

Bab 5

Keselamatan Kebakaran dan Ledakan

Disusun oleh:

**Tim Dosen K3L FTUI
Genap 2019/2020**

Materi yang dibahas

1. Pengertian umum mengenai kebakaran dan bencana
2. Jenis-jenis (tipologi) kebakaran
3. Statistik kebakaran
4. Peran Pemadam Kebakaran
5. Pengaturan dalam Perundangan RI
6. Pertimbangan Keselamatan dan Proteksi Kebakaran dalam Pengembangan Wilayah
7. Pengertian ledakan dan dampaknya

Api dalam kehidupan masyarakat sehari-hari



**Mengapa ada
api di tepi
jalan yang
sepi ?**



Pengertian dan Definisi

NFPA Glossary of Terms

Fire

- Fire is a rapid oxidation process with the evolution of light and heat in varying intensities.
- Fire is any instance of destructive and uncontrolled burning, including explosion, of combustible solids, liquids, or gases.

Disaster

Disaster is defined as any unusual occurrence or unforeseen situation that seriously overtaxes or threatens to seriously overtax the routine capabilities of a health care facility.

Definisi Bencana (Disaster)

The Johns Hopkins and the International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies

The word *disaster implies a sudden overwhelming and unforeseen event.*

At the household level, a disaster could result in a major illness, death, a substantial economic or social misfortune.

At the community level, it could be a flood, a fire, a collapse of buildings in an earthquake, the destruction of livelihoods, an epidemic or displacement through conflict.

When occurring at district or provincial level, a large number of people can be affected.

1. Disasters from forces in nature

Tropical storms (hurricanes, cyclones)
Floods
Droughts
Extreme hot or cold
Volcanoes
Earthquakes
Landslides
Tsunamis

2. Disasters with humans as a factor

Mudslides from deforestation
Famine
Desertification

3. Disasters directly caused by people

Conflict
Industrial events: explosions, hazardous materials and pollution
Transportation events

Kamus Besar Bahasa Indonesia

Kebakaran ke.ba.kar.an

[n] peristiwa terbakarnya sesuatu (rumah, hutan, dsb): -- hutan sering terjadi di musim kemarau;

(2) v cak terbakar; menderita krn terbakar: krn -- itu ia tidak mempunyai tempat berteduh;

(3) n bahaya api

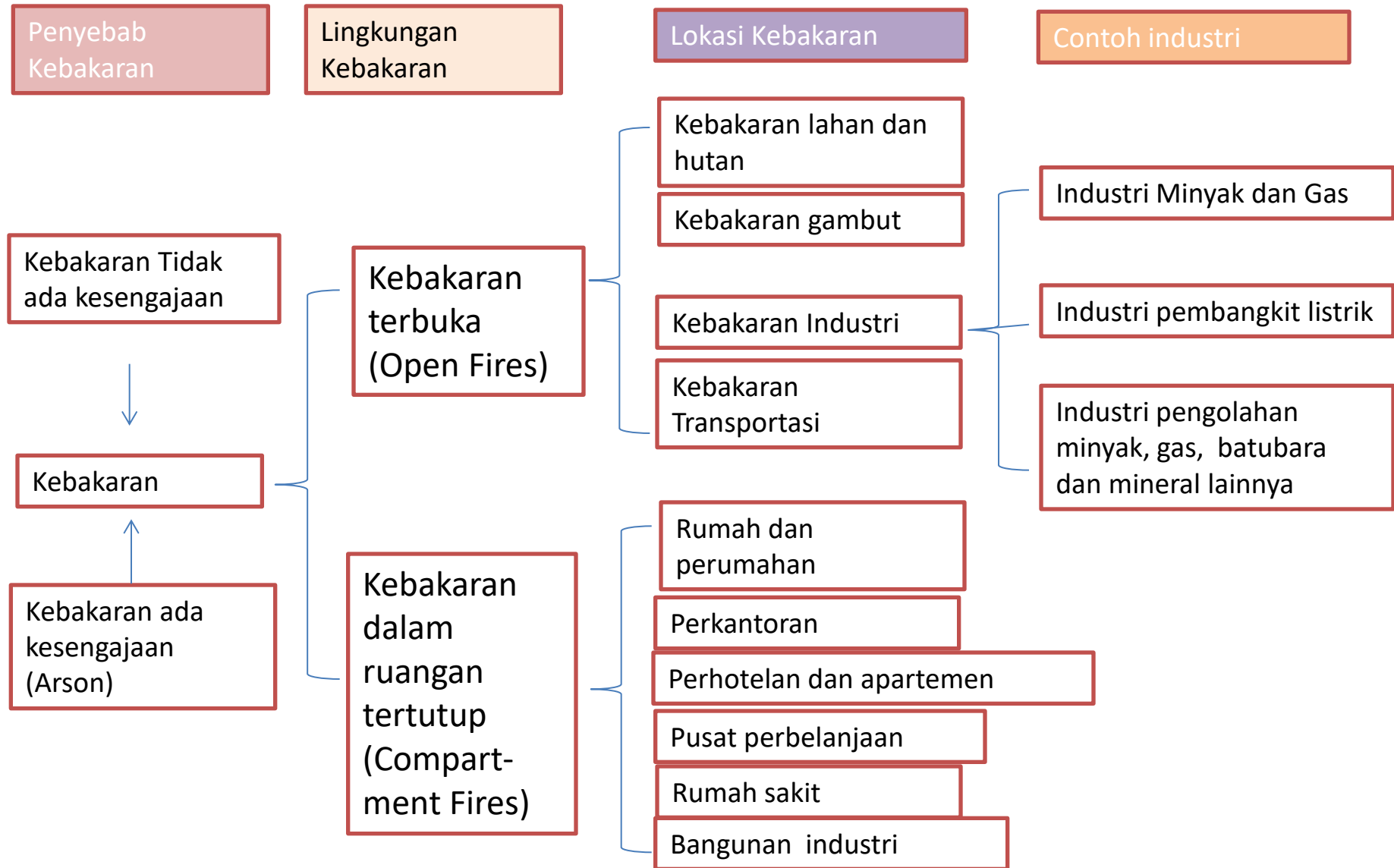
Bencana ben.ca.na

[n] (1) sesuatu yg menyebabkan (menimbulkan) kesusahan, kerugian, atau penderitaan; kecelakaan; bahaya: pemimpin yg tidak jujur akan menimbulkan -- bagi negara dan bangsa; di -- , di bahaya; di kecelakaan;

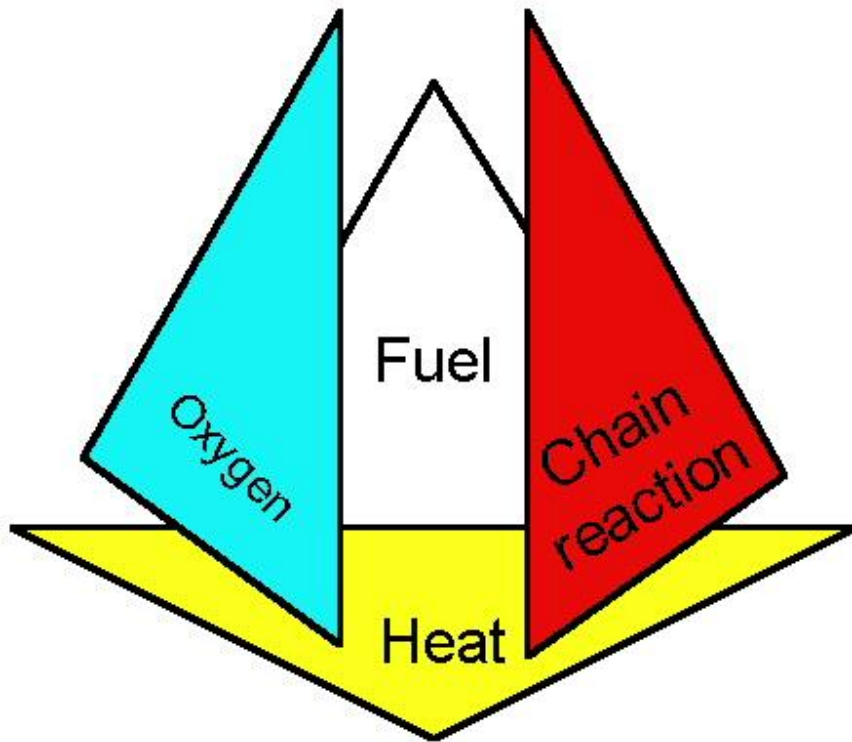
(2) ark gangguan; godaan: mereka mengadakan selamatan untuk menolak -- roh jahat

Kebakaran tidak sama dengan **Bencana**,
namun, dalam **skala besar** kebakaran dapat menjadi suatu bencana

Tipologi Kebakaran



Nyala Api



Batas nyala (*flammable limits*)

Table 3.1 Flammability data for gases and vapours

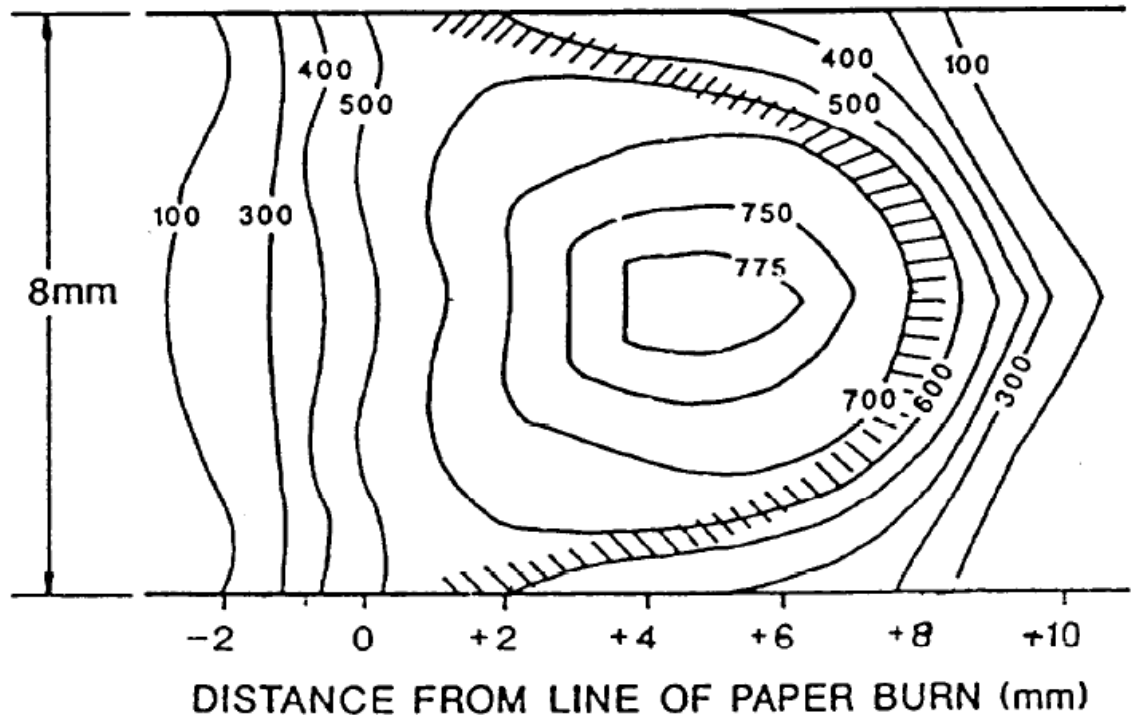
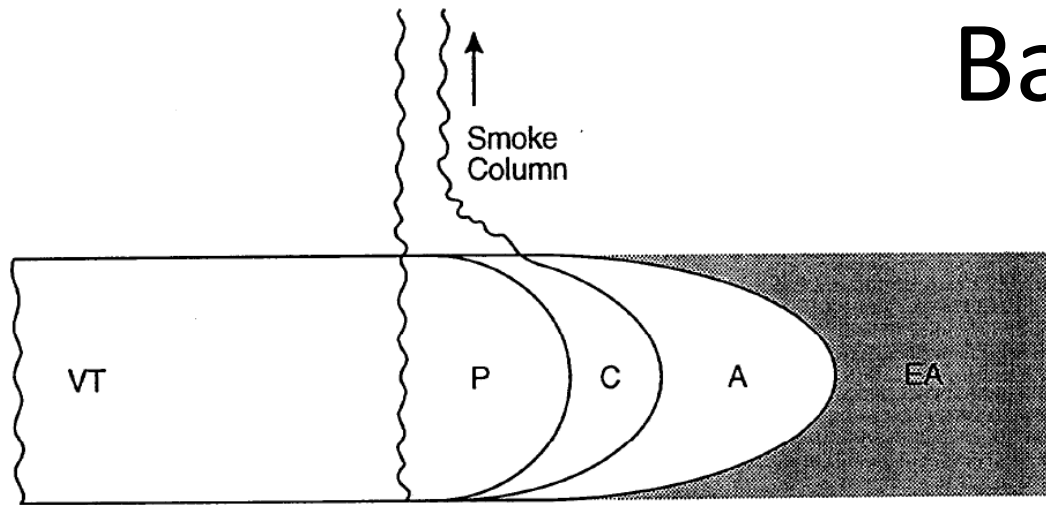
	Lower flammability limit (L) ^a			$\frac{L}{C_{st}}$	Upper flammability limit (U) ^a		$\frac{U}{C_{st}}$	S_u^b (m/s)	Minimum ignition energy ^b (mJ)	Minimum quenching distance ^b (mm)
	% Vol	g/m ³	kJ/m ³		% Vol	g/m ³				
Hydrogen	4.0 ^c	3.6	435	0.13	75	67	2.5	3.2	0.01	0.5
Carbon monoxide	12.5	157	1591	0.42	74	932	2.5	0.43	—	—
Methane	5.0	36	1906	0.53	15	126	1.6	0.37	0.26	2.0
Ethane	3.0	41	1952	0.53	12.4	190	2.2	0.44	0.24	1.8
Propane	2.1	42	1951	0.52	9.5	210	2.4	0.42	0.25	1.8
<i>n</i> -Butane	1.8	48	2200	0.58	8.4	240	2.7	0.42	0.26	1.8
<i>n</i> -Pentane	1.4	46	2090	0.55	7.8	270	3.1	0.42	0.22	1.8
<i>n</i> -Hexane	1.2	47	2124	0.56	7.4	310	3.4	0.42	0.23	1.8
<i>n</i> -Heptane	1.05	47	2116	0.56	6.7	320	3.6	0.42	0.24	1.8
<i>n</i> -Octane	0.95	49	2199	0.58	—	—	—	—	—	—
<i>n</i> -Nonane	0.85	49	2194	0.58	—	—	—	—	—	—
<i>n</i> -Decane	0.75	48	2145	0.56	5.6	380	4.2	0.40	—	—
Ethene	2.7	35	1654	0.41	36	700	5.5	>0.69	0.12	1.2
Propene	2.4	46	2110	0.54	11	210	2.5	0.48	0.28	—
Butene-1	1.7	44	1998	0.50	9.7	270	2.9	0.48	—	—
Acetylene	2.5	29	1410		(100)	—	—	1.7	0.02	
Methanol	6.7	103	2141	0.55	36	810	2.9	0.52	0.14	1.5
Ethanol	3.3	70	1948	0.50	19	480	2.9	—	—	—
<i>n</i> -Propanol	2.2	60	1874	0.49	14	420	3.2	0.38	—	—
Acetone	2.6	70	2035	0.52	13	390	2.6	0.50	1.1	—
Methyl ethyl ketone	1.9	62	1974	0.52	10	350	2.7	—	—	—
Diethyl ketone	1.6	63	2121	0.55	—	—	—	—	—	—
Benzene	1.3	47	1910	0.48	7.9	300	2.9	0.45	0.22	1.8

^a Data from Zabetakis (1965). Mass concentration values are approximate and refer to 0°C ($L(\text{g/m}^3) \approx 0.45 M_w L(\text{vol } \%)$).

^b Data from various sources including Kanury (1975) and Lees (1980). There is uncertainty with some of these data (Lees, 1980; Harris, 1983).

^c See p. 111.

Bahaya “hot spot” dalam bara api Rokok



Kebakaran di timbunan batubara

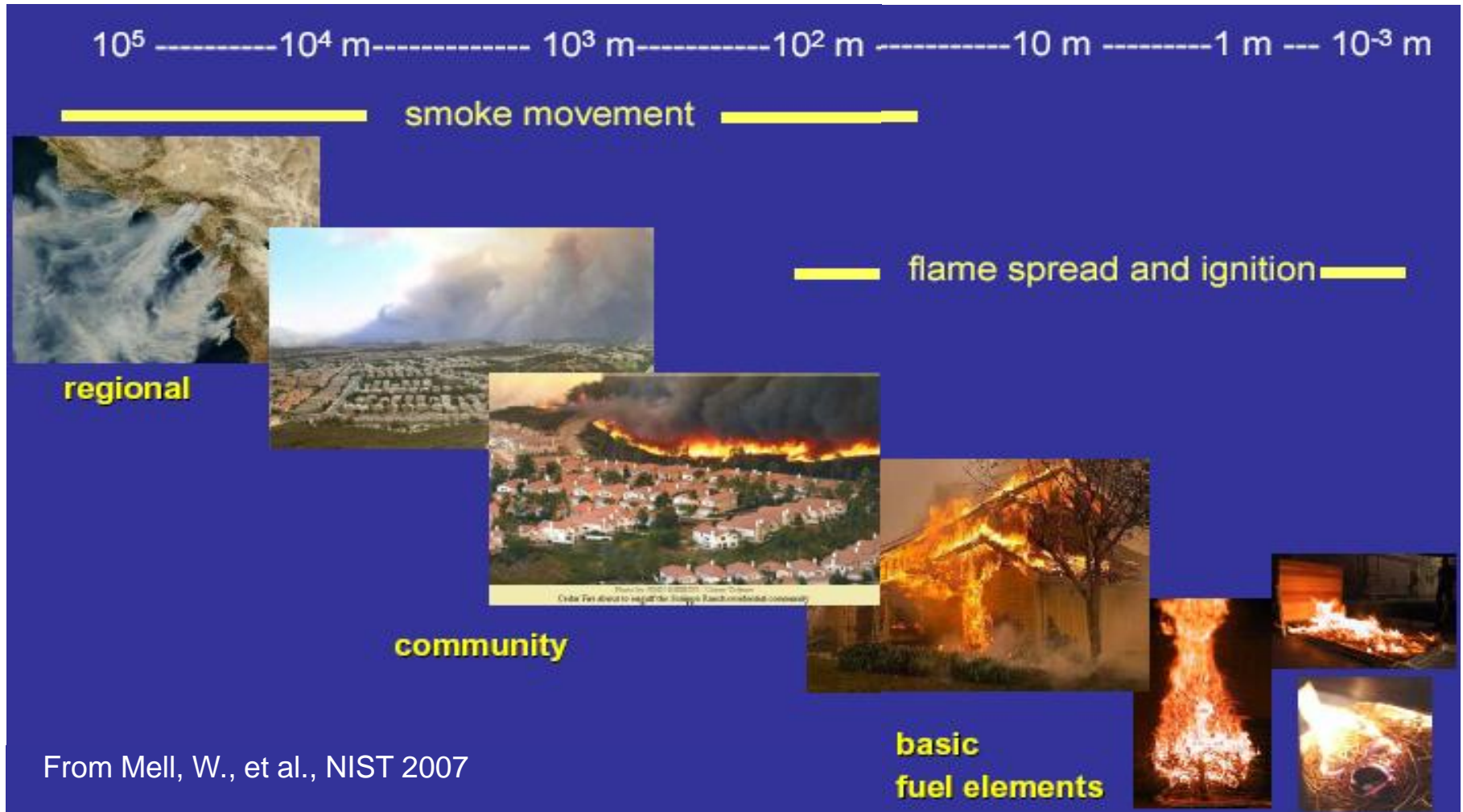


[Photo oleh Dr. Imansyah I Hakim]

Kebakaran lahan dan hutan



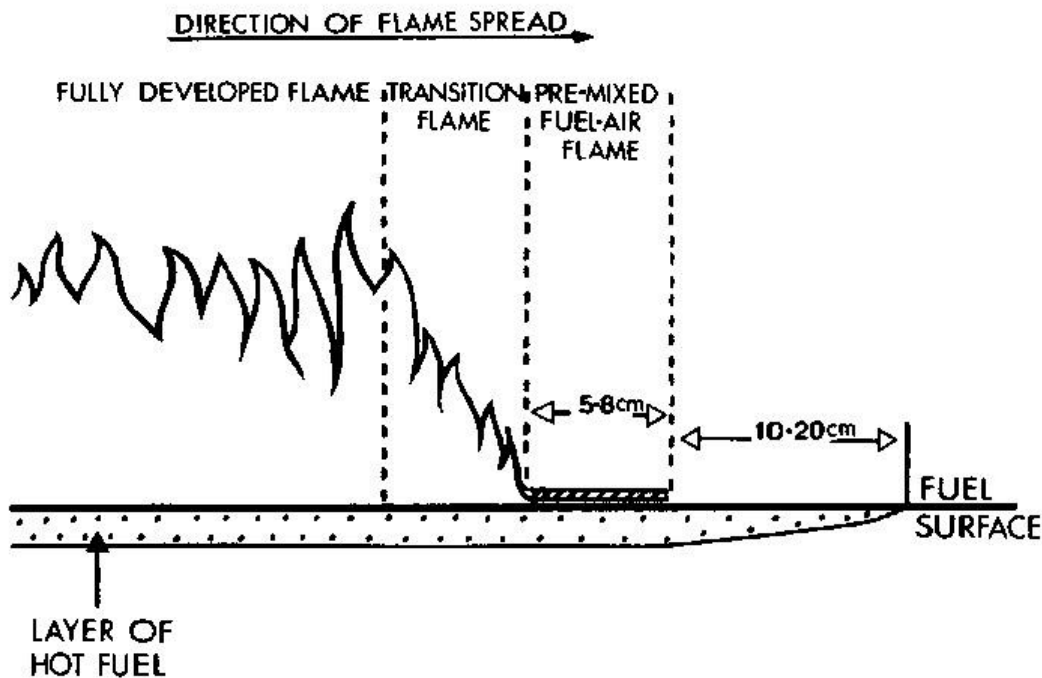
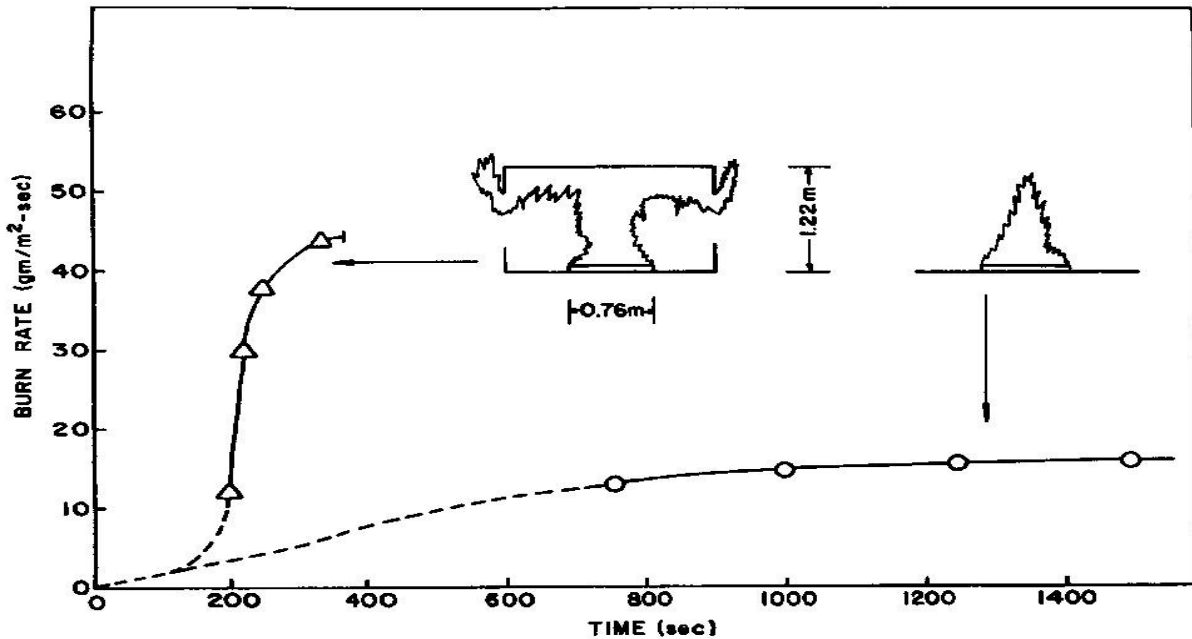
Skala dan Proses Kebakaran



From Mell, W., et al., NIST 2007

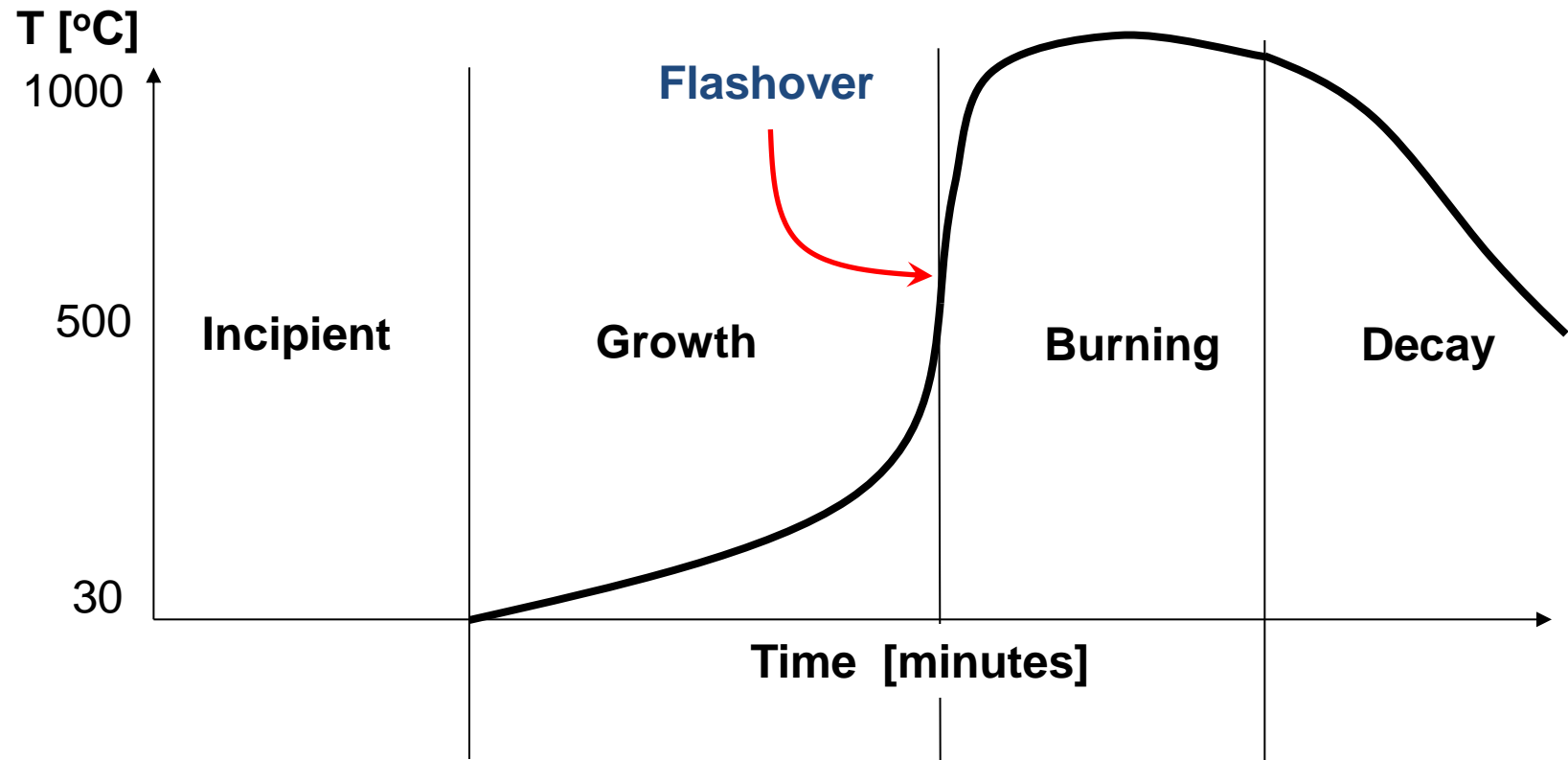
Kebakaran dapat menjangar sehingga menyebabkan terjadinya **Bencana**

Pertumbuhan api



Penyebaran
nyala api

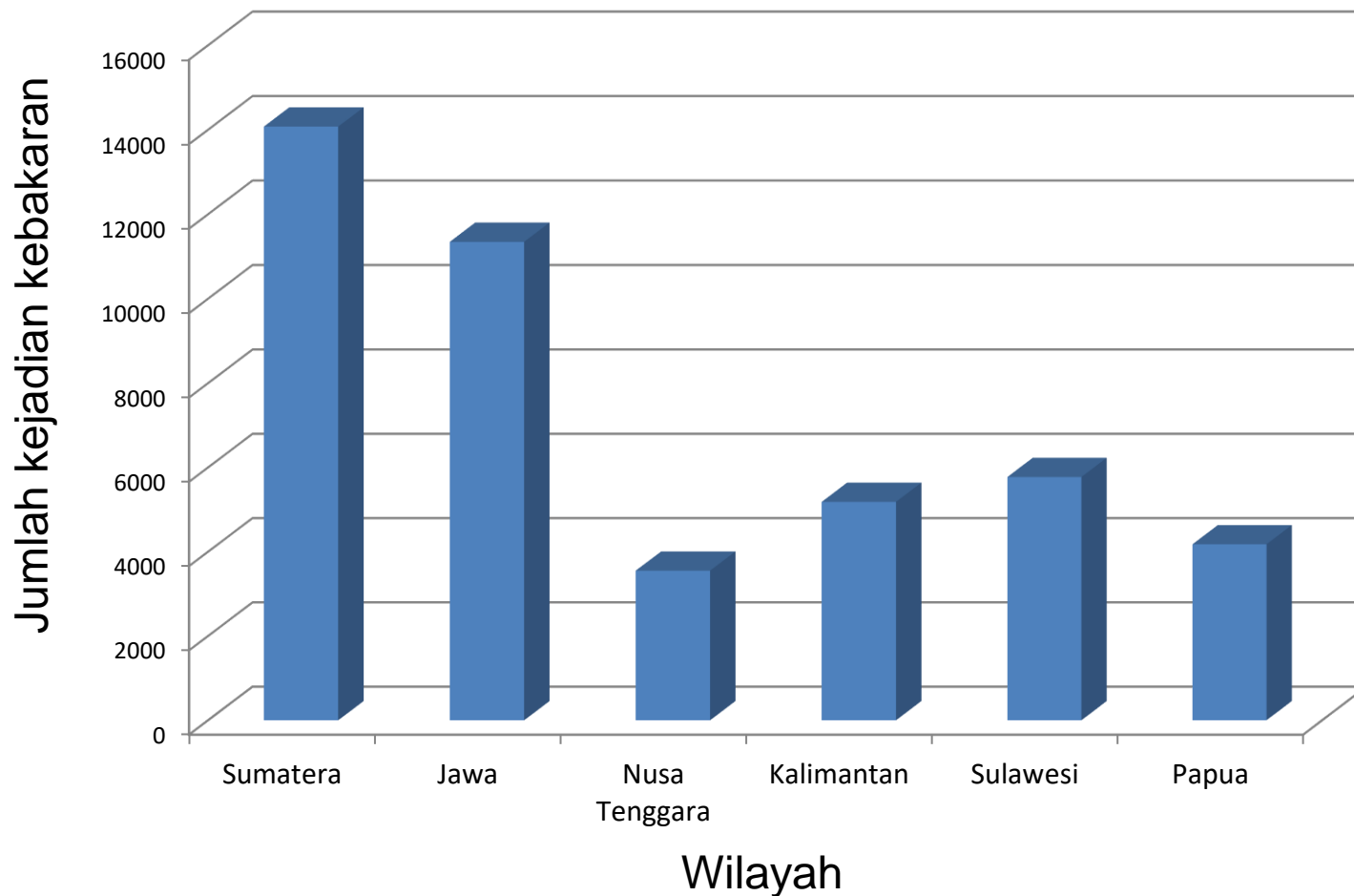
Kebakaran dalam ruangan



Stage	Incipient	Growth	Burning	Decay
Fire behavior	Heating of fuel	Fuel-controlled burning	Ventilation controlled	Fuel-controlled burning
Human behavior	Prevent fire	Extinguish by hand, escape	Death	
Detection	Smoke detectors	Smoke/heat detectors	External smoke and flame	
Active control	-	Extinguish by sprinklers or	Control by Fire Service	
		Fire Services, Smoke control		
Passive control	Control of materials	Flammability, spread of flame	Fire resistance, containment, prevent collapse	

Data kebakaran di Indonesia 2013

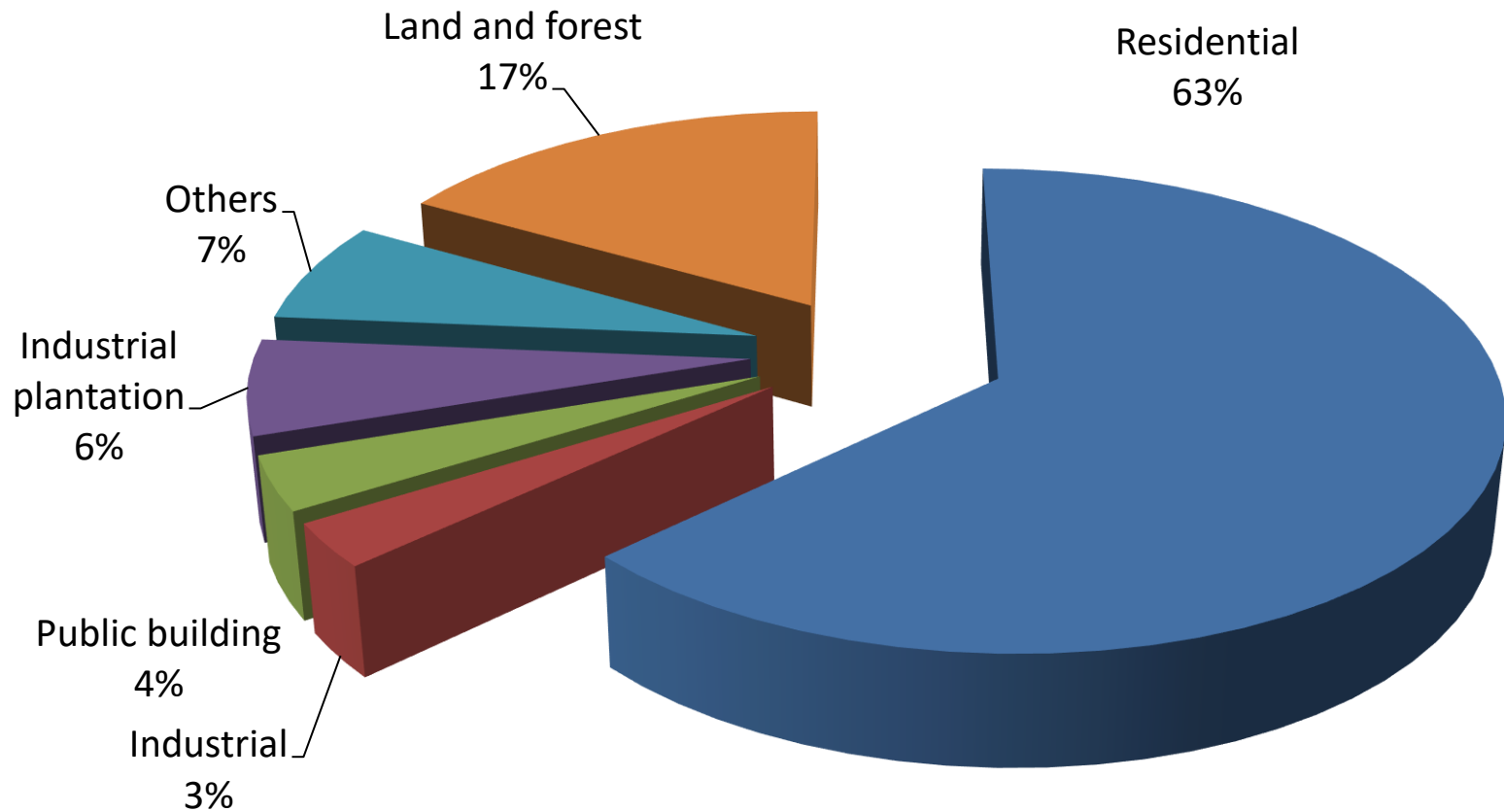
17



Total : 44,100 fire accidents

Ministry of Internal Affairs, Dirjen PUM 2014

Statistik kebakaran di Indonesia tahun 2013 ¹⁸



Pemadam Kebakaran atau *Firefighter* :

Firefighter (*both career and volunteer*) is the basis of the efforts to control the spread of fire and to mitigate against the loss of life and property from fire and similar emergencies

(Tenaga Terampil)



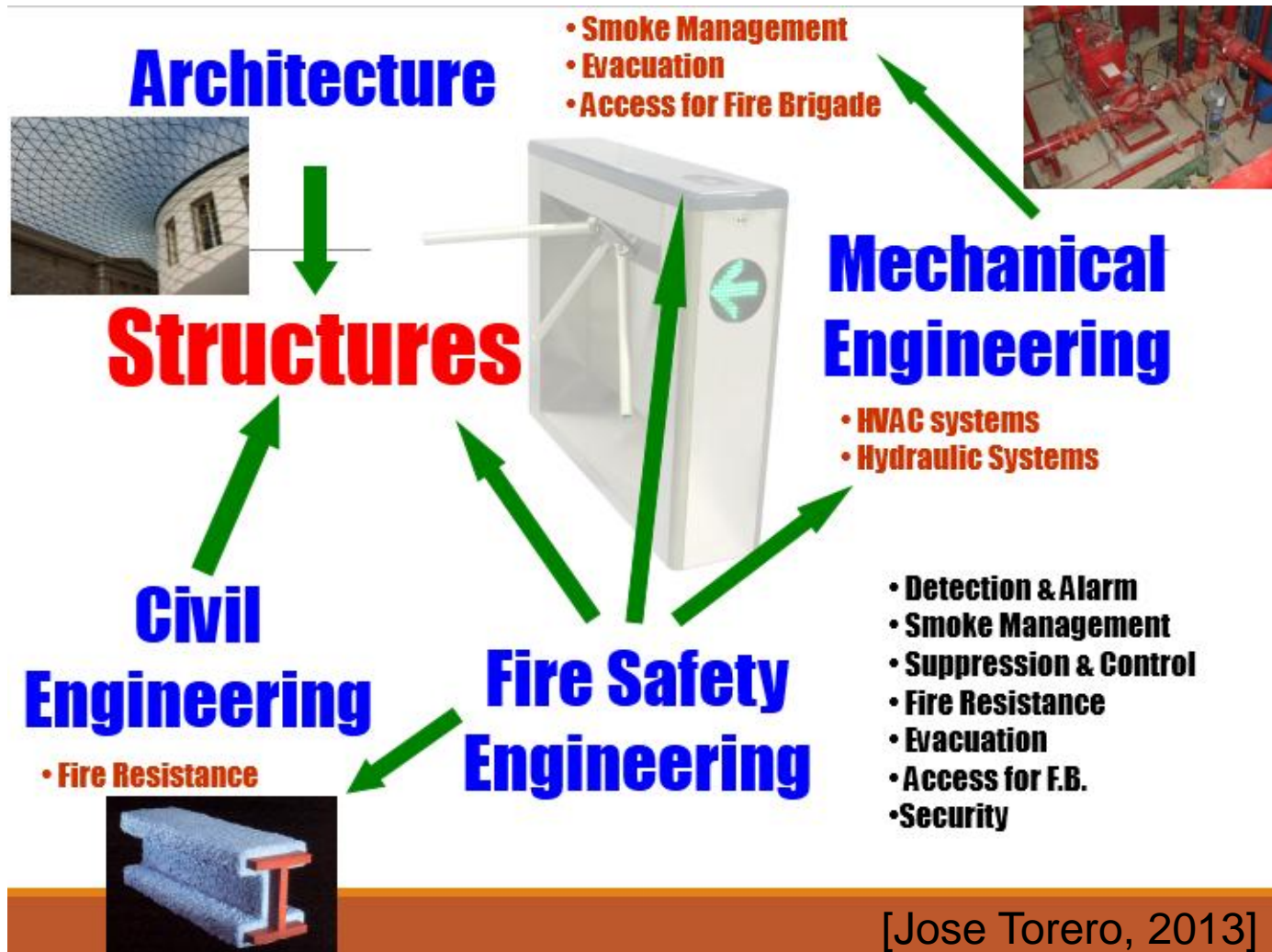
Ahli/Analisis Keselamatan Kebakaran (Fire safety/protection engineers) [SFPE, 2004] (Tenaga Ahli)

Their work complements that of the firefighter and their main focus is both the **prevention of fires** before they start and limiting the consequences if they have already begun.

They design building features, analyze activities in those buildings and research materials and products to prevent fire hazards and limit its destructive effects.

They use the basic tools of engineering and science to help protect people, property, information, and organizational operations from the effects of fire and explosion.

Tenaga Ahli / Insinyur dalam bidang **Fire safety/protection engineers** pada umumnya adalah Sarjana Teknik / Sains, Arsitek yang mendapatkan pendidikan lanjutan mengenai aspek fire safety engineering.



Peran Pemadam Kebakaran di tengah masyarakat

Visi Pemadam Kebakaran (*Fire Service*):

Menyelamatkan jiwa dan harta benda

(*To save life and property*)

Misi Pemadam Kebakaran (*Fire Service*)

Misi Pemadam Kebakaran adalah mewujudkan Visi menyelamatkan jiwa dan harta benda, yang dilaksanakan melalui Tugas Pokok dan Fungsi Satuan Tugas Pemadam Kebakaran yang disebut sebagai Panca Dharma Pemadam Kebakaran, yaitu:

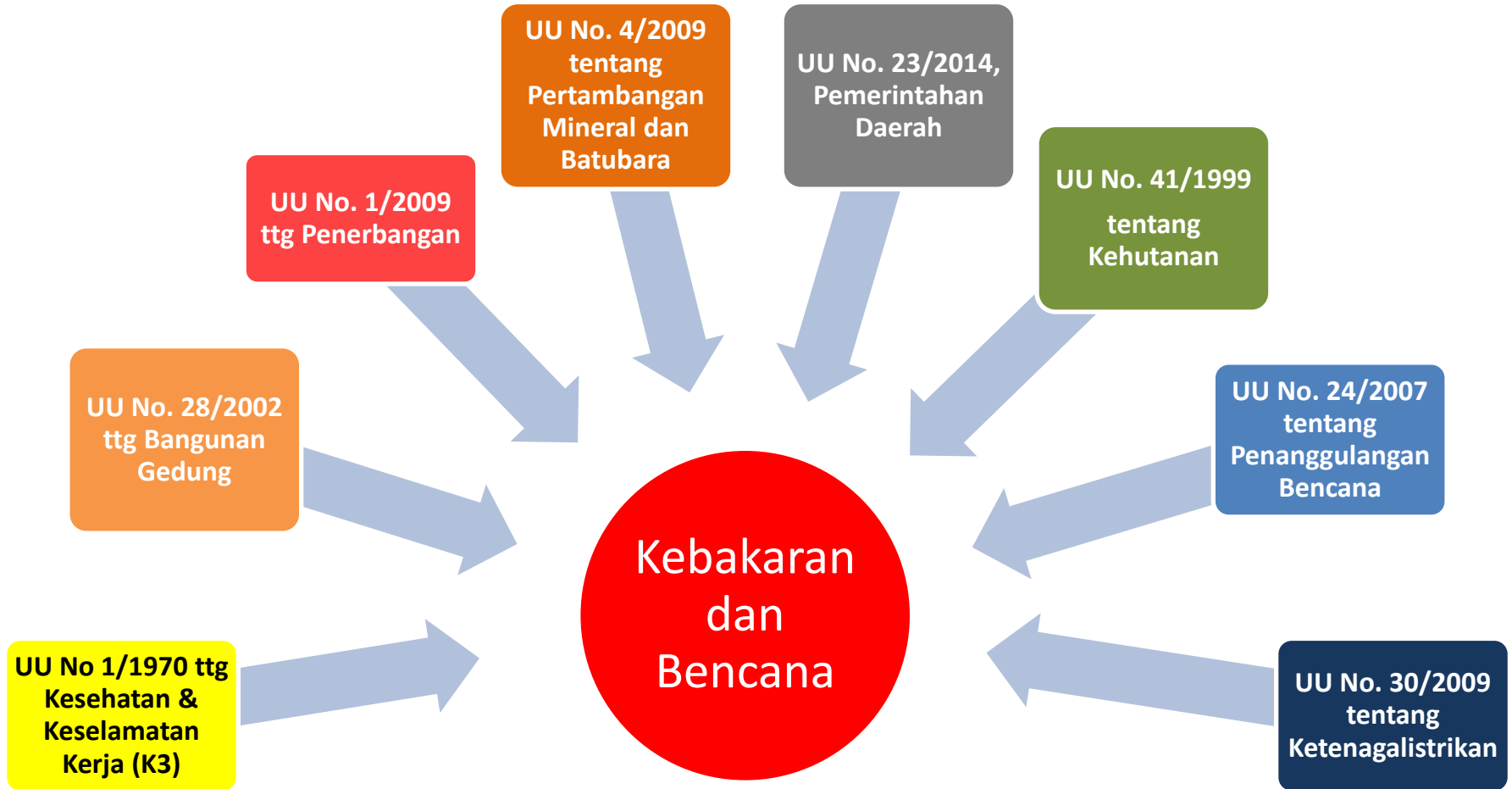
1. Pencegahan dan Pengendalian Kebakaran
2. Pemadaman Kebakaran
3. Penyelamatan
4. Pemberdayaan masyarakat
5. Penanganan bahan berbahaya

-> Pancadharma Pemadam Kebakaran

Kelembagaan Pemadam Kebakaran: International Benchmark

- ❑ UK Fire Services
- ❑ Japan : Fire and Disaster Management Agency of the Ministry of Internal Affairs and Communication
- ❑ Germany : the Feuerwehr (German Fire Services), turut mengatasi kebakaran industri dan banjir.
- ❑ Singapore : Civil Defence Force, provides fire fighting, rescue, and emergency ambulance services, and regulates fire-safety and civil defence shelter

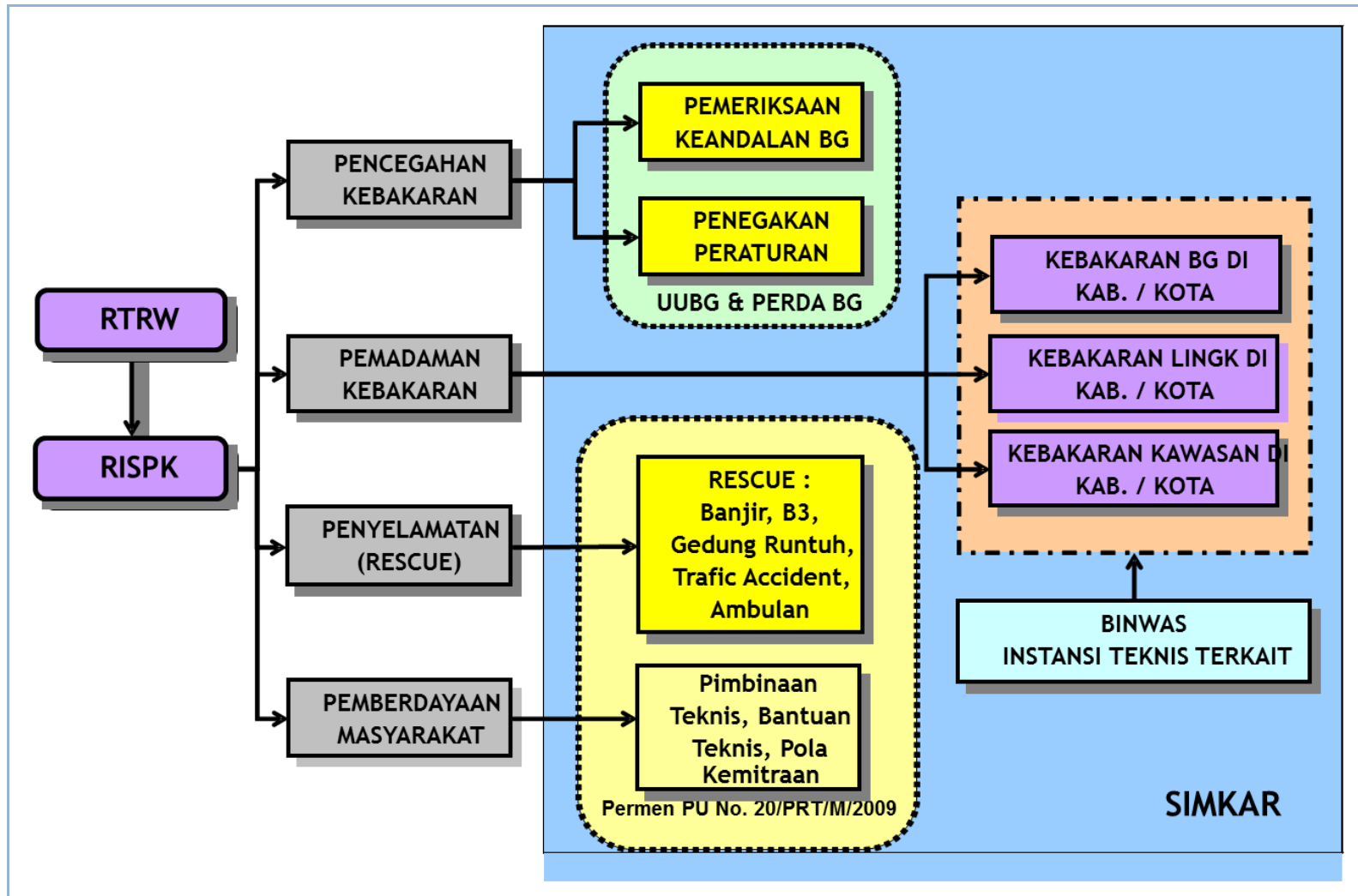
Pengaturan tentang Kebakaran dalam UU RI



Pencegahan dan Penanganan Kebakaran dan Bencana adalah Urusan Wajib

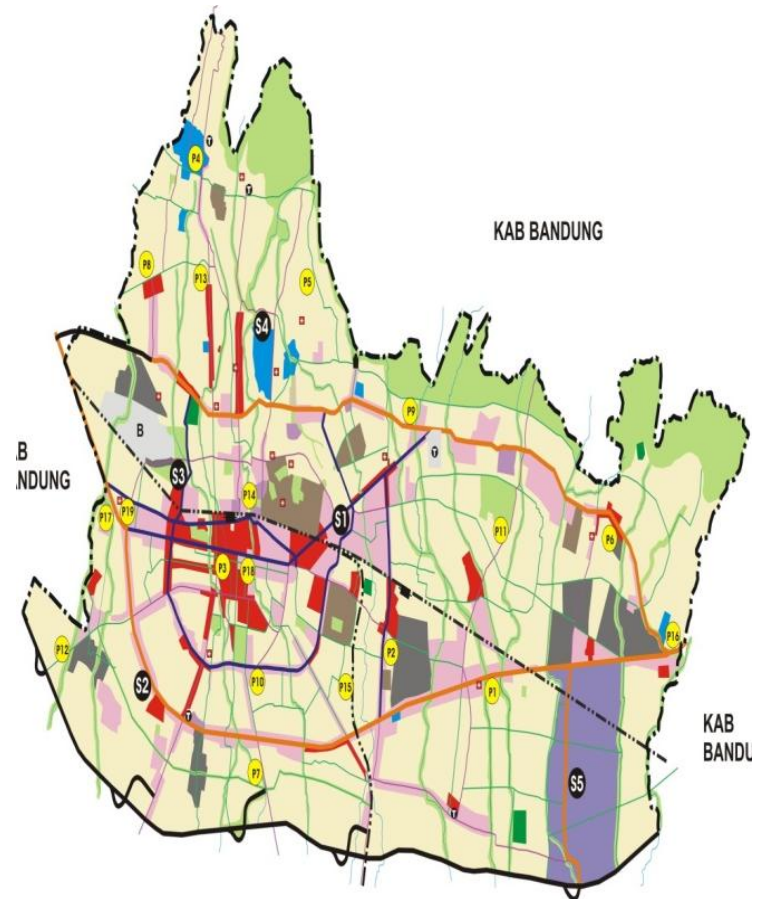
Pencegahan dan Penanganan Kebakaran menjadi urusan wajib/tanggung jawab Pemerintah/Pemerintah Daerah dan pihak terkait, karena menyangkut perijinan yang diberikan dalam pengembangan wilayah, pemukiman, industri, bisnis dan jasa. Penanganan meliputi: Kelembagaan, SDM, Sarana/Prasarana, Manajemen dan SOP sesuai dengan jenis potensi kebakaran yang ada di wilayahnya.

Pertimbangan Keselamatan dan Proteksi Kebakaran dalam Pengembangan Wilayah



Substansi Rencana Induk Sistem Proteksi Kebakaran (RISPK)

1. Pendahuluan (*tujuan, sasaran, lingkup, metoda*)
2. Kondisi geografis wilayah
3. Potensi bahaya di daerah
4. Pembentukan WMK
5. Penentuan pos pemadam, penentuan sumber air, SDM
6. Rencana induk pencegahan
7. Renc.induk penanggulangan
8. Program 5 – 10 tahunan



Peta pos pemadam kota Bandung, hasil RISPK 2003

Program kegiatan Pemadam Kebakaran pada Pra-Saat-Pasca Kebakaran

PRA KEBAKARAN	SAAT KEJADIAN	PASCA KEBAKARAN
Edukasi publik	Penerapan SOP /Protap	Infrastruktur (Sarana/ prasarana) darurat
Pre fire planning	Komunikasi darurat	Investigasi penyebab kebakaran
Fire drill / simulasi kebakaran	Fire Command Center (FCC)	<i>Lesson learned</i> (Pembelajaran dari kejadian kebakaran) dan Evaluasi
Penyusunan data & statistik kebakaran	Sistem komunikasi incident	Rehabilitasi dan rekonstruksi oleh instansi terkait, misal Dinas Pekerjaan Umum atau sesuai klaim asuransi
Sosialisasi pencegahan kebakaran		
Penyusunan NSPK (SPM, RISPK, SOP/Protap)		
Pemeriksaan & pemeliharaan		
Diklat & pembinaan		
Pembinaan SKLK (Balakar dll)		

Penyelidikan / forensik kebakaran



Memahami
penyebab untuk
meningkatkan/
memperbaiki
desain

Aspek keselamatan kebakaran dalam bangunan gedung

Mengingat lebih dari 50% kasus kebakaran berhubungan dengan Bangunan Gedung dan Perumahan Rakyat, maka sudah sepantasnya upaya penanggulangan bahaya kebakaran mengacu pada UU 28 tahun 2002 tentang Bangunan Gedung, PP, Permen terkait serta Perda sebagai turunannya.

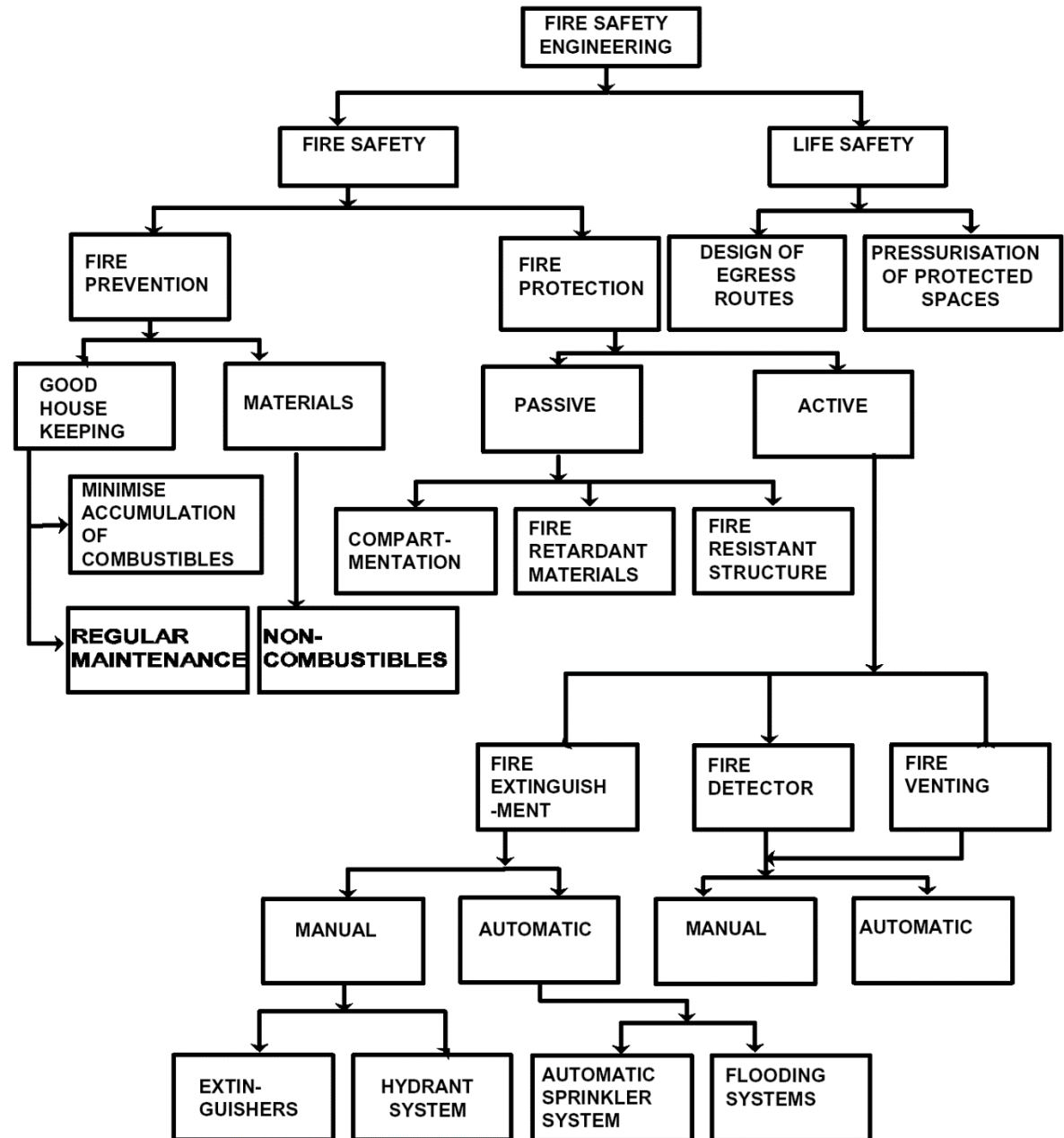
Persyaratan Keandalan Bangunan Gedung :

1. Persyaratan Keselamatan

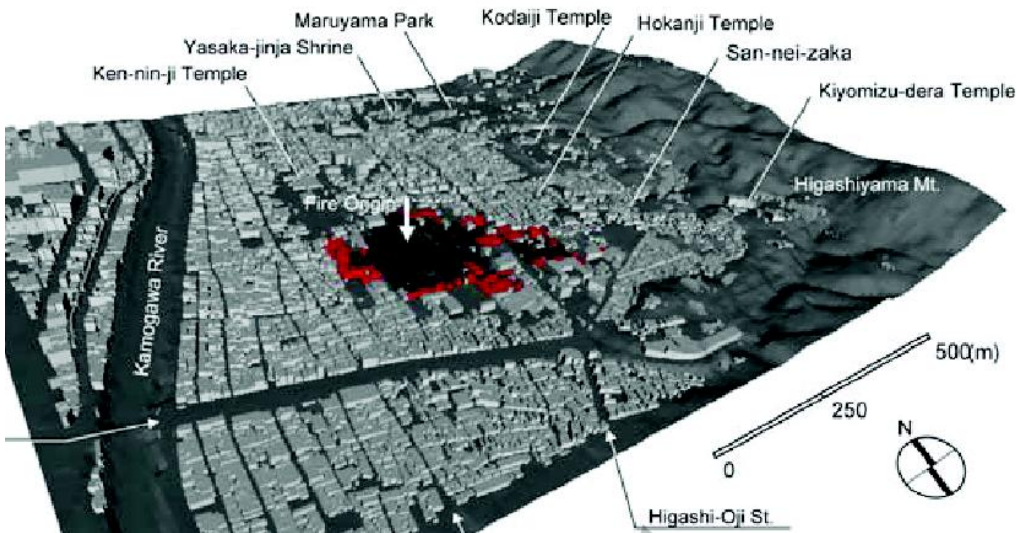
- 2. Persyaratan Kesehatan
- 3. Persyaratan Kenyamanan
- 4. Persyaratan Kemudahan

Saat ini sudah ada pembangunan bangunan gedung “sangat tinggi”, dengan ketinggian lebih dari 40 lantai, dengan Bismen lebih dari 3 lapis ke bawah tanah.

Proteksi kebakaran



Jarak antar bangunan



[K. Himoto, et al., 2008]

Tabel 2.2.3 - Jarak Antar Bangunan Gedung

No.	Tinggi Bangunan Gedung (m)	Jarak Minimum Antar Bangunan Gedung (m)
1.	s.d. 8	3
2.	> 8 s.d. 14	> 3 s.d. 6
3.	> 14 s.d. 40	> 6 s.d. 8
4.	> 40	> 8

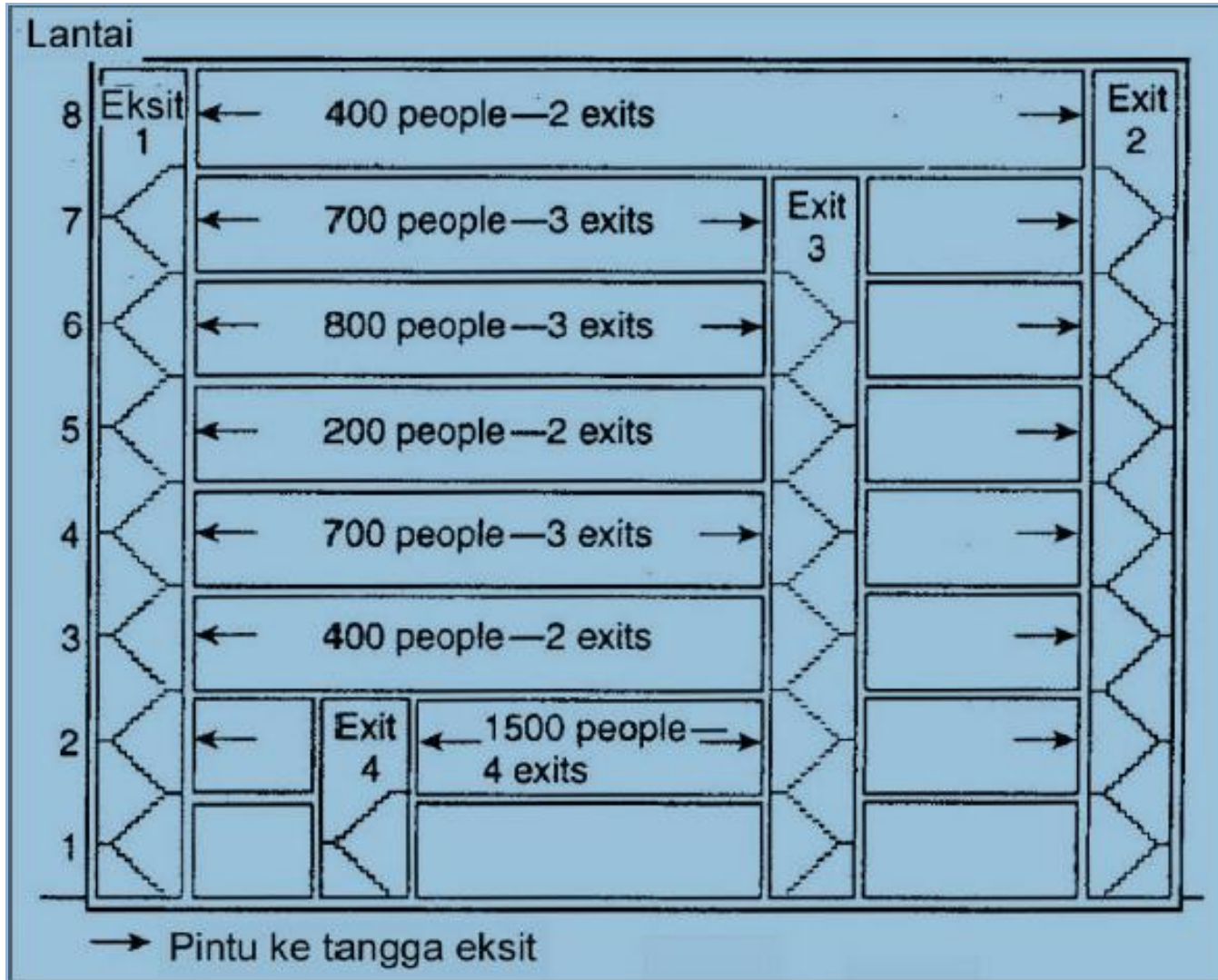
[Permen PU No. 26 Tahun 2008]

Sistem Keselamatan dan Proteksi kebakaran bangunan dapat meliputi :

- **Sarana Penyelamatan Jiwa**
 - Penyediaan tanda (signage) dan sarana /jalur evakuasi dalam bangunan yang tidak terhalang dan terjaga kondisinya, sehingga dalam keadaan darurat evakuasi menuju tempat berhimpun (assembly point) dapat dilakukan dengan selamat dan tanpa hambatan
 - Tersedia dan berfungsinya alat komunikasi internal di dalam bangunan seperti public address, telepon kebakaran
- **Proteksi pasif**
 - Rancangan fisik, material dan isi bangunan, serta operasi bangunan, sedemikian sehingga dalam periode penggunaannya, beban api dapat dijaga serendah mungkin.
 - Prasarana penanggulangan bahaya kebakaran, termasuk struktur bangunan, kompartemenisasi yang tahan api
- **Proteksi aktif**
 - Sistem deteksi dan alarm kebakaran
 - Sistem pemadam kebakaran terdiri dari APAR, sistem hydrant kebakaran, sistem Sprinkler kebakaran, sistem pengendalian asap, instalasi Lift Kebakaran, Pencahayaan darurat dan tanda penunjuk arah dan Pusat Pengendali Kebakaran.
 - Akses mobil kebakaran yang cukup sehingga memudahkan mobil pemadam kebakaran bersirkulasi tanpa hambatan
- **Building Fire Safety Management**
- **Fireman and Fire Engine access**

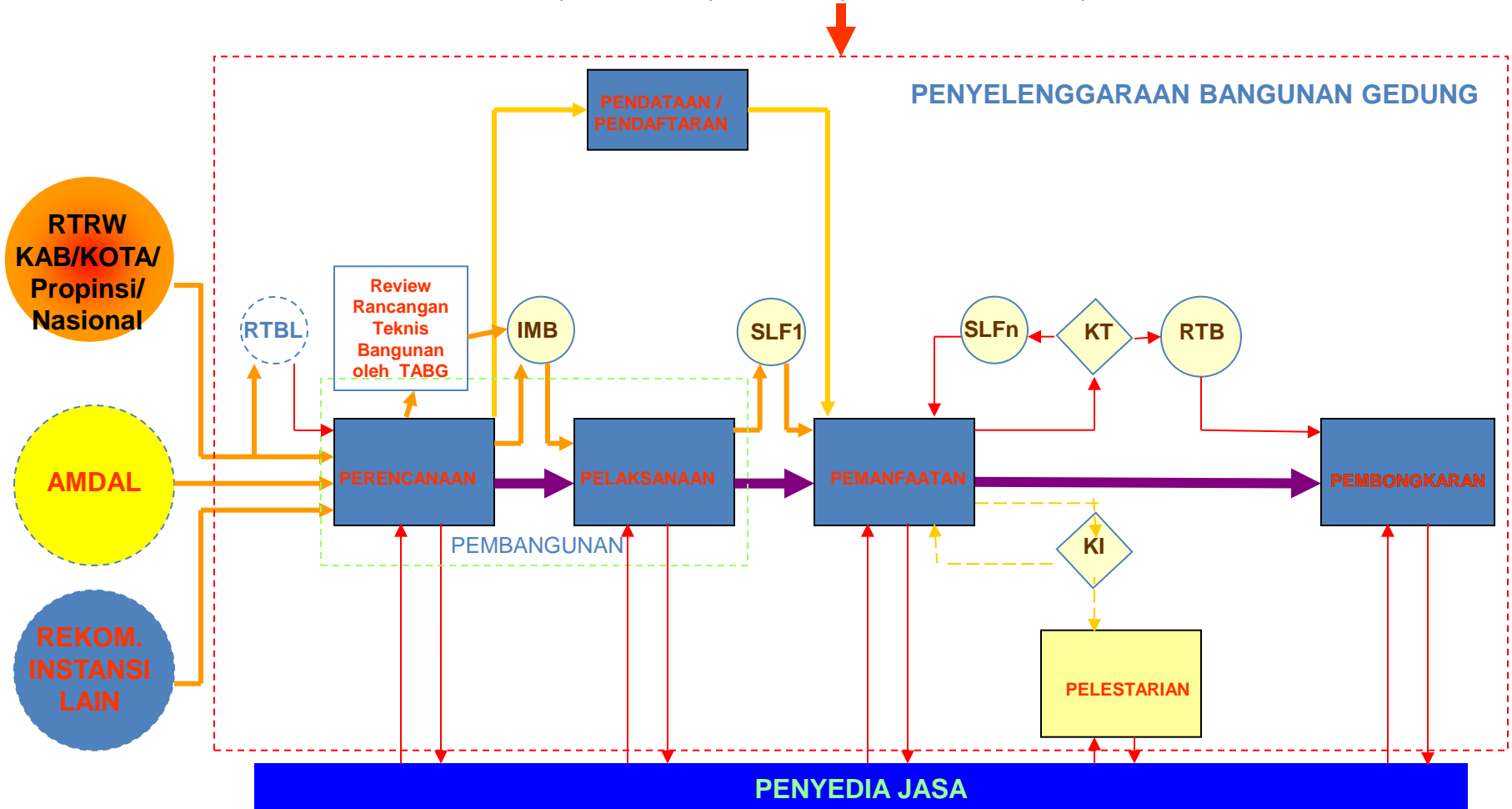
Jumlah Exit

36



Lingkup Proses Penyelenggaraan Bangunan Gedung serta Proses Perizinannya

UU, PERATURAN, PEDOMAN, STANDAR TEKNIS BG, PERDA



KETERANGAN :

M - Masyarakat
 KT - Kajian Teknis
 KI - Kajian Identifikasi
 RTB - Rencana Teknis Pembongkaran
 TABG - Tim Ahli Bingaman Gedung
 SLF1 - Sertifikat Laik Fungsi Pertama
 SLFn - Sertifikat Laik Fungsi Berkala Selanjutnya



ALUR PROSES UTAMA

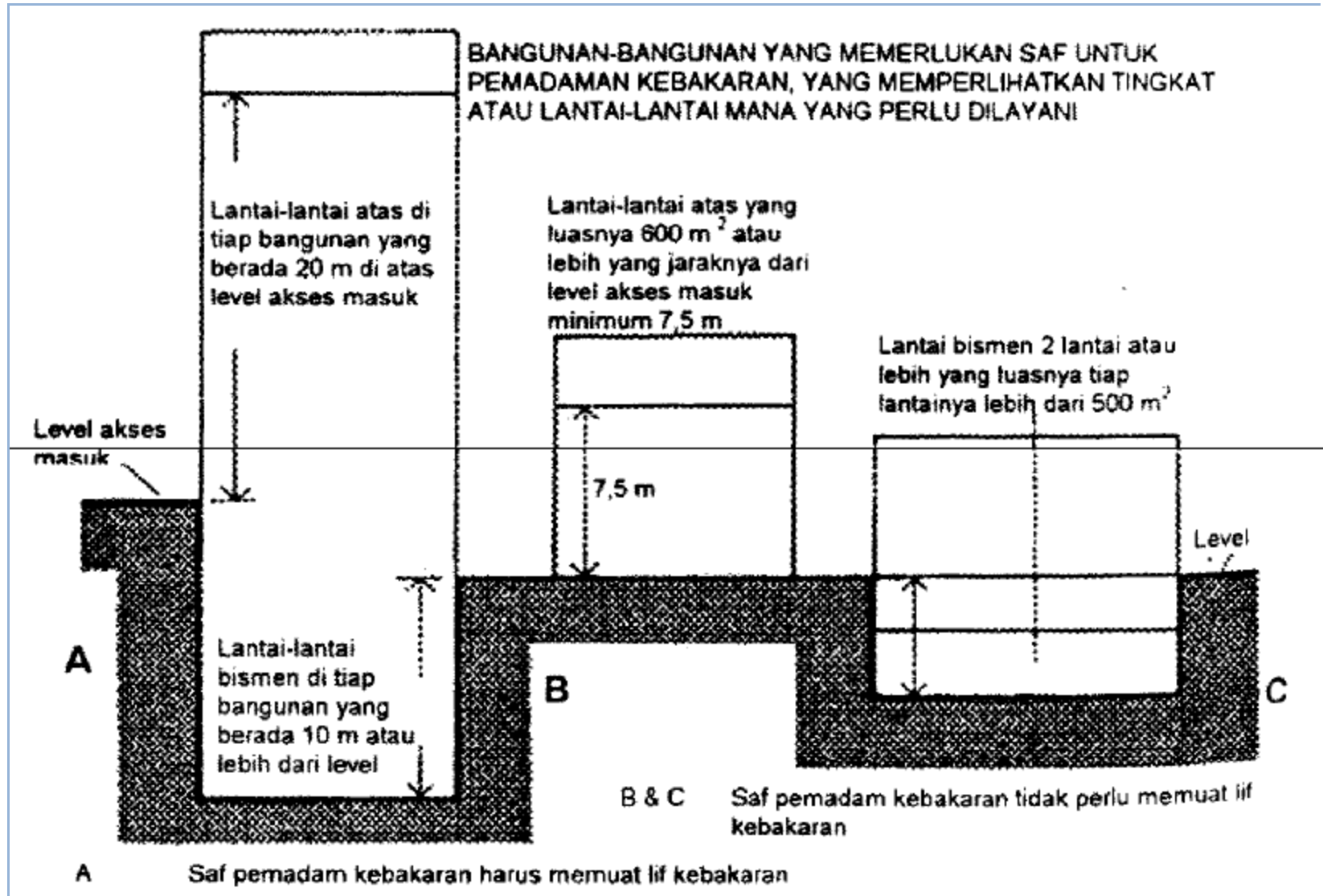


ALUR PROSES PENUNJANG



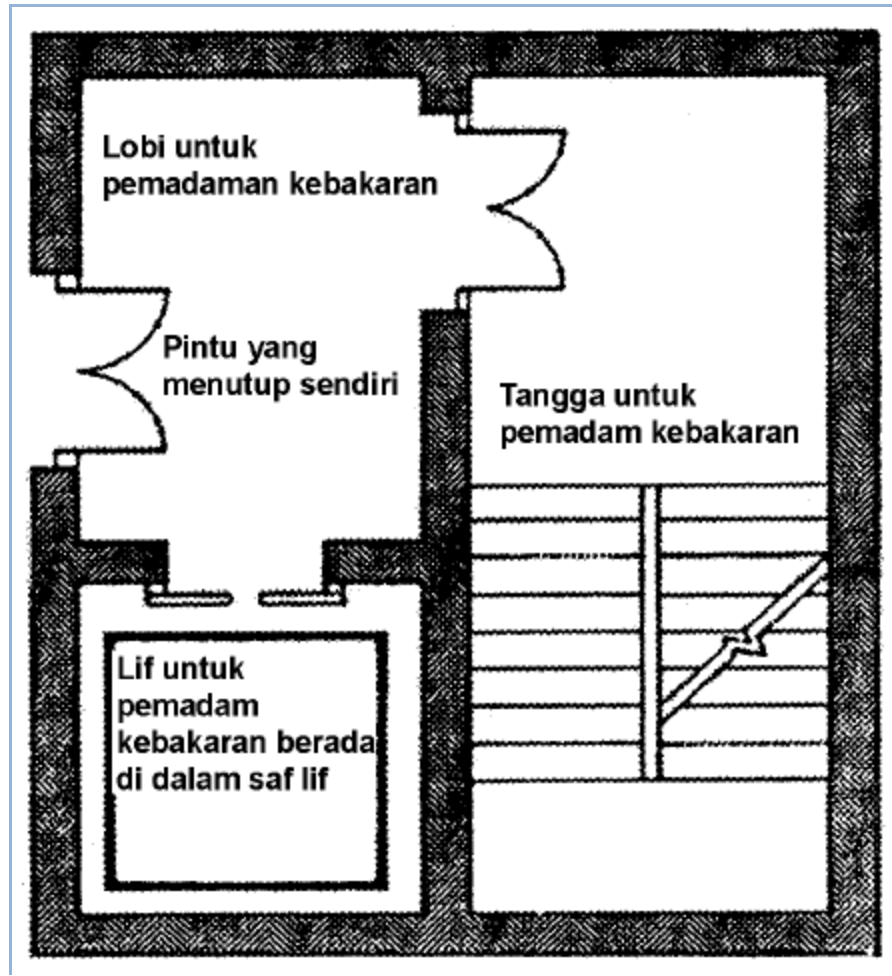
OPSIONAL

Sarana penyelamatan jiwa dan akses petugas pemadam kebakaran



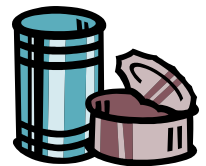
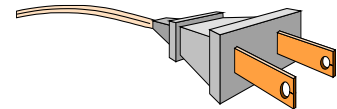
Luas lantai maksimum (m^2)	Jumlah minimum saf pemadam kebakaran
Kurang dari 900	1
900 ~ 2.000	2
Lebih dari 2.000	2 ditambah 1 untuk tiap penambahan 1.500 m^2 .

Akses
petugas
pemadam
kebakaran



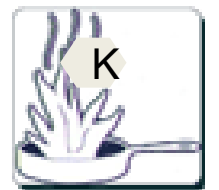
Klasifikasi Kebakaran dan dengan jarak pemadam kebakaran yang direkomendasikan

- **A** kebakaran biasa – kain, kertas, kayu, batu bara ~23 m
- **B** Cairan mudah terbakar/menyala, gas, *greas* dan oli - bensin, bahan bakar diesel ~15 m
- **C** Kabel alat listrik bertenaga, dari dekat motor
- **D** Logam mudah menyala - sodium, magnesium, titanium ~23 m
- **K** Api *grease* restoran yang berkaitan dengan memasak dari dekat



Bahan pemadam kebakaran sesuai klasifikasi kebakaran

- **A** Dipadamkan dengan pendinginan atau mengecilkan api.
(air)
- **B** Dipadamkan dengan menghambat pelepasan uap mudah menyala atau menghambat dengan pelepasan reaksi bahan kimia radikal OH.
(CO₂ atau serbuk kering: monoamonium posfat)
- **C** Agen pemadam tidak boleh bersifat konduktif.
(CO₂ atau serbuk kering)
- **D** Bahan pemadam kebakaran harus menyerap panas dan tidak boleh bereaksi dengan logam.
(serbuk kering khusus, pasir)
- **K** (Bahan kimia cair yang bersifat khusus)

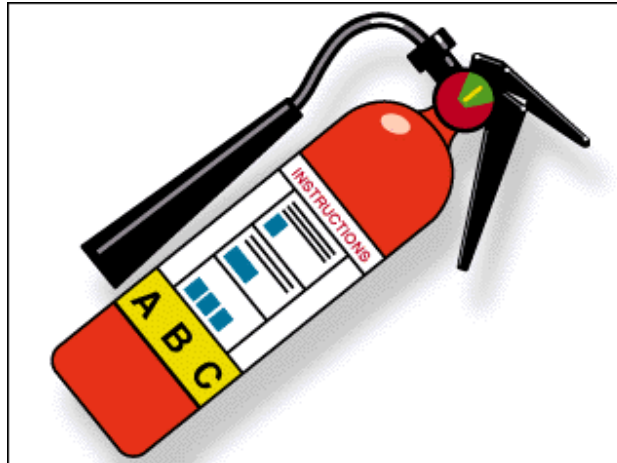


Alat Pemadam Api Ringan (APAR)

Bahan kimia Kering



Air



Ditempatkan dalam ~15-25 m



Inspeksi Bulanan & Tahunan

CO₂



Ledakan (*explosion*)

Definition: A reaction that produces a change in the state of matter that results in a rapid and violent release of energy.

Types:

- Mechanical
- Chemical
- Nuclear

Explosive

Definition: A material (chemical or nuclear) that can be initiated to undergo a very rapid, self propagating decomposition, resulting in:

- a. formation of more stable materials
- b. the liberation of heat
- c. development of a sudden pressure effect.

Materials in the form of compound or mixture of compound which suddenly undergoes a very rapid chemical transformation with the simultaneous production of large quantities of heat and gases (CO , CO_2 , N_2 , steam, O_2) and always accompanied by a vigorous shock and an associated noise (brisance)

Explosion

Explosion: A very sudden release of energy resulting in a shock or pressure wave.

Shock, Blast or pressure wave: Pressure wave that causes damage.

Deflagration: Reaction wave speed $<$ speed of sound.

Detonation: Reaction wave speed $>$ speed of sound.

Speed of sound: 344 m/s, 1129 ft/s at ambient T, P.

Deflagrations are the usual case with explosions involving flammable materials.

Dust Explosion

- ☀ Dusts of most combustible solids are an explosion hazard
 - ✿ Sufficiently small particle size
 - ✿ Sufficient concentration dispersed in air
 - ✿ Ignition source
 - ✿ Secondary explosions often exceed initial explosion

The origin of Explosions



First experimental proof:

Nikolay Nikolaevich Semenov (Russian, 1896-1986)

Investigation (1926) of the phosphorus vapour–oxygen reaction.

Explosion occurs, if the partial pressure of O_2 is between two limits. Interpretation via a branching chain reaction.



Sir Cyril Norman Hinshelwood (English, 1897-1967)

Investigation (1927) of the H_2 – O_2 reaction.

discovery of the 1st and 2nd explosion limits



The Nobel Prize in Chemistry 1956: Semenov and Hinshelwood:
"for their researches into the mechanism of chemical reactions"

Chain reaction

Chain carriers (also called **chain centres**, i.e. reactive intermediates) are generated in the **initiation steps**.

In the **chain propagation steps** the chain carriers react with the reactants, produce products and regenerate the chain carriers.

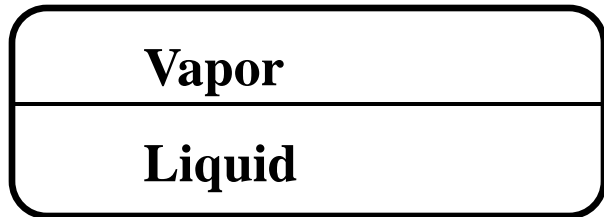
In the **inhibition step** the chain carriers react with the product, reactants are reformed, and there is no reduction in the number of chain carriers.

In the **branching step** two or more chain carriers are produced from a single chain carrier.

In the **termination steps** the chain carriers are consumed.

BLEVE

BLEVE: Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion

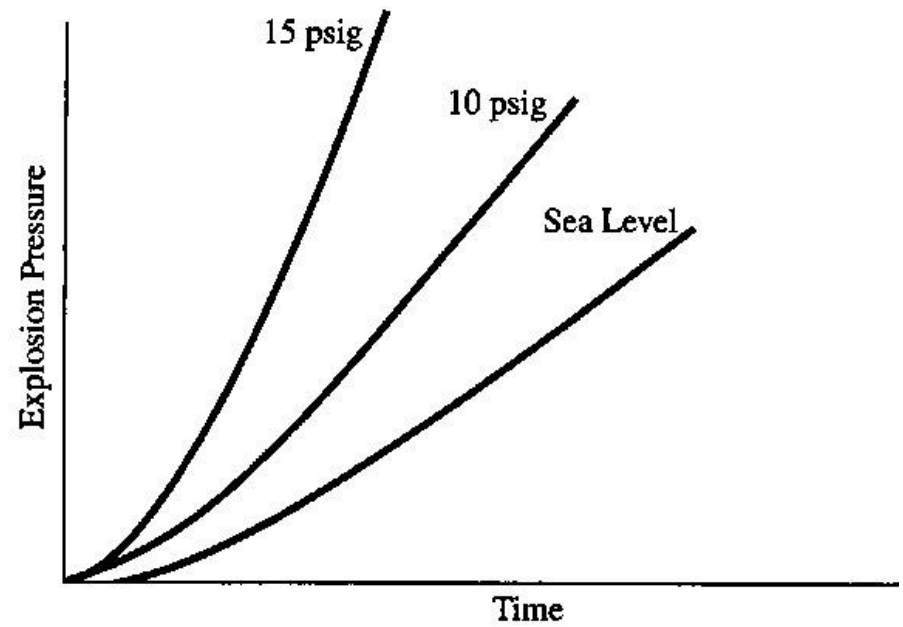
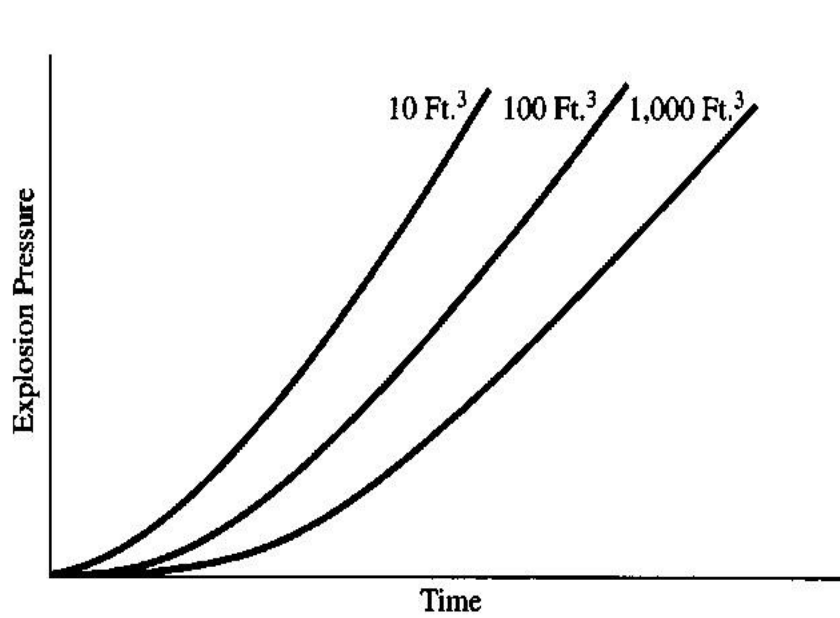


**Vessel with liquid
stored below its
normal boiling point**

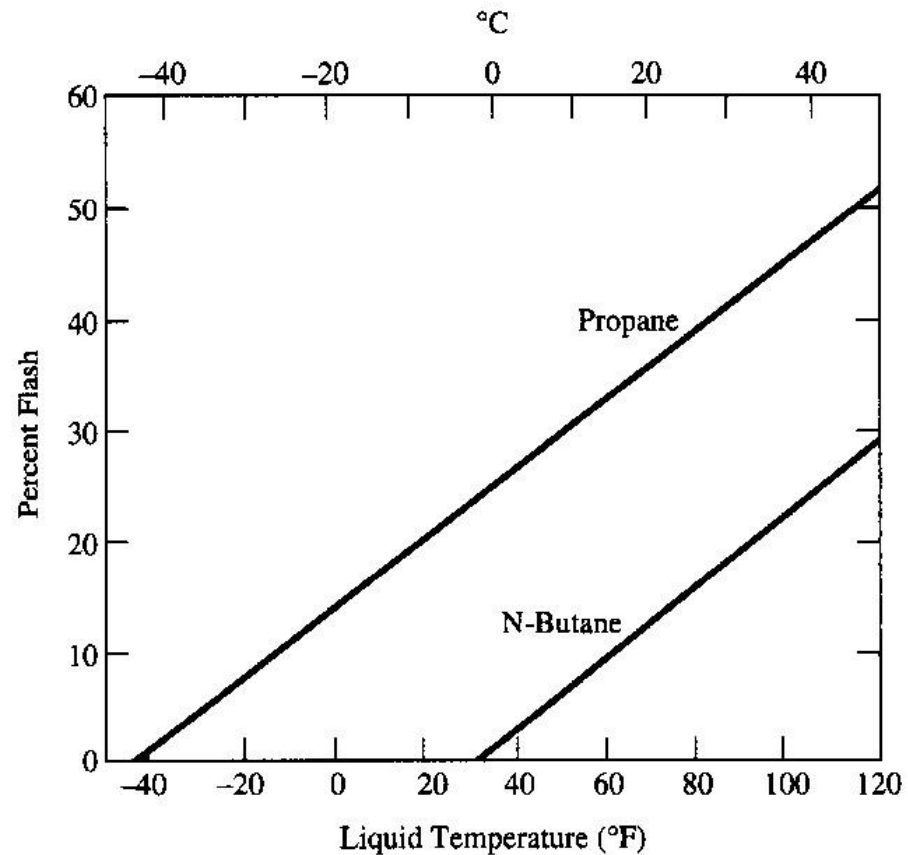
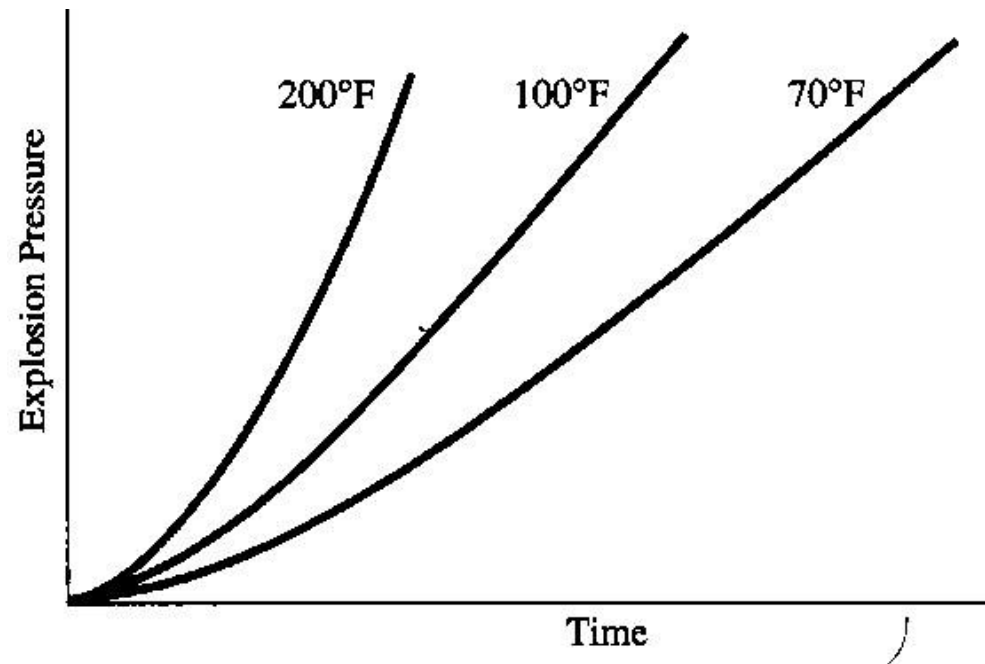
Below liquid level - liquid keeps metal walls cool.

Above liquid level - metal walls overheat and lose strength.

Explosion



Explosion



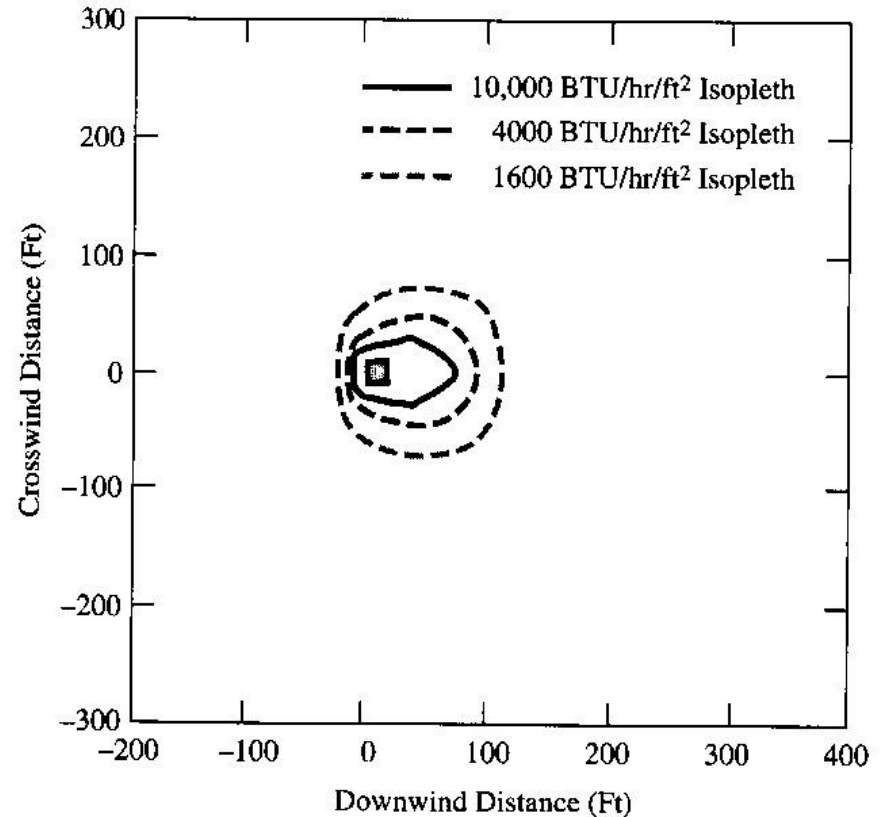
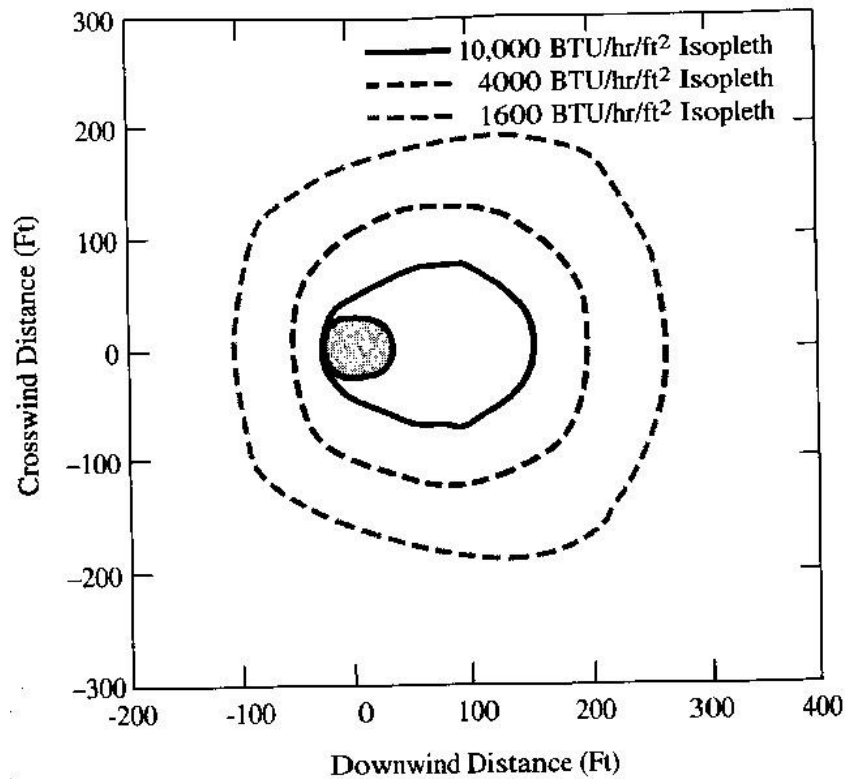
DAMAGE EFFECTS OF PEAK OVERPRESSURE OF AN EXPLOSION

Peak Overpressure (psig)	Damage effect
0.1	Small windows broken
0.4	Minor structural damage
1.0	Partial building collapse
3.0	Buildings pulled from foundations
4.0	Liquid storage tanks ruptured
5.0	Wooden telephone poles break
6.0	Houses destroyed
10.0	Buildings and machinery destroyed or heavily damaged

RADIATION HEAT FLUXES AND THE POTENTIAL ADVERSE EFFECTS

Radiation heat flux [Btu/h•ft²]	Potential adverse effects
1600	Skin will burn after 30-s exposure
4000	Wood could ignite
10,000	Metal structures could be destroyed

Fire radiation hazard



Pelatihan Keterampilan Pemadam Kebakaran



[Guido, F., 2011]

Referensi

1. Undang-undang, Peraturan Pemerintah, Peraturan Menteri, terkait bidang pencegahan, pengendalian dan penanggulangan kebakaran.
2. Bahan presentasi dari Prof. Suprpto dan Prof. Bambang Hero Saharjo tentang Peran Pemerintah Daerah dalam kesiapsiagaan pengurangan risiko kebakaran untuk antisipasi perubahan Iklim dan Pencemaran Asap, 2013.
3. Bahan presentasi Dinas Pemadam Kebakaran DKI Jakarta tentang SOP Pemadaman.
4. Bahan presentasi dalam Rapat Koordinasi Nasional Strategi Penguatan Kapasitas Pemerintah Daerah dalam Pengurangan Risiko Kebakaran, Bali, Pebruari 2013.
5. Standard dan Referensi Ilmiah dalam bidang Fire science and engineering terkait.

Terima kasih