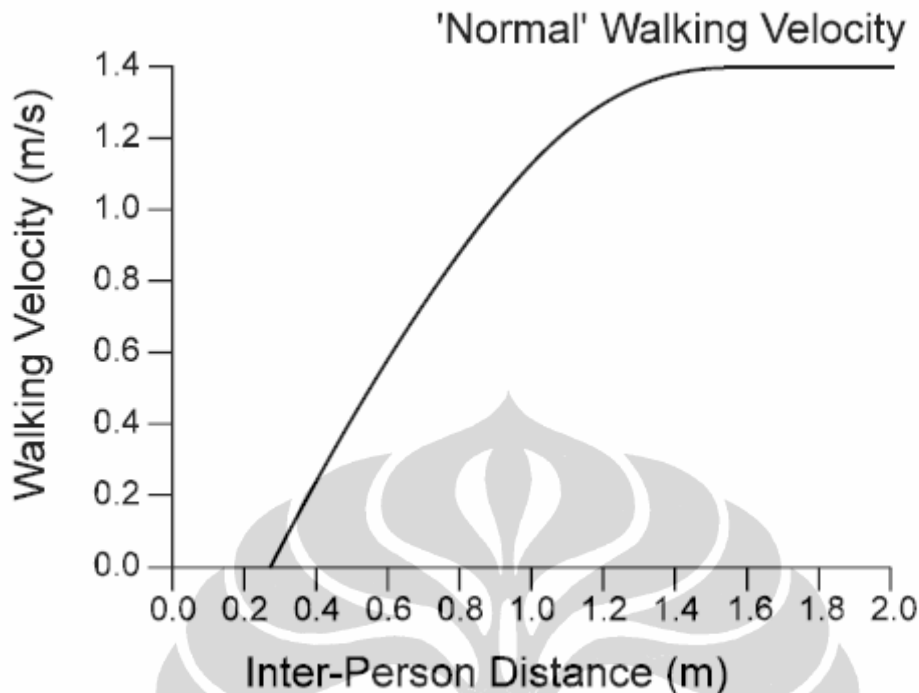


### 5.2.3. Waktu Evakuasi

Dari perbandingan beberapa parameter kebakaran diatas beberapa hal yang terkait erat dengan proses evakuasi adalah:

1. meskipun peningkatan laju pembakaran dan pelepasan panas kebakaran pada ruang tanpa roller shutter lebih besar, namun karena adanya akumulasi akibat pembatasan penyebaran oksigen dan gas pembakaran oleh roller shutter maka kondisi tidak aman dari ruang dengan roller shutter cenderung lebih cepat terlampaui.
2. Dari ketiga skenario kebakaran yaitu ruang ber-roller shutter dengan sprinkler bekerja, ruang tanpa roller shutter dan tanpa sprinkler aktif, dan ruang ber-roller shutter tanpa sprinkler bekerja, terlihat kecenderungan skenario terakhir lebih cepat memberikan kondisi tidak aman untuk proses evakuasi.
3. Kecenderungan yang membahayakan ini perlu dikonfirmasi terhadap waktu evakuasi yang juga terpengaruh oleh penyekatan *roller shutter*.

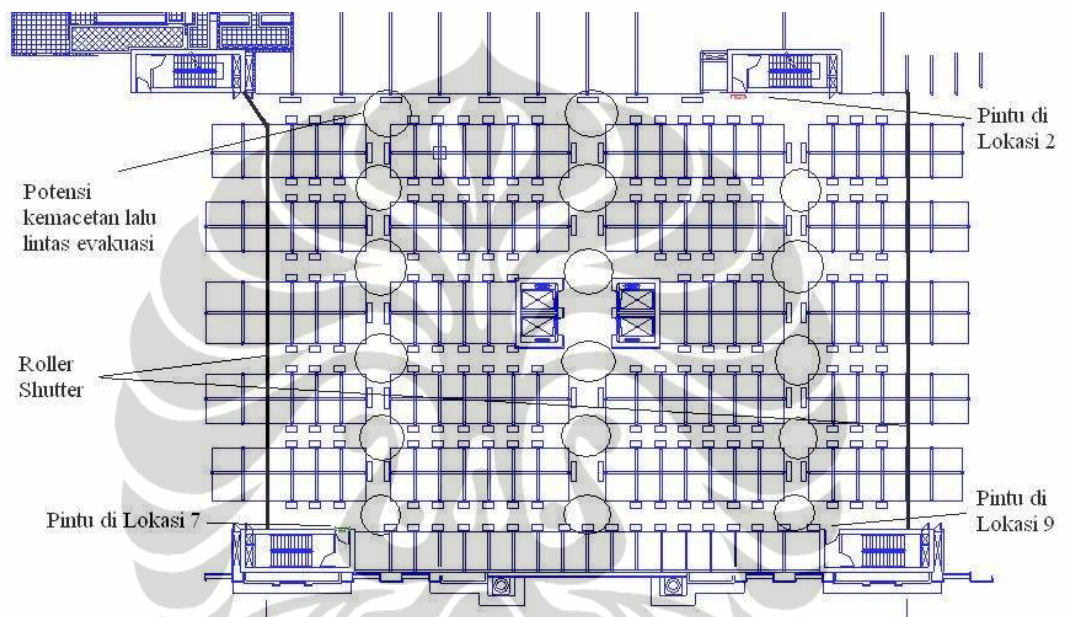
Dengan semakin banyaknya orang diluar tangga yang ingin masuk, waktu yang diperlukan untuk mengosongkan ruangan dari orang akan bertambah lama. Untuk menghitung waktu evakuasi yang diperlukan dalam pengosongan ruangan bangunan pasar akan tergantung dari beberapa faktor yaitu: tingkat kepadatan hunian, kondisi jalur laluan evakuasi. Kecepatan orang menuju titik aman sangat dipengaruhi oleh jarak terhadap orang lain. Grafik dibawah ini merupakan contoh data yang digunakan untuk menentukan kecepatan orang bergerak.



**Grafik 5.12 Kurva Kecepatan gerak Terhadap Jarak Antar Orang<sup>[14]</sup>**

Bila jarak antar orang berdekatan, maka kecepatan lari dari orang tersebut akan berkurang. Sebaliknya bila semakin berjauhan, kecepatannya akan semakin lebih besar sampai pada batas maksimum kecepatan orang berlari tanpa hambatan. Kondisi evakuasi bangunan pasar dengan tingkat kepadatan orang yang cukup tinggi akan menyebabkan orang tidak dapat berlari cepat menuju area aman. Kondisi hambatan terbesar adalah terutama pada persimpangan koridor dan pintu (Gbr 5.4). Bangunan pasar yang memiliki banyak jalur koridor akan memiliki banyak persimpangan. Akibatnya waktu pengosongan ruangan dari orang akan semakin lama. Kondisi tersebut akan bertambah parah dengan hanya tersedianya 3 pintu keluar dan kondisi dinamis ruangan yang menyebabkan pintu 9 pada saat tertentu tidak dapat di akses karena dekat dengan sumber kebakaran. Tabel 5.1 memperlihatkan waktu orang terakhir berada pada tiap pintu keluar dan waktu evakuasi yang tersedia berdasar analisis FDS. Berdasarkan data tersebut dimana waktu evakuasi yang tersedia lebih pendek dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan untuk evakuasi, maka akan membahayakan orang keluar bangunan. Perbandingan ini sangat jauh dari kriteria aman dengan faktor keamanan sebesar 2 sampai 3 (lihat bab 3.5.9). Beberapa orang terakhir akan berada pada kondisi tidak aman dalam ruangan meliputi jarak pandang, kadar gas beracun, ketersediaan

oksigen dan paparan suhu yang telah melampaui batas aman untuk manusia. Sehingga dapat dinyatakan bahwa penerapan roller shutter meskipun dapat digunakan untuk mengurangi kedahsyatan api kebakaran namun ternyata memiliki potensi menurunkan kemampuan keselamatan kebakaran bangunan pada saat-saat proses evakuasi. Untuk itu perlu ada penyesuain terhadap sistem perlindungan kebakaran lain dalam rangka mengurangi dampak ini.



**Gambar 5.4 Potensi Hambatan Evakuasi di Persimpangan Koridor**

**TABEL. 5.1 Tabel Waktu Aman untuk Evakuasi ditiap Posisi Pengukuran**

Lokasi	Temp s	O2 s	CO s	CO2 s	Visib s	Waktu Tersedia s	Waktu Evakuasi s
1	618	681	423	657	312	312	
2	609	702	462	690	300	300	205
3	426	579	318	564	159	159	
4	387	465	249	417	87	87	
5	744	843	618	765	546	546	
6	582	594	375	534	243	243	
7	528	555	324	504	225	225	310
8	357	480	225	372	111	111	
9	207	321	144	294	60	60	

### **5.3. Potensi Perbaikan Sistem**

#### **5.3.1. Sistem Proteksi Aktif**

Bangunan pasar besar yang melebihi luas lantai 3500 m<sup>2</sup> sesuai dengan peraturan<sup>[15]</sup> harus dilengkapi dengan sistem sprinkler. Hidran, sprinkler dan sistem detektor kebakaran telah lengkap terpasang pada bangunan. Simulasi diatas ingin menunjukkan dampak kebakaran bila sistem aktif ini tidak berfungsi. Dengan berfungsinya sistem sprinkler sebagai alat pemadaman pertama saat kebakaran, tingkat penyebaran api akan semakin berkurang. Untuk itu hal yang bisa dilakukan adalah dengan memelihara sistem yang telah terpasang agar selalu dalam keadaan siap digunakan.

#### **5.3.2. Jalur Evakuasi**

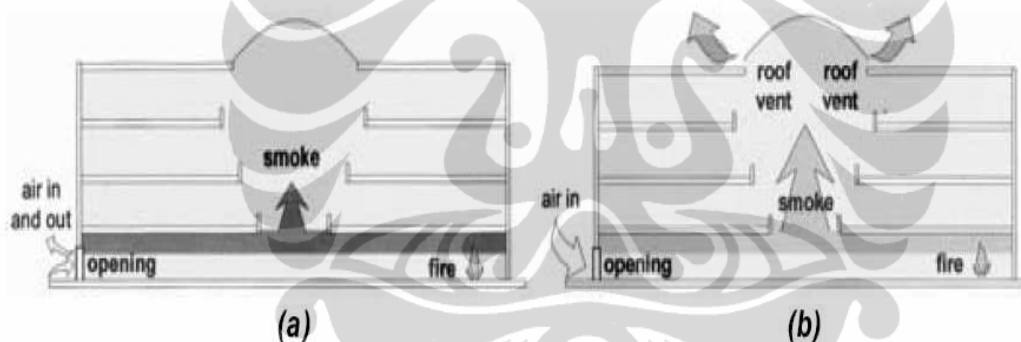
Akibat adanya penyekatan roller shutter, maka secara fisik akses yang tersedia untuk keluar dari ruangan tinggal 3 saja. Kondisi dinamis kebakaran menyebabkan akses tersebut berkurang lagi menjadi 2 lokasi sehingga semakin memperburuk waktu pengosongan ruangan. Sesungguhnya terdapat satu lokasi akses menuju area aman yang masih bisa dimodifikasi secara arsitektural meskipun terjadi penutupan roller shutter tapi ditambahkan akses orang menuju keluar yaitu di lokasi 5. Dengan penambahan akses ini jalur keluar menjadi 4 buah dan saat terganggu 1 akan masih terdapat 3 buah lagi. Tentunya waktu pengosongan ruangan dengan 3 akses akan lebih singkat dibandingkan hanya 2 saja.

Untuk menambah kemampuan perlindungan kebakaran, aspek perlindungan pasif seperti tersedianya jalur evakuasi yang memadai, maka setiap prosedur pengelolaannya harus dibuat jelas dan dijalankan secara konsisten. Dari sekian banyak orang yang berada di dalam pasar, tidak semuanya memahami pentingnya pemeliharaan sistem kebakaran yang ada. Tangga kebakaran sesuai dengan desain awal digunakan untuk kondisi darurat jangan sampai diisi dengan barang-barang dagangan yang dapat mengganggu proses evakuasi. Begitu juga dengan koridor sebagai jalur evakuasi yang menghubungkan antara posisi awal dari orang dengan pintu darurat. Banyaknya *necking* akibat penempatan barang dagangan yang memakan badan koridor akan menghambat orang menuju pintu darurat.

Aspek sistem kebakaran lain yang bisa membantu mengurangi waktu evakuasi adalah penerapan sistem *delay* pada *roller shutter*. Begitu mendapat sinyal kebakaran, *roller shutter* tidak langsung menutup melainkan memberi kesempatan orang terlebih dahulu memasuki zona aman baru kemudian menutup. Waktu *delay* perlu dipertimbangkan jangan sampai memberi kesempatan api merambat ke zona lain.

### 5.3.3. Sistem Manajemen Asap Kebakaran

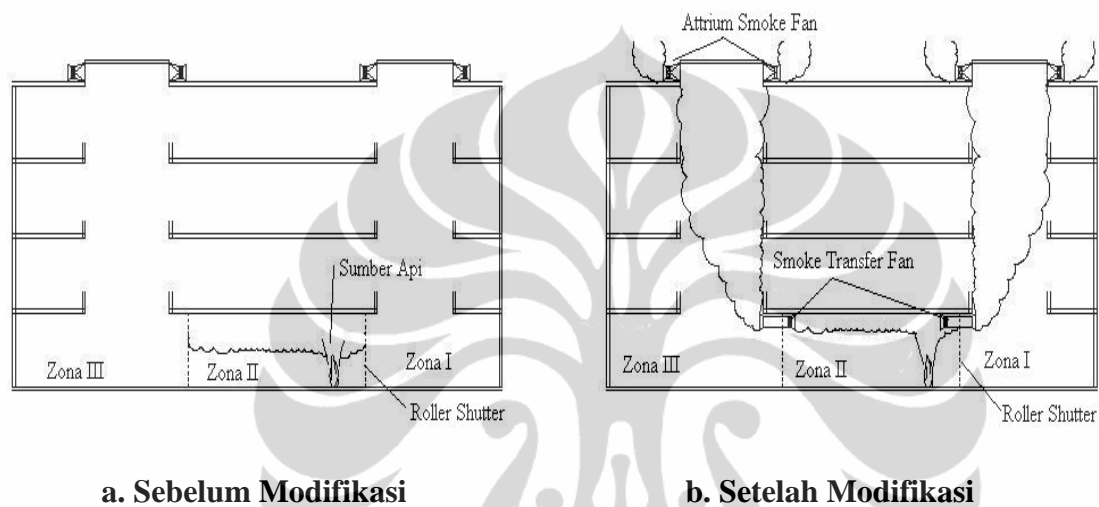
Jika melihat dari pembahasan pada bab 5.2 maka aspek asap lebih dominan mengancam keselamatan jiwa saat terjadi kebakaran. Sistem manajemen asap perlu ditinjau untuk memperbaiki kondisi tidak aman ini. Desain yang telah dibuat untuk mengelola asap kebakaran, hanya dipersiapkan untuk bagian atas area void, sedangkan pada lantai ataupun zona lain tidak dipasang. Apabila terjadi kebakaran, asap akan menuju ke atas melalui void atrium (Gbr 5.5).



**Gambar 5.5 Pergerakan Asap di Bangunan Beratrium**

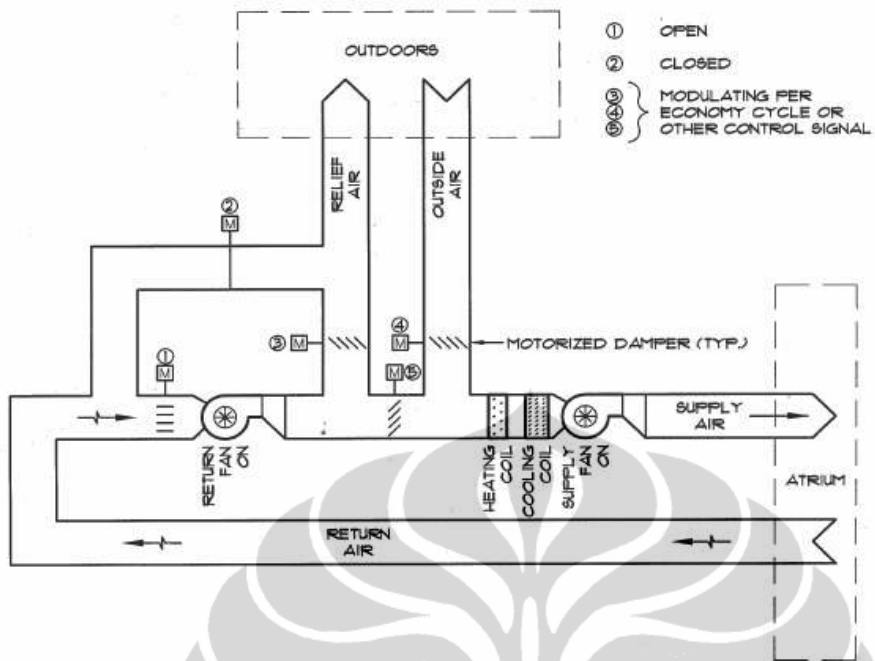
Kenyataannya dari hasil simulasi terjadi akumulasi asap yang terjebak didalam ruangan, karena terdapat zoning akibat partisi *roller shutter* yang menyebabkan terputusnya hubungan ruang dengan void atrium. Untuk itu sistem manajemen pengelolaan asapnya adalah pemasangan *smoke extractor fan* yang akan mengalirkan asap keluar bangunan bila terjadi kebakaran. Jika ruang cerobong vertikal yang akan digunakan sebagai jalan untuk mengalirkan asap ke luar melalui atap bangunan tidak tersedia, maka alternatifnya adalah dialirkan ke area void didekatnya sebagai reservoir asap. Setelah berada di area void (atrium), selanjutnya asap akan dialirkan keluar bangunan oleh fan atrium (Gbr. 5.6). Memang metode ini akan memakan biaya yang cukup besar karena ada penambahan fan transfer pembuang asap tambahan, namun

sangat efektif menyediakan waktu aman orang untuk evakuasi. Fan ditempatkan di atas *ceiling* yang disambung dengan *ducting* antara ruang zona II dengan area void. Kapasitas dari fan tambahan ini ditentukan dari jumlah asap yang dihasilkan dari kebakaran. Angka tersebut bisa didapat dari hasil simulasi FDS. Sesuai dengan peraturan Kepmen PU No. 10/KPTS/2000, maka bangunan pasar ini dikategorikan sebagai kelas 6 sehingga kapasitas fan pembuang asap minimal tanpa sprinkler (beban api 10 MW) adalah sebesar  $35 \text{ m}^3/\text{dt}$ .

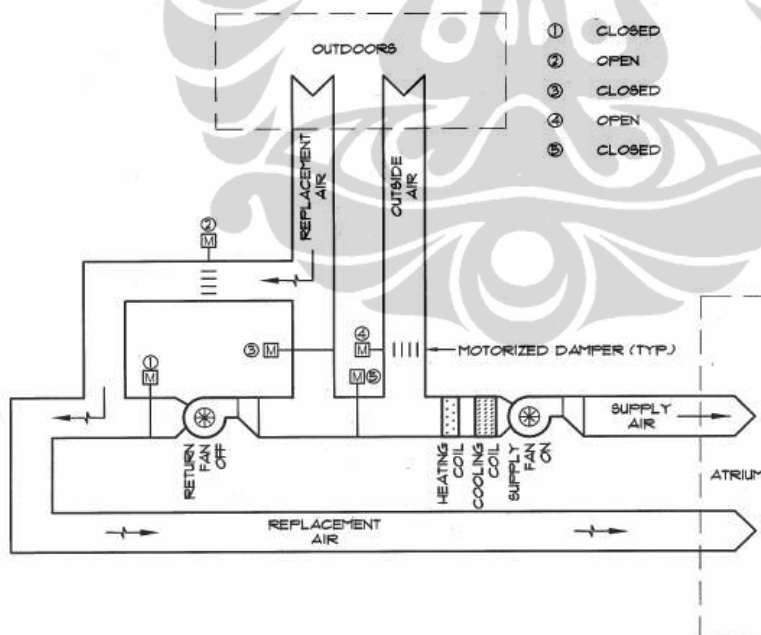


**Gambar 5.6 Manajemen Pengendalian Asap**

Satu hal yang tidak boleh terlupakan adalah tersedianya udara pengganti dari udara/asap yang dibuang<sup>[15]</sup>. Tidak tersedianya bukaan udara pengganti ini akan menyebabkan kondisi ruangan akan semakin cepat menjadi tidak aman akibat ketersediaan oksigen yang menipis yang sangat diperlukan oleh manusia. Sistem tata udara yang ada dapat dimodifikasi untuk keperluan ini yang sistem kerjanya dapat dilihat pada gambar 5.7 dan 5.8. Pemoifikasian sistem udara pengganti ini harus meminimalkan gangguan terhadap lapisan asap karena turbulensi yang terjadi oleh udara yang masuk, dan resiko perpindahan asap ke daerah yang jauh dari api, yang disebabkan oleh pengaruh udara pengganti terhadap keseimbangan udara dari seluruh sistem.



Gambar 5.7 Sistem AC pada Kondisi Kerja Normal<sup>[16]</sup>



Gambar 5.8 Sistem AC pada Kondisi Kerja Darurat Asap<sup>[16]</sup>