



**BUKU INFORMASI  
PELATIHAN BERBASIS KOMPETENSI**

**MELAKSANAKAN AKTIVITAS UNIT MANAJEMEN  
KESELAMATAN KEBAKARAN PADA BANGUNAN GEDUNG  
TERKAIT DENGAN PENCEGAHAN DAN  
PENANGGULANGAN KEBAKARAN SESUAI RENCANA  
KERJA**



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT  
DIREKTORAT JENDERAL BINA KONSTRUKSI

**DIREKTORAT BINA KOMPETENSI DAN PRODUKTIVITAS KONSTRUKSI**

Jl. Sapta Taruna Raya, Komplek PU Pasar Jumat, Jakarta Selatan

**2018**

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI .....	2
BAB I PENDAHULUAN .....	4
A. Tujuan Umum .....	4
B. Tujuan Khusus .....	4
BAB II Melaksanakan rencana kerja pencegahan kebakaran.....	5
A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Melaksanakan rencana kerja pencegahan kebakaran .....	5
B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Melaksanakan rencana kerja pencegahan kebakaran .....	108
C. Sikap Kerja dalam Melaksanakan rencana kerja pencegahan kebakaran ...	108
BAB III Melaksanakan rencana kerja penanggulangan kebakaran .....	109
A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Melaksanakan rencana kerja penanggulangan kebakaran .....	109
B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Melaksanakan rencana kerja penanggulangan kebakaran .....	117
C. Sikap Kerja dalam Melaksanakan rencana kerja penanggulangan kebakaran .....	117
BAB IV Melaksanakan rencana kerja peningkatan kesadaran keselamatan kebakaran.....	118
A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Melaksanakan rencana kerja peningkatan kesadaran keselamatan kebakaran .....	118
B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Melaksanakan rencana kerja peningkatan kesadaran keselamatan kebakaran .....	121

<p>Modul Pelatihan Berbasis Kompetensi Kategori Konstruksi</p>	<p>Kode Modul INA. 523.MP2KI.02.11.01.04.07</p>
<p>C. Sikap Kerja dalam Melaksanakan rencana kerja peningkatan kesadaran keselamatan kebakaran ..... 121</p> <p>DAFTAR PUSTAKA..... 122</p> <p>    A. Dasar Perundang-undangan ..... 122</p> <p>    B. Buku Referensi..... 122</p> <p>    C. Referensi Lainnya..... 124</p> <p>DAFTAR PERALATAN/MESIN DAN BAHAN..... 125</p> <p>    A. Daftar Peralatan/Mesin ..... 125</p> <p>    B. Daftar Bahan ..... 125</p>	
<p>Judul Modul Melaksanakan aktivitas unit manajemen keselamatan kebakaran pada bangunan gedung terkait dengan pencegahan dan penanggulangan kebakaran sesuai rencana kerja Buku Informasi</p> <p style="text-align: right;">Versi: 2018</p>	<p style="text-align: right;">Halaman 3 dari 126</p>

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **A. TUJUAN UMUM**

Setelah mempelajari modul ini peserta latih diharapkan mampu Melaksanakan aktivitas unit manajemen keselamatan kebakaran pada bangunan gedung terkait dengan pencegahan dan penanggulangan kebakaran sesuai rencana kerja

### **B. TUJUAN KHUSUS**

Adapun tujuan mempelajari unit kompetensi ini guna memfasilitasi peserta latih sehingga pada akhir pelatihan diharapkan memiliki kemampuan sebagai berikut:

1. Melaksanakan rencana kerja pencegahan kebakaran
2. Melaksanakan rencana kerja penanggulangan kebakaran
3. Melaksanakan rencana kerja peningkatan kesadaran keselamatan kebakaran

## **BAB II**

### **MELAKSANAKAN RENCANA KERJA PENCEGAHAN KEBAKARAN**

#### **A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Melaksanakan rencana kerja pencegahan kebakaran**

##### **1. Umum**

Pencegahan kebakaran adalah semua kegiatan tata laksana operasional MPK (Manajemen Penanggulangan Kebakaran) bangunan yang dilaksanakan sebelum terjadi kebakaran. Modul 1 menerangkan tentang Pencegahan kebakaran meliputi Rencana Strategi Tindakan Darurat Kebakaran (RTDK), Prosedur Operasional Standar (POS), pelatihan personil, rencana aksi dan hubungan dengan lingkungan. Modul 2 menerangkan tentang pelatihan personil, rencana aksi dan hubungan dengan lingkungan.

Modul 4 Bab 2 ini menerangkan tentang program pencegahan kebakaran melalui pemeriksaan dan pemeliharaan ruangan atau tatagraha keselamatan kebakaran, potensi pertumbuhan kebakaran dalam bangunan gedung, persyaratan alternatif untuk penyimpanan, penanganan dan penggunaan cairan dan gas yang mudah menyala dan terbakar dan bahan-bahan berbahaya, serta sistem proteksi kebakaran. Pada umumnya yang termasuk barang-barang berbahaya adalah gas dan cairan mudah tersulut, dan bahan kimia. Harus diakui bahwa NSPM tentang barang-barang berbahaya yang ada masih sangat sedikit, kalau boleh dikatakan hampir tidak ada. Dalam hal NSPM yang kita miliki masih sangat terbatas, maka dapat digunakan pedoman dari negara maju, misalnya standar-standar dari NFPA.

Ruang lingkup pencegahan kebakaran adalah terutama untuk bangunan gedung. Bahan-bahan berbahaya yang biasa disimpan dan digunakan di dalam bangunan gedung adalah sedikit karena memang dibatasi jumlahnya untuk mengurangi resiko terhadap penghuni. Sedangkan proses manufaktur yang melibatkan barang-barang berbahaya adalah termasuk hunian industri khusus. Maksud dari Bab ini adalah memberikan pengetahuan dasar dalam pencegahan kebakaran bahan-bahan

berbahaya. Pengetahuan lanjutan dapat diperoleh dari pedoman dari negara maju, misalnya standar-standar dari NFPA.

## 2. Melakukan Rencana Kerja Tatagraha Keselamatan Kebakaran (*Fire Safety Housekeeping*)

Pengetahuan dan pemahaman NSPM keselamatan kebakaran sangat diperlukan dalam tatagraha keselamatan kebakaran. Berikut adalah daftar minimal NSPM yang harus dibaca dan dipelajari secara cermat:

### a. Norma meliputi

- 1) Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 20/PRT/M/2009 Tentang Pedoman Teknis Manajemen Proteksi Kebakaran Di Perkotaan
- 2) Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 26/PRT/M/2008 Tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran Pada Bangunan Gedung Dan Lingkungan
- 3) Peraturan Daerah setempat tentang kebakaran.

### b. Pedoman dan manual meliputi

NFPA *Fire Protection Handbook*, 18<sup>th</sup> Edition

Pada dasarnya, kerumahtanggaan keselamatan kebakaran adalah termasuk pada tahap pencegahan kebakaran. Banyak kondisi yang terdapat pada bangunan gedung atau ruang kerja yang dapat menyebabkan kebakaran. Dan faktanya sebuah bangunan dapat lolos dari kondisi semacam ini selama perioda waktu yang lama tanpa terjadi kebakaran. Akan tetapi pada waktunya akan datang di mana kondisi yang tidak aman ini dapat menyebabkan kebakaran atau menjadi faktor yang membolehkan kebakaran menyebar tidak terkontrol.

Bila kondisi-kondisi ini dapat dikenali dan dieliminasi, potensi terjadinya kebakaran di bangunan gedung atau ruang kerja akan dapat dikurangi secara substansial. Ini dapat dilakukan melalui program pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) terdiri dari prosedur inspeksi/pemeriksaan dan praktek-praktek kerumahtanggaan yang baik.

### **Esensi dari kerumahtanggaan yang baik**

Tingkat usaha dan perhatian yang diperlukan untuk kerumahtanggaan yang baik sudah barang tentu dipengaruhi oleh fungsi dan besarnya bangunan gedung. Beberapa proses memproduksi lebih banyak limbah, kebocoran dan uap dari proses yang lain, dengan demikian memberikan jangkauan luas masalah kerumahtanggaan. Tambahan lagi, tingkat kebersihan yang dapat diterima berubah dari fungsi ke fungsi bangunan. Tingkat kebersihan di sebuah pabrik misalnya, mungkin tidak dapat diterima untuk sebuah perkantoran.

Untuk memperoleh kerumahtanggaan yang baik, program harus dimulai dan mendapat dukungan dari puncak manajemen. Kerumahtanggaan yang baik tidak terjadi begitu saja, membutuhkan kepemimpinan serta seratus persen dukungan dan arahan dari pimpinan bangunan gedung dan kerjasama dari karyawan/penghuni bangunan. Adalah sangat penting bahwa semua karyawan/penghuni menerima tanggung jawab untuk kerumahtanggaan di ruang kerja mereka. Meskipun biasanya bangunan akan membuat kontrak kepada penyedia jasa pembersihan bangunan, tetapi tugas mereka terbatas kepada pembersihan secara umum. Menjamin bahwa material, alat, limbah dan sebagainya diletakkan di lokasi tertentu adalah tugas dari pada karyawan/penghuni yang menanganinya.

Inspeksi/pemeriksaan keselamatan adalah penting. Dengan melakukannya, pimpinan mendemonstrasikan melalui tindakan dan kata-kata tingkat kerumahtanggaan yang dapat diterima. Di mana tidak terdapat kerumahtanggaan yang baik, hal ini biasanya karena tidak cukup perhatian yang diberikan atau tindakan yang dilakukan terhadap satu atau lebih daerah sebagai berikut:

#### 1) Komunikasi

Pimpinan harus menyebarkan komitmennya kepada kerumahtanggaan yang baik secara berkala, dan memberikan apresiasi atas kinerja yang bagus. Karyawan harus memberikan umpan balik kepada pimpinan atas program yang sedang berjalan dan atas apa yang mereka perlukan untuk mencapai sasaran program. Ini dapat dilakukan melalui laporan keselamatan yang dibuat oleh ketua tim dan karyawan, serta inspeksi berkala oleh pimpinan. Sebagai

tambahan, ketua tim harus dapat bertemu dengan pimpinan fasilitas secara berkala untuk mengkaji ulang kinerja, merevisi sasaran, dan memberikan rekomendasi. Tempat yang bagus untuk mendiskusikan ini adalah rapat keselamatan bulanan.

## 2) Peralatan:

Kerumahtanggaan tidak boleh gagal karena kekurangan alat dan peralatan. Ini termasuk peralatan yang biasa digunakan oleh bagian pembersihan (*cleaning/janitor service*). Langkah sederhana menempatkan keranjang sampah yang cukup di lokasi yang mudah dicapai atau diperlukan dapat mengurangi jumlah sampah yang ditaruh di lantai. Untuk pembersihan daerah yang luas mungkin dibutuhkan mesin penyapu lantai (*powered floor sweeper*) atau penyedot debu (*vacuum cleaner*). Daerah di mana sejumlah besar material bekas atau pembungkus yang tidak dipakai lagi terakumulasi secara kontinyu mungkin memerlukan tidak hanya kotak/bak sampah yang besar, tetapi juga peralatan bermotor yang dapat sering kali dikosongkan atau diganti. Di daerah di mana minyak gemuk atau pelumas dapat terakumulasi, mungkin dibutuhkan sebuah sistem uap pembersih lantai bertekanan tinggi.

## 3) Denah dan penyimpanan:

Kepadatan yang berlebihan (*overcrowding*) adalah rintangan besar bagi kerumahtanggaan yang benar. Lorong/gang yang terblokir atau terhalang membatasi akses dan karenanya menghalangi pembersihan dan pengambilan sampah. Kurangnya ruang kerja dan kapasitas gudang menghasilkan operasi yang tidak efisien, ketidak mampuan untuk menjaga kerapihan, dan frustrasi karyawan. Penggunaan yang kreatif dari rak, papan, dan kotak simpan, atau penandaan lorong dan daerah penyimpanan dengan pengecatan garis pada lantai dapat memberikan solusi.

Penyimpanan yang tidak terorganisir dan sembrono, selain berpengaruh negatif atas kerumahtanggaan yang baik, juga biasanya merupakan sebuah faktor perusak terhadap proteksi kebakaran yang efektif. Pemadam api ringan, hidran bangunan dan katup kontrol sistem sprinkler dapat terhalang dan tidak dapat



diakses, dan pintu tahan api/eksit tidak dapat dioperasikan. Terakhir, dalam keadaan darurat kebakaran, menjadi lebih sukar bagi petugas pemadam kebakaran untuk memadamkan kebakaran meskipun sudah ada proteksi sprinkler.

#### 4) Lingkungan

Sama pentingnya seperti lingkungan alami adalah lingkungan artifisial/buatan di ruang kerja. Sistem ventilasi dan tata udara yang mengendalikan bau, uap, dan debu di udara ruang kerja juga memberikan pengaruh kuat bermanfaat atas kebersihan umum di ruang kerja.

#### 5) Personil:

Karyawan/penghuni harus diberitahu tentang pentingnya menjaga kebersihan di ruangnya masing-masing. Ini adalah bagian kritical dari program. Untuk melakukannya, pimpinan harus selalu berkomunikasi kepada karyawan/penghuni apa yang dapat diterima dan apa yang tidak dapat diterima tentang fasilitas yang dipelihara dan dirawat, dari sudut pandang kerumahtanggaan. Sebagai tambahan, karyawan/penghuni sebaiknya didorong untuk mendiskusikan cara-cara untuk mengeliminasi bahaya kebakaran dan memperbaiki kondisi ruang kerja

##### a. Pemeliharaan dan perawatan bangunan

Tiga persyaratan dasar untuk kerumahtanggaan yang baik adalah:

- 1) Denah dan peralatan yang benar
- 2) Penanganan dan penyimpanan material secara benar
- 3) Kebersihan dan kerapian

Setiap fasilitas atau bangunan yang mengimplementasikan dasar-dasar tersebut di atas telah membuat pondasi kerumahtanggaan yang baik dan benar. Dengan menggunakannya, fasilitas dapat mengembangkan praktek-praktek kerumahtanggaan yang khusus sesuai dengan masalah spesifik di fasilitasnya. Dalam mengejar kebersihan dan kerapian, pemeliharaan dan perawatan bangunan memerlukan praktek kerumahtanggaan yang khusus untuk mengurangi bahaya kebakaran di bangunan.

## 1) Lantai

Perawatan umum lantai seperti pembersihan, penanganan dan sebagainya dapat memberikan bahaya kebakaran bila pelarut atau pelapis yang mempunyai sifat mudah terbakar digunakan, atau bila sisa (residu) yang mudah terbakar dihasilkan. Misalnya, kebakaran telah terjadi dari digunakannya bensin untuk membersihkan lantai dari minyak yang tumpah. Pelarut pembersih (*cleaning solvent*) yang mempunyai titik nyala (*flash point*) di bawah temperatur ruangan adalah terlalu berbahaya untuk digunakan. Dalam pemilihan bahan pelarut, supaya berhati-hati tentang sifat racunnya terhadap penghuni dan terhadap lingkungan bila dibuang melalui pipa pembuangan bangunan. Material yang aman tersedia untuk berbagai penggunaan sebagai berikut:

- a) Kompon sapu (*sweeping compound*): Banyak kompon yang bagus dijual di pasar untuk menyapu lantai dan menyerap minyak. Bahan yang tidak mudah terbakar sebaiknya digunakan untuk ini. Serbuk gergaji (*sawdust*) dan material mirip lainnya yang mudah terbakar sebaiknya dihindari, atau kalau digunakan, harus dibuang di dalam kotak metal bertutup (*metal container*)
- b) Minyak lantai (*floor oil*): bahan mengandung minyak dan pengencer dengan titik nyala rendah (*low flash point*) adalah berbahaya, apalagi bila baru diaplikasikan. Tambahan lagi, komponen minyaknya dapat panas secara spontan (*spontaneous heating*). Untuk mengurangi bahaya kebakaran, lap dan spon berminyak harus diletakkan di dalam kotak bertutup terbuat dari metal atau bahan tidak mudah terbakar lainnya.
- c) Lilin lantai (*floor wax*): Pengencer dengan titik nyala rendah (*low flash point*) adalah berbahaya, apalagi bila digunakan dengan penyemir listrik (*electric polisher*). Pada kasus ini, penyalaan dapat terjadi karena friksi dan bunga api (*sparking*). Lebih baik menggunakan lilin emulsi air (*water mulsion wax*).
- d) Semir perabotan (*furniture polish*): Semir perabotan yang mengandung minyak dapat panas secara spontan (*spontaneous heating*) menjadi berbahaya bila lap yang jenuh dengan semir ini tidak dibuang secara benar.

Lap semacam itu harus diletakkan di dalam kotak tertutup terbuat dari metal atau bahan tidak mudah terbakar lainnya.

e) Bahan pembersih tidak berbahaya (*nonhazardous cleaning agent*): Pembersih yang mudah terbakar tidak perlu digunakan karena di pasar tersedia banyak pembersih yang bersifat tidak mudah terbakar. Bahan yang relatif aman ini stabil dan mempunyai titik nyala tinggi (*high flash point*) 60 s/d 88°C dan tingkat racun yang rendah.

### 2) Debu dan kain tiras (*dust & lint*)

Dalam banyak fungsi/hunian bangunan diperlukan prosedur pembersihan/pembuangan debu dan kain tiras mudah terbakar yang terakumulasi dari dinding, langit-langit, lantai dan komponen struktur terbuka. Kecuali prosedur ini dijalankan dengan aman menggunakan penyedot debu (*vacuum cleaner*) atau sistem penggerak udara (*blower & exhaust system*), dapat menimbulkan bahaya kebakaran atau ledakan. Pada beberapa kasus di mana atmosfer penuh dengan debu, peralatan penyedot harus dilengkapi dengan motor tahan penyalaan (*ignition-proof motor*) untuk menjamin operasi yang aman.

Kehati-hatian harus diberlakukan untuk tidak mengeluarkan ke dalam atmosfer debu dan kain tiras dalam sebarang jumlah yang dapat menyala atau membentuk campuran eksplosif dengan udara. Banyak pekerjaan yang dapat dihemat dengan cara melakukan penghisapan di lokasi di mana debu dapat keluar dari mesin proses, dan membawa debu tersebut ke tempat penampungan yang aman.

### 3) Dakting pembuangan dan peralatan terkait

Dakting pembuangan dari cerobong (*kitchen hood*) di atas peralatan masak seperti terdapat di restoran dan kafetaria, memberikan masalah yang menyusahkan karena lemak terkondensasi di bagian dalam dakting dan di peralatan pembuangan. Lemak yang terakumulasi ini dapat menyala oleh bunga api dari peralatan masak atau oleh kebakaran kecil minyak/lemak masak yang terlalu panas, yang sebetulnya mudah dipadamkan bila tidak ada masalah lemak yang terkakumulasi di bagian dalam dakting dan di peralatan pembuangan.

a) Alat pembersih lemak (*grease removal device*): Semua sistem pembuangan dari peralatan masak harus dilengkapi dengan alat pembersih lemak, meliputi peralatan seperti ekstraktor lemak (*grease extractor*), filter lemak (*grease filter*) atau fan khusus direncanakan untuk membuang secara efektif uap lemak dan memberikan penahan api. Filter lemak termasuk rangkanya dan peralatan pembersih lemak lainnya harus terbuat dari bahan tidak mudah terbakar.

b) Dakting: Tidak ada metode yang praktis untuk mencegah semua kebakaran dakting dapur, akan tetapi bahaya dapat diminimalkan melalui kombinasi tindakan pencegahan sebagai berikut:

- (1) Membersihkan secara berkala cerobong, alat pembersih lemak, fan, dakting dan peralatan terkait lainnya
- (2) Inspeksi/pemeriksaan sistem pembuangan setiap hari atau setiap minggu, tergantung penggunaan, untuk menentukan akumulasi lemak.

Dakting yang bersih adalah perlu sekali bagi keselamatan kebakaran, tetapi sering dakting kondisinya kotor karena membersihkannya adalah pekerjaan yang sulit dan tidak menyenangkan, dan biasanya pekerjaan ini disubkontrakkan.

Dalam membersihkan sistem pembuangan, hindari penggunaan bahan pelarut atau bahan lainnya yang mudah terbakar. Jangan mulai proses pembersihan sebelum semua saklar listrik, alat detektor, dan tabung sistem pemadam terpasang tetap dimatikan atau terkunci pada posisi "tutup (*shut*)". Ini mencegah fan pembuangan hidup dan sistem pemadam terpasang tetap teraktuali/ beroperasi. Setelah pembersihan selesai, semua saklar harus dikembalikan ke posisi operasi normal.

Hasil pembersihan yang memuaskan dapat diperoleh dengan memakai bubuk kompon yang terdiri dari satu bagian kalsium hidroxida dan dua bagian kalsium karbonat. Kompon ini mengkonversikan lemak atau residu minyak menjadi sabun, sehingga mudah dibuang dan dibersihkan. Cara ini membutuhkan ventilasi yang cukup. Metode lain adalah dengan

menggunakan uap untuk mengerik residu keluar dari dakting, yang terbukti cukup efektif. Atau menyemprot bagian dalam dakting dengan kapur setelah pembersihan dapat mempermudah pembersihan berikutnya.

- c) Sistem dakting yang lain: Semua sistem dakting dapat mengakumulasi kotoran dan bahan apa saja yang beredar di bangunan. Outlet yang kotor di langit-langit dan dinding adalah bukti akibat tidak dipelihara. Pembersihan berkala sistem adalah perlu untuk kesehatan dan kerumahtanggaan yang baik. Semua filter harus secara berkala dibersihkan.

b. Kerumahtanggaan hunian dan proses

Program kerumahtanggaan harus memberikan pertimbangan khusus untuk pembuangan sampah, kontrol kebiasaan merokok, dan bahaya rumah tangga lainnya. Suatu ide yang bagus adalah untuk mengadakan pemeriksaan fasilitas/bangunan oleh petugas keamanan setelah karyawan/penghuni pulang setiap hari atau pada akhir minggu. Pemeriksaan sebaiknya dilakukan kira-kira 1 jam setelah fasilitas/bangunan kosong, dan sebaiknya diulangi secara reguler selama fasilitas/bangunan dalam keadaan kosong.

1) Pembuangan sampah

- a) Tempat sampah: Tempat sampah yang terbuat dari bahan tidak mudah terbakar harus digunakan untuk pembuangan limbah dan sampah. Termasuk untuk tempat sampah kecil seperti asbak dan keranjang sampah, dan juga tempat sampah besar seperti yang digunakan di hunian perdagangan dan industri. Tempat limbah industri harus terbuat dari metal dan mempunyai tutup, dan kehati-hatian diperlukan untuk menghindari pencampuran limbah yang dapat menimbulkan bahaya tersendiri. Keranjang atau tempat sampah dari plastik populer digunakan, dan sebaiknya dipilih yang bila terbakar tidak segera berubah bentuknya menjadi cair sehingga menambah bahan yang terbakar.

- b) Pemilahan/segregasi limbah: Adalah bukan praktek yang baik dari kerumahtanggaan untuk membuang segala macam limbah dan sampah ke sebuah tempat sampah. Misalnya, serbuk metal yang mudah terbakar dapat

meledak bila terjadi penyalaan. Batere dan kaleng aerosol dapat meledak bila bercampur dengan sampah yang lain yang dibakar. Sebaiknya sampah yang mudah terbakar dipisahkan dari sampah yang tidak mudah terbakar.

## 2) Pengendalian/kontrol sumber penyalaan

a) Kontrol kebiasaan merokok: Meskipun pada umumnya masyarakat telah mengubah kebiasaan merokok, masih saja ada jumlah signifikan karyawan/penghuni yang masih merokok. Yang paling baik tentunya sama sekali dilarang merokok untuk mengeliminasi kemungkinan puntung rokok dibuang sembarangan. Kebijakan ini harus dilaksanakan secara keras dan mendapat dukungan dari semua karyawan/penghuni. Bila pertimbangan ini tidak memungkinkan, maka pengaturan merokok harus spesifik tentang tempat, dan kalau dapat, waktunya. Daerah di mana merokok diperbolehkan, juga daerah di mana merokok dibatasi atau sama sekali dilarang, harus ditandai dengan jelas oleh tanda yang sesuai yang memberikan tanpa kompromi apa dan di mana yang diperbolehkan atau tidak diperbolehkan.

Sebagai tambahan dari pengaturan, kontrol kebiasaan merokok juga memerlukan tempat yang cukup untuk puntung rokok. Asbak dengan rancangan khusus sangat penting untuk merokok yang aman. Asbak harus terbuat dari bahan tidak mudah terbakar dan mempunyai alur lekuk yang memegang sigaret dengan kuat, dan sisinya harus cukup curam untuk memaksa perokok menempatkan seluruh sigaret ke dalam asbak. Pada bangunan umum atau industri, asbak besar berisi pasir disediakan untuk secara mudah digunakan mematikan atau membuang puntung rokok. Asbak yang dirancang secara buruk dapat menjadi bahaya, ketika rokok atau cerutu yang menyala terguling keluar, mengenai bahan mudah terbakar dan pada kondisi tertentu dapat memulai kebakaran. Isi asbak harus dibuang secara hati-hati, karena mungkin masih ada puntung yang menyala, yang kalau ikut dibuang ke keranjang sampah biasa dapat membakar kertas atau sampah kering lainnya. Untuk mencegah hal ini, sebaiknya disediakan tempat sampah khusus dari metal tertutup untuk menerima sampah hanya dari asbak.

- b) Kontrol listrik statik: Tindakan pencegahan terhadap bunga api listrik statis harus dilakukan di lokasi di mana terdapat uap, gas, debu yang mudah menyala dan material lainnya yang mudah terbakar. Listrik statis dapat terjadi oleh aliran dua material berbeda melalui masing-masing. Misalnya cairan atau debu yang dibawa melalui pipa atau dakting menghasilkan potensi listrik, di mana pada kondisi yang tepat dan terdapat cukup oksigen, bila terjadi pelepasan listrik statis akan menyalakan uap atau debu mudah terbakar. Tindakan pencegahannya adalah mempertahankan relatif humiditas yang tinggi, pembumian dan ikatan antara dua obyek metalik (*grounding & bonding*), lantai/keset yang konduktif, atau kombinasi cara-cara tersebut. Program pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) bangunan harus meliputi inspeksi/pemeriksaan dan uji coba tahunan dari semua pembumian termasuk pembumian dan *bonding* bangunan gedung.
- c) Kontrol friksi/gesekan: Sebuah program pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) harus ada untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi potensi sumber friksi/gesekan.
- d) Kontrol bahaya elektrikal: Program inspeksi/pemeriksaan secara berkala harus ada untuk mengidentifikasi sirkit listrik yang kelebihan beban, sambungan pengawatan peralatan yang ditumpuk terlalu banyak, pengawatan peralatan yang rusak, tutup kontak/stopkontak pembumian yang hilang, dan sebagainya.

### 3) Bahaya kerumahtanggaan industri

Beberapa hunian industri mempunyai masalah kerumahtanggaan yang khusus yang melekat kepada sifat operasionalnya. Untuk masalah khusus ini, diperlukan perencanaan dan pengaturan spesifik.

- a) Lap dan spon pembersih: Lap yang masih bersih pada umumnya digolongkan sebagai bahaya ringan, karena mudah menyala bila terpisah tidak berupa satu bal/bungkus lagi, dan selalu ada kemungkinan bahwa lap bersih tercampur dengan lap kotor yang sudah mengandung minyak. Terdapatnya limbah kotor atau sejumlah kecil minyak tertentu dapat menuju ke

pemanasan spontan (*spontaneous heating*). Baik lap yang masih bersih dan yang sudah dipakai sebaiknya secara terpisah disimpan dalam kotak metal, atau kayu dengan lapisan dalam metal, yang mempunyai tutup yang dibuat sedemikian rupa sehingga selalu menutup (tutup memakai per atau imbang berat). Lap yang kotor tidak boleh dicampur dengan yang bersih karena dapat menyebabkan kebakaran. Selain lap, persyaratan juga dapat berlaku untuk sarung tangan katun dan uniform katun yang dapat digunakan kembali.

- b) Pelapis dan pelumas (*coatings & lubricants*): Cat, minyak gemuk, pelumas dan serupa yang mudah terbakar banyak digunakan di hunian industri, dan sebuah program kerumahtanggaan yang baik akan menjamin bahwa residunya yang mudah terbakar dikumpulkan dan dibuang dengan aman. Uap dari kamar pengecatan (*spray booth*) harus dibuang langsung keluar bangunan dan residunya terakumulasi dengan aman.
- c) Baki penadah (*drip pans*): Baki penadah penting pada beberapa lokasi, terutama di bawah motor, permesinan yang menggunakan minyak pemotong, dan bearing. Baki penadah harus digunakan di mana material yang mudah menyala dan terbakar dikeluarkan. Baki penadah harus terbuat dari bahan tidak mudah terbakar dan berisi kompon yang menyerap minyak (pasir atau tanah). Pembuangan berkala kompon yang sudah menyerap minyak harus dilakukan.
- d) Pembuangan limbah cair mudah terbakar dan korosif: Pembuangan limbah cair yang mudah terbakar sering menjadi masalah yang menyusahkan. Setiap bahan limbah yang cair dan korosif (pH <2 atau >12), atau cair dan mempunyai titik nyala pada temperatur 60°C atau kurang, adalah termasuk bahan beracun dan berbahaya (B3). Tong yang berisi bahan ini harus diberi tanda/label, dan dibuang di fasilitas yang mempunyai lisensi untuk menangani limbah ini sesuai perundangan dan ketentuan yang berlaku.
- e) Tumpahan cairan mudah terbakar: Tumpahan cairan mudah terbakar dapat diantisipasi di daerah di mana cairan semacam itu ditangani dan digunakan, dan cara mengatasinya harus tersedia, meliputi tersedianya material



penyerap dan peralatan khusus untuk membatasi penumpahan. Karyawan harus mengerti bahayanya dan segera mengambil langkah untuk mematikan sumber penyalaan, menukar udara/ventilasi ruangan dan secara aman menghilangkan uap mudah terbakar.

- f) Penyimpanan cairan mudah terbakar: Cairan mudah terbakar harus disimpan di ruang terpisah. Praktek kerumahtanggaan yang baik menjamin bahwa hanya jumlah terbatas cairan mudah menyala dan terbakar yang boleh disimpan di daerah kerja atau produksi, di dalam tempat yang terproteksi dan aman. Penyimpanan cairan mudah terbakar harus mengikuti ketentuan yang berlaku.
- g) Genangan minyak: Terakumulasinya minyak memberikan masalah kerumahtanggaan di hunian industri di mana banyak digunakan minyak, seperti misalnya pemeliharaan yang buruk dari instalasi lif hidrolis industri dapat menyebabkan kebocoran minyak yang akhirnya menimbulkan genangan di lantai kamar mesin lif hidrolis atau di dasar sumur lif. Meskipun telah digunakan minyak dengan titik nyala yang tinggi, setiap genangan minyak yang dapat terbakar dapat menjadi sumber kebakaran, terutama di genangan yang tercampur dengan sampah. Genangan minyak dan bahan penyerap yang digunakan harus dibuang dalam tempat yang terbuat dari metal.
- h) Limbah berminyak (*oily waste*): Lap kotor, serbuk gergaji, kain tirus, pakaian dan lainnya yang mengandung minyak dapat sangat berbahaya, terutama bila mengandung minyak yang spontan panas (*spontaneous heating*). Kerumahtanggaan yang baik mempersyaratkan bahwa barang-barang semacam itu disimpan di dalam tempat terbuat dari metal dan bertutup, dan dibuang setiap hari.
- i) Material paking/pembungkus (*packing material*): Hampir semua material paking yang sekarang digunakan adalah mudah terbakar, dan karena itu berbahaya. Plastik dalam bentuk kaku dan butiran, cabikan kertas, serbuk gergaji, kain guni dan semacamnya harus ditangani sebagai limbah kering.

Bila ada dalam jumlah yang besar, maka harus disimpan dalam ruangan/gudang yang diproteksi. Sistem sprinkler otomatis adalah proteksi paling baik untuk ruangan di mana disimpan material paking dalam jumlah besar.

Material paking yang sudah terpakai atau limbahnya dan bekas paking kayu dari ruangan penerima dan pengapalan harus dipindahkan dan dibuang secepat mungkin untuk meminimalkan bahaya kebakaran. Idealnya proses pengepakan dan pembongkaran dilaksanakan dengan cara yang teratur sehingga material paking tidak berceceran di fasilitas. Sebuah daerah harus ditandai atau diidentifikasi untuk disediakan sebagai tempat penumpukan material paking. Daerah ini harus secara berkala dibersihkan dan sampahnya dibuang keluar ke sebuah tempat sampah.

j) Pekerjaan pengelasan dan pemotongan (*welding & cutting/hotworks*): Pekerjaan pengelasan dan pemotongan dan pekerjaan yang menggunakan panas lainnya terbukti telah menjadi penyebab kebakaran yang signifikan. Tindakan pengamanan harus dilakukan sebelum dan setelah pekerjaan pengelasan: pemeriksaan daerah lokasi pekerjaan, menutupi atau memindahkan material yang mudah terbakar, menyediakan alat pemadam api ringan, baru menerbitkan ijin pekerjaan, dan setelah pekerjaan selesai harus ditunggu selama lebih kurang ½ jam sebelum meninggalkan lokasi.

k) Penyimpanan palet: Penyimpanan palet kayu kosong harus sesuai ketentuan yang berlaku, dan jumlahnya dibatasi secara tegas. Penyimpanan yang melebihi batas memberikan kebakaran tumbuh melampaui kemampuan proteksi kebakaran yang ada.

#### 4) Lemari (*Lockers & Cupboards*)

Banyak fasilitas industri menyediakan lemari bagi karyawannya untuk menyimpan barang-barang pribadi mereka. Lemari (*locker*) ini dapat memberikan bahaya kebakaran bila pemakaiannya tidak rapi atau jorok, atau digunakan sebagai tempat untuk menyimpan barang bekas seperti lap kotor atau pakaian yang terkena cat. Barang-barang ini dapat menyala secara spontan

atau secara kebetulan oleh korek api atau puntung rokok yang tidak sepenuhnya dimatikan yang tidak sengaja diletakkan karyawan di lemarnya. Lemari terbuat dari kayu dapat menyala dan menyebarkan kebakaran. Sebaiknya dipilih yang terbuat dari metal, tetapi harus diperiksa secara berkala. Lemari metal dapat membatasi kebakaran, bila konstruksinya padat, termasuk bagian depan, dasar, partisi dan belakang. Bila terdapat proteksi sprinkler otomatis, bagian atas harus berlubang atau dari kawat kasa supaya air pancaran sprinkler dapat mencapai isi lemari. Kertas dapat ditempel di bagian ini untuk menghalangi debu.

c. Praktek kerumahtanggaan halaman

Kerumahtanggaan yang baik adalah sama pentingnya untuk di dalam maupun di luar bangunan. Kerumahtanggaan halaman yang tidak memenuhi syarat dapat mengancam keamanan struktur bagian luar bangunan dan barang-barang yang disimpan di halaman. Akumulasi barang bekas dan sampah dan tumbuhnya rumput, ilalang dan belukar yang tinggi bersebelahan dengan bangunan atau barang-barang yang disimpan adalah bahaya yang biasa ditemui. Penting adanya sebuah program berkala untuk mengawasi halaman.

1) Pengendalian/kontrol rumput dan ilalang: Rumput, ilalang, belukar yang tumbuh tinggi di sekitar bangunan dan sepanjang jalan internal kompleks industri dan komersial memberikan bahaya kebakaran yang nyata. Untuk mengurangi bahaya ini, bagian pemeliharaan bangunan telah mencoba mengendalikan atau membasmi tumbuhan semacam itu. Sebuah cara adalah secara teratur memangkas tumbuhan tersebut. Akan tetapi untuk tumbuhan yang tidak dikehendaki seperti ilalang dan belukar, perlu dibasmi dengan cara meracuni. Sebaiknya dipilih racun tanaman yang tidak berbahaya/beracun bagi manusia dan tidak mudah terbakar.

2) Penyimpanan barang di halaman: Barang-barang yang disimpan di halaman (*outdoor storage*) harus dipisahkan secara benar dari bangunan yang mudah terbakar dan dari penyimpanan barang mudah terbakar lainnya. Separasi ini harus dijaga oleh staf kerumahtanggaan agar selalu bebas tidak pernah

terhalang, meskipun temporer, oleh bangunan sementara, peti kayu dan palet yang dibuang atau barang mudah terbakar lainnya. Lorong diantara barang yang disimpan harus juga dijaga tidak terhalang dan bebas dari benda mudah terbakar.

Kerumahtanggaan yang baik juga mempersyaratkan kontrol kebiasaan merokok di penyimpanan barang di halaman. Tanda dilarang merokok harus dipasang dan asbak yang besar disediakan di lokasi sebelum memasuki daerah "dilarang merokok".

### 3) Pembuangan sampah di halaman:

Limbah mudah terbakar yang ditempatkan di halaman menunggu pembuangan harus ditempatkan tidak kurang dari 6 m, dan sebaiknya 15 m, dari bangunan, dan tidak kurang dari 15 m dari jalan umum dan sumber penyalaan, seperti mesin pembakar sampah (*incinerator*). Limbah tersebut harus ditutup sekelilingnya dengan pagar yang aman tidak mudah terbakar dengan tinggi yang cukup. Limbah harus dikumpulkan dan dibuang secara berkala dari fasilitas.

### d. Inspeksi/pemeriksaan

Inspeksi/pemeriksaan kerumahtanggaan adalah merupakan bagian penting dari sebuah program umum kerumahtanggaan. Program ini harus dikombinasikan dengan sebuah program inspeksi keselamatan yang lengkap. Jenis inspeksi ini mempunyai empat tujuan utama:

- 1) Mempertahankan sebuah lingkungan kerja yang aman
- 2) Kontrol tindakan tidak aman dari karyawan/penghuni
- 3) Mempertahankan operasi yang menguntungkan (dan kualitas produk)
- 4) Mempertahankan operasi untuk memenuhi atau melampaui standar keselamatan yang diterima atau standar keselamatan pemerintah

Meskipun tidak ada kata "kerumahtanggaan" dalam empat tujuan di atas, jelas sekali bahwa kerumahtanggaan terlibat di dalam setiap tujuan. Kerumahtanggaan yang baik adalah bagian penting dari setiap program keselamatan yang berhasil, termasuk program keselamatan terhadap kebakaran.

Inspeksi/pemeriksaan harus didefinisikan dengan baik, dan harus meliputi:

- 1) Lokasi/daerah yang diperiksa
- 2) Frekuensi pemeriksaan
- 3) Apa kinerja yang dapat diterima
- 4) Siapa yang akan melakukan pemeriksaan

Bagian yang paling banyak memakan waktu dari pemeriksaan adalah penulisan laporan. Di sini komputer dan sistem bar coding dapat menolong, atau sebuah daftar simak (check list) dapat menjadi alat yang berguna.

3. Melakukan Rencana Dan Praktek Proteksi Kebakaran Untuk Operasi Yang Kompleks  
Pengetahuan dan pemahaman NSPM keselamatan kebakaran sangat diperlukan dalam rencana dan praktek proteksi kebakaran untuk operasi yang kompleks. Berikut adalah daftar minimal NSPM yang harus dibaca dan dipelajari secara cermat:

a. Norma meliputi:

- 1) Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 26/PRT/M/2008 Tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran Pada Bangunan Gedung Dan Lingkungan.
- 2) Peraturan Daerah setempat tentang kebakaran.

b. Pedoman dan manual meliputi:

NFPA Fire Protection Handbook, 18th Edition

Yang dimaksud dengan operasi yang kompleks adalah proses dan operasional yang menghasilkan debu (*dust*), tudung dan dakting dapur komersial (*kitchen hoods and ducting*), tangki celup (*dip tanks*), pengecatan (*spray painting*), penyimpanan dan penggunaan cairan mudah menyala dan terbakar, serta penyimpanan, manufaktur dan penggunaan bahan kimia dan peledak. Dalam hal NSPM yang kita miliki masih sangat terbatas, maka dapat digunakan pedoman dari negara maju, misalnya standar-standar dari NFPA.

a. Proses dan operasional yang menghasilkan debu (*dust*)

Debu adalah bahan partikel dengan ukuran sangat kecil dan kebanyakan bersifat mudah terbakar. Bila debu melayang di udara dan disulut (*ignition*) dapat menimbulkan ledakan hebat.

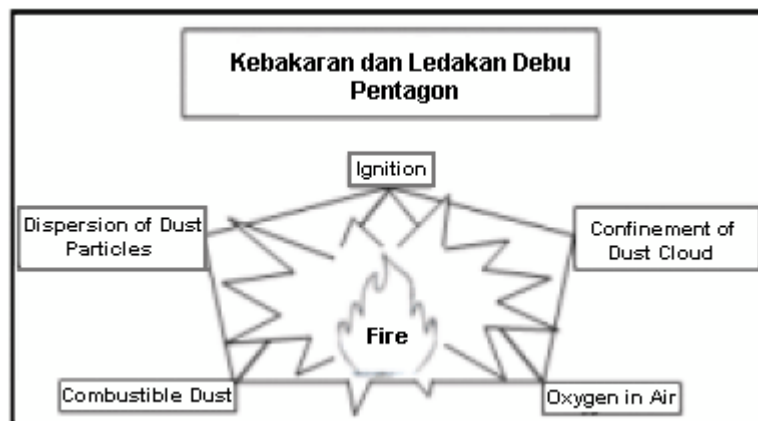
1) Unsur dari sebuah ledakan akibat debu:

Unsur yang diperlukan untuk sebuah kebakaran:

- a) Debu mudah terbakar (bahan bakar)
- b) Sumber penyulutan (panas)
- c) Oksigen dalam udara (oksidan)

Unsur tambahan yang diperlukan untuk sebuah ledakan akibat debu yang mudah terbakar:

- a) Dispersi dari partikel debu dalam jumlah dan konsentrasi yang cukup
- b) Kurungan dari awan debu



Gambar 2.1  
Contoh kebakaran dan ledakan debu pentagon

Tambahan dua unsur terakhir kepada segitiga kebakaran menciptakan apa yang diketahui sebagai "segilima (pentagon) ledakan" (lihat gambar di atas). Bila suatu awan debu (bahan bakar yang menyebar) disulut dalam suatu kurungan tempat atau bejana, daerah, atau bangunan yang tertutup atau semi-tertutup, debu dapat terbakar sangat cepat dan mungkin menimbulkan ledakan. Keselamatan penghuni terancam oleh kebakaran yang timbul, ledakan-ledakan yang terjadi, benda-benda yang terbang, dan keruntuhan komponen bangunan.

Sebuah ledakan awal (primer) dalam suatu peralatan proses atau dalam suatu daerah di mana debu terakumulasi mungkin dapat mengguncang terlepas lebih banyak debu yang terakumulasi, atau merusak suatu sistem kurungan (seperti

sebuah cerobong udara, bejana atau tempat pengumpul debu). Sebagai akibatnya, bila disulut, tambahan debu yang tersebar ke udara mungkin menyebabkan satu atau lebih ledakan sekunder yang dapat jauh lebih destruktif dari ledakan awal karena penambahan jumlah dan konsentrasi dari debu yang menyebar dan mudah terbakar.

Bila tidak terdapat salah satu dari unsur segilima ledakan, maka sebuah ledakan yang destruktif tidak mungkin terjadi. Dua unsur dari segilima ledakan sulit untuk dieliminasi: oksigen (dalam udara), dan kurungan dari awan debu (dalam proses atau bangunan). Akan tetapi tiga unsur lainnya dapat dikendalikan secara signifikan, dan akan dijelaskan di bawah.

## 2) Bahaya debu di fasilitas/bangunan:

Bahaya ledakan debu yang mudah terbakar mungkin terdapat pada beberapa hunian industri, termasuk industri makanan (misalnya permen, tepung, terigu, makanan), plastik, kayu, karet, furnitur, tekstil, pestisida, obat-obatan, pewarna, batu bara, metal (misalnya aluminium, chromium, besi, magnesium, dan seng), dan pembangkit tenaga berbahan bakar fosil. Mayoritas bahan organik alami dan sintetik, dan juga beberapa bahan metal, dapat membentuk debu yang mudah terbakar. Setiap proses industri yang meredusir bahan mudah terbakar dan beberapa bahan yang biasanya tidak mudah terbakar menjadi kondisi yang sangat halus atau debu memberikan potensi suatu bahaya kebakaran atau ledakan.

Untuk menilai potensi bahaya ledakan debu, fasilitas harus secara hati-hati mengidentifikasi hal-hal sebagai berikut:

- a) Bahan yang menjadi mudah terbakar bila dalam kondisi yang sangat halus;
- b) Proses yang menggunakan atau menghasilkan debu mudah terbakar;
- c) Daerah terbuka di mana debu dapat terakumulasi;
- d) Daerah tersembunyi (misal langit-langit, dan dalam cerobong/dakting) di mana debu dapat terakumulasi;
- e) Cara di mana debu dapat menyebar di udara; dan
- f) Sumber potensi penyulutan (ignition).

3) Pencegahan/pengendalian debu:

Standar NFPA 654, *Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids*, memberikan pedoman komprehensif pengendalian debu untuk pencegahan ledakan. Berikut adalah beberapa rekomendasinya:

- a) Meminimalkan pelepasan debu dari peralatan proses atau sistem ventilasi;
- b) Gunakan sistem pengumpulan debu dan filter;
- c) Gunakan permukaan yang meminimalkan akumulasi debu dan memudahkan pembersihan;
- d) Sediakan pintu akses ke semua daerah tersembunyi untuk fasilitasi inspeksi/pemeriksaan;
- e) Inspeksi berkala penumpukan debu dalam daerah terbuka dan tersembunyi;
- f) Pembersihan berkala debu;
- g) Bila terdapat sumber penyulutan, gunakan metoda pembersihan yang tidak menghasilkan awan debu;
- h) Hanya gunakan alat penghisap (*vacuum cleaner*) yang khusus disetujui untuk pengumpulan debu;
- i) Tempatkan katup relief (uap atau air panas) jauh dari daerah bahaya debu; dan
- j) Membuat, mengembangkan dan mengimplementasikan secara tertulis program berkala dan metoda inspeksi, pengujian, tata graha dan pengendalian bahaya debu.

4) Pencegahan/pengendalian penyulutan (ignition): NFPA 654, *Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids*, juga memberikan pedoman komprehensif pengendalian sumber penyulutan untuk pencegahan ledakan. Berikut adalah beberapa rekomendasinya:

- a) Gunakan peralatan listrik dan pengawatan yang sesuai;
- b) Pengendalian listrik statis termasuk pengikatan dan pembumian semua peralatan;



- c) Pengendalian merokok, nyala api terbuka dan bunga api;
  - d) Pengendalian friksi dan bunga api peralatan mekanikal;
  - e) Gunakan alat separator untuk memisahkan benda asing yang dapat menyulut bahan mudah terbakar dari bahan proses;
  - f) Separasi/pemisahan permukaan yang dipanaskan dari debu;
  - g) Separasi/pemisahan sistem pemanasan dari debu;
  - h) Gunakan kendaraan industri (forklift) dengan benar dan dengan jenis yang sesuai; dan,
  - i) Pemeliharaan yang benar dari semua peralatan di atas.
  - j) Penggunaan peralatan listrik yang sesuai dalam lokasi berbahaya adalah penting sekali untuk mengeliminasi suatu sumber penyulutan yang umum. Dalam daerah yang telah diidentifikasi sebagai lokasi berbahaya, harus digunakan metoda pengawatan dan peralatan listrik yang khusus (seperti "*dust ignition-proof*" and "*dust-tight*").
- 5) Pencegahan/pengendalian kerusakan/kerugian: NFPA 654, *Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids*, juga memberikan pedoman komprehensif untuk meminimalkan bahaya dan kerusakan ledakan. Berikut adalah beberapa rekomendasinya:
- a) Separasi bahaya (isolasi dengan jarak);
  - b) Segregasi bahaya (isolasi dengan penghalang);
  - c) Mitigasi ledakan (*Deflagration venting*) dari bangunan, kamar, atau daerah;
  - d) Pelepasan tekanan peralatan (*Pressure relief venting*) for equipment;
  - e) Penyediaan sistem deteksi bunga api dan sistem pemadaman;
  - f) Sistem proteksi ledakan (referensi NFPA 69, *Standard on Explosion Prevention Systems*);
  - g) Sistem sprinkler otomatis; dan
  - h) Sistem pemadaman khusus lainnya.

6) Pelatihan:

a) Karyawan

Karyawan merupakan lini pertahanan pertama dalam pencegahan dan mitigasi kebakaran dan ledakan. Bila personil yang ada dekat dengan sumber bahaya dilatih untuk mengenali dan mencegah bahaya yang berkaitan dengan debu mudah terbakar dalam fasilitas, mereka dapat sebagai penolong dalam mengenali kondisi tidak aman, mengambil tindakan preventif, dan/atau menyiapkan manajemen. Semua karyawan harus dilatih dalam praktek kerja yang aman yang berlaku untuk tugasnya, dan juga untuk program fasilitas menyeluruh untuk pengendalian debu dan sumber penyulutan. Mereka harus dilatih sebelum mulai bekerja, berkala untuk menyegarkan pengetahuan mereka, bila ditugaskan di bagian lain, dan bila bahaya atau proses berubah.

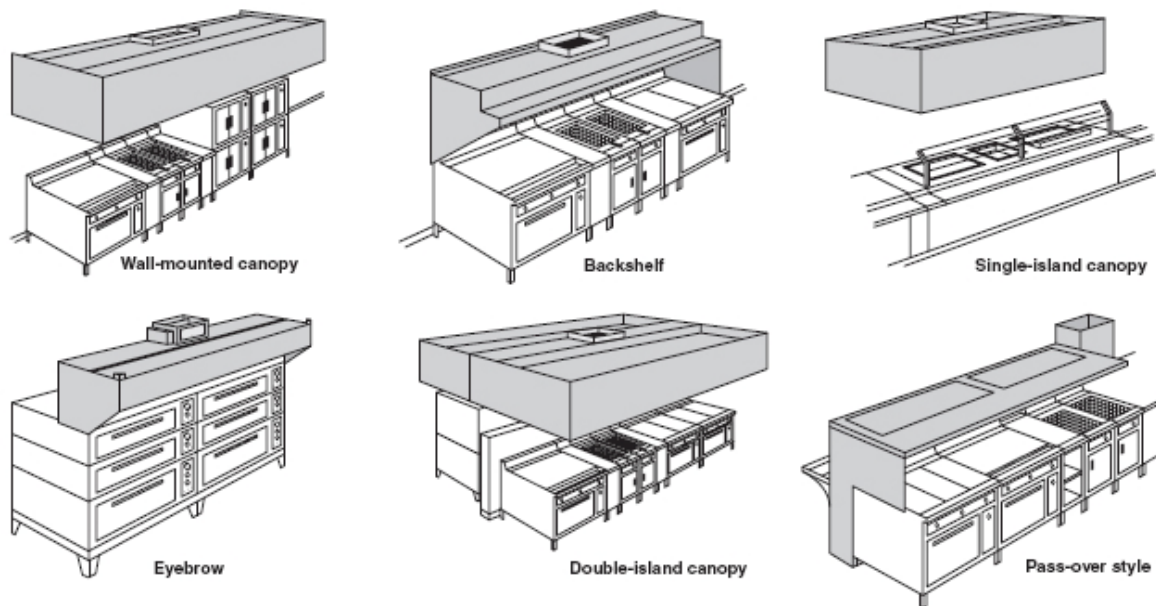
b) Manajemen

Manajemen bangunan bertanggung jawab (atau menginstruksikan konsultan yang berkualifikasi) untuk melaksanakan analisis bahaya ledakan debu di fasilitas dan untuk mengembangkan sebuah program preventif dan protektif yang sesuai dengan operasi fasilitas. Manajer dan pengawas harus tahu dan mendukung program pengendalian penyulutan dan debu di fasilitas. Pelatihan bagi mereka harus termasuk identifikasi bagaimana mereka dapat mendorong pelaporan praktek tidak aman dan memfasilitasi tindakan pencegahan.

b. Tudung dan dakting dapur komersial (*kitchen hoods and ducting*)

NFPA 96, *Standard for Ventilation Control and Fire Protection of Commercial Cooking Operations*, memberikan pedoman komprehensif untuk prosedur operasi dan inspeksi serta pemeliharaan peralatan masak dapur dan sistem ventilasi/pembuangan asap-nya. Komponen sistem pembuangan asap dapur (tudung dan dakting dalam suatu dapur komersial) dirancang untuk membuang/menyalurkan asap, uap, uap yang mengandung lemak, dan cairan yang terkondensasi ke tempat yang aman. Peralatan masak adalah tempat di mana kegiatan memasak dilakukan, menggunakan listrik, gas, bahan bakar padat atau kombinasinya sebagai sumber panas.

Tudung (*hood*) adalah daerah penampung dan penangkap asap, uap, dan uap yang mengandung lemak. Tudung terdiri dari rangka sebagai tempat dari filter, dan baki penampung lemak yang terkondensasi. Tudung mendefinisikan batas operasi pemasakan. Filter harus terdaftar untuk tugas menangkap uap yang mengandung lemak, dan membolehkan pembuangan setiap cairan yang terkondensasi.



Gambar 2.2  
Jenis-jenis tudung

Dakting pembuangan dan fan memberikan pergerakan udara dari tudung ke daerah terminasi yang aman. Udara pengganti adalah udara masuk untuk menjamin aliran udara yang benar melalui sistem pembuangan asap dapur. Bahan yang dimasak biasanya menghasilkan lemak atau dimasak dengan menggunakan lemak.

1) Bahaya kebakaran:

Lemak masak digunakan dalam kondisi cair, dan menghasilkan uap pada temperatur pemasakan. Merupakan bahan bakar berbahaya apabila disulut (*ignited*), menghasilkan asap tebal dengan potensi temperatur sampai 1000°C. Penyulutan sendiri/spontan juga mungkin terjadi. Panas yang sangat tinggi dari kebakaran yang bergerak maju melalui tudung, filter dan dakting pembuangan,

memberikan ancaman serius untuk menyulut benda mudah terbakar di sekitarnya dan berpotensi untuk menyebarkan kebakaran kepada bagian lain bangunan.

### **Pencegahan kebakaran**

#### **a) Prosedur operasional**

- (1) Sistem pembuangan asap harus dioperasikan bilamana peralatan masak dihidupkan/dinyalakan.
- (2) Sistem pembuangan yang dilengkapi filter harus tidak dioperasikan selama filter dilepas.
- (3) Bukaannya yang disediakan untuk udara pengganti tidak boleh dihalangi oleh penutup, damper, atau cara lain yang akan mengurangi efisiensi operasi dari sistem pembuangan asap.
- (4) Instruksi untuk operasi manual sistem pemadam kebakaran yang terpasang harus ditempel dengan jelas dalam dapur dan harus dikaji dengan karyawan oleh manajemen bangunan.
- (5) Tudung yang terdaftar harus dioperasikan sesuai dengan ketentuan dan pedoman manufaktur.
- (6) Peralatan masak harus tidak dioperasikan apabila sistem pemadam kebakaran-nya tidak beroperasi atau rusak.

#### **b) Inspeksi sistem pemadaman kebakaran:**

- (1) Inspeksi dan pemeliharaan dari sistem pemadam kebakaran dan tudung terdaftar yang dilengkapi dengan sistem pemadam kebakaran sendiri harus dilakukan setiap 6 bulan oleh personil yang terlatih dan berkualifikasi.
- (2) Semua komponen aktuasi sistem pemadam kebakaran, termasuk titik panggil manual, peralatan mekanikal atau elektrikal, detektor, aktuator, dan damper yang digerakkan oleh api kebakaran, harus diperiksa untuk operasi yang benar selama inspeksi sesuai dengan prosedur manufaktur dan standar terkait.

c) Inspeksi sistem pembuangan asap:

Seluruh sistem pembuangan asap harus diinspeksi oleh personil/perusahaan terlatih, berkualifikasi dan ber-sertifikat sesuai dengan tabel di bawah ini:

Tabel 2.1  
Skedul inspeksi sistem pembuangan asap

Jenis Atau Volume Frekuensi Masak	Frekuensi
Sistem yang melayani operasi masak dengan bahan bakar padat	Bulanan
Sistem yang melayani operasi masak volume besar seperti operasi 24 jam, atau masak dengan wajan besar ( <i>wok cooking</i> )	3 bulan
Sistem yang melayani operasi masak volume sedang	6 bulan
Sistem yang melayani operasi masak volume rendah, seperti kafeteria	1 tahun

d) Pembersihan sistem pembuangan asap:

- a) Bila pada waktu inspeksi ditemukan terkontaminasi dengan endapan dari uap yang mengandung lemak, seluruh sistem pembuangan asap harus dibersihkan oleh personil/perusahaan terlatih, berkualifikasi dan bersertifikat sesuai dengan tabel skedul inspeksi di atas.
- b) Tudung, alat pelepas lemak, fan, dakting, dan peralatan lain harus dibersihkan sampai tampak jelas permukaan metal-nya, sebelum permukaan terkontaminasi berat dengan lemak atau endapan berminyak.
- c) Pada saat mulai proses pembersihan, saklar listrik yang dapat diaktifasikan secara tidak sengaja harus dikunci.
- d) Pelarut atau alat bantu pembersihan lainnya yang mudah menyala harus tidak digunakan.
- e) Setelah sistem pembuangan asap dibersihkan sampai tampak jelas permukaan metal-nya, permukaan tidak boleh dilapis dengan bubuk atau bahan lainnya.

f) Bila semua pembersihan telah selesai, semua saklar listrik dan komponen harus dikembalikan ke posisi operasi.

c. Tangki celup (*dip tanks*)

NFPA 34, *Standard for Dipping and Coating Processes Using Flammable or Combustible Liquids*, memberikan pedoman komprehensif untuk prosedur operasi dan inspeksi serta pemeliharaan peralatan proses pencelupan dan pelapisan.

1) Proses:

Proses celup dan pelapisan (*coating*) meliputi, tetapi tidak terbatas kepada, pelapisan penutup (*finishing*), peresapan (*impregnating*), pembersihan, dan operasi lainnya di mana bahan dicelupkan, dilewatkan melalui, atau dilapisi oleh cairan mudah menyala dan terbakar.

Proses berbeda secara luas dari pembersihan komponen kecil dalam jumlah yang kecil sampai ke proses pelapisan komponen secara otomatis yang menggunakan tangki berisi puluhan ribu liter cairan mudah menyala dan terbakar. Seperti pada setiap kasus dengan operasi yang berpotensi bahaya, suatu evaluasi menyeluruh dari proses dan pengertian tentang sifat cairan yang digunakan adalah sangat penting.

Peralatan tangki celup adalah berupa tangki dari berbagai macam ukuran dan bentuk yang dirancang untuk proses celup dan pelapisan. Ukuran tangki berbeda dari beberapa liter dengan luas permukaan terekspos yang kecil sampai dengan puluhan ribu liter dengan luas permukaan terekspos yang besar. Tangki celup, drainasenya dan tutupnya harus terbuat dari bahan tidak mudah terbakar, seperti besi tebal, beton, atau pasangan bata. Tangki harus dirancang untuk proses dan cairan tertentu, dengan pertimbangan kepada *static head* cairan, korosi, kerusakan mekanik, dan kemudahan pemeliharaan dan perbaikan. Tumpahan atau kebakaran dapat memperlemah penopang tangki yang mungkin menyebabkan robohnya tangki. Karena itu penopang harus dibuat dari beton bertulang atau besi yang diproteksi.

2) Bahaya proses:

Pencelupan dan pelapisan material dengan melewatkannya melalui cairan mudah menyala dan terbakar melibatkan bahaya kebakaran dan ledakan campuran uap-udara. Pada umumnya, kehebatan bahaya tergantung kepada karakter dan sifat mudah menyala dari cairan yang digunakan. Tingkat bahayanya ditentukan oleh:

- a) Kemudahan penyulutan
- b) Laju pembangkitan uap mudah menyala dari permukaan cairan dan dari permukaan barang yang baru dilapis, lantai, drainase dan peralatan terkait lainnya

Dua bahaya lagi adalah:

- a) Intensitas dan karakteristik pembakaran dari uap mudah menyala yang terbentuk; dan,
- b) Kemungkinan penyebaran kebakaran dari radiasi panas atau dari aliran cairan yang terbakar yang disebabkan oleh pecahnya tangki, peluapan, atau *overflow*.

Uap cairan mudah menyala biasanya lebih berat dari udara, dan karena itu mengalir ke titik rendah, dan dapat bergerak jauh sebelum terekspos ke sumber penyulutan yang dapat menyebabkan flashback ke daerah proses. Cairan mudah menyala seringkali lebih ringan dari, dan tidak larut dalam, air. Selama operasi pemadaman, aplikasi air pada cairan semacam itu mungkin menyebabkan tumpahan dan mengapungkan cairan jauh dari tempat proses ke tempat lain.

### 3) Mitigasi bahaya:

Bahaya yang melekat kepada operasi pencelupan dan pelapisan dapat dimitigasi oleh penempatan lokasi proses yang baik, memasang sistem ventilasi dan pembuangan, mengeliminasi sumber penyulutan, dan memberikan inspeksi dan pemeliharaan berkala. Rancangan peralatan khusus, pelatihan karyawan, dan sistem proteksi kebakaran yang baik dan benar juga menolong mengurangi bahaya proses.

- a) Lokasi proses: Prinsip segregasi/pemisahan bahaya untuk membatasi kebakaran dan kerugian adalah dasar dalam pemilihan lokasi proses

pencelupan dan pelapisan. Keselamatan karyawan dan penghuni lain, dan potensi terekspos struktur bernilai besar, juga harus dipertimbangkan. Suatu lokasi yang lebih baik untuk proses pencelupan dan pelapisan adalah dalam sebuah bangunan terpisah atau menempel berlantai satu yang diproteksi sprinkler dan konstruksinya dari bahan tidak mudah terbakar. Bila operasi ditempatkan di lantai atas, lantai harus kedap air dan dilengkapi dengan drainase ke tempat yang aman. Operasi pencelupan dan pelapisan tidak boleh ditempatkan dibawah muka tanah, tepat di atas bismen, atau dekat dengan lubang pembuangan dan selokan, karena drainase cairan dan pembuangan uap menjadi sulit untuk dilakukan.

Apabila karena sifatnya proses tidak dapat dipisahkan, maka proses harus ditempatkan dalam suatu daerah yang bebas dari bahan mudah terbakar, sarana jalan keluar, dan proses lainnya yang penting. Lantai, langit-langit, dan dinding disekitarnya yang mudah terbakar harus diproteksi. Karena kebakaran cairan mudah menyala dan terbakar biasanya berkembang cepat dan melepaskan panas yang besar, maka ven atap (*roof vent*) sangat diperlukan. Ven atap membolehkan asap dan panas untuk keluar, menambah kemungkinan pengendalian kebakaran oleh springkler otomatis atau petugas pemadam.

- b) Sistem ventilasi dan pembuangan: Apabila proses melibatkan cairan yang menghasilkan uap, ventilasi diperlukan untuk membatasi sumber uap kepada daerah yang sekecil mungkin. Luas dari daerah uap suatu proses tergantung atas sifat dari cairan, seperti tekanan uap, titik nyala (*flash point*), titik didih (*boiling point*) dan laju evaporasi, bersama dengan karakteristik dari proses atau permukaan terekspos yang dibasahi. Daerah uap untuk setiap proses harus dijaga sekecil mungkin tetapi tidak menjulur lebih dari 1,5 m dari sumber uap. Karena konsentrasi uap berbeda secara luas dari satu proses ke proses lain, sebuah sistem tunggal ventilasi tidak dapat dirancang untuk semua operasi. Tujuan utama adalah untuk membatasi daerah uap ke suatu



luas yang sekecil mungkin dan mencegah ruang atau kantong udara mati di mana uap dapat berakumulasi.

Karena uap cairan mudah menyala lebih berat dari udara, sistem ventilasi periperal rendah biasanya lebih disukai dari pada susunan tudung di atas tangki. Dalam mempertimbangkan sistem pembuangan, rasio udara ke uap adalah penting. Kecepatan pengikutan (*entrainment*) dengan tindakan pencampuran menjadi kunci kepada penggunaan efisien pembuangan udara. Laju pembuangan per m<sup>2</sup> dari luas permukaan yang dibasahi biasanya dari 1,4 s/d 5,7 m<sup>3</sup>/menit. Pengikutan efektif dari uap seringkali membutuhkan kecepatan slot dari 28 s/d 56 m<sup>3</sup>/menit.

Dalam merancang dan mengevaluasi sistem ventilasi untuk proses pencelupan dan pelapisan, ada beberapa pertimbangan penting sebagai berikut:

- (1) Proses otomatis harus di-interlok untuk memberhentikan operasi bila terjadi kegagalan sistem ventilasi.
- (2) Pasokan udara pengganti harus cukup untuk membolehkan operasi efisien dari fan pembuangan dan meminimalkan kantong udara mati.
- (3) Sebaiknya, setiap sistem ventilasi harus langsung membuang keluar.
- (4) Udara buangan tidak boleh untuk digunakan sebagai udara pengganti di daerah yang dihuni.
- (5) Udara buangan tidak boleh dilepas dekat dengan titik udara masuk, dan juga tidak kurang dari 1,8 m dari dinding atau atap mudah terbakar, atau 7,6 m dari konstruksi mudah terbakar atau bukaan tidak diproteksi dari suatu dinding luar yang tidak mudah terbakar.
- (6) Dakting pembuangan harus dilengkapi dengan pintu akses yang cukup untuk fasilitasi pembersihan.
- (7) Dakting harus terbuat dari material tahan api, seperti baja atau pasangan bata, dan harus ditopang dengan kuat. Dakting harus dipasang dalam jarak yang cukup aman dari bahan mudah terbakar.

c) Sumber penyulutan:

Kunci untuk meminimalkan bahaya kebakaran atau ledakan dari campuran uap-udara dalam proses pencelupan dan pelapisan adalah menjaga konsentrasi jauh di bawah batas bawah penyalaan atau *lower flammable limit* (LFL) melalui sistem pembuangan yang dirancang secara benar. Tanpa campuran yang sesuai dari uap (bahan bakar) dan udara (oksigen), penyulutan tidak dapat terjadi meskipun ada sumber penyulutan. Karena hampir tidak mungkin untuk menjaga proses bebas dari campuran uap mudah menyala-udara dalam komposisi yang dapat menimbulkan ledakan, maka sumber penyalaan harus dieliminasi atau peralatan harus dirancang untuk digunakan di dalam daerah berbahaya yang mengandung uap mudah menyala dan/atau sisa endapan yang mudah terbakar.

d) Peralatan listrik: Apabila cairan mudah menyala digunakan atau apabila cairan mudah terbakar digunakan pada atau di atas temperatur titik nyalanya (*flash point*), maka peralatan listrik harus memenuhi persyaratan untuk daerah berbahaya sesuai dengan SNI 04-0225-2000 tentang Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000) atau edisi terakhir. Dalam hal SNI yang kita miliki masih sangat terbatas, maka dapat digunakan pedoman dari negara maju, misalnya standar-standar dari NFPA.

e) Sumber lain penyulutan:

Nyala api terbuka, alat atau proses yang menimbulkan bunga api, dan permukaan yang dipanaskan dengan temperatur yang cukup tinggi untuk menyulut uap mudah menyala harus dilarang ada di dalam daerah uap mudah menyala. Peralatan tungku (oven) harus diletakkan sejauh mungkin dari operasi proses pencelupan dan pelapisan.

Aliran cairan dan material yang bergerak melalui sebuah proses dapat menimbulkan listrik statik yang dapat menimbulkan bunga api. Listrik statik harus dieliminasi dengan cara pengikatan dan pembumian semua peralatan proses pencelupan dan pelapisan, atau menaikkan humiditas atmosfer lokal di daerah proses. Peralatan dan proses yang berpotensi menjadi sumber

penyulutan harus dilarang di daerah operasi proses pencelupan dan pelapisan. Termasuk dalam kategori ini adalah: operasi pengelasan dan pemotongan, peralatan logam yang menghasilkan bunga api, dan merokok.

f) Pertimbangan desain khusus:

Beberapa bahaya dari operasi pencelupan dan pelapisan dapat dikurangi oleh rancangan khusus dalam peralatan proses.

(1) Pipa overflow tangki ukuran besar harus tidak kurang dari diameter 75 mm.

(2) Tangki pencelupan harus dilengkapi dengan drainase didasar tangki yang cukup besar untuk mengosongkan tangki dalam waktu 5 menit. Sistem konveyor yang digunakan harus diatur untuk berhenti secara otomatis apabila terjadi kebakaran atau kegagalan sistem ventilasi

(3) Apabila pengisian tangki secara otomatis maka harus dilengkapi dengan kontrol untuk mencegah *overflow*. Apabila digunakan pompa, maka pompa harus mati secara otomatis apabila terjadi kebakaran.

g) Inspeksi, pemeliharaan dan pelatihan:

(1) Inspeksi berkala (biasanya setiap bulan) harus dilakukan untuk proses pencelupan dan pelapisan. Inspeksi meliputi kondisi dari tutup peralatan, inlet dan outlet pipa *overflow*, drainase dasar tangki, katup-katup, peralatan dan pengawatan listrik, pengikatan dan pbumian, peralatan ventilasi, dan peralatan pemadam kebakaran. Peralatan yang rusak dan tidak aman harus segera diperbaiki/dikoreksi.

(2) Daerah di dekat proses pencelupan dan pelapisan harus dibersihkan dari akumulasi endapan mudah terbakar dan barang mudah terbakar yang tidak diperlukan.

(3) Sediakan tempat sampah dari metal bertutup untuk lap dan lain sebagainya yang digunakan untuk pembersihan.

(4) Pelatihan dan pelatihan penyegaran bagi personil yang terlibat meliputi:

(a) Potensi bahaya kebakaran dan kesehatan

(b) Sifat dan operasi proses

(c) POS operasional, pemeliharaan, proteksi, dan keadaan darurat

d. Pengecatan (*spray painting*)

NFPA 33, *Standard for Spray Application Using Flammable or Combustible Materials*, memberikan pedoman komprehensif untuk prosedur operasi dan inspeksi serta pemeliharaan peralatan proses pengecatan. Pengecatan atau pelapisan dengan penyemprotan adalah dasar dari manufaktur sejumlah besar produk. Terlepas dari tujuan atau maksud pengecatan, pada umumnya dalam proses digunakan bahan mudah menyala atau terbakar. Kebakaran pada daerah operasi pengecatan dengan penyemprotan dapat berkembang amat cepat, mempunyai laju pelepasan panas tinggi, dan menghasilkan volume besar asap yang mengandung racun. Tindakan pencegahan dan proteksi bahaya kebakaran ini harus dilakukan dengan perhatian khusus kepada bahaya khas dari setiap proses

1) Karakteristik bahaya proses pengecatan:

a) Mengandung pelarut (*solventborne coating*)

(1) Menggunakan bahan mudah menyala atau terbakar.

(2) Uap mudah menyala ada pada setiap tahap proses, dari bahan dalam penyimpanan, selama persiapan untuk aplikasi cat, dari tempat/tong bahan, dari proses penyemprotan sendiri. Endapan/residu proses dapat tersulut dengan mudah, dan kebakaran yang terjadi berkembang dengan cepat dan mempunyai laju pelepasan panas tinggi. Residu dari beberapa bahan proses seperti enamel dan pernis, dapat secara spontan terbakar sendiri (*self heating and igniting*).

(3) Tabung/tong berisi cairan proses dapat bocor atau tumpah. Mencampur komponen cat dengan komponen lainnya dapat menghasilkan reaksi kimia yang menuju ke pemanasan yang tidak terkontrol. Komponen lain, seperti organik peroksida, adalah tidak stabil, dan dapat terurai secara hebat bila terkontaminasi atau dipanaskan.

(4) Pelarut pembersih yang digunakan membersihkan residu dari peralatan penyemprotan dan kamar penyemprotan (*spray booth*) mungkin bersifat

mudah menyala. Residu dari penyemprotan dan sisa bahan biasanya diklasifikasikan sebagai limbah berbahaya.

- (5) Dalam suatu kebakaran karena residu, kamar penyemprotan dan dakting pembuangan mungkin dapat panas sampai memijar karena itu harus dibuat dari bahan yang dapat menahan kondisi kebakaran sangat besar.

b) Pelarut berbasis air (*waterborne coating*)

- (1) Bahan ini mungkin dapat melepaskan uap mudah menyala, tetapi pada umumnya tidak akan terus terbakar setelah menyala awal.
- (2) Biasanya tidak dapat tersulut dalam kondisi di mana bahan ini digunakan, tetapi menjadi dapat tersulut apabila semua air yang dikandungnya telah habis menguap.
- (3) Residu bahan ini yang telah mengering mempunyai sifat terbakar sama dengan bahan yang mengandung pelarut (*solventborne coating*). Beberapa akumulasi residu ini mungkin dapat spontan terbakar sendiri (*self heating and igniting*).
- (4) Bahan pembersih yang digunakan membersihkan residu dari peralatan penyemprotan dan kamar penyemprotan (*spray booth*) mungkin bersifat mudah menyala.

c) Bubuk (*powder coating*)

- (1) Tidak ada uap mudah menyala yang dihasilkan pada setiap tahap proses tidak dari bahan dalam penyimpanan, dari proses penyemprotan sendiri, atau dari residu.
- (2) Debu di udara dalam pola penyemprotan akan terbakar dengan hebat, tetapi residu pada permukaan tidak akan mudah tersulut. Bila penyemprotan dihentikan dengan segera, api akan mati sendiri tanpa ada upaya lain. Bila tidak, api akan terus memanaskan material sekitarnya, menyebabkan filter pengumpul dan bubuk dalam tabung pengumpul tersulut.
- (3) Kolektor debu jenis kantong dan debu di udara dalam ruang tertutup dapat meledak bila tersulut.

(4) Bubuk yang tercecer biasanya didaur ulang untuk digunakan kembali dalam proses.

(5) Kamar penyemprotan (*spray booth*) biasanya terbuat dari bahan plastik untuk mencegah melekatnya bubuk yang tercecer.

d) Perbedaan antara penyemprotan manual dan otomatis

(1) Setiap proses pelapisan dapat dikerjakan dengan alat semprot (*spray gun*) manual atau otomatis, atau kombinasi keduanya dalam operasi yang sama. Alat semprot (*spray gun*) manual atau otomatis umumnya beroperasi dengan cara yang sama.

(2) Akan tetapi operasi otomatis mungkin melibatkan sejumlah alat semprot yang digunakan di dalam sebuah kamar penyemprotan (*spray booth*) dan mungkin tidak dihadiri personil selama beroperasi. Kecuali ada alat deteksi nyala api khusus, alat semprot dapat terus beroperasi setelah ada penyulutan sehingga secara hebat memperburuk keadaan.

(3) Operator alat semprot manual/tangan akan dengan segera tahu akan kebakaran dan berhenti mengoperasikan alat untuk memberhentikan pasokan bahan bakar, dan berkonsentrasi kepada sisa kebakaran yang tertinggal.

e) Elektrostatik

(1) Ada kemungkinan bahwa proses pelapisan ditingkatkan dengan elektrostatik. Alat semprot mempunyai fitur tambahan tegangan tinggi (antara 50.000 dan 120.000 volt) yang akan meningkatkan pemberian cat yang disemprotkan ke atas benda produk.

(2) Dalam lingkungan tegangan tinggi ini setiap benda bersifat konduktor listrik yang tidak dibumikan dapat melepaskan bunga api yang dapat menyulut kebakaran. Karena itu persyaratan pengikatan dan pembumian setiap peralatan harus dengan ketat dilaksanakan.

f) Pencegahan:

Resiko kebakaran dapat dimitigasi melalui kombinasi upaya pengendalian sumber penyulutan, pembatasan jumlah bahan bakar, isolasi proses,

pencegahan ledakan, dan penyediaan cara pemadaman kebakaran yang cukup. Bila hal-hal tersebut dilakukan, proses dapat dikerjakan dengan resiko minimal keselamatan jiwa dan harta benda.

g) Kontrol penyulutan

- (1) Semua sumber penyulutan harus dikeluarkan dari daerah yang ditentukan sebagai daerah berbahaya, meliputi: nyala api terbuka seperti tungku, operasi pengelasan dan pemotongan, merokok, dan permukaan yang panas karena operasi heat treatment, penggerindaan, dan pengeboran.
- (2) Peralatan listrik harus memenuhi persyaratan untuk daerah berbahaya sesuai dengan SNI 04-0225-2000 tentang Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000) atau edisi terakhir. Dalam hal SNI yang kita miliki masih sangat terbatas, maka dapat digunakan pedoman dari negara maju, misalnya standar-standar dari NFPA.
- (3) Bahan pengecatan reaktif yang dapat panas berlebihan bila dicampur secara sembrono harus dikontrol dengan ketat. Contohnya, bahan yang panas setelah dicampur sebagai akibat reaksi kimia dapat tetap pada temperatur yang dapat diterima bila disemprotkan sebagai lapisan yang sangat tipis ke atas permukaan sebuah produk. Tetapi bahan yang sama dapat memanaskan sampai tiba-tiba menyala bila dicampur dalam ember yang tidak mempunyai permukaan yang cukup luas untuk disipasi panas.
- (4) Residu yang dapat secara spontan terbakar sendiri (self heating and igniting) seperti enamel dan pernis, harus tidak diperbolehkan untuk berakumulasi berlebihan dalam filter atau kain lap pembersih. Filter kotor yang dilepas dari kamar penyemprotan (*spray booth*) harus segera dikeluarkan dari pabrik atau direndam dalam air dan dijaga terendam sampai dikeluarkan untuk mencegah penyulutan spontan.
- (5) Bahan tidak stabil semacam peroksida organik dan nitroselulosa harus secara hati-hati ditangani untuk mencegah kontaminasi atau temperatur berlebihan yang mungkin menyebabkan secara spontan dan tersulut.

- (6) Bunga api sebagai akibat dari pelepasan listrik elektrostatik yang terakumulasi harus dicegah dengan pengikatan dan pembumian setiap benda bersifat konduktor listrik di dalam daerah proses. Semua peralatan penyemprotan, peralatan penanganan cairan mudah menyala, komponen kamar penyemprotan (*spray booth*), peralatan terkait dan konveyor harus mempunyai konduktor pembumian yang disambung ke pembumian bangunan.
- (7) Titik kontak pada rak konveyor dan kontak rak ke produk harus dijaga bersih dan selalu mempunyai tahanan kurang dari 1 megohm.
- (8) Lantai dalam daerah proses harus bersifat sebagai konduktor listrik, dan sepatu kerja semua personil yang memasuki daerah berbahaya harus dari jenis anti-statik. Apabila lantai tertutup oleh residu yang bersifat isolasi, maka harus ada cara alternatif untuk pembumian personil, misalnya tali konduktor yang diikat di pergelangan tangan.
- (9) Listrik statik adalah sumber penyulutan umum dari uap mudah menyala dalam situasi di mana penyemprotan tercecer jatuh ke lantai membentuk residu yang lengket. Dalam berjalan hanya tiga atau empat langkah sepanjang residu yang lengket tersebut, seseorang dapat mengakumulasi tegangan elektrostatik yang cukup tinggi pada badannya untuk melepas bunga api ketika mendekati sebuah benda yang dibumikan. Untuk mencegah penyulutan jenis ini, melalui pencegahan akumulasi listrik statik, maka sangat penting bahwa suatu cara handal untuk membumikan badan manusia harus selalu disediakan.

h) Membatasi bahan bakar

- (1) Jumlah bahan bakar di dalam daerah proses harus dibatasi kepada jumlah minimum diperlukan untuk satu regu kerja (shift) atau satu hari operasi.
- (2) Pasokan bahan bakar harus disimpan di dalam daerah atau ruangan terpisah dari daerah pengecatan untuk mencegah keterlibatannya dalam suatu kebakaran kamar penyemprotan (*spray booth*).



- (3) Pasokan bahan pengecatan dengan tekanan harus mempunyai fasilitas penyetopan darurat, manual dan otomatis interlok dengan alarm kebakaran untuk mencegah tambahan bahan bakar dipasok ke kebakaran kamar penyemprotan ketika selang terbakar rusak. Bahan slang harus paling tidak tahan api. Misalnya, slang plastik akan langsung meleleh bila terbakar, selang dari karet lebih tahan dan selang telfon jauh lebih tahan.
- (4) Residu ceceran semprotan di dalam kamar penyemprotan (*spray booth*), kolektor dan dakting pembuangan harus tidak diperbolehkan untuk terakumulasi dalam suatu jumlah yang akan menghasilkan kebakaran yang terlalu besar atau terlalu hebat untuk dapat dipadamkan oleh alat pemadam kebakaran terpasang. Akumulasi melebihi ketebalan kira-kira 4 mm harus segera ditindak lanjuti.
- (5) Lebih baik menggunakan kolektor dengan pancuran air di atas yang merendam residu yang terkumpul di dalam air, daripada menggunakan alternatif filter kering yang biasanya mengumpulkan residu dalam konfigurasi yang akan menghasilkan kebakaran hebat bila tersulut.
- i) Isolasi proses
- (1) Proses pengecatan harus dipisahkan dari proses manufaktur dan hunian lain untuk mencegah penyulutan dan menghalangi penjararan kebakaran.
- (2) Kamar penyemprotan (*spray booth*) di mana digunakan cairan mudah menyala dan di mana residu mudah tersulut terakumulasi harus terbuat dari material tahan api. Ruang penyemprotan (*spray room*) harus terpisah dengan dinding yang mempunyai ketahanan api minimal 1 jam dari hunian lain.
- (3) Kamar penyemprotan (*spray booth*) harus dari material, ukuran dan jenis yang sesuai untuk maksud proses penggunaannya. Kecepatan dan volume udara harus dapat menangkap dan menahan ceceran pada kamar penyemprotan.
- (4) Sistem pembuangan yang mungkin mengakumulasi residu mudah tersulut harus dibuat dan ditopang untuk mencegah roboh dalam suatu kebakaran.

Sistem harus berjarak cukup dari konstruksi mudah terbakar, seperti pada penetrasi atap, dan pelepasan harus cukup jauh dari bangunan untuk mencegah masuknya kembali uap.

j) Pencegahan ledakan

- (1) Karena konsentrasi mudah tersulut dari uap atau debu mudah terbakar biasa terdapat pada bagian proses seperti pada tempat/tong cairan mudah menyala, dalam daerah proses penyemprotan, dalam pengumpul debu (*dust collector*), maka kondisi yang dapat menghasilkan ledakan harus dicegah.
- (2) Semua tempat/tong tertutup cairan mudah menyala yang berkapasitas lebih dari 19 liter harus dilengkapi dengan pelepas tekanan.
- (3) Untuk sistem *powder coating*, lebih baik menggunakan pengumpul debu (*dust collector*) yang terintegrasi dengan *spray booth* dan dirancang untuk mengeliminasi kurungan yang diperlukan untuk pembentukan suatu ledakan, dari pada pengumpul debu konvensional seperti cyclone atau kantong debu yang tersambung ke dakting dan dapat meledak.
- (4) Semua instalasi sistem *powder coating* otomatis harus mempunyai detektor nyala api aktivasi cepat yang akan menanggapi dalam waktu setengah detik untuk menghentikan proses, membunyikan alarm, dan menutup damper dalam setiap dakting antara booth dan pengumpul debu.

k) Pemadaman kebakaran

- (1) Semua *spray booth* harus diproteksi oleh sistem pemadam kebakaran otomatis yang disetujui. Sistem harus memroteksi tidak hanya daerah proses tetapi juga pengumpul dan sistem pembuangan. Direkomendasikan dipasang sprinkler otomatis didalam kamar proses dan pada langit-langit ruangan, atau sistem pemadaman lain yang sesuai dengan pertimbangan kepada proses, kepada bahan yang digunakan, dan kepada keadaan sekitar.

- (2) Interlok harus memberhentikan proses pada kejadian kebakaran, bocornya slang pengecatan, rusaknya konveyor, kegagalan ventilasi, atau kejadian yang mirip. Interlok harus diintegrasikan dengan alarm kebakaran dan kontrol penyetopan darurat untuk memberhentikan proses pengecatan, menyetop semua pasokan bahan bakar, dan semua pasokan daya termasuk listrik, udara bertekanan, dan hidrolik.
- (3) Alarm kebakaran berupa detektor nyala api dengan waktu tanggap setengah detik harus dipasang di semua sistem elektrostatik untuk semua pengecatan menggunakan cairan (*solventborne coating*) dan bubuk (*powder coating*).
- (4) Dalam sistem pengecatan cairan (*solventborne coating*) di mana residu akan mudah tersulut, menghasilkan kebakaran berkepanjangan dengan volume asap besar, sistem udara pengganti dan ventilasi pembuangan sebaiknya terus diaktifasikan selama kondisi kebakaran.
- (5) Dalam sistem pengecatan bubuk (*powder coating*) di mana residu tidak akan mudah tersulut dan kebakaran berkepanjangan tidak diharapkan terjadi, sistem udara pengganti dan ventilasi pembuangan sebaiknya dimatikan untuk mencegah pengipasan api yang mungkin akan memanaskan residu ke temperatur penyulutan.
- (6) Dalam operasi pengecatan menggunakan cairan mudah menyala dan residu mudah tersulut, asap kebakaran mungkin dalam waktu satu menit mengisi penuh bangunan atau ruangan yang berisi operasi pengecatan, sehingga mengancam evakuasi dan membuat petugas pemadam hampir tidak mungkin melakukan pemadaman. Direkomendasikan untuk memasang tirai kebakaran dan ven panas dan asap di atas operasi tersebut untuk membatasi jumlah sprinkler yang terbuka tepat di atas kebakaran dan untuk menolong pembuangan asap sehingga petugas pemadam dapat melakukan tugasnya.

(7) Alat pemadam api ringan (APAR) dalam jumlah dan jenis yang sesuai harus mudah tersedia bagi personil operasi dalam semua operasi pengecatan/penyemprotan.

l) Inspeksi dan pemeliharaan

(1) Semua peralatan harus diinspeksi secara berkala dan setelah setiap insiden atau kejadian.

(2) Prosedur operasional standar harus dikaji secara berkala.

(3) Nilai yang diketahui selama inspeksi, misalnya laju aliran udara, tekanan, arus listrik, harus dibandingkan dengan nilai standar atau nominal operasi yang dapat diterima untuk menolong mendeteksi gangguan atau kerusakan peralatan.

(4) Laporan hasil inspeksi harus dikaji oleh manajemen dan disimpan untuk perbandingan ke depan.

(5) Setiap kerusakan atau aus peralatan harus segera diperbaiki ke spesifikasi asli manufaktur. Setiap perbaikan atau penggantian harus hanya menggunakan suku cadang asli manufaktur dan harus ketat sesuai dengan instruksi manufaktur.

(6) Sebuah sistem perijinan harus ada untuk mengendalikan pekerjaan menggunakan panas (*hot works*) seperti pekerjaan pengelasan dan pemotongan yang dilakukan di dalam daerah operasi pengecatan dan pada kamar penyemprotan (*spray booth*), pengumpul, dan sistem pembuangan. Semua residu harus dibuang sebelum memulai pekerjaan menggunakan panas (*hot works*) pada kamar penyemprotan (*spray booth*), pengumpul, dan sistem pembuangan.

(7) Instruksi tertulis harus ada menjelaskan secara rinci prosedur untuk melepas residu yang mudah tersulut dari peralatan proses atau lantai. Prosedur harus mempersyaratkan secara jelas setiap bahan kimia yang digunakan, penggunaan alat pengorek non metal, pembasahan residu sebelum dikorek, dan prosedur detil pembuangan residu yang telah dilepas.

(8) Residu harus ditempatkan dalam kotak metal tertutup dan segera dikeluarkan dari pabrik. Filter kotor oleh residu harus direndam air dalam kotak metal tertutup dan segera dikeluarkan dari pabrik.

m) Pelatihan

(1) Program pelatihan berkelanjutan dan pelatihan penyegaran harus ada untuk pengawas dan karyawan produksi. Bahan pelatihan harus termasuk proses pengecatan/pelapisan, bahan yang digunakan, manual operasi peralatan dari manufaktur, identifikasi bahaya dan cara mengendalikan bahaya, dan prosedur tindakan darurat.

(2) Catatan pelatihan meliputi tanggal, materi, dan daftar hadir harus dibuat dan disimpan.

(3) Buku manual instruksi manufaktur untuk semua peralatan harus ada tersedia.

e. Penyimpanan dan penggunaan cairan mudah menyala dan terbakar NFPA 30, *Flammable and Combustible Liquids Code*, memberikan pedoman komprehensif untuk penyimpanan dan penanganan cairan mudah menyala dan tersulut.

1) Sifat fisik

a) Tekanan uap (*vapor pressure*): Tekanan uap adalah ukuran dari tekanan cairan yang mendesak ke atmosfer. Sebagaimana atmosfer menekan permukaan cairan, cairan juga menekan kembali. Tekanan uap biasanya kurang dari tekanan atmosfer dan merupakan ukuran dari tendensi cairan untuk menguap/evaporasi (*evaporate*), atau pindah dari keadaan cairan ke gas. Tendensi ini juga disebut sebagai sifat mudah menguap atau volatilitas (*volatility*), yang menerangkan terminologi volatile untuk menjelaskan cairan yang mudah menguap. Makin tinggi tekanan uap, makin besar laju evaporasi dan makin rendah titik didih-nya (*boiling point*). Sederhananya, lebih banyak uap akan menambah resiko kebakaran. Harus ada tindakan seperti ventilasi pembuangan lokal untuk mengendalikan uap dan sumber penyulutan harus dipindahkan dari ruangan atau dikendalikan.

b) Titik didih (*boiling point*): Titik didih adalah temperatur di mana tekanan uap suatu cairan sama dengan tekanan atmosfer. Pada temperatur ini, tekanan atmosfer tidak dapat lagi menahan cairan pada keadaan cair, dan cairan akan mendidih. Titik didih yang rendah merupakan indikasi dari tekanan uap tinggi dan laju evaporasi yang tinggi.

c) Densitas uap (*vapor density*): Densitas uap, kadang-kadang disebut juga densitas-uap-udara, adalah rasio dari berat dari suatu volume uap murni kepada berat volume yang sama dari udara kering, keduanya pada temperatur dan tekanan yang sama. Densitas uap menentukan apakah uap akan naik bila terlepas atau turun ke tanah. Suatu densitas uap yang kurang dari 1 berarti uap akan naik dan cepat terdispersi. Hal ini sedikit mengurangi resiko penyulutan, akan tetapi harus diperiksa untuk potensi sumber penyulutan yang mungkin ada di jalur naiknya uap, seperti peralatan listrik di langit-langit atau dekat atap, lampu penerangan dan lain-lain. Suatu densitas uap sama dengan 1 berarti uap sama densitasnya dengan udara, dan tindakan pencegahan yang sama berlaku.

Suatu densitas uap yang lebih besar dari 1 berarti uap murni lebih padat dari udara dan akan turun dari titik pelepasannya, dengan tendensi mengalir ke arah bawah dan ke tempat di bawah lantai, seperti lubang pembuangan lantai, bak penampung, selokan dan tempat mirip lainnya yang tidak berventilasi cukup, termasuk juga bismen. Di luar bangunan harus diperhatikan gradien dari daerah sekitar dan coba diperkirakan kemungkinan arah aliran uap. Campuran uap dan udara dapat diharapkan akan bergerak pada muka tanah, sering dengan jarak cukup jauh, sampai secara alami akan bubar sendiri. Campuran seperti itu dapat dan telah diketahui tersulut pada suatu jarak dari sumber uap dengan nyala api menjalar kembali ke sumber.

d) Gayaberat spesifik (*specific gravity*): Gayaberat spesifik adalah rasio densitas suatu bahan ke bahan lain, biasanya air. Densitas dinyatakan dalam gram per liter. Kebanyakan cairan tidak sepadat air dan, bila tidak larut dalam air, akan terapung di atasnya. Bensin adalah contoh yang baik. Sebaliknya, karbon

disulfida adalah contoh dari cairan yang jauh lebih padat dari air, dan air akan terapung di atas permukaannya.

- e) Kelarutan dalam air (*water solubility*): Kelarutan dalam air adalah ukuran dari tendensi suatu cairan untuk larut atau bercampur dengan air. Biasanya dinyatakan dengan jumlah gram cairan per 100 mililiter air. Beberapa cairan seperti acetone, alkohol, dan amino, akan bercampur seluruhnya dengan air dalam semua proporsi. Cairan lain, seperti bahan bakar hidrokarbon, sama sekali tidak akan bercampur dengan air. Informasi kelarutan berguna dalam merancang taktik pemadam kebakaran. Cairan yang larut dalam air akan merusak selimut busa pemadam (*foam*), karena itu memerlukan penggunaan busa pemadam khusus yang tahan alkohol. Bila kebakaran cairan mudah larut dalam air dapat dikurung, maka mungkin untuk mencairkannya kepada campuran yang tidak mudah terbakar menggunakan slang kebakaran yang tersedia.
- f) Viskositas: Viskositas dari suatu cairan adalah ukuran dari tahanan cairan untuk mengalir, atau disebut juga ketebalan-nya. Jelas bahwa cairan yang kental akan lambat mengalir dan lebih mudah diatasi. Akan tetapi, viskositas cairan tergantung kepada temperaturnya, dan kebanyakan cairan akan lebih mudah mengalir bila dipanaskan.
- g) Efek temperatur dan tekanan: Cairan hanya dapat ditekan sedikit dan tidak dapat terus menerus meluas. Cairan akan lebih cepat menguap dengan penambahan temperatur atau dengan pengurangan tekanan.

## 2) Sifat bahaya kebakaran

- a) Titik penyulutan (*flash point*): Titik penyulutan dari suatu cairan adalah temperatur minimum pada mana cairan menguap dengan konsentrasi yang cukup untuk membentuk campuran dengan udara yang mudah tersulut dekat dengan permukaan cairan. Merupakan pengukuran langsung volatilitas (*volatility*) suatu cairan, atau tendensinya untuk berevaporasi. Makin rendah titik penyulutannya, makin besar volatilitasnya dan makin besar resiko kebakarannya. Cairan dengan titik penyulutan pada atau di bawah temperatur

ambien mudah untuk tersulut dan terbakar dengan cepat. Begitu terbakar, penyebaran kebakaran di atas permukaan cairan akan terjadi dengan cepat karena kebakaran tidak perlu menggunakan energi memanaskan cairan untuk membentuk uap lebih banyak. Sekali lagi, bensin adalah contoh familiar untuk cairan semacam itu. Cairan dengan titik penyulutan di atas temperatur ambien memberikan resiko lebih kecil karna cairan tersebut harus dipanaskan untuk membentuk uap yang cukup untuk menjadikannya mudah tersulut. Contoh yang biasa adalah minyak diesel yang harus disemprotkan menjadi butiran halus sebelum menjadi mudah tersulut. Pepatah "penyulutan rendah, bahaya tinggi" berlaku.

b) Temperatur penyulutan otomatis (*auto-ignition temperature*): Kadang-kadang disebut juga temperatur penyulutan spontan atau temperatur penyulutan sendiri, temperatur penyulutan otomatis adalah temperatur minimum pada mana suatu cairan akan tersulut sendiri tanpa sumber penyulutan eksternal, seperti bunga api atau nyala api, dalam kondisi tertentu dan biasanya di udara. Pada prakteknya penyulutan sendiri terjadi apabila campuran udara-uap mudah tersulut menyentuh permukaan panas atau dimasukkan ke dalam lingkungan yang panas. Adalah penting untuk memperhitungkan temperatur penyulutan otomatis dalam memilih peralatan listrik untuk daerah di mana mungkin terdapat campuran udara-uap mudah tersulut secara otomatis, terutama peralatan listrik yang memanaskan dalam penggunaannya seperti motor listrik, trafo dan lampu penerangan. Hal ini berlaku juga untuk peralatan lain seperti tungku pengering, dakting udara panas, pemipaan cairan panas, dan juga kendaraan industri seperti forklift.

c) Batas penyulutan (*flammable limits*): Batas penyulutan bawah (LFL = *Lower Flammable Limit*) adalah konsentrasi uap mudah terbakar dalam udara di bawah mana propagasi suatu penyulutan tidak akan terjadi. Batas penyulutan atas (UFL = *Upper Flammable Limit*) adalah konsentrasi uap mudah terbakar dalam udara di atas mana propagasi suatu penyulutan tidak akan terjadi. Antara batas ini penyulutan adalah mungkin terjadi dan konsentrasi antara



batas ini dikenal sebagai "selang penyulutan". Campuran di dalam selang penyulutan ini dikatakan sebagai dapat tersulut.

### 3) Pencegahan

Dalam penyimpanan atau penanganan cairan mudah menyala dan tersulut, biasanya cairan terekspos ke udara pada beberapa tahap operasi, kecuali bila penyimpanan dibatasi pada tempat atau tong yang disegel yang tidak diisi atau dibuka di fasilitas atau dimana penanganan adalah dalam sistem tertutup. Meskipun disimpan dalam tempat atau tong yang disegel atau ditangani dalam sistem tertutup, selalu ada kemungkinan timbulnya kebocoran.

- a) Karena itu ventilasi adalah sangat penting untuk mencegah terakumulasinya uap mudah tersulut.
- b) Sumber penyulutan harus dieliminasi dalam daerah di mana cairan dengan titik penyulutan (*flash point*) rendah disimpan, ditangani atau digunakan.
- c) Bilamana dimungkinkan, dalam proses manufaktur yang melibatkan cairan mudah menyala dan tersulut, seperti kompresor, pompa, dan menara proses, harus ditempatkan di luar.
- d) Untuk cairan yang menghasilkan uap yang lebih berat dari udara, misalnya bensin, uap cenderung untuk tinggal di lubang sumur atau tempat yang rendah. Uap ini harus dibuang dengan ventilasi pada ketinggian lantai.
- e) Ventilasi dapat berupa ventilasi alami atau mekanik. Akan tetapi ventilasi alami sulit diendalikan, karena itu sebaiknya digunakan ventilasi mekanik untuk operasi dalam bangunan yang melibatkan cairan mudah menyala dan tersulut.
- f) Dalam ruangan atau bangunan di mana mungkin dapat terjadi ledakan dari cairan mudah menyala dan tersulut, seperti cairan yang termasuk tidak stabil, direkomendasikan untuk menyediakan pelepasan/pembuangan ledakan (*explosion relief venting*).
- g) Bahaya cairan mudah menyala dan tersulut dapat dihindari atau dikurangi dengan substitusi oleh material yang relatif aman. Material semacam itu harus stabil, mempunyai toksisitas rendah, dan tidak mudah tersulut atau

mempunyai titik penyulutan yang tinggi. Banyak pelarut yang dijual komersial yang stabil dan mempunyai titik penyulutan dari 60 sampai dengan 80°C dan yang mempunyai toksisitas relatif rendah.

- f. Penyimpanan, manufaktur dan penggunaan bahan kimia dan peledak Dalam terminologi kebakaran, ledakan (*explosion*) berarti salah satu, deflagrasi (*deflagration*) atau detonasi (*detonation*). Suatu deflagrasi adalah reaksi pembakaran yang bergerak lebih lambat dari kecepatan suara, sedangkan suatu detonasi adalah reaksi pembakaran yang bergerak pada atau lebih cepat dari kecepatan suara.

Banyak bahan yang diproses industri memberikan resiko dalam penanganannya karena kemampuan bahan untuk menunjang terus menerus pembakaran di dalam udara. Yang harus diperhatikan adalah bahan mudah terbakar yang diproses sebagai gas, kabut, atau butiran/partikel sangat halus, dan mempunyai kemampuan untuk beredar dalam udara atau gas oksidan lainnya. Campuran mudah tersulut dalam udara, bila tersulut akan terdeflagrasi secara cepat, menghasilkan volume gas panas yang mengembang delapan sampai sepuluh kali volume gas aslinya yang tidak terbakar. Penyulutan awan mudah tersulut di dalam suatu tabung proses akan menyebabkan kenaikan temperatur ke suatu besaran yang terkait dengan karakteristik pembakaran campuran bahan bakar-udara dan kemampuan tabung untuk membuang (ven pembuangan) tabung. Kejadian semacam itu menuju ke kerusakan tabung, luka atau tewasnya personil, atau kerugian lainnya yang disebut sebagai suatu ledakan.

Elemen berikut harus ada secara serentak supaya suatu ledakan deflagrasi dapat terjadi:

- 1) Suatu campuran mudah tersulut terdiri dari suatu bahan bakar dan oksigen, biasanya dari udara atau oksidan lainnya
- 2) Suatu cara penyulutan
- 3) Sebuah kurungan/tabung (*enclosure*)

Campuran mudah tersulut berarti bahwa oksigen dan komponen bahan bakar tercampur dengan baik sekali dan konsentrasi masing-masing ada dalam batas komposisi tersulut setiap sistem dari bahan bakar, oksigen dan zat lebam.

Penyulutan dari suatu campuran mudah tersulut akan terjadi apabila sebuah titik sumber penyulut mencapai temperatur di atas temperatur penyulutan dari campuran tersebut. Apabila penyulutan dari suatu campuran mudah tersulut terjadi di dalam suatu kurungan/tabung (*enclosure*), tekanan di dalam kurungan akan naik, tanpa memperdulikan ada atau tidaknya ven pembuangan. Waktu untuk mencapai tekanan maksimum deflagrasi tergantung kepada ukuran kurungan/tabung, tetapi biasanya dalam selang puluhan atau ratusan milidetik. Kegagalan kurungan/tabung sangat mungkin terjadi.

NFPA 68, *Guide for Venting Deflagration*, dan NFPA 68, *Standard on Explosion Prevention Systems*, memberikan pedoman komprehensif untuk pencegahan dan proteksi ledakan.

#### 1) Pencegahan deflagrasi

##### a) Pengurangan konsentrasi oksidan:

Bagian penting dari pencegahan adalah menjaga atmosfer dalam volume proses menjadi tidak mudah tersulut. Salah satu cara adalah menambahkan gas lebam ke dalam atmosfer, biasanya digunakan nitrogen sebagai gas lebam.

##### b) Pengurangan konsentrasi bahan mudah terbakar:

(1) Pengurangan: Silinder dan tangki dari gas mudah tersulut bertekanan harus disimpan secara baik dan benar untuk menjamin bahwa katup dan peralatan lainnya terhindar dari kerusakan tidak sengaja.

(2) Ventilasi: Di mana terdapat gas mudah menyala atau debu mudah terbakar sebagai akibat operasi normal atau keadaan lainnya, maka konsentrasinya dapat ditekan serendah-rendahnya atau ditiadakan oleh teknik ventilasi ruangan atau ventilasi lokal

(3) Pembersihan (*purging*): Pembersihan digunakan untuk mencegah perkembangan atmosfer mudah tersulut di dalam kurungan/tabung (*enclosure*) atau peralatan

2) Pengendalian sumber penyulutan:

Beberapa mekanisme yang dapat dikenali untuk memulai penyulutan harus dipertimbangkan secara hati-hati dalam pencegahan:

- a) Bunga api mekanikal: Bunga api yang timbul akibat gesekan baja mempunyai energi yang cukup untuk menyulut awan debu organik. Misalnya dalam operasi proses menghancurkan bongkah batu bara menjadi bubuk batu bara, dan lain-lain. Bila dalam proses terdapat limbah metal, direkomendasikan menggunakan separator magnetik dalam proses.
- b) Nyala api: Nyala api terbuka yang berasal dari berbagai sebab dapat menyulut awan debu. Resiko dapat dikurangi dengan menghilangkan sebab yang dapat menimbulkan nyala api.
- c) Permukaan panas: Debu yang terakumulasi pada rumah motor listrik, transformator, pipa uap yang panas, atau permukaan panas lainnya dapat menuju ke pirolisa lambat dari bahan padat, yang kemudian dapat tersulut. Direkomendasikan penggunaan peralatan yang temperatur operasinya tidak melebihi temperatur penyulutan gas atau debu yang terekspos ke peralatan tersebut.
- d) Penyulutan otomatis (*auto-ignition*): Lapisan debu yang secara kontinyu terekspos kepada temperatur uniform yang tinggi, atau bahkan temperatur ambien, dapat mengalami pemanasan sendiri dan tersulut. Pencegahannya adalah dengan pembersihan teratur debu yang terakumulasi.
- e) Benturan mekanikal: Beberapa material dapat segera tersulut karena benturan yang tiba-tiba.
- f) Friksi: Pemanasan friksional dari material mudah terbakar dimungkinkan di mana ditemukan komponen yang bergerak. Misalnya tong berputar dan sistem transportasi material ban berjalan. Pencegahannya adalah pelumasan teratur bantalan poros dan penyetelan ban (*belt*).

g) Bara api: Operasi proses kayu, seperti penggerindaan, pengampelasan, dan pemotongan, dapat menghasilkan partikel kayu yang membara yang dapat terikut ke suatu pengumpul debu (*dust collector*). Bara semacam itu dapat menuju ke penyulutan lapisan debu. Pencegahannya adalah dengan menyediakan alat deteksi bara api dan sistem pemadaman.

h) Peralatan listrik: Motor listrik, saklar, lampu penerangan, dan peralatan mirip lainnya mungkin dapat menjadi sumber penyulutan. Peralatan semacam itu dapat dimanufaktur untuk digunakan dalam atmosfir berbahaya, dan terdaftar (*rated*) sesuai dengan jenis atmosfir yang cocok untuk penggunaannya.

i) Penyulutan elektrostatik: Penyulutan atmosfir mudah tersulut oleh pelepasan listrik statik dapat dicegah dengan cara:

(1) Pengikatan secara listrik (*bonding*) komponen yang terisolasi secara listrik dengan penyambungan kawat. Misalnya pemipaan yang disambung dengan flens dan gasket adalah termasuk komponen yang terisolasi secara listrik, karena itu harus ada pengikatan dengan kawat pada setiap sambungan pipa.

(2) Pembumian (*grounding*) komponen terikat dan seluruh peralatan ke bumi.

#### 4. Menentukan Potensi Pertumbuhan Kebakaran Dalam Bangunan Gedung Dan Bagian Bangunan Gedung

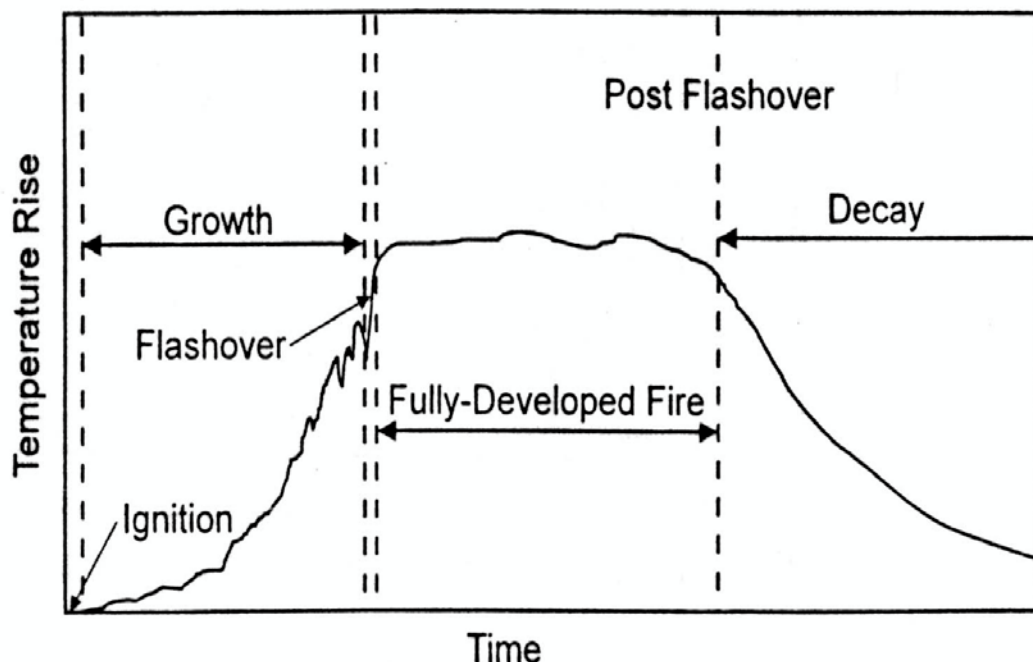
##### a. Tahap perkembangan kebakaran

Kebakaran di dalam ruangan atau kompartemen sering digambarkan dalam istilah tahap-tahap perkembangan kebakaran, ditunjukkan dalam gambar 2.3. Tahap-tahap ini berguna dalam mendiskusikan kebakaran, tetapi banyak kebakaran tidak melewati semua tahap karena kurangnya bahan bakar atau akibat tindakan sebuah sistem pemadaman kebakaran.

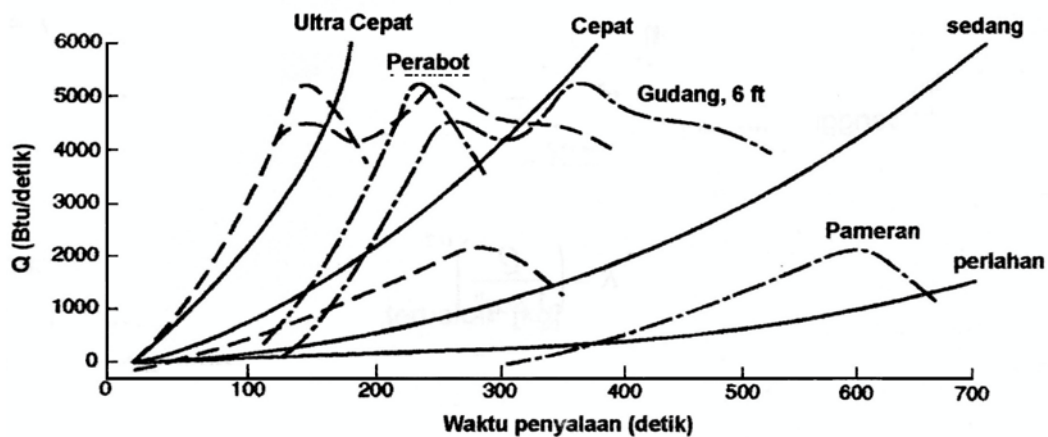
1) Penyulutan atau *ignition*: Adalah perioda di mana kebakaran mulai. Pada tahap ini mungkin nyala api belum tampak, tetapi pembakaran sudah berlangsung.

2) Pertumbuhan atau *growth*: Setelah penyulutan, pertumbuhan kebakaran ditentukan oleh bahan/material yang terbakar, dengan sedikit atau tanpa pengaruh dari kompartemen. Tahap ini ditandai dengan jumlah udara (oksigen)

yang banyak untuk kebakaran. Ketika kebakaran tumbuh, terjadi kenaikan temperatur dalam ruangan. Udara panas dan asap akan naik ke atas membentuk sebuah lapisan asap di bawah langit-langit ruangan. Lapisan asap ini akan bertambah panas dan bertambah besar turun ke bawah seiring dengan bertumbuhnya kebakaran. Pada tahap ini kebakaran dapat disebut sebagai kebakaran tidak mantap (*unsteady fire*), atau seringkali disebut kebakaran t-kwadrat (*t-square fire*). Sebuah kebakaran t-kwadrat adalah sebuah kebakaran di mana pembakarannya berubah secara proporsional terhadap kwadrat waktu. Kebakaran t-kwadrat dibagi dalam kelas berdasarkan kecepatan tumbuhnya, disebut ultra-cepat, cepat, sedang dan lambat. Bilamana kelas-kelas ini dipakai, kelas-kelas ini didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk api tumbuh ke nilai pelepasan kalor dari 1055 kW (1000 Btu/detik). Gambar 2.4. menghubungkan kurva laju pertumbuhan kelas kebakaran t-kwadrat ke suatu seleksi dari susunan bahan bakar aktual yang diambil dari NFPA 204, *Guide for Smoke and Heat Venting*.



Gambar 2.3  
Tahap-Tahap Perkembangan Kebakaran



Gambar 2.4  
Menghubungkan Kurva Laju Pertumbuhan Kelas Kebakaran

- 3) Terbakar serentak atau *flashover*: Sebagian besar proses dalam keteknikan terdiri dari perubahan yang sedikit demi sedikit, tetapi *flashover* adalah sebuah pengecualian. *Flashover* adalah suatu perubahan yang tiba-tiba dari sebuah kebakaran yang tampak mantap terbatas kepada sebuah tempat yang kecil, ke sebuah kebakaran yang melibatkan sebuah ruangan yang jauh lebih besar, seperti seluruh kamar atau kompartemen. Di dalam ruangan yang sangat besar, seperti denah lantai perkantoran terbuka, mungkin hanya sebagian ruangan yang *flashover*. Temperatur lapisan asap di mana terjadi *flashover* biasanya ada dalam selang 500 C sampai 700 C. Kriteria untuk *flashover* biasanya adalah temperatur lapisan asap 600 C atau *radiant heat flux* sebesar  $20 \text{ kW/m}^2$  pada lantai ruang yang terbakar.
- 4) Kebakaran yang berkembang penuh atau *fully developed fire*: Tahap kebakaran ini mempunyai temperatur yang paling tinggi. Pada tahap ini kebakaran dapat disebut sebagai kebakaran mantap (*steady fire*), dan besarnya tergantung kepada pasokan udara (oksigen) yang mencapai kebakaran.
- 5) Keruntuhan atau *decay*: Ketika bahan bakar habis terbakar, laju aliran panas dan temperatur ruangan jatuh berkurang.

b. Pertumbuhan kebakaran (*fire growth*)

Kebakaran akan tumbuh setelah terjadi penyulutan dan kebakaran telah mencapai titik terbentuknya kebakaran. Terbentuknya kebakaran didefinisikan sebagai titik di dalam perkembangan kebakaran di mana ukuran nyala api telah menjadi cukup besar sehingga api akan terus menyala tanpa sumber penyulutan eksternal independen dan kebakaran akan tumbuh dengan bahan bakar yang ada. Tinggi nyala api pada titik ini biasanya ditentukan setinggi kira-kira 25 cm di atas bidang permukaan bahan bakar. Pada titik ini diperkirakan terdapat pengaruh balik (*feedback*) energi yang cukup dari nyala api ke bahan bakar sehingga api tidak akan mati tanpa pengaruh eksternal (misalnya dipadamkan).

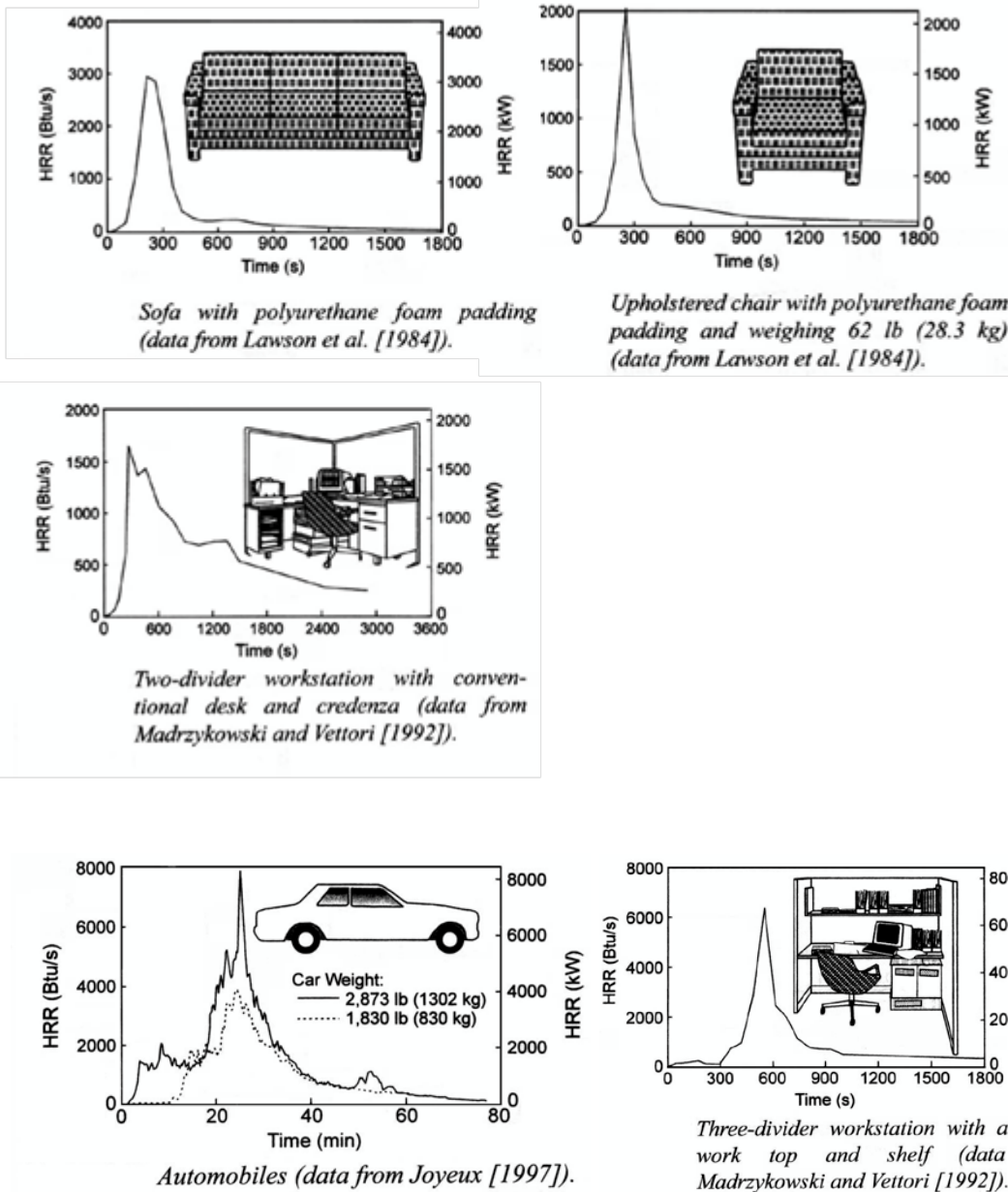
Kebakaran tidak hanya sebagai sumber energi yang memberikan panas dan gas panas untuk penyebaran kebakaran, tetapi juga sebagai sumber dari asap dan gas beracun dan korosif sebagai hasil dari produk pembakaran. Laju dan jumlah energi yang dihasilkan dari kebakaran awal di kompartemen seringkali menentukan apakah kebakaran akan menyebar atau tidak di luar kompartemen.

Bahan bakar yang tersedia untuk pertumbuhan dan penyebaran kebakaran dapat digolongkan kepada:

- 1) laju di mana bahan bakar terbakar dan melepaskan energi ke lingkungan ruangan, dan
- 2) jumlah total energi tersedia yang dapat dilepaskan dari bahan bakar. Masing-masing digunakan untuk menggambarkan potensi dari kehebatan sebuah kebakaran.

Barangkali aspek paling penting dari sebuah kebakaran bangunan adalah laju pembakaran yang dideskripsikan menggunakan terminologi laju pelepasan kalor atau *heat release rate* (HRR). HRR hampir selalu digunakan untuk menggambarkan besarnya sebuah kebakaran, dan digunakan sebagai input dari pemodelan prediktif kebakaran memakai komputer. Satuan HRR adalah kilowatt (kW) atau *British thermal unit* per detik (Btu/detik). HRR menggambarkan seberapa cepat energi dilepaskan. Berikut adalah contoh HRR untuk beberapa benda yang terbakar:





Gambar 2.5  
Contoh HRR Untuk Beberapa Benda Yang Terbakar

Konsep beban kebakaran atau *fuel load* adalah sebuah cara untuk menggolongkan bahaya kebakaran kompartemen atau bangunan dalam terminologi seberapa lama bangunan diharapkan terbakar berdasarkan jumlah total bahan bakar dan total energi. Beban kebakaran ditentukan dengan menjumlahkan semua bahan bakar yang ada dan membaginya dengan luas kompartemen atau daerah kebakaran. Beban kebakaran diekspresikan sebagai masa bahan bakar yang ekuivalen dengan

kayu. Satuan beban kebakaran adalah kilogram per kilowatt per meter persegi ( $\text{kg/kW/m}^2$ ) atau pon per *British thermal unit* per detik per kaki persegi ( $\text{lbs/Btu/detik/ft}^2$ ). Beban kebakaran tidak mempertimbangkan kecepatan terbakarnya bahan bakar tetapi lebih kepada mengamati masalah seberapa lama terbakar sampai bahan bakar habis.

c. Menentukan potensi pertumbuhan kebakaran

Metode tradisional untuk menggambarkan bahaya pertumbuhan kebakaran adalah melalui beban kebakaran atau isi bangunan/ruangan (lihat NFPA 101 *Life Safety Code*) yang dicerminkan dalam klasifikasi penggunaan dan hunian bangunan. Jenis bangunan, dan bukan ruangan dalam bangunan, telah digolongkan terhadap bahayanya. Jenis klasifikasi ini adalah dasar dari peraturan/kode bangunan dan kebakaran.

- 1) Bahaya rendah: Isi bangunan yang diklasifikasikan sebagai sifat mudah terbakar rendah sehingga tidak ada penyebaran kebakaran terjadi. Sebagai contoh, hunian rumah tinggal dan pendidikan dipandang sebagai mempunyai bahaya rendah, karena biasanya berisi beban kebakaran yang relatif rendah dalam ruangan-ruangannya.
- 2) Bahaya sedang: Isi bangunan yang diklasifikasikan sebagai mungkin terbakar dengan kecepatan sedang atau menghasilkan volume asap yang besar. Klasifikasi bahaya sedang mewakili kondisi yang ditemui di sebagian besar bangunan.
- 3) Bahaya tinggi: Isi bangunan yang diklasifikasikan sebagai mungkin terbakar dengan sangat cepat atau mungkin terjadi ledakan. Termasuk di mana cairan mudah menyala ditangani, digunakan atau disimpan dalam kondisi kemungkinan terlepasnya uap mudah menyala; di mana debu biji-bijian, debu kayu atau plastik, debu aluminium atau magnesium, atau debu mudah meledak lainnya dihasilkan; di mana bahan B3 atau peledak dibuat, disimpan atau ditangani; di mana bahan diproses atau ditangani di bawah kondisi yang menghasilkan bahan

mudah menyala yang berterbangan di udara; dan situasi lain dengan bahaya yang mirip.

d. Pertumbuhan kebakaran dalam sebuah ruangan

Akan tetapi pengamatan lebih detil pada potensi pertumbuhan kebakaran di dalam ruangan atau kamar sebuah bangunan mungkin dapat menjadi bagian penting dari rancangan keselamatan kebakaran. Potensi bahaya pertumbuhan kebakaran yang mengidentifikasi kecepatan dan kemungkinan kebakaran dapat mencapai keterlibatan penuh ruangan (*full room involvement, fully developed fire*), merupakan dasar yang berguna untuk merancang intervensi sistem pemadaman kebakaran dan untuk mengevaluasi masalah keselamatan. Sebagai contoh, situasi di mana akan dapat terjadi kebakaran yang cepat dan sangat besar, mungkin memerlukan proteksi sprinkler otomatis, meskipun peraturan/kode tidak mempersyaratkannya.

Dasar dari sebuah evaluasi bahaya pertumbuhan kebakaran adalah karakteristik pembakaran dalam sebuah ruangan. Faktor utama yang mempengaruhi kemungkinan dan kecepatan terjadinya keterlibatan penuh ruangan (*full room involvement, fully developed fire*) adalah:

- 1) Beban bahan bakar (yaitu jumlah, jenis material, dan distribusinya);
- 2) Lapisan penutup interior ruangan (*interior finish*);
- 3) Pasokan udara (oksigen);
- 4) Ukuran, bentuk dan konstruksi ruangan.

Perkembangan kebakaran dalam sebuah ruangan adalah tidak uniform atau pasti akan terjadi. Kebakaran berkembang melalui beberapa tahap atau daerah. Tabel 2.2 memberikan petunjuk deskripsi masing-masing tahap. Di dalam setiap tahap sebuah kebakaran mungkin dapat terus tumbuh atau mungkin tidak dapat meneruskan perkembangan dan akan mati. Tabel 2.2 termasuk petunjuk kasar perkiraan besar nyala api dapat digunakan untuk menggambarkan besar kebakaran dalam setiap tahap. Tabel juga menggambarkan faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan kebakaran di dalam setiap tahap. Ketiadaan dari

jumlah faktor yang signifikan menunjukkan bahwa kebakaran akan mati sendiri daripada tumbuh terus.

Tabel 2.2  
Memberikan Petunjuk Deskripsi Masing-Masing Tahap

No	Tahap	Perkiraan besar kebakaran	Faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan kebakaran
1.	(Pra-terbakar)	Kelebihan panas ke penyulutan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumlah dan durasi <i>heat flux</i></li> <li>• Luas dan sifat mudah tersulut permukaan yang menerima panas</li> </ul>
2.	(Terbakar awal)	Penyulutan ke titik radiasi (tinggi nyala api 25 cm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontinuitas bahan bakar</li> <li>• Sifat mudah tersulut material</li> <li>• Ketebalan</li> <li>• Kekasaran permukaan</li> <li>• Inersia termal bahan bakar</li> </ul>
3.	(Terbakar hebat)	Titik radiasi ke titik pembatas kamar lantai, dinding, langit-langit (tinggi nyala api 25 cm s.d. 1,5 m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelapis interior</li> <li>• Kontinuitas bahan bakar</li> <li>• Pengaruh balik (feedback)</li> <li>• Sifat mudah tersulut material</li> <li>• Inersia termal bahan bakar</li> <li>• Kedekatan nyala api ke dinding</li> </ul>
4.	(Terbakar interaktif)	Titik pembatas ke titik langit-langit (tinggi nyala api 1,5 m sampai menyentuh langit-langit)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelapis interior</li> <li>• Pengaturan/susunan bahan bakar</li> <li>• Pengaruh balik (feedback)</li> <li>• Tinggi bahan bakar</li> <li>• Kedekatan nyala api ke dinding</li> <li>• Tinggi langit-langit</li> <li>• Isolasi panas kamar</li> <li>• Ukuran dan lokasi bukaan</li> <li>• Operasi VAC</li> </ul>
5.	(Terbakar jauh)	Titik langit-langit ke keterlibatan penuh ruangan ( <i>full room involvement</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengaturan/susunan bahan bakar</li> <li>• Tinggi langit-langit</li> <li>• Rasio panjang/lebar kamar</li> <li>• Isolasi panas kamar</li> <li>• Ukuran dan lokasi bukaan</li> <li>• Operasi VAC</li> </ul>

Sumber: *NFPA Fire Protection Handbook, 1997 Ed.*

Kamar yang berlainan mempunyai tingkat risiko yang berlainan terhadap kemungkinan tercapainya keterlibatan penuh ruangan (*full room involvement, fully developed fire*) dan waktu di mana perkembangan kebakaran terjadi. Faktor-faktor dalam Tabel 2.4.3.1 memberikan petunjuk umum jenis faktor yang penting.

Kalau kita fokus pada satu peristiwa saja yang mungkin dapat digunakan untuk merepresentasikan risiko relatif isi dan lapisan interior sebuah ruangan, maka

peristiwa tersebut adalah kemampuan nyala api untuk mencapai langit-langit. Pengaturan/susunan isi dan jenis bahan bakar sehingga sebuah kebakaran akan sulit menyentuh langit-langit memberikan potensi bahaya pertumbuhan kebakaran yang relatif rendah. Sebaliknya apabila sifat mudah terbakar furnitur dan densitas akan membolehkan sebuah kebakaran berkembang ke ketinggian langit-langit, atau bila terdapat lapisan interior yang mudah terbakar, maka potensi bahaya pertumbuhan kebakaran biasanya secara komparatif adalah tinggi.

#### 5. Tindakan Pemenuhan Persyaratan Alternatif Untuk Penyimpanan, Penanganan Dan Penggunaan Cairan Dan Gas Yang Mudah Menyala Dan Terbakar Dan Bahan-Bahan Berbahaya (B3)

- a. Penyimpanan dan penggunaan cairan mudah menyala dan terbakar sudah dibahas di di atas
- b. Gas mudah menyala dan terbakar: Semua zat dapat menjadi bentuk gas tergantung kepada temperatur dan tekanan yang diberlakukan terhadapnya. Terminologi gas yang diterangkan dalam Bab ini berlaku untuk zat yang berbentuk gas pada temperature dan tekanan "normal", kira-kira 21°C dan 101 kPa. Tetapi banyak zat juga dapat berbentuk cairan atau gas pada kondisi temperature dan tekanan normal. Untuk praktisnya, setiap zat atau campuran zat-zat, yang pada keadaan cair mempunyai tekanan uap lebih besar dari 275 kPa pada temperatur 38°C dapat dipandang sebagai gas.

##### 1) Evaluasi pemenuhan persyaratan

Dalam hal NSPM yang kita miliki masih sangat terbatas, maka dapat digunakan pedoman dari negara maju, antara lain standar-standar dari NFPA seperti NFPA 58, *Standard for the Storage and Handling of Liquefied Petroleum Gases*, dan NFPA 59A, *Standard for the Storage and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG)*, yang memberikan pedoman komprehensif untuk penyimpanan dan penanganan gas.

##### 2) Klasifikasi gas

Penanganan efektif dari berbagai macam gas yang digunakan di bangunan gedung memerlukan pengklasifikasian gas. Klasifikasi ini berdasarkan

denominator tertentu yang merefleksikan sifat kimia dan fisik gas dan penggunaan utamanya.

### 3) Klasifikasi oleh sifat kimia

Sifat kimia gas terutama penting dalam proteksi kebakaran karena kemampuannya untuk bereaksi kimia dengan bahan lain (atau dengan dirinya sendiri) untuk menghasilkan sejumlah panas atau produk reaksi yang berpotensi bahaya terhadap manusia.

- a) Gas mudah tersulut: Setiap gas yang akan terbakar dalam konsentrasi normal oksigen di udara dipandang sebagai gas mudah tersulut. Gas mudah tersulut akan terbakar di udara dengan cara yang sama seperti cairan mudah tersulut terbakar di udara, yaitu setiap gas akan terbakar hanya dalam selang tertentu suatu komposisi campuran gas-udara (daerah tersulut atau terbakar) dan akan tersulut pada atau di atas suatu temperatur tertentu (temperatur penyulutan).
- b) Gas tidak mudah tersulut: Gas tidak mudah tersulut adalah gas yang tidak akan terbakar dalam setiap konsentrasi udara atau oksigen. Tetapi beberapa gas ini mendukung pembakaran, sedangkan beberapa gas lainnya tidak mendukung pembakaran. Gas yang mendukung pembakaran sering disebut gas oksidizer. Contohnya adalah gas oksigen dan campuran oksigen dengan gas lain, seperti oksigen-helium, oksigen- nitrogen dan nitrous oksida. Gas tidak mudah tersulut yang tidak mendukung pembakaran biasanya dinamakan gas lebam. Contohnya adalah gas nitrogen, argon, helium, juga karbon dioksida dan sulfur dioksida.
- c) Gas reaktif: Kebanyakan gas dapat bersifat reaktif secara kimia dengan gas lain dalam kondisi tertentu. Terminologi gas reaktif digunakan untuk membedakan gas yang bereaksi dengan bahan lain atau dalam dirinya sendiri (menghasilkan sejumlah panas dan produk yang berpotensi bahaya) oleh suatu reaksi kimia selain dari pembakaran dan di bawah kondisi tertentu lingkungan (panas, benturan dan lain-lain).

Fluorine adalah contoh gas yang sangat reaktif, karena bereaksi dengan hampir semua bahan organik dan tidak organik pada temperatur dan tekanan normal, sering cukup cepat untuk menimbulkan penyulutan. Contoh lain adalah reaksi antara chlorine (gas tidak mudah tersulut) dan hidrogen (gas mudah tersulut) dapat menghasilkan penyulutan.

Beberapa gas dapat bereaksi dalam dirinya sendiri di bawah kondisi tertentu lingkungan (panas, benturan dan lain-lain) yang menghasilkan sejumlah panas dan produk yang berpotensi bahaya. Contohnya adalah gas acetylene, metil acetylene, dan vinil chlorida.

- d) Gas beracun: Gas tertentu dapat memberikan bahaya terhadap jiwa manusia bila terlepas ke atmosfer. Gas ini, yang bersifat racun atau iritasi apabila terhirup atau tersentuh, termasuk chlorine, hidrogen sulfida, sulfur dioksida, ammonia dan karbon monoksida. Terdapatnya gas ini dapat menyulitkan operasi pemadaman kebakaran oleh tereksposnya petugas pemadam kepada bahaya keracunan.

#### 4) Klasifikasi oleh sifat fisik

Sifat fisik merupakan pertimbangan utama dalam proteksi kebakaran karena mempengaruhi perilaku fisik gas di dalam tabung dan setelah setiap pelepasan dari tabung.

- a) Gas bertekanan: Gas bertekanan adalah gas yang terdapat hanya sebagai gas di bawah tekanan pada semua temperatur normal dalam tabungnya. Batas bawah tekanan tabung biasanya adalah 273 kPa (25 psi) pada temperatur normal. Batas atas hanya dibatasi oleh biaya konstruksi tabung dan biasanya ada dalam selang 12.512 sampai 24.923 kPa (1800 sampai dengan 3600 psi).
- b) Gas cair: Gas cair adalah gas yang pada 21°C di dalam tabungnya, terdapat sebagian dalam kondisi cair dan sebagian dalam kondisi gas.
- c) Gas kriogenik: Gas kriogenik adalah gas cair yang terdapat di dalam tabungnya pada temperatur di bawah -90°C.

5) Klasifikasi oleh penggunaan

a) Gas bahan bakar: Gas ini adalah gas mudah tersulut yang biasanya digunakan dalam pembakaran bersama dengan udara untuk menghasilkan panas atau kalor, yang selanjutnya digunakan sebagai sumber panas, daya atau penerangan. Yang paling banyak digunakan adalah gas alam dan liquefied petroleum gas (LPG).

b) Gas industri: Termasuk semua gas yang diklasifikasi oleh sifat kimia yang biasanya digunakan dalam proses industri, pengelasan, refrigerasi, proses kimia, pengolahan limbah dan lain-lain.

c) Gas medik: Gas untuk penggunaan khusus medikal seperti anestesi dan terapi pernapasan. Contohnya adalah oksigen dan nitrous oksida.

6) Bahaya gas: Evaluasi bahaya gas membedakan bahaya gas yang ada di dalam tabung, dan bahaya yang ada bila gas keluar dari tabungnya.

7) Tindakan pengamanan gas dalam tabung

Tabung gas dibuat ke tekanan kerja yang merefleksikan tekanan gas di dalam tabung tersebut. Pada kasus gas bertekanan, tekanan kerja dibatasi hanya oleh biaya pembuatan tabung dan pertimbangan berat tabung, biasanya 137,9 bar (2000 PSI) sampai 206,8 bar (3000 PSI). Pada kasus gas cair, tekanan kerja ditentukan oleh tekanan uap cairan pada temperatur cairan yang representatif dari temperatur ambien ekstrim yang ada. Sebagai contoh, tabung gas yang kita kenal dibuat berdasarkan regulasi DOT (U.S. Department of Transportation), dimana temperatur ambien ekstrim yang representatif di Amerika Serikat biasanya adalah -53,4 C sampai 54,4 C (-65 F sampai 130 F). Dalam tabung berisi gas bertekanan atau gas cair, tekanan sebenarnya berubah langsung dengan temperatur gas atau cairan, membesar dan mengecil dengan bertambahnya atau berkurangnya temperatur. Bila temperatur melebihi 54,4 C (130 F), tekanan dalam tabung mungkin melebihi tekanan kerja tabung. Dalam tabung gas cair yang diisi terlalu penuh dengan cairan, pemanasan cairan akan menyebabkan cairan mengembang sampai tabung menjadi penuh dengan cairan sehingga tidak ada lagi ruang untuk uap. Setiap



penambahan kecil temperatur pada titik ini, meskipun kurang dari 54,4 C (130 F), dapat menyebabkan pecahnya tabung.

Semua tabung gas cair dilengkapi dengan peralatan katup relief untuk membatasi tekanan. Katup ini beroperasi untuk melepaskan gas sehingga mengurangi bahaya. Tabung berisi gas yang beracun tidak mempunyai katup relief ini karena bahaya terlepasnya gas dipandang lebih berbahaya dari pada kemungkinan kegagalan tabung karena tekanan.

Karena itu harus diperhatikan tindakan pengamanan sebagai berikut:

- a) Tabung gas mudah menyala harus disimpan jauh dari tabung gas jenis lain, sebagai patokan sekurang-kurangnya dalam jarak 6m. Bila tidak memungkinkan, dinding pemisah terbuat dari bahan tidak mudah terbakar dengan ketahanan api sekurang-kurangnya ½jam dengan ketinggian sekurang-kurangnya 1,5m harus digunakan untuk memisahkan tabung.
- b) Ruang dimana gas digunakan harus berventilasi cukup.
- c) Tabung gas cair harus disimpan di luar bangunan atau di tempat yang mempunyai ventilasi baik.
- d) Jumlah yang disimpan di dalam bangunan harus tidak melebihi ketentuan yang berlaku.
- e) Tabung harus dalam kondisi bagus, bebas dari penyok, benjolan, goresan, dan karat.
- f) Topi silinder (*cap*) harus ada dan selalu dipasang kecuali bila silinder sedang digunakan.
- g) Tabung gas bertekanan tinggi biasanya berbentuk ramping mudah terguling. Karena itu tabung dalam transportasi dan penyimpanan harus diikat.
- h) Pemipaan untuk gas harus diperiksa untuk tanda karat, gantungan/penopang yang buruk, dan lokasi dimana pemipaan dapat rusak terutama di daerah lalu lintas kendaraan.

#### 8) Tindakan pengamanan gas yang terlepas dari tabungnya

Penggunaan gas sebagian terbesar adalah sebagai bahan bakar (pembakaran dengan udara) di peralatan yang menggunakan gas, dan dalam proses

pemotongan dan pengelasan (pembakaran dengan oksigen). Gas mudah menyala juga digunakan untuk tujuan medik, terutama dengan gas oksigen dan nitrous oksida.

Semua penggunaan ini tentunya melibatkan pelepasan gas dalam kondisi terkontrol, dengan peralatan yang digunakan untuk menjaga kondisi terkontrol tersebut. Peralatan ini termasuk *flame failure gas shut-off device*, katup penahan balik (*check valve*), *flame arrestor*, dan katup relief yang dirancang untuk mencegah bercampurnya bahan bakar gas dan oksigen di pemipaan dan tabung, menghentikan propagasi penyalaan, dan membuang kelebihan tekanan. Karena itu harus diperhatikan tindakan pengamanan sebagai berikut:

- a) Pelepasan gas dari pemipaan dan tabung harus dihentikan meskipun pada waktu gas sedang terbakar. Kenyataannya kebakaran gas harus dipadamkan dengan cara menghentikan kebocoran atau memotong arus pasokan gas karena pemadaman dengan alat pemadam api akan membolehkan gas yang tidak terbakar tetap terlepas.
- b) Semua sistem yang meliputi pemipaan gas bertekanan yang disalurkan dari manifold/header beberapa tabung harus mempunyai katup relief sistem di sebelah hilir dari regulator tekanan untuk proteksi sistem dari kegagalan regulator. Katup harus diventilasi keluar bangunan ke tempat yang aman.
- c) Semua tabung dilengkapi dengan katup penutup manual atau katup penutup otomatis yang menutup secara otomatis dari sensor panas yang berlebihan atau dari laju aliran yang berlebihan. Kondisi operasi katup ini harus diperiksa.
- d) Tabung gas bertekanan tidak boleh terpapar kepada temperatur yang melebihi 52°C (125°F) dan tidak boleh disimpan di daerah di mana temperatur mungkin naik di atas 52 C (125°F).
- e) Ruang penyimpanan harus berventilasi untuk membatasi konsentrasi gas yang terlepas. Ini termasuk gas mudah menyala dan gas tidak mudah menyala karena gas tidak mudah menyala seperti nitrogen dan karbon dioksida dapat menyebabkan bahaya sesak napas.

c. Bahan berbahaya dan beracun (B3)

Bahan berbahaya dan beracun (B3) atau bahan kimia berbahaya yang diproduksi, dikapalkan dan digunakan di dunia, banyak sekali jenisnya. Kalau di tempat kerja ditemui B3, maka harus diketahui penanganan dan penyimpanan termasuk kalau terjadi keadaan darurat.

1) Evaluasi pemenuhan persyaratan

Evaluasi pemenuhan persyaratan penanganan dan penyimpanan termasuk kalau terjadi keadaan darurat harus menggunakan *Material Safety Data Sheet* (MSDS). Untuk itu diperlukan kemampuan pemahaman tentang *Material Safety Data Sheet* (MSDS).

2) MSDS

MSDS atau *Material Safety Data Sheet* adalah adalah sebuah formulir berisi data tentang sifat-sifat dari sebuah bahan atau zat. Sebagai komponen penting dalam keselamatan kerja, MSDS dimaksudkan untuk menyediakan prosedur bagi karyawan dan personil tanggap darurat untuk penanganan bahan tersebut secara aman, dan meliputi informasi seperti data fisik [titik lebur, titik didih (*boiling point*), titik penyulutan (*flash point*) dan sebagainya], toksisitas, efek terhadap kesehatan, dan prosedur P3K, penyimpanan, pembuangan, peralatan proteksi, penanganan tumpahan, dan pemadaman bila terjadi kebakaran.

Format sebuah MSDS dapat beragam tergantung dari sumber dan kriteria otoritas berwenang. Sebagai contoh, di Amerika Utara berlaku format dari OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*), di Inggris berlaku format dari CHIP (*Chemicals Hazard Information and Packaging for Supply*), dan sebagainya. Ada perbedaan format dan kriteria dari masing-masing negara, sehingga ada dasar pikiran bahwa sistem-sistem yang ada sebaiknya diharmonisasi untuk mengembangkan sistem tunggal terharmonisasi secara global untuk klasifikasi bahan kimia, labelisasi dan *safety data sheets* (lihat di bawah).

### 3) GHS dan SDS

GHS adalah singkatan dari *The Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals* yang dikembangkan sejak tahun 1999 oleh United Nations atau Perserikatan Bangsa Bangsa (PBB) dan versi ke 1 diadopsi pada tahun 2003. Edisi revisi pertama diterbitkan pada tahun 2005. GHS adalah sebuah sistem untuk standarisasi dan harmonisasi klasifikasi dan labelisasi bahan kimia, dan adalah sebuah pendekatan yang logis dan komprehensif untuk:

- a) Mendefinisikan bahaya kesehatan, fisik dan lingkungan dari bahan kimia;
- b) Menciptakan proses klasifikasi yang menggunakan data tersedia dari bahan kimia untuk perbandingan dengan kriteria bahaya yang didefinisikan; dan
- c) Mengkomunikasikan informasi bahaya, dan juga tindakan proteksi, ke label dan *Safety Data Sheets* (SDS).

GHS bukan sebuah regulasi atau sebuah standar. Anggota PBB secara sukarela dapat mengadopsi GHS dan membuat peraturan di negaranya masing-masing. Sampai sekarang sudah ada 65 negara termasuk Indonesia yang menerima GHS. Namun begitu transformasi dari MSDS ke SDS dari begitu banyak bahan kimia membutuhkan waktu peralihan yang cukup lama.

### 6. Mengevaluasi Pemenuhan Persyaratan Ventilasi Dan Tata Udara Dan Peralatan Dan Operasi Instalasi Layanan Bangunan

a. Evaluasi: Evaluasi pemenuhan persyaratan dilakukan menggunakan ketentuan dan standar yang berlaku, yaitu:

- 1) Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 29/PRT/2006 atau edisi terakhir Tentang Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung.
- 2) SNI terkait yang diacu di dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 29/PRT/2006.
- 3) Dalam hal NSPM yang kita miliki masih sangat terbatas, maka dapat digunakan pedoman dari negara maju, misalnya NFPA 101 *Life Safety Code*.

b. Peralatan Dan Operasi Instalasi Layanan Bangunan

Yang dimaksud dengan peralatan dan operasi bangunan lainnya atau sistem bangunan (*building systems*) adalah sistem yang menghubungkan bangunan dengan utilitas dan layanan publik untuk memberikan lingkungan yang nyaman dan fungsional bagi penghuni dan peralatan, diklasifikasikan ke dalam 5 kelompok besar:

1) Produksi energi

Ini adalah sistem yang menghasilkan pemanasan, pendinginan, dan daya listrik untuk bangunan dan mesin. Meliputi ketel uap (*boiler*), pemanas udara, *chiller*, refrigerasi, *cooling tower*, pemanas air domestik, dan generator listrik. Dalam hal NSPM yang kita miliki masih sangat terbatas, maka dapat digunakan pedoman dari negara maju, antara lain standar-standar dari NFPA seperti NFPA 85, *Boiler and Combustion Systems Hazard Code*, dan NFPA 86, *Ovens and Furnaces*, yang memberikan pedoman komprehensif untuk pengendalian pembakaran bahan bakar.

Bahaya kebakarannya dievaluasi sebagai berikut:

a) Sumber panas/energi:

- (1) Proses pembakaran dibatasi di dalam unit, dan bahayanya kecil apabila dikontrol dengan baik.
- (2) Permukaan panas yang tidak diisolasi seperti flens, katup dan juga pemipaan.

b) Sumber bahan bakar:

- (1) Penyimpanan bahan bakar di dalam tangki yang mungkin bocor. Tangki bahan bakar di atas atau di bawah tanah, di luar atau di dalam bangunan.
- (2) Refrigeran harus diperhatikan karena beroperasi dalam tekanan dan dapat mempunyai sifat mudah menyala dan beracun. Meskipun refrigeran yang biasa dipakai bersifat tidak mudah terbakar dan sedikit beracun, ada refrigeran untuk penggunaan khusus yang bersifat mudah terbakar dan beracun, misalnya amonia.

(3) *Cooling tower*: bagian dari *cooling tower* yang terbuat dari kayu atau plastik dapat terbakar akibat bantalan poros motor atau pengawatan yang rusak.

c) **Transportasi panas/energi dan bahan bakar**

**Cerobong asap dari unit pembakaran seperti boiler dan lain sebagainya membuang produk pembakaran keluar bangunan.**

2) **Sistem lingkungan**

Sistem ini menggerakkan udara melalui bangunan untuk memberikan kenyamanan kepada penghuni dan mengendalikan kontaminan di udara. Meliputi peralatan tunggal dan sentral AHU, sistem cerobong udara, sistem ventilasi dan pembuangan udara, dan sistem udara pengganti (make-up air). Dalam hal NSPM yang kita miliki masih sangat terbatas, maka dapat digunakan pedoman dari negara maju, antara lain standar-standar dari NFPA seperti NFPA 90A, Standard for the Installation of Air Conditioning and Ventilating Systems, yang memberikan pedoman komprehensif untuk instalasi sistem tata udara dan ventilasi.

Bahaya kebakarannya dievaluasi sebagai berikut:

a) **Sumber panas/energi:**

- a) Pada umumnya dari coil air panas atau uap
- b) Bantalan poros mesin dan koneksi listrik.

b) **Sumber bahan bakar:**

- (1) Cerobong dan sambungan cerobong udara, penutup dan lapisan cerobong, panel, plenum dan filter udara mengakumulasi bahan mudah terbakar yang dibawa udara seperti debu dan kotoran.
- (2) Debu dan kotoran yang terbawa ini dapat melapisi cerobong dan lain-lain, dan menempel di filter dan menjadi potensi sumber bahan bakar yang dapat menyebarkan api dan asap ke seluruh bangunan apabila tersulut.

c) Transportasi panas/energi dan bahan bakar:

- (1) Barangkali bahaya terbesar dari sistem lingkungan adalah bahwa mereka tersembunyi dari penglihatan, terletak di belakang dinding, di atas langit-langit, di bawah lantai, plenum yang besar dan saf.
- (2) Kebakaran di ruang tersembunyi dapat dengan mudah tumbuh dan bergerak dalam perioda waktu lama tanpa terdeteksi.
- (3) Pemasangan damper kebakaran (*fire damper*) dan damper asap dapat membatasi pergerakan tersebut. Detektor asap di dalam cerobong akan secara otomatis menutup damper kebakaran di cerobong udara pasokan dan udara balik, dan menghentikan semua fan.
- (4) Akan tetapi menyetop semua fan mungkin tidak cukup. Fenomena seperti efek cerobong (*stack effect*), sifat apung asap panas, dan angin mempengaruhi penyebaran asap melalui cerobong udara pasokan dan udara balik, saf, plenum udara, dan bukaan bangunan lainnya. Pada kejadian ini harus ada sistem pengendalian asap aktif untuk mengendalikan pergerakan asap.

3) Layanan dipipakan (*piped services*)

Sistem ini menghubungkan eksternal utilitas mekanikal ke sistem bangunan dan interkoneksi antara produksi energi mekanikal dan layanan sistem lingkungan. Meliputi pembuangan air hujan, pembuangan air bekas dan air kotor, air bersih, gas bahan bakar, gas medik, air panas, air sejuk (*chilled water*), air kondenser, udara bertekanan, glycol dan uap. Dalam hal NSPM yang kita miliki masih sangat terbatas, maka dapat digunakan pedoman dari negara maju, antara lain standar-standar dari NFPA seperti: NFPA 54, *National Fuel Gas Code*, NFPA 58, *Standard for the Storage and Handling of Liquefied Petroleum Gases*, NFPA 31, *Installation of Oil Burning Equipment*, yang memberikan pedoman komprehensif untuk instalasi layanan pemipaan.

Bahaya kebakarannya dievaluasi sebagai berikut:

a) Sumber panas/energi:

- (1) Pemipaan yang membawa uap, air panas, atau gas yang dipanaskan, dapat menghasilkan energi yang cukup untuk mengeringkan elemen struktur bangunan atau bahan didekatnya, sehingga rawan terhadap penyulutan. Pemipaan metalik adalah konduktor yang baik untuk panas dan listrik, sehingga pada waktu terpapar kepada kebakaran eksternal akan merupakan sumber penyulutan konduktif yang baik.
- (2) Kemungkinan penyalaan isi pipa yang mudah terbakar apabila pemipaan metalik tidak dibumikan (*grounded*) dengan benar pada waktu transfer cairan mudah terbakar.

b) Sumber bahan bakar:

Isi:

- (1) Pemipaan yang membawa gas dan cairan yang mudah terbakar harus dirancang pendek dan tidak berbelok-belok untuk keamanan.
- (2) Katup untuk menutup aliran harus dapat diakses dengan mudah dan diberi tanda yang jelas.
- (3) Diagram satu garis yang mengindikasikan letak katup, dan sistem serta daerah yang dikendalikan, harus tersedia setiap waktu.

Konduit:

- (1) Pemipaan dari bahan plastik atau PVC, terutama untuk air bekas dan kotor, dapat menghasilkan produk pembakaran beracun apabila terbakar. Penggunaan dalam jumlah besar (untuk bangunan besar) harus dihindari.
- (2) Pada waktu terjadi kebakaran, pemipaan dari bahan plastik atau PVC yang menembus partisi tahan api akan rusak dan menyebabkan penyebaran api dan asap melalui lubang penembusan. Penggunaan rakitan penahan api (*firestop*) untuk pipa PVC dapat membatasi bahaya ini.

c) Transportasi panas/energi dan bahan bakar:

Kegagalan struktur layanan pemipaan bila terbakar dapat membahayakan penahan api yang ditembusnya. Penggunaan rakitan penahan api (*firestop*)



yang sesuai seperti jenis kimia dan selubung pipa dapat membatasi bahaya ini.

#### 4) Sistem elektrikal/elektronik

Sistem ini menghubungkan eksternal utilitas elektrikal ke sistem bangunan dan mendistribusikan aliran listrik dan komunikasi melalui bangunan. Meliputi panel tegangan tinggi, distribusi listrik, penerangan, telepon, sistem transmisi data, otomatisasi bangunan, dan sistem keamanan. Kita telah memiliki standar nasional yaitu SNI 04-0225-2000 tentang Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000).

Bahaya kebakarannya dievaluasi sebagai berikut:

##### a) Sumber panas/energi:

- (1) Jarak yang aman harus dijaga antara peralatan listrik dengan bahan mudah terbakar.
- (2) Beban listrik harus dijaga agar tidak melebihi beban aman yang diperbolehkan.
- (3) Untuk lokasi berbahaya harus dipasang peralatan listrik yang sesuai peraturan dan standar yang berlaku.

##### b) Sumber bahan bakar:

Isolasi kabel, conduit, dan kabel rak dari plastik atau PVC dapat menghasilkan produk pembakaran beracun apabila terbakar. Gunakan kabel dengan standar SNI, dan conduit dan rak kabel dari metal.

##### c) Transportasi panas/energi dan bahan bakar:

Sama seperti pada layanan yang dipipakan (piped services).

##### d) Kegagalan daya listrik:

Pengaruh kegagalan daya listrik bangunan sangat besar terutama pada sistem proteksi kebakaran bangunan. Peralatan sistem proteksi kebakaran seperti pompa kebakaran, lif kebakaran, fan presurisasi tangga kebakaran, fan pengendalian asap, harus mempunyai pasokan daya darurat dan kabel pasokan daya tahan api.

#### 5) Sistem transportasi dan alat pembawa (*conveyance*)

Layanan ini menyediakan pergerakan orang dan material secara vertikal dan horizontal di dalam bangunan. Meliputi lif, eskalator, konveyor, dan peluncur (*chute*) surat, laundry dan sampah. Dalam kategori ini juga termasuk ruang penutup untuk sistem elektrikal dan mekanikal, yang mempunyai karakteristik sama, yaitu menembus pembatas api untuk "membawa" sistem dari satu bagian ke bagian lain bangunan. Termasuk di antaranya adalah saf vertikal untuk cerobong udara, pipa, konduit, dan juga horizontal seperti cerobong pembuangan dapur yang tidak diperbolehkan menggunakan damper. Dalam hal NSPM yang kita miliki masih sangat terbatas, maka dapat digunakan pedoman dari negara maju, antara lain standar-standar dari NFPA seperti: NFPA 101, *Life Safety Code*, dan ASTM A17.1, yang memberikan pedoman komprehensif untuk operasi lif dan eskalator pada keadaan darurat, serta persyaratan untuk sistem proteksi pasif atau kompartemenisasi.

Bahaya kebakarannya dievaluasi sebagai berikut:

a) Sumber panas/energi:

- (1) Motor dan panel kontrol yang untuk lif biasanya terdapat di ruang mesin lif, dan untuk eskalator di sumur di bawah tangga berjalan
- (2) Detektor asap dapat mendeteksi kebakaran pada tahap awal

b) Sumber bahan bakar:

- (1) Pelumas pada lif dan elevator
- (2) Kotoran yang terakumulasi di dasar sumur lif
- (3) Proteksi sprinkler pada dasar sumur lif

c) Transportasi panas/energi dan bahan bakar:

- (1) Sumur lif dapat menjadi jalan penyebaran api dan asap karena fenomena efek cerobong (*stack effect*), dan sifat apung asap panas
- (2) Demikian juga saf vertikal untuk cerobong udara, pipa, konduit, dan juga horizontal seperti cerobong pembuangan dapur yang tidak diperbolehkan menggunakan damper
- (3) Penggunaan rakitan penahan api (*firestop*) yang sesuai seperti jenis kimia dan selubung pipa dapat membatasi bahaya ini

Bahaya kebakaran dari ke 5 kelompok besar ini termasuk situasi di mana sistem, atau komponen sistem, merepresentasikan potensi bahaya sumber panas/energi, sumber bahan bakar, atau sistem transportasi panas/energi dan bahan bakar.

## 7. Memverifikasi Kesesuaian Sarana Jalan Keluar, Sistem Proteksi Kebakaran Pasif Dan Aktif

### a. Sarana Jalan Keluar

1) Verifikasi: Verifikasi kesesuaian instalasi, komponen, dan persyaratan dilakukan menggunakan standar yang berlaku, yaitu:

a) SNI 03-1746-2000 atau edisi terakhir Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sarana Jalan Keluar Untuk Penyelamatan Terhadap Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Gedung (acuan NFPA 101 Life Safety Code, 1997),

b) SNI 03-6574-2001 atau edisi terakhir Tata Cara Perancangan Pencahayaan Darurat, Tanda Arah dan Sistem Peringatan Bahaya Sarana Bangunan Gedung (acuan NFPA 101 Life Safety Code, 2000).

c) Dalam hal SPM yang kita miliki masih sangat terbatas, dan untuk lebih detail dapat dilihat acuannya yaitu NFPA 101 Life Safety Code.

Satu hal terpenting dalam verifikasi adalah bagaimana menghitung kapasitas jalan keluar, yang dijelaskan dalam Bab ini.

2) Pengertian:

Sarana Jalan Keluar: Sarana jalan keluar atau "*Means of Egress*" adalah jalur perjalanan kontinyu dari setiap titik di dalam bangunan atau struktur ke sebuah jalan umum yang ada di udara terbuka di luar bangunan pada muka tanah. Sarana jalan keluar terdiri dari 3 bagian yang terpisah dan berbeda yaitu eksit akses, eksit, dan eksit keluar

a) eksit akses

Eksit akses: adalah bagian dari sarana jalan keluar yang menuju ke pintu masuk sebuah eksit. Eksit akses dapat berupa sebuah koridor, gang, balkon, kamar, serambi, atau atap. Panjang sebuah eksit akses menentukan jarak tempuh ke sebuah eksit, sebuah segi yang sangat penting dari sarana jalan keluar, karena penghuni mungkin terekspos kepada api dan asap selama

waktu yang dibutuhkan untuk mencapai sebuah eksit. Jarak tempuh harus diukur dari titik terjauh di dalam sebuah kamar atau daerah lantai ke sebuah eksit. Sebuah jalan buntu adalah perpanjangan dari sebuah koridor melewati sebuah eksit atau sebuah eksit akses yang membentuk kantung di dalam mana penghuni dapat terjebak.

b) Eksit

Eksit: adalah bagian dari sarana jalan keluar yang terpisah dari daerah lain dalam bangunan dari mana penghuni keluar dalam keadaan darurat, oleh dinding, lantai, pintu, atau cara proteksi lain yang memberikan jalur terlindung yang diperlukan bagi penghuni untuk keluar bangunan dengan selamat. Eksit dapat berupa pintu yang langsung menuju keluar, atau tangga terlindung/tangga kebakaran, dan gang/lorong terlindung.

c) eksit pelepasan

Eksit pelepasan: adalah bagian dari sarana jalan keluar antara terminasi sebuah eksit dan jalan umum. Idealnya semua eksit bangunan harus melepas langsung atau melalui gang terlindung keluar bangunan.

d) Luas kotor lantai: adalah luas lantai di dalam perimeter dalam dinding luar bangunan tanpa pengurangan untuk gang/koridor, tangga, kloset/toilet, ketebalan dinding dalam, kolom, atau lainnya.

e) Luas bersih/neto lantai: adalah luas lantai di dalam perimeter dalam dinding luar bangunan, atau dinding luar dan dinding api bangunan dengan pengurangan untuk gang/koridor, tangga, kloset/toilet, ketebalan dinding dalam, kolom, atau lainnya.

f) Kapasitas eksit: adalah kapasitas setiap komponen eksit seperti pintu, tangga, ram, koridor dan sebagainya. Kapasitas eksit ini dihitung menggunakan sebuah faktor kapasitas pada Tabel 2.3 Faktor Kapasitas, yang diberikan dalam mm/orang dan berubah dengan jenis huniannya.

g) Beban hunian: adalah jumlah orang pada setiap saat yang diharapkan ada di dalam bangunan atau di dalam daerah di dalam bangunan untuk mana harus disediakan eksit. Ditentukan oleh jumlah sebenarnya yang diantisipasi tetapi

tidak boleh kurang dari angka yang didapat dari pembagian luas kotor bangunan atau luas neto dari bagian bangunan dengan luas yang diproyeksikan untuk setiap orang atau faktor beban hunian. Faktor beban hunian ini ada pada Tabel 2.3 Faktor Beban Hunian. Kapasitas eksit dan beban hunian selanjutnya digunakan untuk menghitung lebar eksit yang dipersyaratkan atau untuk menjamin bahwa jumlah total kapasitas eksit adalah sama atau melebihi jumlah total beban hunian.

Tabel 2.3  
Faktor beban hunian

No	Hunian	m <sup>2</sup> per orang <sup>*)</sup>
1.	<b>Pertemuan</b>	
	Terkonsentrasi, tanpa tempat duduk tetap	0,65 neto
	Kurang terkonsentrasi, tanpa tempat duduk tetap	1,4 neto
	Tempat duduk jenis bangku	1 orang/455mm linier
	Tempat duduk tetap kursi	Jumlah kursi
	Ruang tunggu/lobi	0,28
	Dapur	9,3
	Perpustakaan rak buku	9,3
	Perpustakaan ruang baca	4,6 neto
	Kolam renang	4,6 (luas permukaan air)
	Dek kolam renang	2,8
	Ruang latihan/fitness dengan peralatan	4,6
	Ruang latihan tanpa peralatan	1,4
	Panggung	1,4 neto
	Peragaan, galeri	9,3 neto
	Kasino dan tempat judi lainnya	1
	Gelanggang es ( <i>skating rink</i> )	4,6
2.	<b>Pendidikan</b>	
	Ruang kelas	1,9 neto
	Bengkel kerja kejuruan, laboratorium	4,6 neto
3.	<b>Layanan Kesehatan</b>	
	Bagian layanan pasien	22,3
	Bagian ruang tidur	11,1
	Layanan kesehatan rawat jalan	9,3
4.	<b>Penjara/Lembaga Pemasyarakatan</b>	11,1
5.	<b>Rumah Tinggal</b>	
	Hotel dan asrama	18,6
	Bangunan apartemen	18,6
	Rumah jompo, besar	18,6
6.	<b>Industri</b>	
	Industri umum dan bahaya tinggi	9,3

No	Hunian	m <sup>2</sup> per orang <sup>*)</sup>
	Industri khusus	NA
7.	<b>Bisnis/Perkantoran</b>	9,3
8.	<b>Pergudangan</b>	
	Di hunian perdagangan	27,9
	Di hunian lain selain pergudangan dan perdagangan	46,5
9.	<b>Perdagangan</b>	
	Ruang penjualan di lantai dasar	2,8
	Ruang penjualan di lantai di bawah lantai dasar	2,8
	Ruang penjualan di lantai di atas lantai dasar	5,6
	Lantai atau bagiannya digunakan	Lihat bisnis/perkantoran

Sumber: NFPA 101 Life Safety Code, 2006 Ed.

\*) Semua faktor untuk luas kotor kecuali ditandai "neto".

Tabel 2.3  
Faktor beban hunian

Daerah	Tangga (lebar per orang) mm	Komponen datar dan ram (lebar per orang) mm
Rumah jompo	10	5
Layanan kesehatan, bersprinkler	7,6	5
Layanan kesehatan, tidak bersprinkler	15	13
Berisi bahaya tinggi	18	10
Semua lainnya	7,6	5

Sumber: NFPA 101 Life Safety Code, 2006 Ed.

### 3) Menghitung kapasitas jalan keluar:

Contoh 1: Hunian perkantoran dengan luas kotor lantai 1000 m<sup>2</sup>, lebar bebas pintu eksit yang menuju ke tangga 910 mm, lebar bebas tangga kebakaran 1140 mm. Dari Tabel 2.4 pintu eksit dihitung mempunyai kapasitas  $910:5 = 182$  orang, dan tangga kebakaran mempunyai kapasitas  $1140:7,6 = 150$  orang. Kapasitas jalan keluar didasarkan kepada komponen eksit yang paling tidak efisien, dalam contoh ini adalah tangga kebakaran, dengan demikian kapasitas jalan keluar pada kasus ini adalah 150 orang. Dari Tabel 2.4 beban hunian lantai adalah  $1000:9,3 = 107$  orang, sehingga persyaratan bahwa total kapasitas jalan keluar harus sama atau melebihi total beban hunian dipenuhi.

Contoh 2: Hunian perdagangan ruang penjualan di lantai dasar luas 1500 m<sup>2</sup>, mempunyai 2 pintu eksit yang menuju ke jalan umum dengan lebar bebas masing-masing 910 mm. Dari Tabel 2.3 beban hunian lantai adalah 1500:2,8 = 536 orang. Dari Tabel 2.4 pintu eksit dihitung mempunyai kapasitas 2x 910:5 = 364 orang, sehingga tidak memenuhi persyaratan bahwa total kapasitas jalan keluar harus sama atau melebihi total beban hunian. Untuk memenuhi persyaratan harus tersedia pintu dengan lebar bebas minimum 536x5 = 2680 mm. Dua pintu keluar yang letaknya berjauhan satu sama lain dengan masing-masing mempunyai lebar bebas 2x910 mm dan 1x910 mm memenuhi persyaratan minimum ini.

4) Inspeksi, uji coba dan pemeliharaan: Inspeksi/pemeriksaan, pengujian dan pemeliharaan berkala harus dilakukan

b. Sistem proteksi kebakaran pasif

1) Verifikasi: Verifikasi kesesuaian instalasi, komponen, dan persyaratan dilakukan menggunakan standar yang berlaku, yaitu:

a) SNI 03-1736-2000 Tata Cara Perencanaan Sistem Proteksi Pasif Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Rumah dan Gedung (acuan *Building Code of Australia, 1996*),

b) Untuk lebih detil dapat dibaca NFPA 101 *Life Safety Code*.

2) Pengertian

a) Proteksi kebakaran pasif: adalah konstruksi atau rakitan yang mempunyai sifat menahan api atau asap yang dimaksudkan untuk:

(1) Mengurung atau membatasi pergerakan api dan atau asap ke daerah spesifik di dalam sebuah bangunan

(2) Mengendalikan penjalaran api dan asap di dalam bangunan

(3) meminimalkan bahaya atau memperlambat kegagalan dan distorsi komponen struktur bangunan

(4) dan menyediakan jalan keluar yang aman

Proteksi kebakaran pasif tidak memerlukan suatu intervensi baik manual atau otomatis dari operasi normal bangunan (beberapa sistem seperti *fire damper* dan pintu mungkin memerlukan aktivasi detektor asap dan lain-lain).

Bila digunakan dalam perencanaan keselamatan kebakaran sebuah bangunan, produk konstruksi atau rakitan ini pada umumnya memberikan stabilitas struktur atau bertindak sebagai elemen pemisah kebakaran (atau kompartemenisasi). Pada kedua kasus produk memberikan waktu yang dibutuhkan untuk sistem proteksi aktif kebakaran beroperasi, penghuni evakuasi keluar bangunan, dan petugas pemadam kebakaran memadamkan kebakaran. Proteksi kebakaran pasif tidak mencegah terjadinya kebakaran tetapi digunakan untuk membatasi besarnya kebakaran.

Proteksi kebakaran pasif meliputi:

- (1) Penghalang api fleksibel (*Cavity barriers*) Sistem/rakitan langit-langit
- (2) Dinding kompartemen
- (3) Dinding dan partisi tahan api
- (4) Rakitan pintu tahan api (pintu dan perlengkapan seperti daun pintu, rangka, engsel, pengunci, dan penutup pintu otomatis)
- (5) Tangga kebakaran
- (6) Lantai
- (7) Damper kebakaran (*Fire damper*) jenis mekanikal atau *intumescent* di dalam cerobong udara horisontal dan vertikal
- (8) Cerobong udara tahan api
- (9) Lapisan (*glazing*) tahan api
- (10) Tirai api (jenis gulung atau lipat) Penutup celah linier (*Linear gap seals*)
- (11) Penutup penetrasi (*Penetration seals*) untuk pipa, kabel dan layanan lain yang menembus lantai dan dinding
- (12) Proteksi rangka struktur bangunan, misalnya rangka baja
- (13) Membran atau partisi horisontal
- (14) Selubung bangunan seperti dinding luar dan *curtain wall*



b) Ketahanan api: adalah tingkat ketahanan api (disingkat KTA) yang diukur dalam satuan menit, yang ditentukan berdasarkan standar uji ketahanan api untuk kriteria sebagai berikut:

- (1) Ketahanan memikul beban (kelayakan struktur)
- (2) Ketahanan terhadap penjararan api (integritas)
- (3) Ketahanan terhadap penjararan panas (isolasi)
- (4) Yang dinyatakan berturutan

Catatan: Notasi (-) berarti tidak dipersyaratkan, contoh: 60/-/-

Jika hanya ada satu angka dalam satuan waktu (misal 1 jam = 60 menit) yang diberikan dan tidak disebutkan untuk kriteria apa, maka KTA-nya adalah 60/60/60. Biasanya dalam spesifikasi bahan atau sistem proteksi pasif diberikan kriteria untuk integritas dan atau isolasi. KTA ini berlaku untuk bahan atau rakitan proteksi pasif.

c) Integritas: KTA bahan atau rakitan proteksi pasif sangat tergantung kepada cara pemasangannya. Pemasangan bahan atau rakitan proteksi pasif yang salah atau tidak mengikuti petunjuk pemasangan akan secara drastis mengurangi kriteria KTA atau bahkan mengakibatkan kegagalan maksud penggunaannya. Karena itu petunjuk pemasangan harus diikuti dengan benar dan teliti.

### 3) Inspeksi dan pemeliharaan

KTA bahan atau rakitan proteksi pasif sangat tergantung kepada cara pemasangannya. Banyak proteksi pasif yang terdapat di lokasi yang tersembunyi (misal di atas langit-langit dan di dalam saf), atau di lokasi yang jarang diakses (misal di ruang mesin). Semua lokasi dan setiap titik yang lemah harus diperiksa, dan diperbaiki untuk menghindari bahaya.

#### a) Bukaannya vertikal:

Bukaan yang tidak diproteksi di lantai dan langit-langit, disebut bukaan vertikal, dapat menyebarkan kebakaran dari satu lantai ke lantai lain. Bukaan vertikal meliputi:

- (1) Penetrasi lantai/langit-langit

(2) Tangga, saf dan cerobong luncur *chute*)

(3) Eskalator

b) Penetrasi lantai/langit-langit: Lubang yang tidak diproteksi terjadi oleh penetrasi kabel, conduit dan pipa melalui rakitan lantai/langit-langit. Sering penetrasi ini tersembunyi dari penglihatan terletak dalam kloset/gudang atau di atas langit-langit. Bukaan ini harus diproteksi oleh penutup penetrasi (*penetration seals*) dengan jenis yang disetujui dan sesuai untuk penggunaannya.

c) Tangga, saf dan cerobong luncur (*chute*): Bukaan vertikal tertentu tidak mungkin ditutup karena fungsinya. Contoh termasuk tangga kebakaran, sumur lif, saf utilitas, dan cerobong luncur untuk sampah, cucian, atau bungkusan. Bukaan semacam ini harus dilindungi oleh konstruksi tahan api. Bukaan yang menembus lantai di saf utilitas harus berupa konstruksi tahan api. Bukaan di dinding saf utilitas harus diproteksi oleh pintu akses tahan api. Penetrasi di dinding saf utilitas harus diproteksi oleh penutup penetrasi (*penetration seals*) dengan jenis yang disetujui dan sesuai untuk penggunaannya. Bukaan di dinding tangga kebakaran dan sumur lif harus diproteksi oleh rakitan pintu tahan api yang dilengkapi dengan penutup otomatis (*self closure devices*). Biasanya penghuni mengganjal pintu tangga kebakaran untuk kemudahan. Hal ini tentu saja menghilangkan fungsi dari pintu tahan api, dan harus segera dikoreksi.

d) Eskalator: Lubang yang dibuat di lantai/langit-langit untuk mengakomodasi eskalator memberikan problem proteksi yang unik karena tidak praktis untuk melindunginya dengan konstruksi tahan api seperti tangga. Akan tetapi ada beberapa bentuk alternatif proteksi sebagai berikut:

(1) Proteksi oleh sprinkler (lihat NFPA 13, *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*)

(2) Kombinasi sistem detektor asap/panas, sistem pembuangan asap otomatis, dan sistem tirai air otomatis

(3) Proteksi parsial konstruksi tahan api dengan konfigurasi kios yang dilengkapi dengan pintu yang menutup sendiri (*self closure devices*)

Perhatikan bahwa setiap bukaan eskalator tidak diperbolehkan untuk menghubungkan lebih dari 3 (tiga) lantai. Ada bangunan lama yang seluruh lantainya dihubungkan oleh satu bukaan eskalator yang berturutan. Bila terjadi kebakaran hal ini akan menimbulkan bahaya besar karena dalam waktu singkat api dan asap akan menyebar ke seluruh bangunan.

e) Bukaan horisontal:

Bukaan yang tidak diproteksi di dinding pemisah dan partisi, disebut bukaan horisontal, dapat menyebarkan kebakaran dalam bidang datar pada lantai mula kebakaran (*floor of fire origin*). Khususnya koridor harus diproteksi, tidak hanya karena merupakan jalur horisontal bagi penyebaran api, asap dan gas beracun, tetapi juga karena merupakan bagian dari sarana jalan keluar (eksit akses) yang harus dilalui penghuni untuk menyelamatkan diri. Bukaan vertikal meliputi:

- (1) Rakitan pintu tahan api
- (2) Tirai kebakaran
- (3) Kaca tahan api
- (4) Penetrasi dinding dan partisi

f) Rakitan pintu tahan api: Cara yang paling banyak digunakan untuk proteksi bukaan pada dinding adalah rakitan pintu tahan api. Konstruksi dan KTA rakitan pintu tahan api bermacam-macam tergantung fungsinya. Rakitan pintu tahan api untuk tangga kebakaran dengan proteksi 2 jam harus terbuat dari besi dengan KTA 2 jam, sedangkan rakitan pintu tahan api kamar ke koridor mungkin terbuat dari kayu dengan KTA  $\frac{3}{4}$  jam. Semua pintu harus dilengkapi dengan alat penutup otomatis (*self closure devices*). Pastikan bahwa semua pintu tidak terhalang atau diblokir sehingga alat penutup otomatis tidak dapat bekerja. Pintu yang biasanya dibuka pada jam kerja harus ditutup di luar jam kerja.

g) Tirai kebakaran: Tirai kebakaran biasa digunakan untuk proteksi bukaan eksterior bangunan. Tirai harus dilengkapi untuk secara otomatis menutup bila terjadi kebakaran.

h) Kaca tahan api: Kaca tahan api khusus (*tempered glass*) atau berkawat (*wired glass*) biasa digunakan sebagai kaca observasi pada dinding penahan api dan pintu tangga kebakaran. Kalau kaca ini pecah atau rusak harus diganti dengan kaca tahan api yang sama bukan dengan kaca biasa.

i) Penetrasi dinding dan partisi: Lubang yang tidak diproteksi terjadi oleh penetrasi kabel, conduit dan pipa melalui dinding dan partisi. Sering penetrasi ini tersembunyi dari penglihatan terletak dalam ruang mesin atau di atas langit-langit. Bukaan ini harus diproteksi oleh penutup penetrasi (*penetration seals*) dengan jenis yang disetujui dan sesuai untuk penggunaannya.

#### c. Sistem proteksi kebakaran aktif

Sistem proteksi kebakaran pasif saja tidak cukup untuk proteksi kebakaran bangunan, harus ada sistem proteksi kebakaran aktif untuk mendeteksi dan memadamkan kebakaran yang telah terjadi. Harus ada keseimbangan antara sistem proteksi pasif dan sistem proteksi aktif untuk memberikan perlindungan terhadap kebakaran dan menyediakan jalur evakuasi yang aman bagi penghuni. Standar proteksi kebakaran aktif yang digunakan dapat dilihat di Daftar Pustaka.

Sistem proteksi kebakaran aktif adalah sistem mekanikal atau elektrikal yang memerlukan intervensi manual atau secara otomatis untuk mendeteksi dan memadamkan atau mengendalikan kebakaran atau asap. Sistem proteksi aktif meliputi:

##### 1) Sistem deteksi dan alarm kebakaran dan komunikasi suara darurat

a) Verifikasi: Verifikasi kesesuaian instalasi, komponen, dan persyaratan dilakukan menggunakan standar yang berlaku, yaitu:

(1) SNI 03-3985-2000 Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Deteksi dan Alarm Kebakaran Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada

Bangunan Rumah dan Gedung (acuan NFPA 72E, *Standard on Automatic Fire Detector*, 1987).

(2) Untuk lebih detil dapat dilihat acuannya yaitu NFPA 72, National Fire Alarm Code.

b) Sistem deteksi dan alarm: adalah sebuah sistem proteksi kebakaran aktif yang mendeteksi kebakaran atau efek kebakaran, dan karena itu menyediakan satu atau lebih dari berikut: notifikasi penghuni dan orang di sekeliling daerah yang terbakar, memanggil instansi pemadam kebakaran, dan mengendalikan semua komponen alarm di dalam sebuah bangunan. Sistem deteksi dan alarm dapat termasuk peralatan inisiasi alarm, peralatan notifikasi alarm, unit pengendalian, peralatan keselamatan kebakaran, annunciator, sumber daya dan pengawatan.

Sistem deteksi dan alarm tersedia dalam berbagai macam tingkat. Tingkat yang paling dasar adalah sistem lokal manual. Sistem ini terutama digunakan untuk notifikasi penghuni untuk evakuasi dalam keadaan darurat. Sistem memerlukan aktivasi manual dari seseorang di dalam fasilitas, biasanya melalui sebuah titik panggil manual atau TPM. Setelah diaktivasi secara manual sistem akan membunyikan atau menyalakan satu atau lebih alarm suara dan visuil seperti bel, sirene, dan lampu bahaya (*strobe lamp*), yang menyiagakan penghuni untuk evakuasi.

Tingkat selanjutnya adalah sistem deteksi dan alarm otomatis. Sistem ini menggunakan peralatan detektor otomatis seperti detektor panas, detektor asap, detektor nyala api, atau detektor kombinasi, yang akan mendeteksi kebakaran dan memulai alarm. Sistem ini dapat pula dipasang sebagai sistem lokal yang otomatis, di mana alarm dibunyikan tanpa memerlukan aktivasi manual penghuni. Peralatan detektor dapat juga diasosiasikan ke sistem proteksi kebakaran lain melalui sirkuit interlok dan antarmuka (*interface*) untuk memulai pemadaman, memberhentikan operasi, menutup atau membuka pintu kebakaran, memberikan sinyal alarm, dan lain sebagainya.

Tingkat selanjutnya adalah sistem stasion sentral deteksi dan alarm yang mengkombinasikan elemen dari sistem-sistem terdahulu dan memberikan notifikasi ke sebuah lokasi pusat di dalam bangunan. Pengaturan ini digunakan apabila lokasi pusat tersebut selalu dijaga sepanjang waktu, dan indikasi alarm akan dikirimkan ke lokasi tersebut. Penjaga selanjutnya dapat memberitahukan instansi pemadam kebakaran, mengaktifasikan prosedur keadaan darurat, dan lain sebagainya. Jenis sistem ini seringkali dilengkapi dengan panel kontrol dan panel annunciator yang menunjukkan secara spesifik dari mana dalam bangunan alarm berasal.

- c) Sistem komunikasi suara darurat: adalah bagian dari sistem deteksi dan alarm kebakaran yang menggunakan alat penguat suara dan speaker yang handal untuk memberitahukan penghuni sehubungan dengan sebuah kebakaran atau peristiwa darurat lainnya. Sistem komunikasi suara darurat digunakan pada fasilitas yang besar dan luas di mana evakuasi tidak terkontrol dipandang tidak praktis atau tidak diinginkan. Sinyal suara dari speaker digunakan untuk mengarahkan respon penghuni dalam keadaan darurat kebakaran atau darurat lainnya. Sistem mungkin dikontrol dari satu atau lebih lokasi di dalam bangunan, atau dari lokasi tunggal yang disebut pusat pengendali kebakaran. Speaker diaktifasikan secara manual atau otomatis oleh sistem deteksi dan alarm, dan setelah nada pra-siaga, kelompok speaker yang dipilih dapat menyiarkan satu atau lebih pengumuman yang telah direkam mengarahkan penghuni ke tempat yang aman. Personil terlatih dapat mengaktifkan dan berbicara melalui mikropon yang terdedikasi untuk menginterupsi pesan rekaman pengumuman dan memberikan instruksi suara langsung kepada penghuni.

Secara tradisional di Indonesia juga banyak digunakan sistem telepon petugas pemadam (firemen's telephone) yang biasanya ditempatkan pada kotak hidran bangunan. Sistem ini adalah di luar dari sistem komunikasi suara dan digunakan sebagai alat komunikasi antara petugas pemadam kebakaran dan pusat pengendali kebakaran dalam rangka pemadaman kebakaran untuk

antisipasi tidak sempurnanya kinerja alat komunikasi radio di dalam kompartemen bangunan.

- d) Inspeksi, uji coba dan pemeliharaan: Operasi yang benar dari suatu sistem alarm kebakaran terpasang diperlukan untuk mendeteksi situasi berbahaya secara dini, memberitahukan penghuni untuk memudahkan evakuasi tepat pada waktunya, memulai respon dinas/regu pemadam kebakaran, dan pada beberapa kasus mengoperasikan sistem pemadam otomatis. Operasi yang handal dari setiap sistem alarm kebakaran terpasang terkait secara langsung dengan inspeksi, tes dan pemeliharaan sistem tersebut.

Tanggung jawab sistem alarm kebakaran terletak pada pemilik/pengelola bangunan, tetapi secara khas tanggung jawab terbagi antara pemilik/pengelola, penghuni, staf sendiri dan kontraktor luar. Sebagai akibatnya, personil dengan berbagai macam keahlian, pada beberapa tingkat, dan dengan prioritas yang berbeda terlibat dalam pemeliharaan dari sistem ini. Pada banyak kasus, suatu program pemeliharaan sistem alarm kebakaran yang efektif dapat diselesaikan melalui penggunaan maksimal dari sumber daya sendiri yang berkualifikasi, sementara itu mengandalkan kepada kontraktor luar yang ahli untuk aktivitas diluar kemampuan sumber daya sendiri tersebut. Inspeksi/pemeriksaan, pengujian dan pemeliharaan berkala harus dilakukan

## 2) Alat pemadam api ringan (APAR)

APAR adalah alat pemadam api tangan atau portabel yang digunakan di bangunan oleh penghuni untuk secara manual memadamkan kebakaran tahap awal atau kebakaran kecil.

- a) Verifikasi: Verifikasi kesesuaian instalasi, komponen, dan persyaratan dilakukan menggunakan standar yang berlaku, yaitu:

(1) SNI 03-3987-1995 Tata Cara Perencanaan Dan Pemasangan Alat Pemadam Api Ringan Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Rumah Dan Gedung (acuan NFPA 10, *Standard for Portable Fire Extinguishers*).

(2) Untuk lebih detil dapat dilihat acuannya yaitu NFPA 10, *Standard for Portable Fire Extinguishers*.

b) Seleksi: Ukuran dan jumlah APAR didasarkan kepada jumlah bahan mudah terbakar Kelas A, jumlah bahan mudah menyala Kelas B, atau kombinasi dari keduanya. Bahan pemadam juga harus kompatibel dengan arus listrik dari peralatan elektrikal. Standar tersebut di atas memberikan kriteria klasifikasi kelas kebakaran, dan klasifikasi bahaya kebakaran dalam konteks APAR sebagai berikut:

(1) Kelas kebakaran

(a) Kebakaran kelas A: adalah kebakaran material mudah terbakar biasa seperti kayu, kain, kertas, karet, dan sebagian plastik. Kebakaran kelas B: adalah kebakaran cairan mudah menyala, mudah terbakar, pelumas, aspal, minyak, cat berbasis minyak, pelarut, alkohol, pernis, dan gas mudah menyala.

(b) Kebakaran kelas C: adalah kebakaran yang melibatkan peralatan listrik yang sedang beraliran listrik.

(c) Kebakaran kelas D: adalah kebakaran metal mudah terbakar seperti magnesium, titanium, zirkonium, sodium, lithium, dan potasium.

(d) Kebakaran kelas K: adalah kebakaran pada peralatan masak yang melibatkan minyak masak mudah terbakar (minyak dan lemak tumbuhan atau binatang).

(2) Klasifikasi bahaya kebakaran:

(a) Bahaya hunian ringan (rendah): adalah hunian atau lokasi di mana terdapat material mudah terbakar kelas A, termasuk furnitur, dekorasi, dan isi, dengan jumlah total sedikit. Dapat termasuk bangunan atau ruangan yang digunakan sebagai perkantoran, pendidika, ibadah, pertemuan, kamar tidur perhotelan, dan lain sebagainya.

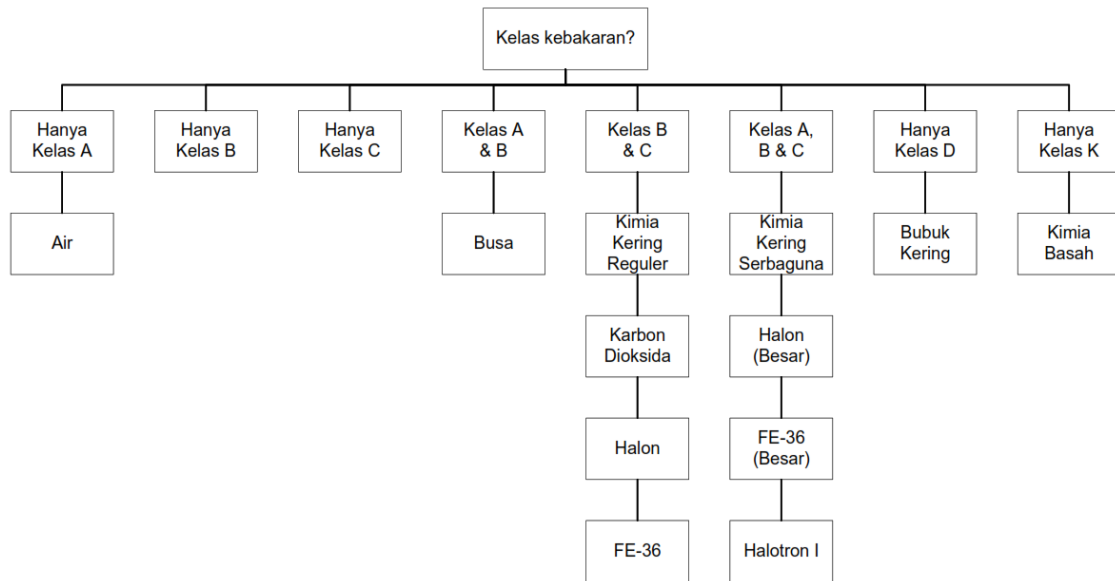
(b) Bahaya hunian biasa (sedang): adalah hunian atau lokasi di mana terdapat material mudah terbakar kelas A dan material mudah menyala kelas B, dengan jumlah total lebih banyak dari yang



diharapkan terdapat di bahaya hunian ringan. Dapat termasuk bangunan atau ruangan yang digunakan sebagai restoran, toko perdagangan dan gudang terkait, manufaktur ringan, ruang pameran, ruang parkir, dan pergudangan berisi barang tertentu.

(c) Bahaya hunian ekstra (tinggi): adalah hunian atau lokasi di mana terdapat material mudah terbakar kelas A dan material mudah menyala kelas B di dalam penyimpanan, produksi, penggunaan, produk akhir, atau kombinasinya, dengan jumlah total lebih banyak dan di atas dari yang diharapkan terdapat di bahaya hunian biasa. Dapat termasuk bangunan atau ruangan yang digunakan sebagai bengkel perkayuan, bengkel kendaraan, pesawat terbang dan kapal, daerah masak/dapur, dan penyimpanan dan proses manufaktur seperti pengecatan, pencelupan, pelapisan termasuk penanganan cairan mudah menyala. Juga termasuk pergudangan berisi barang tertentu.

Pertimbangan pertama dalam seleksi APAR adalah bahwa APAR harus sesuai dengan kelas kebakaran yang diharapkan di daerah yang akan diproteksi. Proses identifikasi jenis umum APAR yang sesuai dengan berbagai macam kombinasi kelas kebakaran digambarkan dalam Gambar 2.6. Sedangkan kelas kebakaran terutama digunakan untuk menentukan besar dan distribusi APAR.



Gambar 2.6  
Jenis APAR sesuai kelas kebakaran

c) Pelatihan personil dalam menggunakan APAR: Semua personil harus dilatih dalam penggunaan APAR. Mereka yang telah dilatih praktek pemadaman dengan APAR dapat memadamkan 2 sampai 2 ½ kali lebih besar kebakaran dari pengguna yang tidak terlatih. Keselamatan juga bertambah, karena menggunakan APAR tanpa pelatihan lebih dulu dapat mengarahkan pengguna ke cara yang tidak aman dengan risiko luka atau kematian.

Beberapa menit pertama terjadinya kebakaran adalah waktu yang kritis. Sebagian besar kebakaran dapat dipadamkan atau dikendalikan apabila tindakan penanggulangan segera dilakukan sementara api masih kecil. Latihan penggunaan APAR menjadikan karyawan atau penghuni dapat mengambil tindakan penanggulangan yang benar pada awal tahap pertumbuhan kebakaran di mana dapat mencegah kerugian yang jauh lebih besar.

Bila karyawan/penghuni diperbolehkan untuk menggunakan APAR di tempat kerja, maka pelatihan harus diberikan. Idealnya, pelatihan diberikan setiap tahun meliputi instruksi dalam kelas dan praktek penggunaan. Untuk mereduksi biaya pelatihan biasanya pelatihan hanya diberikan kepada

sebagian penghuni yang termasuk kelompok anggota Tim Penanggulangan Kebakaran atau TPK, seperti regu sekuriti dan regu pemadam lantai. Apabila terdapat jenis APAR berbeda, maka karyawan/penghuni harus menerima pelatihan dan praktek dengan setiap jenis. Pelatihan harus meliputi informasi dari jenis APAR dan lokasinya, prinsip penggunaan, keterbatasan APAR, tindakan pengamanan selama penggunaan, dan prosedur darurat kebakaran.

Inspeksi dan pemeliharaan: Inspeksi/pemeriksaan, pengujian hidrostatis dan pemeliharaan berkala harus dilakukan.

### 3) Sistem pipa tegak dan slang atau hidran kebakaran

Sistem pipa tegak adalah suatu sistem pemipaan beserta perlengkapannya yang terpasang tetap yang menyediakan cara membawa air dari suatu sumber air ke tempat-tempat tertentu didalam bangunan dimana slang dapat digelar untuk pemadaman kebakaran. Sistem tipikal seperti ini disediakan di bangunan tinggi atau bangunan dengan luas yang besar.

Dengan menghilangkan kebutuhan untuk menggelar slang yang panjang dan tidak praktis dari mobil pemadam ke tempat api, sistem pipa tegak dapat meningkatkan secara berarti efisiensi dari operasi pemadaman kebakaran. Di bangunan yang telah di proteksi dengan sistem springkler otomatis sekalipun, sistem pipa tegak memainkan peran yang pokok sebagai penyokong (*backup*) untuk, dan sebagai pelengkap pada, sistem springkler.

a) Verifikasi: Verifikasi kesesuaian instalasi, komponen, dan persyaratan dilakukan menggunakan standar yang berlaku, yaitu:

(1) SNI 03-1745-2000 Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Pipa Tegak dan Slang Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Rumah dan Gedung (acuan NFPA 14, *Standard for the Installation of Standpipe and Hose System, 1996*).

(2) Untuk lebih detil dapat dilihat acuannya yaitu NFPA 14, *Standard for the Installation of Standpipe and Hose System*.

(3) Bila pasokan air menggunakan pompa kebakaran, maka standar yang berlaku adalah SNI 03-6570-2001 Instalasi Pompa Yang Dipasang Tetap Untuk Proteksi Kebakaran (acuan NFPA 20, *Standard for the Installation of Stationery Pumps for Fire Protection, 1999 Edition*). Untuk lebih detail dapat dilihat acuannya yaitu NFPA 20, *Standard for the Installation of Stationery Pumps for Fire Protection*.

b) Jenis sistem

Jenis sistem yang biasa digunakan di Indonesia adalah:

(1) Sistem basah-otomatik: adalah sistem pipa tegak basah yang mempunyai pasokan air mampu memasok kebutuhan sistem secara otomatis. Pasokan air biasanya adalah pompa kebakaran, atau reservoir atas yang mempunyai *head* dan volume air yang cukup untuk kebutuhan sistem.

(2) Sistem kering-manual: adalah sistem pipa tegak kering yang tidak mempunyai pasokan air permanen yang menyatu dengan sistem. Sistem pipa tegak kering manual membutuhkan air dari pompa pemadam kebakaran (atau sejenisnya) untuk dipompakan kedalam sistem melalui sambungan pemadam kebakaran untuk memasok kebutuhan sistem.

c) Klasifikasi sistem: Klasifikasi sistem pipa tegak berdasarkan sambungannya adalah sebagai berikut:

(1) Kelas I: Sistem harus menyediakan sambungan slang ukuran 65 mm (2½ inci) untuk pasokan air yang digunakan oleh petugas pemadam kebakaran dan mereka yang terlatih.

(2) Kelas II: Sistem harus menyediakan kotak slang ukuran 40 mm (1½ inci) untuk memasok air yang digunakan terutama oleh penghuni bangunan atau oleh petugas pemadam kebakaran selama tindakan awal. Slang dengan ukuran minimum 25 mm (1 inci) diizinkan digunakan untuk kotak slang pada tingkat kebakaran ringan dengan persetujuan dari instansi yang berwenang.

(3) Kelas III: Adalah kombinasi dari sistem kelas I dan kelas II. Sistem harus menyediakan kotak slang ukuran 40 mm (1½ inci) untuk memasok air

yang digunakan oleh penghuni bangunan dan sambungan slang ukuran 65 mm (2½ inci) untuk pasokan air yang digunakan oleh petugas pemadam kebakaran. Sistem kelas I dan III boleh dikombinasikan dengan sistem springkler.

Berikut adalah ikhtisar sistem pipa tegak dan slang:

Tabel 2.5  
Ikhtisar Sistem Pipa Tegak dan Slang

Kelas	Penggunaan	Diameter slang dan distribusi	Diameter minimum Pipa*	Pasokan minimum Air
Kelas I	Semburan besar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Katup slang 2 ½ in. (semua bagian dari lantai bangunan dalam jangkauan 45,7 m dari pintu eksit); (kecuali bangunan diproteksi oleh sprinkler, dalam jangkauan 61 m dari pintu eksit)</li> <li>Katup slang 2 ½ in. dalam bordes tangga kebakaran</li> </ul>	4 in. s/d 30,5 m dan 500 gpm	500 gpm pipa tegak pertama
	Dinas Kebakaran		5 in. s/d 30,5 m dan 750 gpm	250 gpm setiap tambahan** (maksimum 1250 gpm)
	Personil terlatih		6 in. diatas 30,5 m dan 500 s/d 1250 gpm	45 menit lamanya
	Kebakaran tingkat lanjut		8 inci untuk 1250 gpm keatas	6,9 bar/100 psi pada outlet 2 ½ in. terjauh
Kelas II	Semburan kecil	<ul style="list-style-type: none"> <li>Katup slang 2 ½ in. (semua bagian dari lantai bangunan dalam jangkauan 45,7 m dari pintu eksit); (kecuali bangunan diproteksi oleh sprinkler, dalam jangkauan 61 m dari pintu eksit)</li> <li>Katup slang 2 ½ in. dalam bordes tangga kebakaran</li> </ul>	2 in. s/d 15,2 m.	100 gpm per bangunan
	Penghuni bangunan		2 ½ in. 15,2 s/d 30,5 m	45 menit lamanya
	Kebakaran tingkat awal		3 in. diatas 30,5 m.	4,5 bar/65 psi pada outlet 1½ in. terjauh
Kelas III	Semua dari diatas	Sama seperti Kelas I dengan tambahan seperti Kelas II	Sama seperti Kelas I	Sama seperti Kelas I

\* Untuk metoda perancangan skedul pipa, total jarak pemipaan dari outlet terjauh

\*\* Bila luas lantai lebih dari 7432 m<sup>2</sup>, maka pipa tegak terjauh berikutnya harus 500 gpm

d) Inspeksi, pengujian dan pemeliharaan: Inspeksi/pemeriksaan, pengujian dan pemeliharaan berkala harus dilakukan.

#### 4) Sistem sprinkler otomatis

Sistem sprinkler otomatis adalah suatu sistem terpadu dari pemipaan, dimana dihubungkan springkler atau nozel yang secara otomatis akan bekerja menggunakan penginderaan dari panas dan produk pembakaran lainnya yang diproduksi oleh suatu api kebakaran.

Termasuk dalam instalasinya adalah penyediaan air bertekanan, distribusi pemipaan untuk memasok air ke kepala sprinkler, dan perlengkapan tambahan lain seperti katup kontrol dan peralatan alarm dan supervisi, dan kepala sprinkler yang dihubungkan dalam pola tertentu.

Sistem sprinkler otomatis pada saat ini merupakan satu sistem proteksi kebakaran yang sudah teruji dan paling efektif, dengan efektivitas hampir 100%. Manfaat keselamatan jiwa dari sprinkler adalah sungguh efektif karena aktivasi dari sprinkler akan membunyikan suatu alarm tanda bahaya kepada penghuni dan pada saat yang sama memancarkan air ke lokasi yang terbakar. Lebih penting lagi, pancaran air akan mengurangi besar api kebakaran, menguasai kebakaran, dan mengurangi ancaman bahaya kepada penghuni.

a) Verifikasi: Verifikasi kesesuaian instalasi, komponen, dan persyaratan dilakukan menggunakan standar yang berlaku, yaitu:

(1) SNI 03-3989-2000 Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Springkler Otomatis Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Gedung (acuan *Rules for Automatic Sprinkler Installation, 1974, FOC (Fire Officers Committee)* dan NFPA 13, *Installation of Sprinkler Systems, 1994 Ed.*).

(2) Untuk lebih detil dapat dilihat acuannya yaitu NFPA 13, *Installation of Sprinkler Systems, 2002 Ed.*

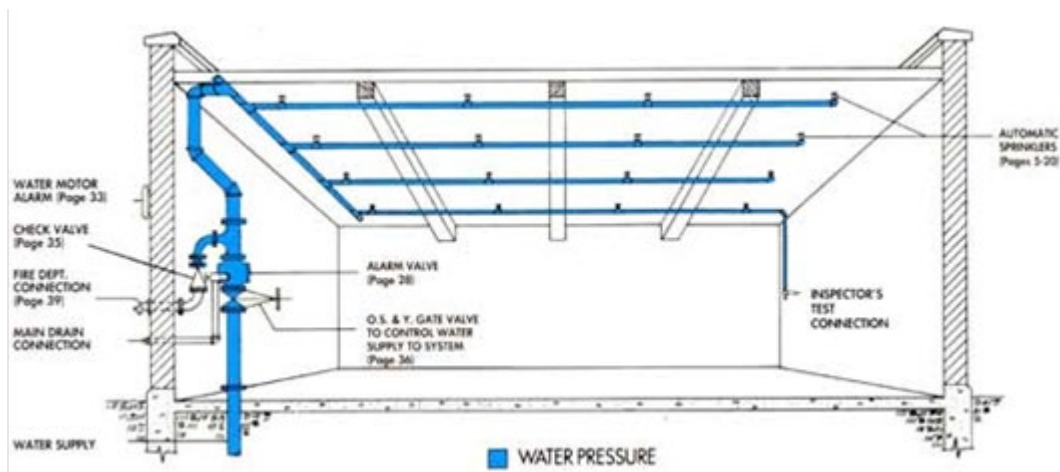
(3) Bila pasokan air menggunakan pompa kebakaran, maka standar yang berlaku adalah SNI 03-6570-2001 Instalasi Pompa Yang Dipasang Tetap Untuk Proteksi Kebakaran (acuan NFPA 20, *Standard for the Installation of Stationery Pumps for Fire Protection, 1999 Edition*). Untuk lebih detil

dapat dilihat acuannya yaitu NFPA 20, *Standard for the Installation of Stationery Pumps for Fire Protection*.

b) Jenis, terdapat 4 (empat) jenis dasar dari sistem springkler yaitu:

(1) Sistem Pipa Basah (*Wet pipe system*)

Sistem ini memakai sprinkler otomatis disambung ke suatu sistem pemipaan berisi air yang selalu bertekanan, yang terkoneksi ke suatu pasokan air sehingga bila terjadi kebakaran, sprinkler terbuka karena panas api kebakaran dan air segera terpancarkan. Sistem ini adalah yang paling biasa, paling mudah dirancang, dan paling mudah dirawat. Sistem ini selalu terisi air bertekanan dan memakai sprinkler keadaan tertutup. Begitu terjadi kebakaran dan menghasilkan cukup panas untuk mengoperasikan satu atau lebih sprinkler, air akan segera terpancar dari sembarang sprinkler yang terbuka. Sistem sprinkler pipa basah disarankan menjadi pilihan pertama bagi perencana, dan dipasang bila suhu tempat yang akan diproteksi

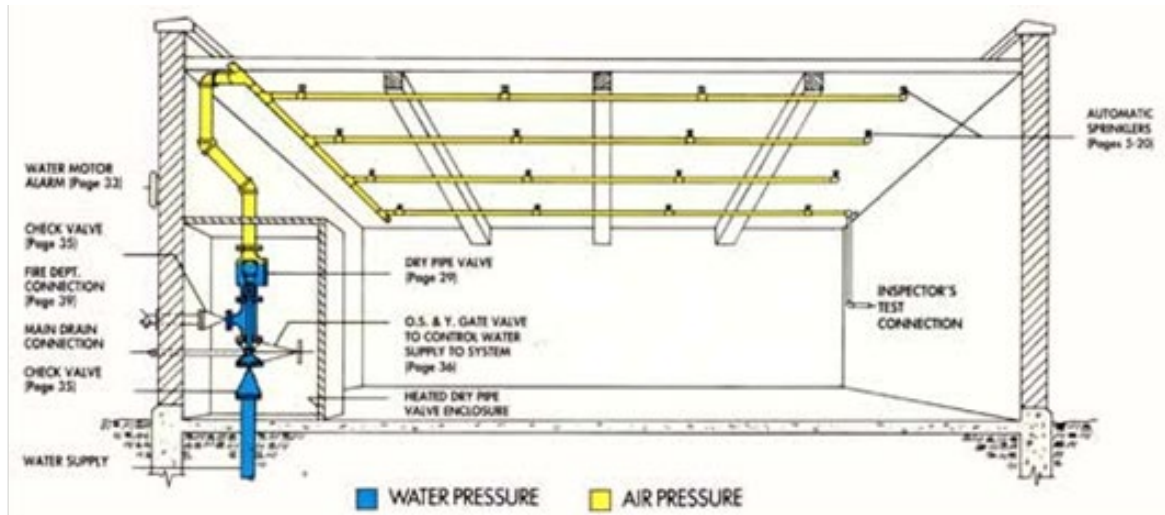


Gambar 2.7  
Sistem Pipa Basah (*Wet pipe system*)

(2) Sistem Pipa Kering (*Dry pipe system*)

Sistem ini memakai sprinkler otomatis disambung ke suatu sistem pemipaan kering terisi udara atau gas nitrogen bertekanan. Bila sebuah sprinkler terbuka karena panas kebakaran, tekanan akan turun sampai

pada suatu titik di mana tekanan air pada sisi pasokan suatu katup pasokan air yang disebut *katup pipa kering (dry pipe valve)* akan membuka katup tersebut. Air lalu mengalir ke dalam pemipaan dan memancar dari setiap sprinkler yang terbuka karena panas api kebakaran.



Gambar 2.8  
Sistem Pipa Kering (*Dry pipe system*)

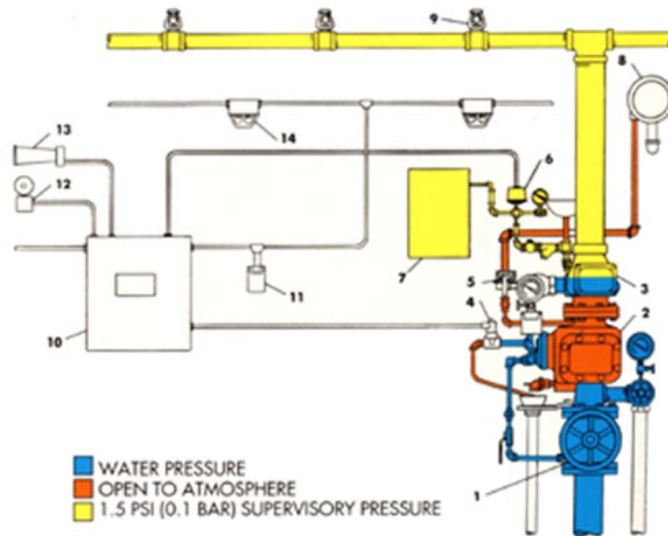
Sistem ini lebih rumit, memerlukan suatu pasokan udara/gas yang handal, dan menyangkut pembatasan perencanaan khusus seperti volume dari pipa yang dapat diatasi oleh sebuah katup pipa kering, dan batasan lainnya berkenaan dengan luas area operasi. Sistem pipa kering ini dijumpai di daerah iklim dingin suhu dibawah 4 C (40 F), dan di gudang kamar dingin (*cold storage warehouse*).

### (3) Sistem Pra-aksi (*Preaction system*)

Sistem ini memakai sprinkler otomatis disambung ke suatu sistem pemipaan kering terisi udara atau gas nitrogen yang bertekanan 0,10 bar (1,5 psi), dengan tambahan suatu sistem deteksi yang dipasang di area yang sama dengan area sprinkler. Aktivasi dari sistem deteksi tersebut akan membuka suatu katup pasokan air yang disebut *katup pra-aksi (preaction valve)* yang membolehkan air mengalir kedalam sistem pemipaan dan dipancarkan hanya dari sprinkler yang terbuka karena panas api kebakaran.



1. O.S. & Y. Gate Valve (page 36)
2. Model A-4 Multimatic Valve with Basic Trim (page 32)
3. Model F520/F5201 Check Valve (page 35)
4. Solenoid Valve and Electric Actuation Trim (page 31)
5. Pressure Alarm Switch
6. 1.5 psi (0.10 bar) low Pressure Alarm Switch (page 33)
7. 1.5 psi (0.10 bar) Supervisory Pressure Control (page 34)
8. Model F630 Water Motor Alarm (page 33)
9. Automatic Sprinklers (page 5 through 20)
10. Deluge Releasing Panel
11. Electric Manual Control Stations
12. Fire Alarm Bell
13. Trouble Horn
14. Heat Detectors



Gambar 2.9  
Sistem Pra-aksi (*Preaction system*)

Pada pokoknya, sistem pra-aksi tampak seperti sebuah sistem pipa basah begitu katup pra-aksi membuka. Udara dalam jumlah sedikit, yang dipertahankan didalam pipa, digunakan untuk monitor integritas dari pipa. Bila terjadi suatu kebocoran di pipa, tekanan udara akan turun dan suatu alarm akan memberikan peringatan bahwa terjadi penurunan tekanan udara dalam pipa. Katup pra-aksi tetap pada kondisi normal sampai sistem deteksi di aktivasi.

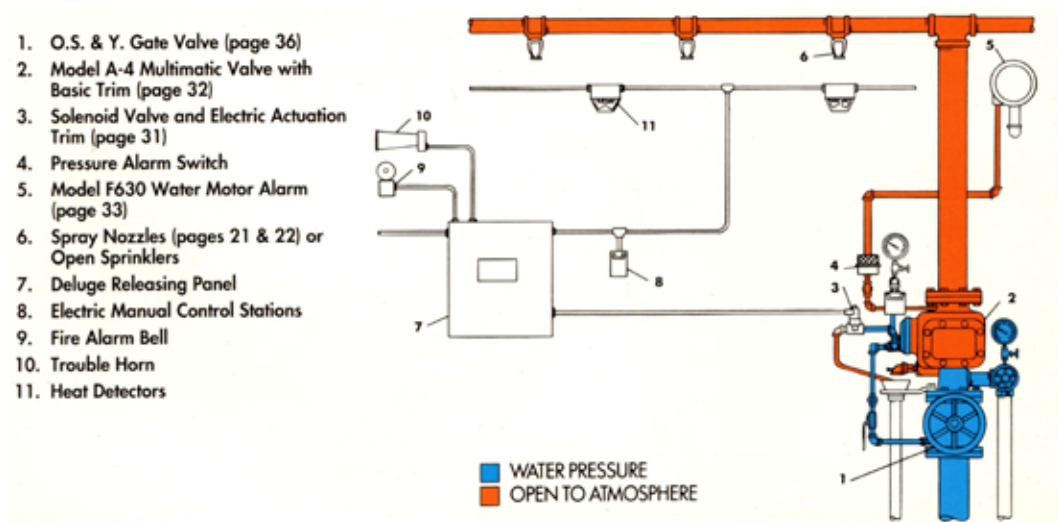
Satu jenis dari sistem pra-aksi adalah yang disebut sistem *double-interlock preaction*. Sistem ini mempunyai karakteristik seperti yang dijelaskan diatas untuk sistem pra-aksi dan karakteristik dari suatu sistem pipa kering. Untuk membolehkan air masuk kedalam sistem jenis ini, sistem deteksi harus beroperasi *dan* api kebakaran harus menimbulkan panas yang cukup menyebabkan satu atau lebih springkler beroperasi, dengan demikian menyebabkan kehilangan tekanan.

Sistem pra-aksi khas ditemui di lingkungan yang ditempati peralatan komputer atau peralatan komunikasi, museum, dan fasilitas lain dimana semburan air yang tidak hati-hati menjadi keprihatinan besar kepada pengguna. Sistem dobel pra-aksi biasa ditemui di fasilitas tempat

pembekuan (*deep freeze*), dimana operasi katup yang tidak sengaja akan berakibat kebekuan dari pipa dalam beberapa menit.

#### (4) Sistem Banjir (*Deluge system*)

Sistem ini memakai sprinkler terbuka/nozel dipasang ke suatu sistem pemipaan yang terkoneksi dengan suatu pasokan air, melalui suatu katup pasokan air yang disebut katup banjir (*deluge valve*), yang dibuka oleh operasi dari suatu sistem deteksi yang dipasang di area yang sama dengan area sprinkler. Begitu katup ini terbuka, air mengalir kedalam pemipaan dan terpancar dari semua sprinkler yang terpasang, dengan demikian membanjiri ruangan.



Gambar 2.10  
Sistem Banjir (*Deluge system*)

Kebakaran yang membesar dan meluas dengan cepat sangat efektif diproteksi dengan sistem ini. Sistem banjir, seperti namanya menyatakan, dimaksudkan untuk memberi air dalam jumlah besar ke suatu area yang luas dalam waktu yang relatif singkat. Sprinkler yang dipakai di sistem banjir adalah sprinkler yang telah dicopot elemen aktivasinya. Sprinkler terbuka ini dipasang dengan cara yang sama seperti sprinkler tipe lain.

Sifat dari sistem ini membuat sistem ini cocok untuk fasilitas yang berisi cairan yang mudah menyala dan mudah terbakar. Sistem ini juga dipakai untuk situasi dimana kerusakan akibat panas dapat terjadi dalam waktu yang relatif singkat. Sistem banjir dipersyaratkan untuk sebagian besar tipe hanggar pesawat terbang.

- c) Klasifikasi bahaya hunian: Klasifikasi bahaya hunian adalah dasar yang terpenting dalam merancang sistem springkler otomatis yang memadai untuk melindungi gedung dan isinya dari bahaya kebakaran. Ukuran pipa, jarak kepala springkler, densitas pancaran air, dan kebutuhan air berbeda-beda sesuai dengan jenis huniannya, agar perlindungan yang ada sesuai dengan bahaya kebakaran dan menghindari biaya yang tidak perlu.

Klasifikasi sistem hunian ini hanya berhubungan dengan instalasi sistem springkler dan pasokan airnya, dan tidak dimaksudkan sebagai klasifikasi bahaya kebakaran hunian umum. Berdasarkan jumlah barang yang dapat terbakar dan atau sifat mudah terbakarnya barang tersebut maka jenis hunian diklasifikasikan atas:

- (1) Hunian Dengan Bahaya Kebakaran Ringan (*Light Hazard Occupancies*)

Hunian atau bagian dari hunian lain dimana beban bahan mudah terbakar dan/atau sifat mudah terbakar tergolong rendah, serta kebakaran dengan nilai pelepasan panas rendah

- (2) Hunian Dengan Bahaya Kebakaran Sedang (*Ordinary Hazard Occupancies*)

Kelas ini terbagi atas 2 kelompok/*group* karena memerlukan pasokan air yang berbeda:

- (a) Bahaya Kebakaran Sedang Kelompok 1 (*Ordinary Hazard Group 1*)

Hunian atau bagian dari hunian lain dimana sifat mudah terbakar tergolong rendah, jumlah bahan mudah terbakar sedang, tumpukan barang mudah terbakar tidak melebihi tinggi 2,4 meter, serta kebakaran dengan nilai pelepasan panas sedang.

(b) Bahaya Kebakaran Sedang Kelompok 2 (*Ordinary Hazard Group 2*)

Hunian atau bagian dari hunian lain dimana jumlah bahan mudah terbakar dan sifat mudah terbakar adalah dari sedang sampai tinggi, tumpukan barang mudah terbakar tidak melebihi tinggi 2,4 meter, serta kebakaran dengan nilai pelepasan panas sedang sampai tinggi.

(3) Hunian Dengan Bahaya Kebakaran Besar (*Extra Hazard Occupancies*).

Hunian atau bagian dari hunian lain dimana jumlah bahan mudah terbakar dan sifat mudah terbakar tergolong besar, dan terdapat zat cair, debu, serat kain tirus (*lintel*) dan material lain yang mudah menyala dan mudah terbakar, yang memberikan kemungkinan terjadinya kebakaran dengan api yang cepat membesar dan nilai pelepasan panas yang tinggi.

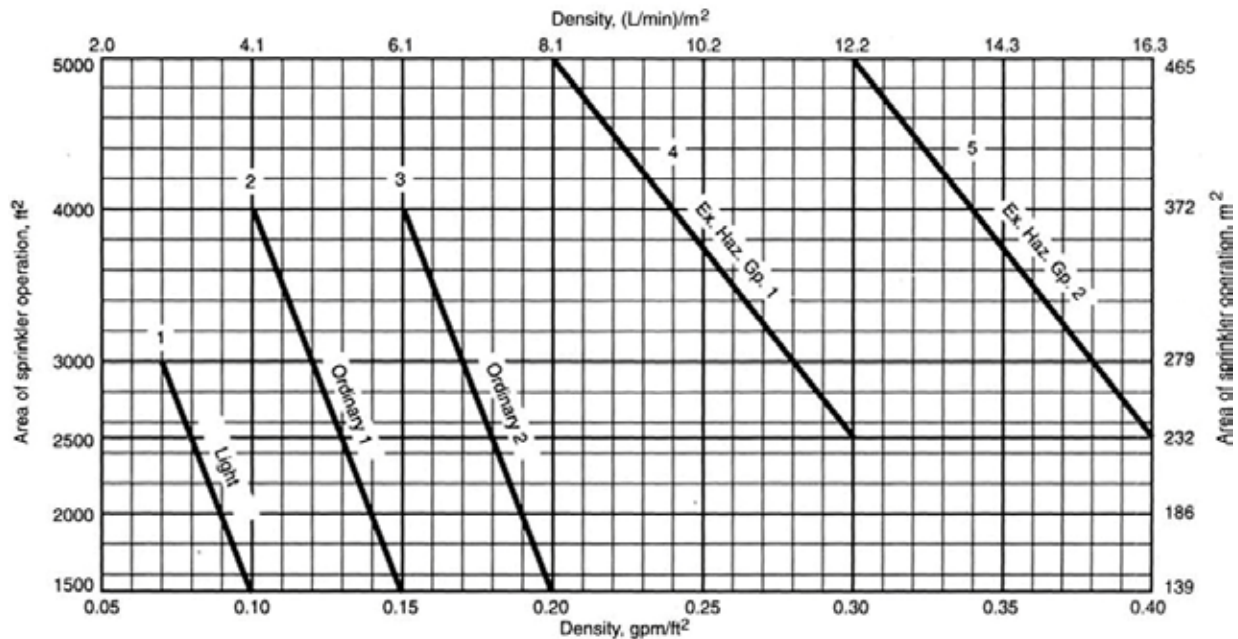
Kelas ini terbagi atas 2 kelompok/*group* karena memerlukan pasokan air yang berbeda:

(a) Bahaya Kebakaran Besar Kelompok 1 (*Extra Hazard Group 1*).

Termasuk hunian seperti tersebut diatas dengan tanpa atau sedikit zat cair yang mudah menyala dan mudah terbakar.

(b) Bahaya Kebakaran Besar Kelompok 2 (*Extra Hazard Group 2*)

Termasuk hunian seperti tersebut diatas dengan terdapat menengah sampai besar zat cair yang mudah menyala dan mudah terbakar, atau dimana pancaran springkler mungkin terhalang oleh kondisi hunian (bukan kondisi struktural).



Gambar 2.11  
Kurva area/densitas

#### (4) Hunian Bahaya Khusus

Beberapa kondisi memerlukan lebih dari proteksi sprinkler biasa agar supaya memberikan pengendalian dan pemadaman kebakaran yang dapat diandalkan. Pengalaman menunjukkan bahwa hunian seperti penyimpanan/ gudang yang melibatkan tumpukan tinggi bahan stok dan cairan yang mudah terbakar, serat dan debu yang mudah terbakar, bahan mudah terbakar dalam jumlah yang besar dan bahan kimia dan peledak dapat membolehkan penjalaran api yang cepat dan sering menyebabkan terbukanya banyak sekali springkler dengan akibat yang parah. Proteksi springkler otomatis yang menyeluruh dengan pasokan air yang kuat biasanya akan membatasi bahaya ini, asal bahaya berat ini diketahui dan sistem springkler dirancang sesuai bahaya tersebut.

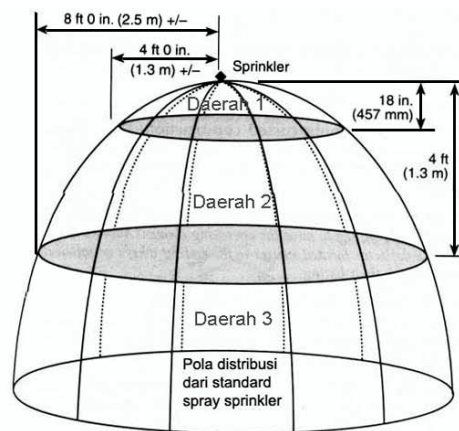
#### d) Lokasi kepala sprinkler

##### (1) Distribusi pancaran air

Masalah obstruksi yang mempengaruhi pola pancaran sprinkler merupakan masalah yang tidak mudah. Kombinasi yang banyak dari segi

arsitektur, komponen penerangan dan dakting, elemen struktur, tumpukan tinggi barang dan sistem bangunan terkait menimbulkan kesempatan untuk mengganggu dan mengurangi kinerja sistem proteksi kebakaran untuk mengendalikan atau memadamkan kebakaran. Pola distribusi air yang dipancarkan oleh kepala sprinkler yang telah terbuka/teraktivasi (berbentuk setengah bola) adalah sudah tertentu, dan densitas atau laju aliran air per luas minimum dirancang sesuai dengan klasifikasi bahaya (*hazard*) huniannya. Pada prinsipnya, semua air ini harus mengenai lantai atau benda yang terbakar. Kalau tidak, densitas akan berkurang, akibatnya sistem sprinkler otomatis kemungkinan besar tidak mampu mengendalikan apalagi memadamkan kebakaran.

Edisi terakhir dari NFPA 13 telah memberikan pedoman persyaratan dan pengaturan khusus untuk obstruksi. Tiga jenis daerah pengaruh yang ditimbulkan oleh obstruksi telah dikembangkan (lihat gambar 2.12).



Gambar 2.12

Obstruksi telah dikembangkan

- (a) Daerah 1: Ruangannya diperlukan untuk membolehkan pola pancaran berkembang membentuk pola distribusi yang efektif. Sebagai patokan, setiap benda (elemen struktur, lampu, pipa, cerobong udara atau benda lain) yang berukuran lebih besar dari 12mm dan terletak dalam jarak 46cm dari langit-langit berpotensi merusak efektivitas dari pola distribusi.

(b) Daerah 2: Adalah titik dimana pola pancaran telah berkembang mencapai diameter penuh-nya (untuk standar sprinkler jenis *pendent* dan *upright* kira-kira 4,88m). Ada persyaratan tertentu untuk obstruksi yang terletak di daerah ini. Rincian persyaratan dapat dilihat di NFPA 13.

(c) Daerah 3: Adalah daerah di luar batas 1,3m dimana terdapat setiap obstruksi yang mencegah pancaran air mencapai kebakaran. Pada kasus ini, pengaruh perisai yang terbentuk oleh obstruksi dipandang cukup berat sehingga diperlukan sprinkler tambahan untuk dipasang dibawah obstruksi. Pengecualian bila obstruksi terjadi pada dinding.

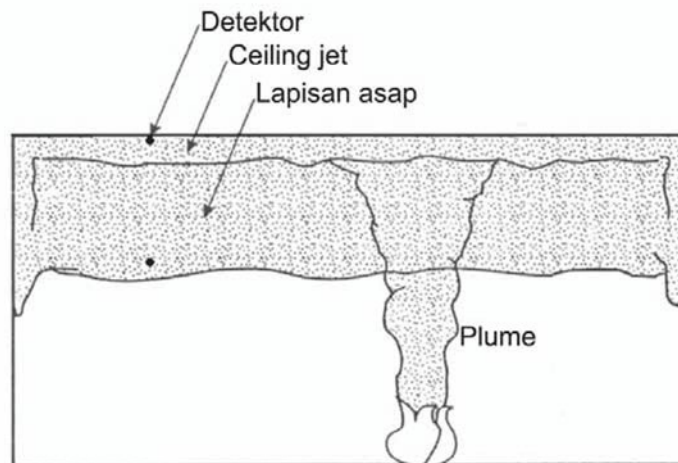
Pada umumnya, semua tiga daerah harus diwaspadai untuk semua jenis kepala sprinkler, tetapi pengaturannya akan berbeda tergantung dari jenis kepala sprinkler yang digunakan. Perlu diingat bahwa jenis kepala sprinkler tertentu lebih sensitif terhadap obstruksi (mempunyai toleransi kecil atau sama sekali tidak mempunyai toleransi) seperti jenis *Large Drop* dan *ESFR*.

## (2) Lokasi terhadap langit-langit

Jarak antara springkler dan langit-langit atau atap adalah penting. Lebih dekat letaknya lebih cepat aktivasinya. Akan tetapi, kecuali untuk langit-langit atau atap yang datar, letak yang terlalu dekat ke langit-langit atau atap akan cenderung berakibat dalam halangan yang serius kepada pancaran air springkler oleh elemen struktural bangunan.

Sensitivitas: Kepala sprinkler sebenarnya adalah sebuah detektor panas, dimana elemen sensitif panas-nya yang biasanya adalah sebuah tabung gelas, akan pecah bila terekspos ke panas, dengan demikian akan membuka lubang kepala sprinkler dan air akan terpancar keluar. Peristiwa ini disebut aktivasi kepala sprinkler. Pada peristiwa kebakaran, seperti ditunjukkan pada sketsa gambar di bawah gas panas di dalam *plume* kebakaran naik langsung di atas bahan bakar dan membentur langit-langit. Permukaan langit-langit menyebabkan aliran membelok dan

bergerak secara horizontal di bawah langit-langit ke arah luar menjauhi posisi kebakaran. Respon dari detektor (detektor panas, asap atau sprinkler) yang dipasang di bawah langit-langit dan terbenam di dalam aliran panas yang dihasilkan oleh sebuah kebakaran, memberikan dasar dari proteksi kebakaran bangunan (gambar 2.13)



Gambar 2.12

Memberikan dasar dari proteksi kebakaran bangunan

Banyak pengamatan telah dibuat untuk mengukur temperatur dan kecepatan gas di bagian paling panas dari aliran yang dihasilkan oleh kebakaran mantap (*steady fire*) di bawah langit-langit datar, horizontal dan tidak dibatasi. Aliran cepat gas di lapisan dangkal di bawah permukaan langit-langit yang digerakkan oleh daya apung produk hasil kebakaran ini disebut arus langit-langit atau *ceiling jet*.

Sebagai patokan, ketebalan dari arus langit-langit (*ceiling jet*) adalah 5 – 12 persen dari ketinggian langit-langit ke sumber kebakaran. Di dalam arus langit-langit (*ceiling jet*) ini, temperatur dan kecepatan maksimum terjadi di dalam 1 persen dari jarak langit-langit ke sumber kebakaran.

Seringkali dijumpai detektor kebakaran atau kepala sprinkler dipasang pada posisi dimana jaraknya ke langit-langit adalah di luar dari daerah ini, dan karena itu mengalami temperatur dan kecepatan gas yang lebih rendah. Pada kasus ini, waktu respon atau waktu aktivasi akan bertambah secara drastis.



Ini sebabnya ada standar ketentuan batasan jarak ke langit-langit. Tanpa adanya kontrol ini, suatu keterlambatan waktu aktivasi yang signifikan akan terjadi. Untuk jenis kepala sprinkler standar *pendent* dan *upright* di bawah langit-langit rata, batasan jarak antara deflektor sprinkler ke langit-langit adalah 2,5 cm dan 30,5 cm.

e) Inspeksi dan pemeliharaan: Inspeksi/pemeriksaan, pengujian dan pemeliharaan berkala harus dilakukan.

#### 5) Sistem pemadam kebakaran terpasang tetap lainnya

Sistem pemadam kebakaran terpasang tetap lainnya yang biasa digunakan di bangunan gedung adalah sistem kimia kering, sistem karbon dioksida dan sistem halon, atau sekarang diganti dengan halon alternatif karena pemakaian halon di dunia dan di Indonesia sudah tidak diperbolehkan lagi kecuali untuk pengguna esensial (*essential users*).

##### a) Sistem kimia kering

Sistem kimia kering adalah sistem aplikasi lokal yang menggunakan bahan pemadam bubuk kimia untuk bahaya cairan mudah terbakar tertentu seperti tangki celup (*dip tank*) dan alat masak komersial. Sistem ini diaktifasikan oleh detektor panas yang mengoperasikan sistem dan melepaskan bubuk kimia kering melalui nozel. Sekarang lebih banyak digunakan sistem kimia basah pada dapur komersial karena lebih menguntungkan dipandang dari segi operasinya (lebih efektif memadamkan kebakaran di alat masak) dan dari segi dampaknya (lebih mudah dibersihkan).

Verifikasi: Karena belum ada standar nasional, verifikasi kesesuaian instalasi, komponen, dan persyaratan disarankan menggunakan standar NFPA 17, *Dry Chemical Extinguishing Systems*, dan NFPA 17A, *Wet Chemical Extinguishing Systems*.

Inspeksi dan pemeliharaan: Inspeksi/pemeriksaan, pengujian dan pemeliharaan berkala harus dilakukan seperti dijelaskan dalam standar tersebut di atas.

#### b) Sistem karbon dioksida

Sistem karbon dioksida tersedia dalam dua jenis utama: sistem aplikasi lokal dan sistem luapan total. Dan juga tersedia dalam dua jenis pasokan: bertekanan tinggi dan bertekanan rendah. Sistem bertekanan rendah mempunyai tekanan sampai dengan 2069 kPa (300 psi), didinginkan sampai temperatur  $-17,9^{\circ}\text{C}$  ( $0^{\circ}\text{F}$ ), dan diisi sampai ke 90-95% densitas pengisian. Sistem bertekanan tinggi mempunyai tekanan sampai dengan 5863 kPa (850 psi), dan dijaga pada temperatur ambien normal  $21^{\circ}\text{C}$  ( $70^{\circ}\text{F}$ ), dan diisi sampai ke 60-68% densitas pengisian. Sistem karbon dioksida dipakai pada peralatan yang menggunakan cairan mudah menyala dan terbakar yang akan rusak bila memakai sistem bubuk kimia, seperti mesin cetak, atau panel dan lain sebagainya. Sistem ini diaktifasikan oleh detektor panas atau detektor nyala yang mengoperasikan sistem dan melepaskan karbon dioksida melalui nozel. Untuk memperingati personil di ruangan agar evakuasi, sistem dilengkapi dengan alarm pra-aktivasi.

Verifikasi: Karena belum ada standar nasional, verifikasi kesesuaian penyimpanan, instalasi, komponen, dan persyaratan disarankan menggunakan standar NFPA 12, *Carbon Dioxide Extinguishing Systems*

Inspeksi dan pemeliharaan: Inspeksi/pemeriksaan, pengujian dan pemeliharaan berkala harus dilakukan seperti dijelaskan dalam standar tersebut di atas.

#### c) Sistem halon dan halon alternatif

Sistem halon: adalah sistem pemadaman kebakaran menggunakan gas yang biasa digunakan untuk proteksi *data center*/ruang komputer atau pusat komunikasi, dan biasanya dirancang sebagai sistem luapan total. Sistem luapan total adalah sistem yang melepaskan gas ke seluruh daerah atau ruangan yang diproteksi. Gas disimpan dalam tabung bentuk silinder atau bola dan dilepaskan melalui nozel. Sistem ini biasanya diaktifasikan oleh detektor asap 2-zona atau *cross zone*, dimana sebuah detektor dalam setiap zona harus megindra asap sebelum mengaktifasikan sistem halon.

Pengaturan ini mengurangi risiko aktivasi karena alarm semu. Di ruang komputer, detektor asap juga dipasang di bawah *raised floor* ruangan. Halon adalah sebuah media pemadam yang efektif dengan keuntungan tidak meninggalkan residu sehingga cocok untuk peralatan yang sensitif seperti peralatan elektronik.

Akan tetapi karena peraturan lingkungan halon tidak diproduksi dan diperdagangkan lagi, sehingga harus diganti dengan sistem yang menggunakan bahan atau gas halon alternatif.

Halon alternatif: Untuk mengganti halon sampai sekarang sudah ada beberapa alternatif substitusi seperti Inergen, FM200 dan lain- lain. Dari segi praktis, hampir tidak ada perbedaan dalam komponen dasarnya dibandingkan dengan halon.

Verifikasi: Karena belum ada standar nasional, verifikasi kesesuaian penyimpanan, instalasi, komponen, dan persyaratan disarankan menggunakan standar NFPA 12A, *Halon 1301 Fire Extinguishing Systems* NFPA 2001, *Clean Agent Fire Extinguishing Systems*

Inspeksi dan pemeliharaan: Inspeksi/pemeriksaan, pengujian dan pemeliharaan berkala harus dilakukan seperti dijelaskan dalam standar tersebut di atas.

#### 6) Sistem pengendalian asap

Standar ini ditujukan untuk keselamatan jiwa dan perlindungan harta benda terhadap bahaya kebakaran. Standar ini digunakan untuk perancangan, instalasi, pengujian, pengoperasian dan pemeliharaan dari sistem pengolahan udara mekanik baru atau perbaikan yang juga digunakan sebagai sistem pengendalian asap. Dalam zona yang besar seperti pada atrium dan mal, dibahas pada standar lain.

Standar ini menetapkan kriteria minimal untuk perancangan sistem pengendalian asap, sehingga memungkinkan penghuni menyelamatkan diri dengan aman dari dalam bangunan, atau bila dikehendaki ke dalam daerah aman di dalam bangunan. Tujuan dari standar ini adalah sebagai pedoman

dalam menerapkan sistem yang menggunakan perbedaan tekanan dan aliran udara untuk menyempurnakan satu atau lebih hal berikut:

- a) Menghalangi asap yang masuk ke dalam sumur tangga, sarana jalan keluar, daerah tempat berlindung, saf lif, atau daerah yang serupa
- b) Menjaga lingkungan yang masih dapat dipertahankan dalam daerah tempat berlindung dan sarana jalan keluar selama waktu yang dibutuhkan untuk evakuasi.
- c) Menghalangi perpindahan asap dari zona asap.
- d) Menyediakan kondisi di luar zona kebakaran yang memungkinkan petugas mengambil tindakan darurat untuk melakukan operasi penyelamatan dan untuk melokalisir dan mengendalikan kebakaran.
- e) Menambah proteksi jiwa dan untuk mengurangi kerugian harta milik.

Sistem pengendalian asap di dalam mal, atrium dan ruangan bervolume besar: Standar ini menyediakan metodologi untuk memperkirakan lokasi asap di dalam ruangan bervolume besar, yang disebabkan oleh kebakaran dalam ruangan tersebut atau dalam suatu ruangan yang bersebelahan.

Metodologi ini meliputi dasar teknik untuk membantu perancangan, pemasangan, pengujian, pengoperasian dan pemeliharaan dari sistem manajemen asap yang baru atau pembaharuan (retrofit) yang dipasang dalam bangunan yang mempunyai ruangan yang bervolume besar untuk manajemen asap di dalam ruangan yang terjadi kebakaran atau antara ruangan yang tidak dipisahkan oleh penghalang asap.

Bangunan yang termasuk di dalam lingkup standar ini adalah atrium, mal tertutup dan ruangan bervolume besar yang sejenis. Standar ini tidak ditujukan untuk gudang, fasilitas manufaktur, atau ruangan serupa lainnya. Standar ini tidak menyediakan metodologi untuk menilai pengaruh asap terhadap orang, harta milik ataupun kelangsungan usaha atau proses. Pendekatan aljabar untuk manajemen asap yang terkandung dalam standar ini semuanya mengasumsikan pembuangan asap akan dilakukan dengan sarana mekanik.

Verifikasi: Karena belum ada standar nasional, verifikasi kesesuaian penyimpanan, instalasi, komponen, dan persyaratan disarankan menggunakan standar NFPA 12A, Halon 1301 *Fire Extinguishing Systems* dan NFPA 2001, *Clean Agent Fire Extinguishing Systems*

Inspeksi dan pemeliharaan: Inspeksi/pemeriksaan, pengujian dan pemeliharaan berkala harus dilakukan seperti dijelaskan dalam standar tersebut di atas.

### **B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Melaksanakan rencana kerja pencegahan kebakaran**

1. Melakukan rencana kerja tatagraha keselamatan kebakaran (*fire safety housekeeping*) sesuai dengan Norma Standar Pedoman dan Manual (NSPM) yang berlaku
2. Melakukan rencana dan praktek proteksi kebakaran untuk operasi yang kompleks sesuai dengan Norma Standar Pedoman dan Manual (NSPM) yang berlaku
3. Menentukan potensi pertumbuhan kebakaran dalam bangunan gedung dan bagian bangunan gedung sesuai dengan Norma Standar Pedoman dan Manual (NSPM) yang berlaku
4. Mengevaluasi tindakan pemenuhan persyaratan alternatif untuk penyimpanan, penanganan dan penggunaan cairan dan gas yang mudah menyala dan terbakar dan Bahan-bahan Berbahaya (B3) sesuai Norma Standar Pedoman dan Manual (NSPM) yang berlaku
5. Mengevaluasi pemenuhan persyaratan ventilasi dan tata udara dan peralatan dan operasi instalasi layanan bangunan lainnya sesuai dengan Norma Standar Pedoman dan Manual (NSPM) yang berlaku
6. Memverifikasi kesesuaian sarana jalan keluar, sistem proteksi kebakaran pasif dan aktif sesuai dengan Norma Standar Pedoman dan Manual (NSPM) yang berlaku

### **C. Sikap Kerja dalam Melaksanakan rencana kerja pencegahan kebakaran**

1. Cermat
2. Teliti
3. Tanggung jawab

### **BAB III**

## **MELAKSANAKAN RENCANA KERJA PENANGGULANGAN KEBAKARAN**

### **A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Melaksanakan rencana kerja penanggulangan kebakaran**

#### 1. Umum

Penanggulangan kebakaran adalah semua kegiatan tata laksana operasional MPK (Manajemen Penanggulangan Kebakaran) bangunan yang dilaksanakan pada waktu terjadi kebakaran. Kebakaran dapat terjadi tanpa terduga pada setiap saat dan setiap tempat. Dalam Modul 2 telah dijelaskan Rencana tindakan darurat kebakaran (RTDK) yang adalah strategi dari MPK untuk mengantisipasi bila terjadi keadaan darurat kebakaran atau darurat lainnya dalam satu bangunan gedung dan/atau lingkungannya.

Setiap bangunan gedung dan lingkungannya adalah spesifik dan akan berbeda bentuk RTDK-nya sesuai dengan situasi dan kondisi masing-masing. Maksud dari Bab ini adalah untuk memberikan dasar dari rencana kerja penanggulangan kebakaran. Pedoman yang dipakai adalah:

- a. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 26/PRT/M/2008 Tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran Pada Bangunan Gedung Dan Lingkungan
- b. KepDirJen Kimpraswil No. 58/KPTS/DM/2002 Tentang Petunjuk Teknis Rencana Tindakan Darurat Kebakaran Pada Bangunan Gedung

#### 2. Melaksanakan Pemadaman Awal Sesuai Skenario

Yang dimaksud dengan pemadaman awal adalah prosedur tindakan darurat pada saat kebakaran mulai terjadi. Deteksi kebakaran dapat terlaksana secara otomatis melalui peralatan sistem deteksi dan alarm kebakaran, atau secara manual melalui indera penghuni seperti indera penglihatan melihat nyala api atau indera penciuman mencium bau asap barang yang terbakar.

Melaksanakan pemadaman awal sangat penting karena api masih kecil sehingga mudah dipadamkan. Banyak kebakaran yang tidak menjadi berita di media koran atau televisi karena berhasil dipadamkan oleh penghuni menggunakan alat pemadam

api ringan (APAR). Dengan keberhasilan pemadaman awal maka dapat dihindari kerugian yang jauh lebih besar.

a. Keberhasilan pelaksanaan pemadaman awal sangat tergantung kepada:

- 1) Adanya prosedur tindakan darurat yang baik dan benar.
- 2) Terlaksananya prosedur pemeriksaan, pengujian dan pemeliharaan sistem proteksi kebakaran aktif yang baik dan benar.
- 3) Pelatihan berkala menggunakan alat pemadam api ringan (APAR) dan hidran bangunan. Idealnya semua penghuni telah terlatih, akan tetapi bila tidak dimungkinkan, paling tidak semua petugas keamanan atau regu pemadam dan perwakilan penghuni setiap lantai atau ruangan harus terlatih.

b. Berikut adalah prosedur pemadaman awal yang harus dilakukan penghuni jika terlihat api atau asap:

- 1) Bunyikan alarm dengan memecahkan kaca kotak alarm atau titik panggil manual terdekat dan tekan tombolnya atau tarik tuasnya.
- 2) Perkirakan/periksa sumber api apakah akibat listrik atau bukan. Bila akibat listrik jangan menggunakan hidran bangunan, dan segera putuskan aliran listrik.
- 3) Bila api masih kecil, usahakan dipadamkan menggunakan alat pemadam api ringan (APAR). Gunakan hidran bangunan bila dipastikan sumber kebakaran bukan akibat listrik. Bila usaha pemadaman tidak berhasil atau api sudah besar, jangan ambil resiko, tinggalkan menuju tempat aman dan jangan lupa menutup pintu ruangan.
- 4) Laporkan kejadian kebakaran kepada pusat pengendali kebakaran atau petugas keamanan.

Bila kebakaran terdeteksi oleh sistem deteksi dan alarm kebakaran atau terjadi di luar jam kerja atau pada malam hari, peralatan sistem deteksi dan alarm kebakaran akan membunyikan alarm di ruang yang selalu dijaga seperti pusat pengendali kebakaran atau ruang piket petugas jaga.

c. Berikut adalah prosedur yang harus dilakukan petugas jika alarm kebakaran berbunyi:

- 1) Lihat papan panel kebakaran di ruang monitor atau pusat pengendali kebakaran dan lokasi sumber kebakaran dapat diketahui dari panel tersebut.
- 2) Petugas jaga dibantu regu pemadaman kebakaran wajib segera datang untuk mengatasi penyebab alarm yang berbunyi tersebut
- 3) Laksanakan pemadaman awal sesuai prosedur pemadaman awal tersebut di atas.
- 4) Bila usaha pemadaman tidak berhasil atau api sudah besar, jangan ambil resiko, tinggalkan menuju tempat aman dan jangan lupa menutup pintu ruangan.
- 5) Segera laporkan kejadian kebakaran kepada instansi pemadam kebakaran terdekat dan pemilik/pengguna bangunan.
- 6) Segera laksanakan prosedur evakuasi bangunan.

Pemadaman awal kebakaran dapat juga terlaksana secara otomatis tanpa melibatkan manusia bila bangunan gedung diproteksi oleh sistem sprinkler otomatis. Sistem sprinkler otomatis akan secara otomatis mendeteksi, memadamkan/ mengendalikan, dan membunyikan alarm kebakaran. Sistem ini sudah terbukti paling efektif dalam memadamkan kebakaran.

### 3. Melaksanakan Latihan Prosedur Evakuasi

Bila kebakaran tidak dapat dipadamkan/dikendalikan oleh penghuni/regu pemadam atau oleh sistem pemadam kebakaran otomatis, maka penghuni bangunan akan terkena dampak bahaya kebakaran karena itu harus dievakuasi.

Setiap bangunan sangat spesifik dan prosedur evakuasinya mungkin berbeda satu sama lain, terlebih jika bangunan tersebut multi fungsi maka penanganannya menjadi semakin rumit. Tindakan upaya evakuasi sangat diperlukan sekali untuk dipahami oleh Tim Penanggulangan Kebakaran (TPK) bangunan gedung. Agar evakuasi berjalan dengan tertib dan aman, diperlukan pelatihan prosedur evakuasi berkala bagi penghuni bangunan. Pelatihan dan jadwal latihan prosedur evakuasi dibuat oleh manajer keselamatan kebakaran dan ditetapkan oleh Penanggung Jawab TPK (PJ-TPK).



Pelatihan evakuasi meliputi beberapa tahap yaitu:

a. Tahap persiapan:

- 1) Membuat jadwal rencana pelaksanaan.
- 2) Membuat/mengirim surat pemberitahuan dan mengumumkan kepada pengguna bangunan tiap lantai akan adanya latihan. Optional: pelatihan dilakukan mendadak tanpa pemberitahuan.
- 3) Menyusun tim pelaksana latihan yang intinya mewakili pengguna bangunan pada setiap lantai.
- 4) Menetapkan lokasi/zona latihan termasuk lokasi tempat berhimpun
- 5) Membuat metoda kerja latihan.
- 6) Mempersiapkan peralatan yang akan digunakan.
- 7) Melakukan koordinasi dengan instansi pemadam kebakaran dan kepolisian setempat.

b. Tahap pelaksanaan:

- 1) Memberi/menyampaikan informasi cara evakuasi yang aman dan benar.
- 2) Memberi/menyampaikan prosedur evakuasi penghuni yang aman dan benar.
- 3) Melatih penghuni melalui simulasi evakuasi pada keadaan darurat kebakaran.

c. Tahap evaluasi dan laporan:

- 1) Mengevaluasi hasil simulasi evakuasi terhadap prosedur evakuasi yang berlaku serta kondisi dan situasi bangunan dan sistem proteksi kebakaran yang ada.
- 2) Membuat laporan hasil pelaksanaan pelatihan yang disampaikan kepada instansi pemadaman setempat dan pemilik/ pengguna bangunan.

Prosedur evakuasi untuk penghuni berbeda dengan prosedur evakuasi umum. Prosedur evakuasi penghuni adalah apa yang harus dilakukan penghuni (individu) bila mendengar alarm kebakaran. Prosedur evakuasi umum adalah untuk seluruh bangunan gedung bila terjadi kebakaran (atau darurat lainnya). Berikut adalah prosedur evakuasi tipikal penghuni:

- 1) Alarm kebakaran berbunyi untuk pertama kali. *Dengarkan dan ikuti instruksi pengumuman* dari sistem informasi internal atau *public address*.

- 2) Untuk lantai yang terbakar, penghuni harus segera pergi mencapai jalan keluar (eksit) terdekat (tangga kebakaran) dan jangan menggunakan lif.
- 3) Untuk lantai-lantai lainnya, dengarkan dan ikuti instruksi pengumuman selanjutnya dari sistem informasi internal atau *public address*. Bila kebakaran tidak dapat diatasi, maka pengumuman akan memerintahkan untuk segera evakuasi. Bila alarm semu atau kebakaran dapat diatasi, maka akan diumumkan bahwa keadaan sudah teratasi, penghuni diharap tenang dan dapat kembali ke ruang kerja masing-masing.
- 4) Bila kebakaran tidak dapat diatasi, penghuni harus segera pergi mencapai jalan keluar (eksit) terdekat (tangga kebakaran) dan jangan menggunakan lif.
- 5) Agar tetap tenang dan tidak panik.
- 6) Berjalan dengan cepat tetapi tidak berlari.
- 7) Bila memakai sepatu hak tinggi agar dilepas.
- 8) Utamakan keselamatan diri, bawa barang yang sangat penting saja dan tidak lebih besar dari tas tangan.
- 9) Selalu ikuti semua instruksi yang diberikan oleh Regu Evakuasi petugas keselamatan kebakaran.
- 10) Keluar ke halaman dan berjalan menuju tempat berhimpun yang telah ditetapkan dan tunggu disitu sampai ada berita aman atau pemberitahuan lebih lanjut.
- 11) Jangan sekali-kali masuk kembali ke dalam bangunan gedung sebelum pernyataan aman diumumkan dan sebelum diijinkan.

Berikut adalah prosedur evakuasi umum tipikal untuk operator ruang monitor:

- 1) Alarm kebakaran berbunyi untuk pertama kali. Regu pemadam harus segera menuju lokasi kebakaran untuk memastikan bahwa alarm adalah bukan alarm semu, atau untuk berusaha melakukan pemadaman awal kebakaran.
- 2) Bila alarm semu, umumkan kepada penghuni melalui sistem informasi internal atau *public address* (lihat penjelasan Kartu Pintar).
- 3) Bila kebakaran dapat diatasi, umumkan kepada penghuni melalui sistem informasi internal atau *public address* (lihat penjelasan Kartu Pintar).

4) Bila kebakaran *tidak dapat* diatasi, umumkan kepada penghuni melalui sistem informasi internal atau *public address* (lihat penjelasan Kartu Pintar).

5) Bila kebakaran *telah dapat* diatasi, umumkan kepada penghuni melalui sistem informasi internal atau *public address* (lihat penjelasan Kartu Pintar).

Kartu Pintar:

Kartu pintar adalah kartu berisi tulisan yang wajib diumumkan oleh operator ruang monitor melalui sistem informasi internal atau *public address* pada waktu terjadi darurat kebakaran. Kartu pintar dapat dibacakan oleh operator atau telah direkam terlebih dahulu.

**Kartu pintar terdiri dari:**

- a. Kartu pintar ALARM SEMU, bila terjadi kebakaran kecil dan api sudah teratasi, atau alarm berbunyi karena kesalahan teknis.

**KARTU PINTAR ALARM SEMU**

1. Harap tenang dan tidak perlu panik karena keadaan sudah teratasi.
2. Kepada seluruh karyawan (atau penghuni bangunan) diharap tenang dan dapat kembali ke ruang kerja (atau kembali ke tempat masing-masing).
3. Terima kasih.

- b. Kartu pintar KEBAKARAN SEBENARNYA, bila terjadi kebakaran yang membahayakan.

**KARTU PINTAR KEBAKARAN SEBENARNYA**

1. Mohon perhatian .... harap siaga dan tidak perlu panik !
2. Telah terjadi kebakaran di lantai ....
3. Bagi karyawan (atau penghuni) agar segera evakuasi.
4. Ikutilah petunjuk (atau aba-aba) dari PETUGAS EVAKUASI.
5. Gunakan tangga kebakaran dan jangan menggunakan lif.
6. Bagi wanita mohon melepaskan hak tinggi.
7. Dahulukan anak-anak, wanita hamil dan orang tua.
8. Terima kasih.

Catatan: Perintah segera evakuasi tergantung kondisi dan situasi bangunan masing-masing, apakah akan melakukan evakuasi serentak, atau bertahap dimulai dengan lantai kebakaran dan satu lantai di atas dan di bawahnya.

- c. Kartu pintar PASCA KEBAKARAN, bila api telah dapat dikuasai.

**KARTU PINTAR PASCA KEBAKARAN (TERATASI)**

1. Kepada seluruh karyawan (atau penghuni).
2. Kami mohon maaf atas kejadian yang tidak kita harapkan.
3. Perlu disampaikan bahwa kondisi api (atau kebakaran) di lantai .... saat ini telah dapat diatasi.
4. Silahkan kembali ke tempat semula kecuali ke lantai (atau lantai-lantai) yang telah terjadi kebakaran.
5. Tunggu instruksi selanjutnya.
6. Terima kasih.

Catatan: instruksi kembali ke tempat tergantung kepada kondisi dan situasi bangunan gedung pasca kebakaran dan ijin dari instansi pemadam kebakaran.

Gambar 3.1  
Kartu pintar

#### 4. Melaksanakan Latihan Penyelamatan (*Rescue*)

Pada saat evakuasi ada kemungkinan penghuni membutuhkan pertolongan:

- a. Karena penderita cacat tidak dapat bergerak sendiri tanpa pertolongan
- b. Karena sakit, lansia, atau sedang hamil tua
- c. Mengalami kecelakaan seperti jatuh, atau terperangkap asap

Untuk butir a dan b satu orang atau lebih dari regu evakuasi setiap lantai ditunjuk untuk mendampingi dan membantu penghuni yang membutuhkan bantuan evakuasi. Kepala regu evakuasi setiap lantai bertanggung jawab atas daftar penghuni yang membutuhkan pertolongan yang harus tersedia dan selalu diperbaharui. Untuk butir c dapat dibentuk khusus regu penyelamat untuk penghuni yang mengalami kecelakaan seperti jatuh atau terperangkap asap. Regu Penyelamat ini memerlukan peralatan dan ketrampilan khusus.

Namun harus diingat bahwa kemampuan bangunan gedung tipikal biasanya terbatas kepada pertolongan P3K saja. Tugas penyelamatan lain untuk penghuni yang terperangkap api atau asap, selain memerlukan peralatan dan ketrampilan khusus, adalah juga bagian tugas dari petugas instansi pemadam kebakaran. Jangan sampai regu penyelamat sendiri yang malah harus diselamatkan. Karena itu sasaran pelatihan penyelamatan sebaiknya tidak terlalu ambisius tergantung kepada situasi dan kondisi bangunan masing-masing. Pelatihan penyelamatan minimal mencakup pertolongan kepada penghuni untuk evakuasi, dan pelatihan P3K.

Pelatihan penyelamatan meliputi beberapa tahap yaitu:

a. Tahap persiapan:

- 1) Membuat jadwal rencana pelaksanaan
- 2) Membuat/mengirim surat pemberitahuan dan mengumumkan kepada regu penyelamat akan adanya latihan
- 3) Menyusun tim pelaksana latihan
- 4) Membuat metoda kerja latihan
- 5) Mempersiapkan peralatan yang akan digunakan
- 6) Melakukan koordinasi dengan instansi pemadam kebakaran setempat

b. Tahap pelaksanaan:

- 1) Memberi/menyampaikan informasi cara penyelamatan yang aman dan benar
- 2) Memberi/menyampaikan prosedur penyelamatan yang aman dan benar
- 3) Melatih regu penyelamat dan regu evakuasi dalam hal P3K
- 4) Melatih regu penyelamat melalui simulasi penyelamatan pada keadaan darurat kebakaran atau darurat lainnya

c. Tahap evaluasi dan laporan:

- 1) Mengevaluasi pelatihan penyelamatan terhadap prosedur penyelamatan yang berlaku
- 2) Membuat laporan hasil pelaksanaan pelatihan yang disampaikan kepada pemilik/pengguna bangunan

**B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Melaksanakan rencana kerja penanggulangan kebakaran**

1. Melaksanakan latihan pemadaman awal sesuai skenario
2. Melaksanakan latihan prosedur evakuasi sesuai dengan prosedur
3. Melaksanakan latihan penyelamatan (*rescue*) sesuai dengan prosedur

**C. Sikap Kerja dalam Melaksanakan rencana kerja penanggulangan kebakaran**

1. Cermat
2. Teliti
3. Tanggung jawab

**BAB IV**  
**MELAKSANAKAN RENCANA KERJA PENINGKATAN KESADARAN**  
**KESELAMATAN KEBAKARAN**

**A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Melaksanakan rencana kerja peningkatan kesadaran keselamatan kebakaran**

1. Umum

Laporan hasil evaluasi kegiatan rencana kerja pencegahan dan penanggulangan kebakaran tersebut harus ditindak lanjuti dengan rekomendasi tindakan perbaikan. Pedoman yang dipakai adalah Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 20/PRT/M/2009 Tentang Pedoman Teknis Manajemen Proteksi Kebakaran Di Perkotaan Bab IV Manajemen Proteksi Kebakaran Bangunan Gedung.

2. Memberikan Pembelajaran/Edukasi Tentang Lingkungan Aman Kebakaran

Manajer Keselamatan Kebakaran harus merekomendasikan kepada pemilik/pengguna bangunan bahwa perlu diberikan pembelajaran/edukasi tentang lingkungan aman kebakaran.

Maksud pemberian pembelajaran/edukasi tentang lingkungan aman kebakaran adalah untuk melakukan pembinaan dan pendidikan dalam keselamatan kebakaran pada bangunan gedung dan lingkungannya.

Tujuan pemberian pembelajaran/edukasi tentang lingkungan aman kebakaran adalah untuk terciptanya kemampuan bangunan gedung dalam mencegah dan menanggulangi bahaya kebakaran sesuai yang diamanatkan dalam Undang-undang No. 28 Tahun 2002 tentang bangunan gedung dan sesuai dengan NSPM yang berlaku.

Sasaran yang diharapkan adalah:

- a. Meningkatnya kesadaran penghuni/karyawan terhadap keselamatan kebakaran di bangunan gedung.
- b. Mendapatkan umpan balik dari penghuni/karyawan tentang keselamatan kebakaran di bangunan gedung sebagai rekomendasi tindakan perbaikan.
- c. Mengurangi kemungkinan terjadinya kebakaran pada bangunan gedung.

Materi pembelajaran/edukasi tentang lingkungan aman kebakaran meliputi pencegahan dan penanggulangan kebakaran secara umum, misalnya prosedur keselamatan kebakaran dengan topik tentang tatagraha keselamatan kebakaran atau fire safety housekeeping, identifikasi bahaya kebakaran, evakuasi, pengenalan sistem proteksi kebakaran pasif dan aktif, kesehatan dan keselamatan kerja (K3) dan lain-lain.

Pembelajaran/edukasi tentang lingkungan aman kebakaran sebaiknya dilakukan secara populer (non teknis) dengan cara:

- a. Memberikan pelatihan kepada penghuni/karyawan baru.
- b. Memberikan pelatihan berkala (*refresher course*) kepada penghuni/karyawan paling tidak setiap tahun, atau bila ada pemasangan baru peralatan atau sistem.
- c. Melaksanakan pertemuan rutin paling tidak setiap bulan dengan topik utama adalah keselamatan kebakaran bangunan. Dalam pertemuan ini diharapkan dibangun partisipasi dan umpan balik dari penghuni/ karyawan untuk mendapatkan rekomendasi tindakan perbaikan.

Umpan balik dari penghuni/karyawan selanjutnya ditindak lanjuti dengan menyusun dan merekomendasikan tindakan perbaikan.

### 3. Latihan Penanggulangan Dan Penyelamatan Kebakaran

Manajemen Penanggulangan Kebakaran harus membuat evaluasi hasil pelatihan penanggulangan dan penyelamatan kebakaran (Rencana penanggulangan kebakaran meliputi pemadaman awal, evakuasi dan penyelamatan telah dijelaskan dalam Bab 3 Modul ini).

Maksud pelatihan penanggulangan dan penyelamatan kebakaran adalah untuk memberikan pengetahuan, ketrampilan dan sikap kepada penghuni/ karyawan dan anggota Tim Penanggulangan Kebakaran (TPK) dalam rangka pelaksanaan pemadaman awal kebakaran, evakuasi dan penyelamatan.

Tujuan pelatihan penanggulangan dan penyelamatan kebakaran adalah untuk terciptanya kemampuan bangunan gedung dalam mencegah dan menanggulangi bahaya kebakaran sesuai yang diamanatkan dalam Undang-undang No. 28 Tahun



<p>Modul Pelatihan Berbasis Kompetensi Kategori Konstruksi</p>	<p>Kode Modul INA. 523.MP2KI.02.11.01.04.07</p>
<p>2002 tentang bangunan gedung dan keamanan penghuni/karyawan bangunan gedung terhadap bahaya kebakaran atau darurat lainnya.</p> <p>Sasaran yang diharapkan adalah: Meningkatnya pengetahuan penghuni/karyawan dan anggota TPK terhadap pelaksanaan pemadaman awal kebakaran dan evakuasi. Untuk merekomendasikan tindakan perbaikan, evaluasi harus dilakukan terhadap</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. prosedur pemeliharaan peralatan/sistem proteksi kebakaran</li> <li>b. prosedur pemadaman awal kebakaran</li> <li>c. prosedur evakuasi dan penyelamatan</li> </ol> <p>Umpan balik dari hasil evaluasi pelaksanaan pemadaman awal kebakaran dan evakuasi selanjutnya ditindak lanjuti dengan menyusun dan merekomendasikan tindakan perbaikan.</p> <p>4. Menyusun Budaya Aman Kebakaran</p> <p>Manajer Keselamatan Kebakaran harus merekomendasikan kepada pemilik/pengguna bangunan bahwa perlu mengadakan Rencana Aksi dalam rangka meningkatkan budaya aman kebakaran melalui rencana aksi yang telah disusun, dan dalam rangka tindakan perbaikan pencegahan dan penanggulangan kebakaran. Maksud penyusunan rencana aksi budaya aman kebakaran bangunan gedung dan lingkungannya adalah untuk membentuk sikap perilaku dan kebiasaan penghuni/karyawan dalam rangka budaya aman kebakaran bangunan gedung.</p> <p>Tujuan penyusunan rencana aksi budaya aman kebakaran bangunan gedung dan lingkungannya adalah untuk terciptanya kemampuan bangunan gedung dalam mencegah dan menanggulangi bahaya kebakaran sesuai yang diamanatkan dalam Undang-undang No. 28 Tahun 2002 tentang bangunan gedung dan keamanan penghuni/karyawan bangunan gedung terhadap bahaya kebakaran atau darurat lainnya.</p> <p>Sasaran yang diharapkan adalah:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Meningkatnya budaya aman kebakaran pada bangunan gedung dan lingkungannya</li> <li>b. Membangun partisipasi penghuni/karyawan dalam menjaga aman kebakaran pada bangunan gedung dan lingkungannya</li> <li>c. Dengan demikian mengurangi kemungkinan terjadinya kebakaran</li> </ol>	
<p>Judul Modul Melaksanakan aktivitas unit manajemen keselamatan kebakaran pada bangunan gedung terkait dengan pencegahan dan penanggulangan kebakaran sesuai rencana kerja Buku Informasi Versi: 2018</p>	<p>Halaman 121 dari 126</p>

Rencana Aksi dalam rangka meningkatkan budaya aman kebakaran dapat dilakukan dengan cara:

- a. Penetapan minggu aman kebakaran pada bangunan gedung dan lingkungannya
- b. Pembuatan brosur dan/atau poster mengenai keselamatan terhadap bahaya kebakaran
- c. Penetapan penghuni/karyawan teladan aman kebakaran
- d. Melalui buletin internal perusahaan berupa artikel tentang keselamatan terhadap bahaya kebakaran

**B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Melaksanakan rencana kerja peningkatan kesadaran keselamatan kebakaran**

1. Memberikan pembelajaran/edukasi tentang lingkungan aman kebakaran kepada penghuni
2. Melibatkan penghuni dalam latihan penanggulangan dan penyelamatan kebakaran
3. Meningkatkan budaya aman kebakaran melalui rencana aksi sesuai rencana kerja yang telah disusun

**C. Sikap Kerja dalam Melaksanakan rencana kerja peningkatan kesadaran keselamatan kebakaran**

1. Cermat
2. Teliti
3. Tanggung jawab

## DAFTAR PUSTAKA

### A. Dasar Perundang-undangan

1. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung
2. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 2005 Tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-undang Nomor 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung
3. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 20/PRT/M/2009 Tentang Pedoman Teknis Manajemen Proteksi Kebakaran Di Perkotaan
4. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 26/PRT/M/2008 Tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran Pada Bangunan Gedung Dan Lingkungan
5. KepDirJen Kimpraswil No. 58/KPTS/DM/2002 Tentang Petunjuk Teknis Rencana Tindakan Darurat Kebakaran Pada Bangunan Gedung.

### B. Buku Referensi

1. SNI 03-1735-2000 Tata Cara Perencanaan Akses Bangunan dan Akses Lingkungan Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Rumah dan Gedung (acuan "Fire Precautions in Buildings", 1997, Fire Safety Bureau, Singapore Civil Defence Force).
2. SNI 03-1746-2000 Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sarana Jalan Keluar Untuk Penyelamatan Terhadap Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Gedung (acuan NFPA 101 Life Safety Code, 1997).
3. SNI 03-6574-2001 Tata Cara Perancangan Pencahayaan Darurat, Tanda Arah dan Sistem Peringatan Bahaya Sarana Bangunan Gedung (acuan NFPA 101 Life Safety Code, 2000).
4. SNI 03-1736-2000 Tata Cara Perencanaan Sistem Proteksi Pasif Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Rumah dan Gedung (acuan Building Code of Australia, 1996).

<p>Modul Pelatihan Berbasis Kompetensi Kategori Konstruksi</p>	<p>Kode Modul INA. 523.MP2KI.02.11.01.04.07</p>
<ol style="list-style-type: none"> <li>5. SNI 03-3985-2000 Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Deteksi dan Alarm Kebakaran Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Rumah dan Gedung (acuan NFPA 72E, Standard on Automatic Fire Detector, 1987).</li> <li>6. SNI 03-3987-1995 Tata Cara Perencanaan Dan Pemasangan Alat Pemadam Api Ringan Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Rumah Dan Gedung (acuan NFPA 10).</li> <li>7. SNI 03-1745-2000 Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Pipa Tegak dan Slang Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Rumah dan Gedung (acuan NFPA 14, Standard for the Installation of Standpipe and Hose System, 1996).</li> <li>8. SNI 03-3989-2000 Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Springkler Otomatik Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Gedung (acuan Rules for Automatic Sprinkler Installation, 1974, FOC (Fire Officers Committee).</li> <li>9. SNI 03-6570-2001 Instalasi Pompa Yang Dipasang Tetap Untuk Proteksi Kebakaran (acuan NFPA 20, Standard for the Installation of Stationery Pumps for Fire Protection, 1999 Edition).</li> <li>10. SNI 03-6571-2000 Sistem Pengendalian Asap Kebakaran Pada Bangunan Gedung (acuan NFPA 92A, Recommended Practice for Smoke Control System, 2000 Edition).</li> <li>11. SNI 03-7012-2004 Sistem Manajemen Asap di Dalam Mal, Atrium dan Ruang Bervolume Besar (acuan NFPA 92B, Guide for Smoke Management Systems in Malls, Atria, and Large Areas, 2000 Edition).</li> <li>12. SNI 03-7015-2004 Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan Gedung (acuan IEC 6-1024, Protection of Structures against lightning – Part 1, General Principles, IEC 6-1312-1, Protection against lightning – Part 1, General Principles, dan IEC TR 6-1662, Assessment of the risk of damage due to lightning).</li> <li>13. SNI 03-7011-2004 Keselamatan Pada Bangunan Fasilitas Pelayanan Kesehatan (acuan NFPA 99, Health Care Facility, 2002 Edition).</li> <li>14. SNI 04-0225-2000 tentang Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000) (acuan hasil penyempurnaan Peraturan Umum Instalasi Listrik 1987 dengan</li> </ol>	
<p>Judul Modul Melaksanakan aktivitas unit manajemen keselamatan kebakaran pada bangunan gedung terkait dengan pencegahan dan penanggulangan kebakaran sesuai rencana kerja Buku Informasi</p>	<p>Halaman 124 dari 126</p> <p style="text-align: right;">Versi: 2018</p>

memperhatikan standar IEC, terutama terbitan TC 64 "Electrical Installations of Buildings" dan standar internasional lainnya yang berkaitan).

15. SNI 04-7018-2004 tentang Sistem Pasokan Daya Listrik Darurat dan Siaga

16. NFPA 25, Inspection, Testing and Maintenance of Water-based Fire Protection Systems, 2002 Ed.

17. NFPA 13, Installation of Sprinkler Systems, 2002 Ed.

18. NFPA Fire Protection Handbook, 18th Edition

### C. Referensi lainnya

1. Buku referensi (text book)/buku manual servis
2. Lembar kerja
3. Diagram-diagram, gambar
4. Contoh tugas kerja
5. Rekaman dalam bentuk kaset, video, film dan lain-lain

### DAFTAR PERALATAN/MESIN DAN BAHAN

#### A. Daftar Peralatan/Mesin

No.	Nama Peralatan/Mesin	Keterangan
1.	Alat Tulis Kantor	

#### B. Daftar Bahan

No.	Nama Bahan	Keterangan
1.	NSPM	
2.	Gambar terpasang dan spesifikasi	
3.	Data fungsi dan penggunaan bangunan gedung	
4.	Data jumlah penghuni	