

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Terjadinya Api

Dalam pedoman penanggulangan bahaya kebakaran, api adalah gas pijar yang mengeluarkan panas. bila panas yang dikeluarkan itu melebihi batas maksimal, maka dapat menimbulkan kebakaran. Sedangkan menurut Towlson (1993) dalam buku A. Maurice Jones Jr. (2013), tiga sumber harus ada dalam jumlah yang cukup untuk menghasilkan api. Tiga bentuk struktur ini disebut dengan *“fire triangle”*. Ketika ketiga elemen ini dikombinasikan pada ukuran tertentu antara sumber panas, oksigen dan bahan bakar secara kimiawi akan menyebabkan reaksi pelepasan energi bahan bakar yang mempertahankan api. Mengurangi atau menghilangkan salah satu elemen pada segitiga api akan menghasilkan pemadaman pada kebakaran. Beberapa situasi kebakaran mungkin saja menggunakan metode yang berbeda – beda dalam memadamkannya (Jones Jr.,2013).



Gambar 2.1 Fire Triangle
sumber : *Fire Protecting Systems*, 2013

2.2 Pengertian Kebakaran

Dalam pedoman penanggulangan bahaya kebakaran, kebakaran adalah suatu peristiwa yang disebabkan dari api yang tidak dapat dikendalikan atau

dikuasai baik besar maupun kecil, disengaja atau tidak dan menimbulkan kerugian harta benda, cacat bahkan korban jiwa manusia. Menurut NFPA (*National Fire Protection Systems*), kebakaran merupakan peristiwa oksidasi dimana bertemunya 3 buah unsur, yaitu bahan yang dapat terbakar, oksigen yang terdapat di udara dan panas yang dapat berakibat menimbulkan kerugian harta benda atau cedera bahkan kematian manusia.

Pembakaran adalah reaksi kimia yang mana material pembakar dan oksidator memproduksi panas atau energi dan produk lain yang mendukung proses. Untuk melanjutkan proses, harus menaikkan panas dengan lebih cepat. Jika proses selanjutnya suhu panas berkembang lebih jauh dan tidak terkendali pada kondisi tertentu dapat berakibat suatu ledakan. Sedangkan kebakaran merupakan reaksi kimia yang dengan menghasilkan energi yang terbentuk dari panas dan api. Timbulnya kebakaran membutuhkan unsur bahan bakar, sumber panas sebagai energi dan oksigen sebagai oksidator. Perbedaan pembakaran dengan kebakaran terletak pada energi yang dilepas. Proses pembakaran melepas energy ke dalam proses untuk keberlangsungan reaksi, sedangkan kebakaran terbentuk dari proses pembakaran yang memancarkan dan menghamburkan energi panas (Jones Jr.,2013).

2.3 Klasifikasi Kebakaran

Klasifikasi kebakaran adalah pengelompokan jenis - jenis kebakaran berdasarkan jenis - jenis bahan yang terbakar. Tujuannya adalah untuk menentukan cara dan media yang tepat dalam memadamkan kebakaran tersebut.

Klasifikasi kebakaran menurut NFPA 1 yaitu:

1. Kelas A, yaitu kebakaran pada bahan padat kecuali logam, misalnya kebakaran kertas, kayu, tekstil, plastik, karet, busa dan lain-lain. Jika terjadi kebakaran kelas A maka dapat digunakan metode pemadaman dengan cara pendinginan dengan air. Pemadaman dengan air atau busa kelas A.
2. Kelas B, yaitu kebakaran pada zat cair atau gas yang mudah terbakar, misalnya kebakaran bensin, aspal, minyak (oli), alkohol, gas LPG, LNG dan lain-lain. Jika terjadi kebakaran kelas B maka metode pemadaman yang dapat digunakan adalah:
 - a. Penutupan atau pelapisan atau penyelimutan
 - b. Pemindahan bahan bakar
 - c. Penurunan temperatur.
3. Kelas C, yaitu kebakaran pada listrik yang bertegangan, kebakaran yang diakibatkan dari kebocoran listrik, konsleting termasuk peralatan bertenaga listrik. Jika terjadi kebakaran kelas C metode pemadaman yang dapat digunakan adalah:
 - a. Pemadaman menggunakan bahan yang non konduksi listrik
 - b. Putuskan arus listrik dan padamkan seperti pemadaman kebakaran kelas A atau kelas B.
4. Kelas D, yaitu kebakaran pada logam, misalnya seng, aluminium, magnesium, kalium, dan lain - lain. Jika terjadi maka metode pemadamannya adalah pelapisan atau penyelimutan dengan bahan pemadam khusus terutama bubuk kering tertentu.

5. Kelas K, yaitu kebakaran pada peralatan memasak dimana termasuk medianya seperti minyak sayur-sayuran dan hewan, dan lemak.

2.4 Prinsip Pemadaman Kebakaran

Prinsip dari pemadaman kebakaran adalah untuk memutuskan mata rantai segitiga api, misalnya dengan menghilangkan bahan bakar, membuang panas atau oksigen. Memadamkan kebakaran adalah upaya untuk mengendalikan api dengan cara merusak keseimbangan panas. (Ramli,2010)

Memadamkan kebakaran atau mematikan api dapat dilakukan dengan beberapa teknik yaitu mendinginkan api (*cooling*), menghilangkan oksigen (*smothering*), menghilangkan bahan bakar (*starvation*) dan memutus reaksi rantai.

2.4.1 Pemadaman dengan Pendinginan

Teknik pendinginan (*cooling*) adalah teknik memadamkan kebakaran dengan cara mendinginkan atau menurunkan temperatur uap atau gas yang terbakar sampai ke bawah temperatur nyalanya. Jika panas tidak memadai, maka suatu bahan tidak akan mudah terbakar (Ramli, 2010).

Air yang disiramkan ke tengah api akan mengakibatkan udara di sekitar api mendingin. Sebagian panas akan diserap oleh air yang kemudian berubah bentuk menjadi uap air yang akan mendinginkan api (Ramli, 2010).

2.4.2 Pembatasan Oksigen

Sesuai dengan teori segitiga api, kebakaran dapat dihentikan dengan menghilangkan atau mengurangi suplai oksigen. Dengan membatasi atau mengurangi oksigen dalam proses pembakaran api dapat padam. Teknik ini disebut *smothering* (Ramli, 2010).

2.4.3 Penghilangan Bahan Bakar

Api secara alamiah akan mati dengan sendirinya jika bahan yang dapat terbakar (*fuel*) sudah habis. Atas dasar ini, api dapat dikurangi dengan menghilangkan atau mengurangi jumlah bahan yang terbakar. Teknik ini disebut *starvation* (Ramli, 2010).

2.4.4 Memutuskan Reaksi Berantai

Cara yang terakhir untuk memadamkan api adalah dengan mencegah terjadinya reaksi rantai di dalam proses pembakaran. Para ahli menemukan bahwa reaksi rantai bisa menghasilkan nyala api. Pada beberapa zat kimia mempunyai sifat memecah sehingga terjadi reaksi rantai oleh atom-atom yang dibutuhkan oleh nyala untuk tetap terbakar (Ramli, 2010).



Dengan tidak terjadinya reaksi atom-atom ini, maka nyala api akan padam (Ramli, 2010).

2.5 Jenis Media Pemadam Kebakaran

Pertimbangan dalam merencanakan sistem proteksi kebakaran adalah klasifikasi potensi bahaya dari jenis hunian yang akan dilindungi yang ditinjau dari beberapa aspek, antara lain klasifikasi potensi bahaya, tingkat vitalitas, jenis bahan dan peralatan serta jumlah dan sifat penghuni. Pertimbangan klasifikasi ini sebagai dasar menentukan sistem instalasi yang sesuai dan media pemadam yang cocok.

Media pemadam kebakaran pada umumnya menggunakan air, karena mempunyai efek pendingin yang baik, mudah diperoleh, murah dan dapat dirancang dengan teknik tertentu. Namun media pemadam air tidak efektif dan

aman pada semua jenis kebakaran. Jenis – jenis media pemadam kebakaran selain air antara lain berbentuk busa (*foam*), serbuk kimia kering (*dry chemical powder*), gas karbon dioksida, dan lain sebagainya (Suprpto, 2009).

Dengan memahami klasifikasi kebakaran dan karakter tiap jenis media pemadam kebakaran, maka dapat ditentukan jenis media pemadam yang sesuai.

Jenis – jenis media pemadam kebakaran dan aplikasinya dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut

Tabel 2.1 Klasifikasi Jenis Kebakaran dan Media Pemadaman Kebakaran

Klasifikasi	Jenis Kebakaran	Jenis media pemadam kebakaran			
		Tipe basah		Tipe kering	
		Air	Busa	<i>Dry Chemical Powder</i>	Gas karbon dioksida
Kelas A	Bahan padat kayu	vvv	v	vv	v/xxx* *
	Bahan berharga atau penting	xx	xx	vv*	vv/ xxx**
Kelas B	Bahan cair	xxx	vvv	vv	v/ xxx**
	Bahan gas	x	x	vv	v/ xxx**
Kelas C	Panel listrik	xxx	xxx	vv	vv/ xxx**
Kelas D	Logam (litium, kalium, magnesium)	xxx	xxx	khusus	x/ xxx**

sumber : Sistem proteksi kebakaran PT PJB, 2009

Keterangan : vvv : sangat efektif

vv : dapat digunakan

v : kurang tepat / tidak dianjurkan

x : tidak tepat

xx : merusak

xxx : berbahaya

*) : kotor / korosif

**): berbahaya jika digunakan pada ruang tertutup dan terdapat manusia

2.6 Sistem Proteksi Kebakaran Aktif

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 26/PRT/M/2008, sistem proteksi kebakaran aktif adalah sistem proteksi kebakaran yang secara lengkap terdiri atas sistem pendeteksian kebakaran baik manual ataupun otomatis, sistem pemadam kebakaran berbasis air seperti springkler, pipa tegak dan slang kebakaran, serta sistem pemadam kebakaran berbasis bahan kimia, seperti APAR dan pemadam khusus (Departemen Pekerjaan Umum, 2008).

2.6.1 Alat Pemadam Api Ringan (APAR)

Menurut Soehatman Ramli pada tahun 2010, Alat Pemadam Api Ringan (APAR) adalah alat pemadam yang bisa diangkut, diangkat, dan dioperasikan oleh satu orang.

Jenis APAR menurut media pemadaman APAR dapat dibagi atas jenis sebagai berikut :

a. Air

Alat pemadam api ringan berisi air bertekanan tersedia dalam ukuran 2,5 galon (9,5) liter dengan nilai kemampuan pemadaman 2A. Alat pemadam api ini mempunyai kemampuan hanya untuk kelas A.

b. Busa

Alat pemadam jenis ini ada 2 macam yaitu *Aqueous Film Forming Foam* (AFFF) dan busa kimia. Alat pemadam api AFFF berukuran 2,5 galon dengan kemampuan 20A : 160B. Media pemadam adalah campuran *Aqueous Film Forming* dengan air yang akan membentuk busa mekanis bila disemprotkan

melalui *nozzle*. Alat pemadam ini sama dengan alat pemadam jenis air bertekanan, hanya dibedakan oleh bentuk ujung penyemprot (*nozzle*). Media pemadam dalam tabung akan keluar dengan menggunakan CO₂ bertekanan di dalam *cartridge*.

c. Tepung kering (bubuk kimia kering)

Alat pemadam api bubuk kimia kering tersedia dalam dua jenis, yaitu jenis bertekanan dan jenis *cartridge*. Untuk jenis tabung bertekanan, sebagai bahan penekan digunakan udara kering atau nitrogen yang dimampatkan bersama-sama media pemadam. Untuk jenis *cartridge* ada yang ditempatkan di dalam tabung dan ada yang ditempatkan di luar tabung.

d. Karbon Dioksida (CO₂)

Alat pemadam api ringan jenis karbondioksida tersedia dalam ukuran dari 2,5-20 lbs (1,2-9,1 kg) yang dapat dijinjing dan 50-150 lbs untuk yang memakai roda. Untuk yang dapat diangkat, nilai rating antara 1- 10B:C dan untuk yang memakai roda dari 10-20B: C. Tipe alat pemadam ini berisi cairan CO₂ di bawah tekanan uapnya (*vapour density*). Lama penyemprotan untuk alat yang dapat diangkat sekitar 8-30 detik dengan jarak penyemprotan sekitar 3-8 feet (1-2,4 meter).

2.6.2 Hidran

Dalam Keputusan Menteri Negara Pekerjaan Umum No. 10/KPST/2000 tentang Ketentuan Teknis Pengamanan terhadap Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan, menjelaskan bahwa hidran adalah suatu sistem pemadam kebakaran yang dilengkapi dengan selang dan mulut pancar (*nozzle*) untuk mengalirkan air bertekanan, yang digunakan bagi keperluan

pemadaman kebakaran. Berdasarkan lokasi penempatannya, hidran diklasifikasikan menjadi 3, antara lain :

- a. Hidran kota
- b. Hidran halaman
- c. Hidran gedung

2.6.3 *Hose-reel*

Dalam Keputusan Menteri Negara Pekerjaan Umum No. 10/KPST/2000 tentang Ketentuan Teknis Pengamanan terhadap Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan, yang dimaksud dengan *hose-reel* adalah selang gulung yang dilengkapi dengan mulut pancar (*nozzle*) untuk mengalirkan air bertekanan dalam slang umumnya dari bahan karet berdiameter 1 inch.

2.6.4 *Sprinkler*

Dalam Keputusan Menteri Negara Pekerjaan Umum No. 10/KPST/2000 tentang Ketentuan Teknis Pengamanan terhadap Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan, yang dimaksud dengan *sprinkler* adalah alat pemancar air untuk pemadaman kebakaran yang mempunyai tudung berbentuk deflektor pada ujung mulut pancarnya, sehingga air dapat memancar kesemua arah secara merata.

2.6.5 Detektor Kebakaran

Peralatan pendeteksian secara otomatis disebut juga dengan *Fire Detector* yang secara otomatis akan mendeteksi kebakaran, kemudian mengaktifkan alarmnya (Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia Nomor: PER.02/MEN/1983).

Detektor kebakaran adalah alat yang dirancang untuk mendeteksi adanya kebakaran dan mengawali suatu tindakan (Badan Standardisasi Nasional, 2000). Sedangkan menurut NFPA, detektor kebakaran otomatis adalah sebuah alat yang didesain untuk mendeteksi adanya kebakaran dan melakukan tindakan. *Fire Detector* mempunyai jenis yang bermacam-macam, sesuai dengan cara pendeteksiannya (National Fire Protection Association, 2000).

2.6.5.1 Tipe Detektor

Menurut SNI 03-3985-2000 terdapat tiga tipe detektor, antara lain :

2.6.5.1.1 Detektor Tipe Garis (*Line Type Detector*)

Alat dimana pendeteksiannya secara menerus sepanjang suatu jalur. Contoh tipikal adalah detektor laju kenaikan temperatur jenis pneumatik, detektor asap jenis sinar terproyeksi dan kabel peka panas.

2.6.5.1.2 Detektor Tipe Titik (*Spot Type Detector*)

Alat dimana elemen pendeteksiannya terkonsentrasi pada suatu lokasi tertentu. Contoh tipikal adalah detektor bimetal, detektor campuran logam meleleh, detektor laju kenaikan temperatur jenis pneumatik tertentu, detektor asap tertentu, dan detektor termo-elektrik.

2.6.5.1.3 Detektor Tipe Sampel Udara (*Air Sampling Type Detector*)

Terdiri atas pemipaan distribusi dari unit detektor ke daerah yang diproteksi. Sebuah pompa udara menarik udara dari daerah yang diproteksi kembali ke detektor melalui lubang sampel udara dan pemipaan pada detektor, udara dianalisa dalam hal produk kebakarannya.

2.6.5.2 Jenis Detektor

Detektor kebakaran otomatis diklasifikasikan sesuai dengan jenisnya seperti tersebut di bawah ini :

2.6.5.2.1 Detektor asap

Detektor asap adalah sistem deteksi kebakaran yang mendeteksi adanya asap. Menurut sifat fisiknya, asap merupakan partikel-partikel karbon hasil pembakaran yang tidak sempurna. Keberadaan ini digunakan untuk membuat suatu alat deteksi asap (Ramli, 2010).

A. Jenis Detektor Asap

Detektor asap dapat dikelompokkan atas 2 jenis yaitu jenis ionisasi dan *photoelectric*. Sesuai dengan sifat tersebut, maka detektor asap sangat tepat digunakan di dalam bangunan di mana banyak terdapat kebakaran kelas A yang banyak menghasilkan asap. Namun kurang tepat digunakan untuk kebakaran hidrokarbon atau gas (Ramli, 2010).

- i. *Ionisation System*, yaitu detektor akan bekerja apabila partikel asap memasuki suatu bagian detektor yang di dalamnya sedang terjadi proses ionisasi udara. Prinsipnya adalah berkurangnya arus ionisasi oleh asap pada konsentrasi tertentu. Detektor ini lebih responsif terhadap partikel asap yang tidak nyata (kurang dari 1 mikron) yang dihasilkan oleh api dengan nyala terang dan berasap tipis (Badan Standardisasi Nasional, 2000).
- ii. *Fotoelectric System*, yaitu detektor akan bekerja apabila partikel asap memasuki bagian detektor yang di dalamnya sedang terjadi proses penyinaran pada suatu sensor. Prinsipnya adalah berkurangnya cahaya

oleh asap pada konsentrasi tertentu. Detektor ini lebih sensitif untuk jenis asap yang nyata (lebih dari 1 mikron) yang dihasilkan oleh api membara dengan jumlah asap yang banyak (Badan Standardisasi Nasional, 2000).

B. Penempatan Detektor Asap

Berdasarkan SNI 03-3985-2000 , jarak antara detektor asap pada ruang efektif adalah 10,2 m. Sedangkan untuk jarak maksimum ke dinding, jarak antara detektor harus dikali 0,5. Perhitungan yang digunakan untuk menghitung jarak antara maksimum detektor panas yaitu :

$$S = 10,2 \times \text{faktor pengali}$$

Faktor pengali ditentukan oleh tinggi ruangan. Tabel 2.2 menunjukkan faktor pengali dengan ketinggian ruangan tertentu.

Tabel 2.2 Faktor Pengali Detektor Asap

Ketinggian langit – langit (m)	Faktor pengali (%)
0 – 3.0	100
3.0 – 3.6	91
3.6 – 4.2	84
4.2 – 4.8	77
4.8 – 5.4	71
5.4 – 6.0	64
6.0 – 6.7	58
6.7 – 7.3	52
7.3 – 7.9	46
7.9 – 8.5	40
8.5 – 9.1	34

sumber : SNI 03-3985-2000

Jumlah detektor asap ditentukan oleh perhitungan panjang dan lebar ruangan dengan jarak antar detektor dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{JDP} = P/S$$

$$\text{JDL} = L/S$$

$$\text{TJD} = \text{JDP} + \text{JDL}$$

Keterangan :

JDP : Jumlah detektor panjang

- P : Panjang ruangan
JDL : Jumlah detektor lebar
L : Lebar ruangan
TJD : Total jumlah detektor
S : Jarak antar detektor

Apabila hasil perhitungan pecahan 0,3 atau lebih, maka dibulatkan menjadi satu.

2.6.5.2.2 Detektor panas

Detektor panas adalah peralatan dari detektor kebakaran yang dilengkapi dengan suatu rangkaian listrik atau pneumatic yang secara otomatis akan mendeteksi kebakaran melalui panas yang diterimanya (Ramli, 2010).

Detektor panas ini sangat sesuai ditempatkan di area dengan kelas kebakaran kelas B atau cairan dan gas mudah terbakar seperti instalasi minyak dan kimia (Ramli, 2010).

A. Jenis Detektor Panas

Jenis –jenis detektor panas antara lain:

- i. Detektor suhu tetap, adalah suatu alat yang akan bereaksi apabila elemen kerjanya menjadi panas sampai ke suatu tingkat yang ditentukan. Bila suatu alat temperatur-tetap bekerja, temperatur udara sekelilingnya akan selalu lebih tinggi dari temperatur kerja alat itu sendiri. Perbedaan temperatur kerja dari alat dan kenyataan temperatur udara sekelilingnya biasanya disebut sebagai kelambatan panas dan ini sebanding dengan laju kenaikan temperatur (Badan Standardisasi Nasional, 2000).

- ii. Detektor peningkatan suhu, adalah suatu alat yang akan merespon jika kenaikan temperatur pada laju yang melebihi jumlah yang telah ditentukan (Badan Standardisasi Nasional, 2000).
- iii. Detektor pemuaian, adalah alat yang akan bereaksi bila temperatur udara sekeliling alat tersebut mencapai tingkat yang ditentukan, tanpa dipengaruhi besarnya laju kenaikan temperature (Badan Standardisasi Nasional, 2000).

B. Klasifikasi Temperatur

Detektor panas dari tipe suhu tetap atau tipe pemuaian pola titik harus digolongkan sesuai temperatur kerja dan ditandai dengan kode warna yang sesuai, seperti tabel 2.3.

Tabel 2.3 Klasifikasi Temperatur Detektor Panas

Klasifikasi temperature	Rentang nilai temperatur (°C)	Temperatur maksimum langit - langit (°C)	Kode warna
Rendah*	37,7 ~ 56,6	-6,6 kebawah**	Tak berwarna
Sedang	57 ~ 78,8	37,7	Tak berwarna
Menengah	79 ~ 120,5	65,5	putih
Tinggi	121 ~ 162,2	107,2	biru
Ekstra tinggi	163 ~ 203,8	148,8	merah
Ekstra sangat tinggi	204 ~ 259,4	190,5	hijau
Ultra tinggi	260 ~ 301,6	246	oranye

sumber : SNI 03-3985-2000

* Dimaksud hanya untuk pemasangan daerah dimana ambien dikontrol. Unit diberi tanda untuk menunjukkan temperatur ambien maksimum pemasangan.

** Temperatur maksimum langit-langit 20⁰C atau lebih dibawah nilai temperatur detektor.

C. Penempatan Detektor Panas

Berdasarkan SNI 03-3985-2000 , jarak antara detektor panas pada ruang efektif adalah 7 m. Sedangkan jarak detektor panas dengan dinding maksimum 3,6 m. Perhitungan yang digunakan untuk menghitung jarak antara detektor maksimum dan jarak antara detektor dengan dinding yaitu :

$$S = 7 \times \text{faktor pengali}$$

Faktor pengali ditentukan oleh tinggi ruangan. Tabel 2.4 menunjukkan faktor pengali dengan ketinggian ruangan tertentu.

Tabel 2.4 Faktor Pengali Detektor Panas

Ketinggian langit – langit (m)	Faktor pengali (%)
0 – 3.0	100
3.0 – 3.6	91
3.6 – 4.2	84
4.2 – 4.8	77
4.8 – 5.4	71
5.4 – 6.0	64
6.0 – 6.7	58
6.7 – 7.3	52
7.3 – 7.9	46
7.9 – 8.5	40
8.5 – 9.1	34

Sumber : SNI 03-3985-2000

Jumlah detektor panas ditentukan oleh perhitungan panjang dan lebar ruangan dengan jarak antar detektor dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{JDP} = P/S$$

$$\text{JDL} = L/S$$

$$\text{TJD} = \text{JDP} + \text{JDL}$$

Keterangan :

JDP : Jumlah detektor panjang

P : Panjang ruangan

JDL : Jumlah detektor lebar

L : Lebar ruangan

TJD : Total jumlah detektor

S : Jarak antar detektor

Apabila hasil perhitungan pecahan 0,3 atau lebih, maka dibulatkan menjadi satu.

Jumlah detector juga dibatasi menurut Permenaker No. : PER.02/MEN/1983

bahwa pada satu kelompok sistem alarm kebakaran tidak boleh dipasang lebih dari 40 buah detektor panas.

2.6.6 Alarm Kebakaran

Alat peringatan alarm suara harus menghasilkan sinyal yang berbeda dari sinyal suara yang dipakai untuk penggunaan lain dalam suatu bangunan gedung tertentu. Alarm kebakaran ada beberapa macam antara lain:

2.6.6.1 Bel

Sistem alarm kebakaran harus dilengkapi sekurang-kurangnya sebuah bel. Bel yang dimaksud harus dipasang di luar bangunan dan dapat terdengar dari jalan masuk utama serta dekat dengan panil indikator. Sirene, pengaum atau sejenisnya dapat dipakai sebagai pengganti bel atas persetujuan Direktur atau pejabat yang ditunjuk (Departemen Tenaga Kerja Republik Indonesia, 1983).

Bel merupakan alarm yang akan bordering jika terjadi kebakaran. Dapat digerakkan secara manual atau dikoneksi dengan sistem deteksi kebakaran. Suara bel agak terbatas, sehingga sesuai ditempatkan dalam ruangan terbatas seperti kantor (Ramli, 2010).

2.6.6.2 Sirene

Fungsi sama dengan bel, namun jenis suara yang dikeluarkan berupa sirene. Ada yang digerakkan secara manual dan ada yang bekerja secara

otomatis. Sirine mengeluarkan suara yang lebih keras sehingga sesuai digunakan di tempat kerja yang luas seperti pabrik (Ramli, 2010).

2.6.6.3 Horn

Horn juga berupa suara yang cukup keras namun lebih rendah dibanding sirine (Ramli, 2010).

2.6.6.4 Pengeras suara (*Public Address*)

Dalam suatu bangunan yang luas di mana penghuni tidak dapat mengetahui keadaan darurat secara cepat, perlu dipasang jaringan pengeras suara yang dilengkapi dengan penguatnya (*Pre-amplifier*) sebagai pengganti sistem bell, dan horn. Sistem ini memungkinkan digunakannya komunikasi searah kepada penghuni agar mereka mengetahui cara dan sarana untuk evakuasi (Ramli, 2010).

Instruksi yang disiarkan secara otomatis (rekaman) atau suara langsung (*live voice evacuation*) diperbolehkan untuk digunakan sebagai notifikasi/pemberitahuan penghuni dan harus sesuai dengan SNI 03-3985-2000 (Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2008).

2.6.7 Titik Panggil Manual

Menurut SNI 03-3985-2000, titik panggil manual adalah suatu alat yang dioperasikan secara manual guna memberi isyarat adanya kebakaran. Titik panggil manual harus berwarna merah. Penempatan titik panggil manual yang dipersyaratkan yaitu pada lintasan menuju ke luar dengan ketinggian 1,4 meter dari lantai. Lokasi penempatan titik panggil manual harus tidak mudah terkena gangguan, tidak tersembunyi, mudah kelihatan, mudah dicapai serta ada pada jalur arah ke luar bangunan. Selain itu, titik panggil manual beserta dengan bel

harus ditempatkan di dekat *fire alarm control* yang mudah dicapai serta terlihat jelas. Titik panggil manual harus dihubungkan dengan kelompok detektor (zona detektor) yang meliputi daerah di mana titik panggil manual tersebut dipasang (Badan Standardisasi Indonesia, 2000).

2.6.8 Fire Control Alarm

Menurut SNI 03-3985-2000, *fire alarm control* merupakan komponen dari sistem deteksi dan alarm kebakaran yang berfungsi untuk mengontrol bekerjanya sistem, menerima dan menunjukkan adanya isyarat kebakaran, mengaktifkan alarm kebakaran, melanjutkan ke fasilitas lain terkait, dan lain-lain. *Fire alarm control* dapat terdiri dari satu panel saja, dapat pula terdiri dari beberapa *fire alarm control*. *Fire alarm control* harus bisa menunjukkan asal lokasi kebakaran. *Fire alarm control* harus mampu membantu kerja detektor dan alarm kebakaran serta komponennya secara keseluruhan.

Fire alarm control harus dilengkapi dengan peralatan-peralatan, sehingga operator dapat mengetahui kondisi instalasi baik pada saat normal maupun pada saat terdapat gangguan. Peralatan-peralatan tersebut sekurang-kurangnya terdiri dari :

- a. Perlengkapan untuk pengujian terhadap bekerjanya sistem secara keseluruhan.
- b. Perlengkapan pengujian untuk mengetahui apabila terjadi kerusakan pada sistem yaitu *buzzer* dan lampu indikator.
- c. Perlengkapan pemberitahuan apabila terjadi sinyal palsu.
- d. Perlengkapan pemantau sistem catu daya.

- e. Perlengkapan lampu indikator yang menunjukkan suatu keadaan di mana detektor/alarm kebakaran dalam suatu zona sedang bekerja.
- f. Fasilitas yang menunjukkan bahwa catu daya dalam keadaan ada/tidak ada, berasal dari PLN, batere atau pembangkit listrik darurat yang dilengkapi dengan alat ukur tegangan (voltmeter).
- g. Pengalihan operasi harus secara otomatis yang disertai dengan bunyi *buzzer*.
- h. Lampu tanda suatu sirkit (zona) terbuka atau dalam keadaan hubung singkat lengkap dengan sakelar pilih (*selector switch*).
- i. Fasilitas pengujian sirkit detektor/alarm kebakaran zona dalam keadaan normal atau ada gangguan (berupa sirkit terbuka atau sirkit tergabung singkat), dimana simulasi yang dilakukan tidak mempengaruhi kerja zona yang lainnya dalam sistem tersebut.
- j. Fasilitas uji lampu indikator yang berfungsi untuk memeriksa apakah lampu-lampu indikator masih hidup atau mati.
- k. *Buzzer* untuk keperluan operator yang disertai lampu kedip dan sakelar untuk mematikan alarm.

Fire alarm control / bantu harus ditempatkan dalam bangunan di tempat yang aman, mudah terlihat dan mudah dicapai dari ruang utama dan harus mempunyai minimum ruang bebas 1 meter di depannya. Apabila *fire alarm control* direncanakan untuk dapat dilakukan pemeliharannya dari belakang, maka harus diadakan ruang bebas yang cukup dibelakang panel. Ruang tempat *fire alarm control* harus diproteksi dengan detektor kebakaran (Badan Standardisasi Indonesia, 2000).

2.6.9 Sistem Karbon Dioksida

2.6.9.1 Karbon Dioksida

Karbon dioksida merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak mudah terbakar dan gas yang tidak menghantarkan listrik. Karbon dioksida dapat berubah bentuk menjadi gas, zat padat atau cairan. Perubahannya bergantung dengan tekanan dan suhu lingkungan. Karbon dioksida cair terbentuk dari *dry ice* / es kering padat ketika terlepas langsung ke atmosfer. Karbon dioksida cair paling lazim digunakan pada aplikasi bertekanan karena tempat penampungan mudah menampung lebih banyak berat karbon dioksida (*National Fire Protection Association, 2000; Jones Jr., 2013*).

Karbon dioksida lebih berat 1,5 kali dari pada udara dapat memisahkan udara dari uap bahan bakar untuk memadamkan kebakaran. Karbon dioksida digunakan sebagai media pemadam karena mampu mengurangi kadar oksigen hingga dibawah 15%. Sifatnya yang tidak meninggalkan residu sangat efektif untuk memadamkan kebakaran kelas B dan kelas C. *National Fire Protection Association* 12 (2000) dalam A. Maurice Jones Jr. (2013) menyatakan pemadaman menggunakan karbon dioksida cocok untuk sebagian besar kebakaran kecuali pada kebakaran bahan logam aktif, *metal hydrides*, dan bahan yang mengandung oksigen.

Kegunaan karbon dioksida dalam memadamkan kebakaran tidak lepas dari bahaya apabila terpapar karbon dioksida terutama dalam ruangan tertutup. Pada pelepasan karbon dioksida tidak boleh ada manusia di area pelepasan karena gangguan asfiksia dapat terjadi, selain itu untuk menghindari adanya cedera dan kematian. Pemadam kebakaran yang memasuki area yang terlindungi karbon

dioksida harus menggunakan *self-contained breathing apparatus* dan mengukur kadar oksigen, karbon dioksida dan gas lain untuk memastikan keselamatan personel (Jones Jr.,2013).

2.6.9.2 Sistem Pemadam Karbon Dioksida

Sistem pemadam karbon dioksida merupakan sistem pemadam otomatis instalasi tetap (*fixed systems*). Sistem melindungi proses, peralatan dan benda – benda berharga atau asset penting lainnya termasuk tempat penyimpanan bahan bakar, penyimpanan bahan kimia, area bertegangan listrik, computer, mesin – mesin industri, pengoperasian kapal dan peralatan penting lainnya. Sistem pemadam karbon dioksida bekerja dengan sistem detektor dan alarm kebakaran (Jones Jr.,2013).

Sistem pemadaman karbon dioksida bekerja otomatis ketika ada sinyal yang dikirim oleh detektor yang mendeteksi adanya kebakaran ke *fire alarm control*. Sistem pemadam karbon dioksida dapat diaktifkan secara manual oleh seseorang dengan mulai mengaktifkan seluruh peralatan yang tidak bergantung pada komponen listrik. sehingga alarm suara dan lampu alarm menyala. *Fire alarm control* juga akan membuka valve tabung penyimpan karbon dioksida untuk melepas karbon dioksida menuju area yang terbakar (Suprpto, 2009).

Ketika karbon dioksida cair bertekanan tinggi dilepas untuk memadamkan kebakaran, maka ia akan berubah menjadi uap gas dan membaur dengan udara membentuk kabut menyerupai awan. Awan karbon dioksida dengan cepat akan menghilang, namun gas karbon dioksida tetap menetap pada beberapa waktu untuk menjaga area tidak kembali menyala (Jones Jr.,2013).

2.6.9.2.1 Tipe Sistem Pemadam Karbon Dioksida

Sistem pemadam karbon dioksida bekerja menggunakan dua tipe rancangan sistem, yaitu :

a. *Low pressure storage*

Media penyimpanan berbentuk tanki yang menyimpan karbon dioksida dalam jumlah besar pada tekanan 300 psi. Sistem bekerja melindungi beragam bahaya kebakaran pada satu tempat. Suhu penyimpanan karbon dioksida dijaga sekitar 0°F (-18°C), maka pendingin atau pemanas dipasang pada tanki untuk mengatur suhu secara otomatis (Jones Jr.,2013).

b. *High pressure storage*

Sistem *high pressure storage* menggunakan beberapa tabung yang terhubung dengan pipa yang masing – masing tabung memuat 5 hingga 120 pon karbon dioksida dengan tekanan karbon dioksida 850 psi. Sistem melindungi kebakaran pada ruangan kecil atau pada bagian – bagian tertentu (Jones Jr.,2013).

NFPA 12 (2000) menjelaskan bahwa tabung *high pressure* untuk pemadaman digunakan maksimal 12 tahun setelah pengujian hidrostatik terakhir. Tabung harus ditempatkan pada rak tabung untuk menghindari kebocoran karbon dioksida yang terhubung pipa. Suhu penyimpanan tabung untuk *local application* antara 0°C – 49°C sedangkan untuk *total flooding* antara -18°C – 54°C.

2.6.9.2.2 Sistem Distribusi Karbon Dioksida

Sedangkan sistem distribusinya terdiri dari *local application systems*, *total flooding systems*, *hand hose line system* dan *standpipe supply system*.

a. *Local application Systems*

Local application systems melindungi area tertentu, peralatan, proses dan pengoperasian dengan melepaskan karbon dioksida langsung ke area bahaya. Cara ini sangat cocok untuk permukaan cairan, gas atau padatan yang mudah terbakar. Karbon dioksida menyelimuti dan mengepung bahaya lalu menyingkirkan udara (oksigen) untuk memadamkan kebakaran. Ketika terdapat lebih dari satu bahaya maka sistem dapat mengarahkan karbon dioksida ke bahaya spesifik menggunakan *selector valve*. Namun, bahaya harus terisolasi dari bahaya lain untuk menghindari penyebaran api.

Berdasarkan NFPA 12 (2000) yang dikutip pada A. Maurice Jones Jr. (2013) *local application systems* harus mampu mengirimkan karbon dioksida dalam waktu 30 detik hingga 3 menit, tergantung dari bahayanya.

b. *Total flooding Systems*

Total flooding systems melindungi bahaya dari ruangan tertutup. Jumlah karbon dioksida dan jumlah *nozzle* yang diperlukan untuk melindungi area dipengaruhi oleh volume total area serta perhitungan konsentrasi karbon dioksida yang diperlukan sesuai tipe bahaya.

Tabel 2.5 Faktor Volume

Volume ruangan (m ³)	Faktor Volume		Jumlah terhitung (kg) (tidak kurang)
	m ³ /kg CO ₂	kg CO ₂ /m ³	
0 – 3.96	0.86	1.15	—
3.97 – 14.15	0.93	1.07	4.5
14.16 – 45.28	0.99	1.01	15.1
45.29 – 127.35	1.11	0.90	45.4
127.36 – 1415.0	1.25	0.80	113.5
Diatas 1415.0	1.38	0.77	1135.0

sumber : NFPA 12 Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems 2000 Edition

Tabel 2.6 *flooding factor*

<i>Flooding factor</i> bahaya spesifik					
Konsentrasi	Ft ³ /lb. CO ₂	Lb.CO ₂ /ft ³	m ³ /kg	Kg.CO ₂ / m ³	Bahaya spesifik
50%	10	0,100	0,62	1,60	Bahaya listrik kering pada umumnya (area 0 – 2000 ft ³ / 56,6 m ³)
50%	12	0,083 (200lb/min)	0,75	1,33 (91kg/min)	Bahaya listrik kering pada umumnya (area lebih dari 0 – 2000 ft ³ / 56,6 m ³)
65%	8	0,125	0,50	2,00	Catatan atau missal kertas, penyimpanan dan perpipaan
75%	6	0,166	0,38	2,60	Penyimpanan bulu, pengumpul debu, dsb.

sumber : NFPA 12 *Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems 2000 Edition*

Sekali pelepasan karbon dioksida area tertutup yang dilindungi harus mampu menahan konsentrasi karbon dioksida selama beberapa waktu. Pada beberapa kasus, seperti kebakaran pada permukaan beberapa menit cukup untuk memadamkan. Namun, pada kasus lain seperti kebakaran pada penyimpanan kertas dokumen membutuhkan waktu yang lebih lama.

c. *Hand Hose Line Systems*

Hand hose line systems sistem pengiriman karbon dioksida secara manual dengan menggunakan selang dan *nozzle* yang rangkaiannya tersambung dengan pipa tetap suplai karbon dioksida. *Hand hose system* dapat digunakan oleh satu orang ketika instalasi tetap tidak mencukupi atau secara ekonomis bahaya dapat ditangani tanpa instalasi tetap. Umumnya, *hand hose line* ditempatkan dekat pada instalasi seperti *local application*, *total flooding* dan APAR. Berdasarkan NFPA 12 (2000) *hand hose systems* harus mampu menyuplai karbon dioksida

untuk memadamkan kebakaran dengan waktu minimal 1 menit. Kemampuan personal untuk menggunakan *hand hose systems* sangat berpengaruh dalam memadamkan kebakaran.

