



Teori Api dan Anatomi Kebakaran



Subjective

- Fire Triangle
- Chain Reaction, Fire Tetrahedron & Combustion
- Fire Growth Stages
- Fire Transfer Method
- Product of Combustion

Proses pembentukan api



Agar api terbentuk diperlukan 3 unsur yaitu bahan bakar, panas mula, dan oksigen. Teori ini disebut dengan **“Segitiga Api”**.

Apabila satu unsur tidak terpenuhi, maka api tidak akan terbentuk

Heat Energy, Temperature, & Ignition Temperature

(Energi Panas, temperatur, dan temperatur penyalaan/panas mula)

Terminology Panas & Temperatur

- **Panas** – adalah energy yang dapat berpindah dari suatu tempat ke tempat lainnya pada saat suatu tempat tersebut memiliki temperatur yang berbeda
- **Temperatur** – yaitu suatu ukuran dimana suatu obyek atau material dikatakan “panas” atau “dingin” sesuai dengan standar pengukuran yang ada

Terminology Panas & Temperatur

■ Misalnya:

- Degrees Celsius — SI unit of temperature measurement
 - 0°C = freezing point of water
 - 100°C = boiling point of water
- Degrees Fahrenheit — Customary unit of temperature measurement
 - 32°F = freezing point of water
 - 212°F = boiling point of water
- Joule — Approved SI unit of all forms of energy, including heat
- Calorie — Amount of heat required to raise the temperature of 1 gram of water 1 degree Celsius

Sumber Energi Panas / Kalor

- Reaksi Kimia
- Arus listrik / perpindahan energi listrik
- Reaksi mekanis
 - Friksi / gesekan
 - Kompresi
- Reaksi Nuklir

Energi Panas Kimia

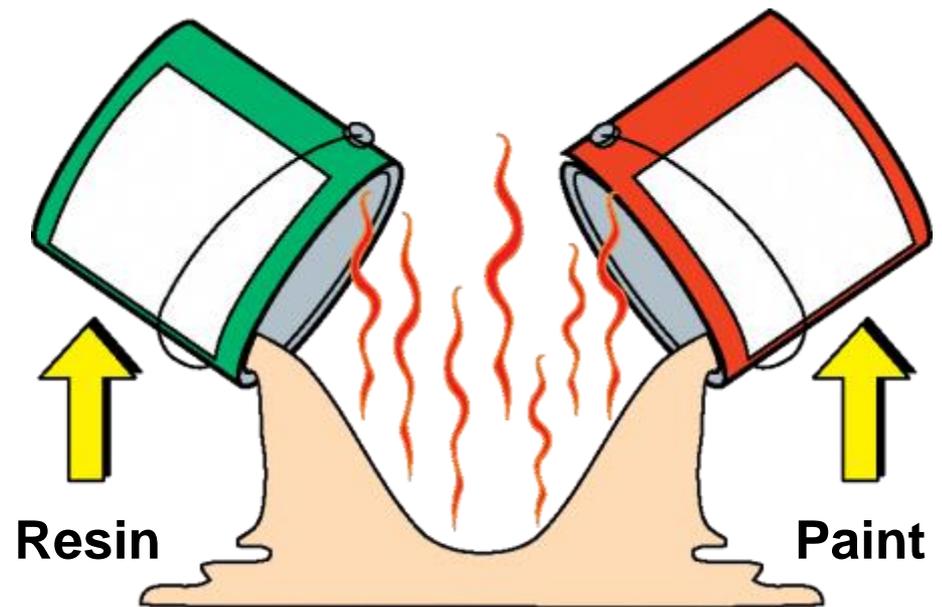
- Adalah salah satu sumber penyebab utama pada reaksi pembakaran
- Self-heating atau pemanasan spontan – yaitu suatu energi yang timbul pada saat temperatur material meningkat tanpa ada pemicu (energi panas) dari eksternal

CHEMICAL HEAT ENERGY

Heat of Combustion
(Burning)



Spontaneous Heating
(No External Heat Source)



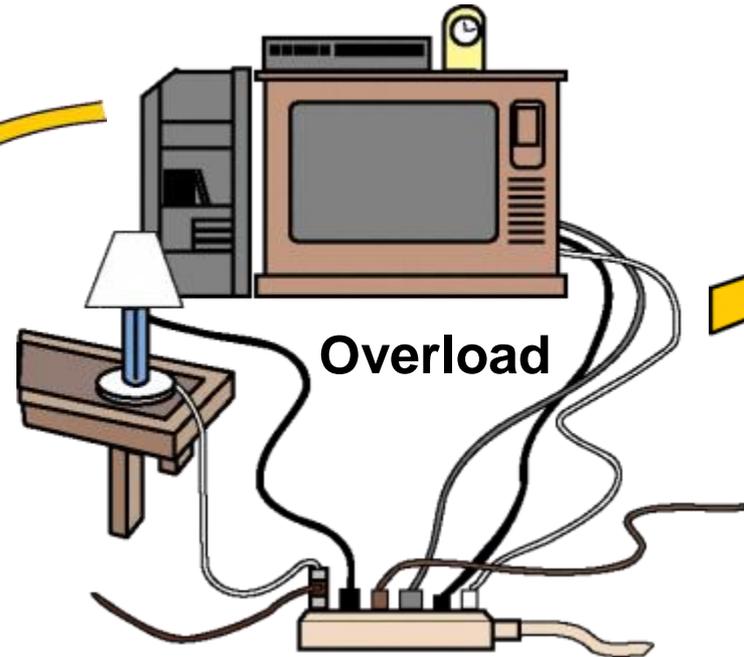
ELECTRICAL HEAT ENERGY

**Resistance Heating
(Current Through Conductor)**

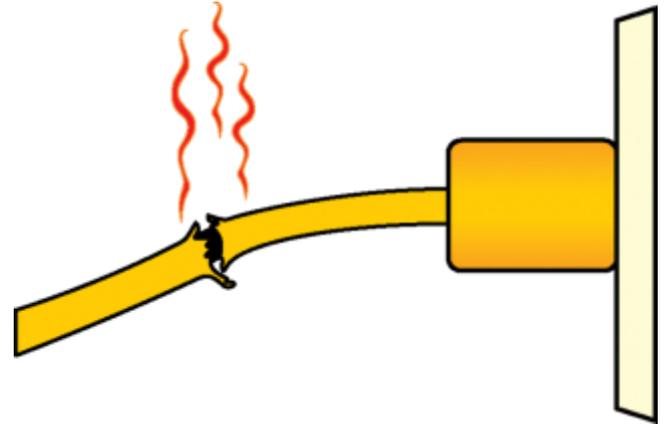
**Leakage Current
(Conductor Insufficiently Insulated)**



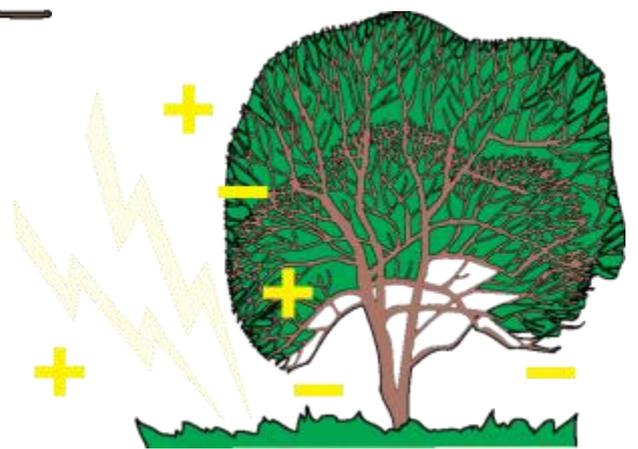
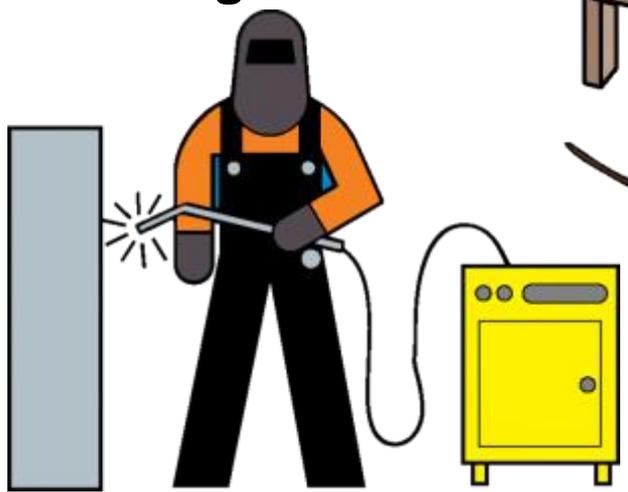
Arcing



Overload



Static Electricity

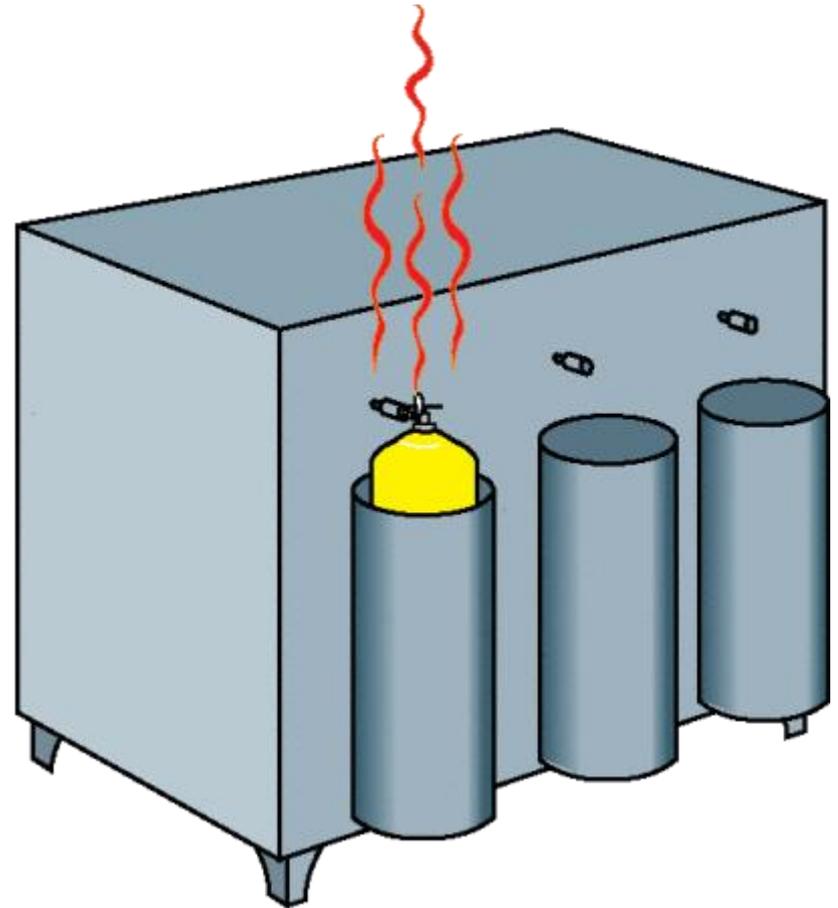


MECHANICAL HEAT ENERGY

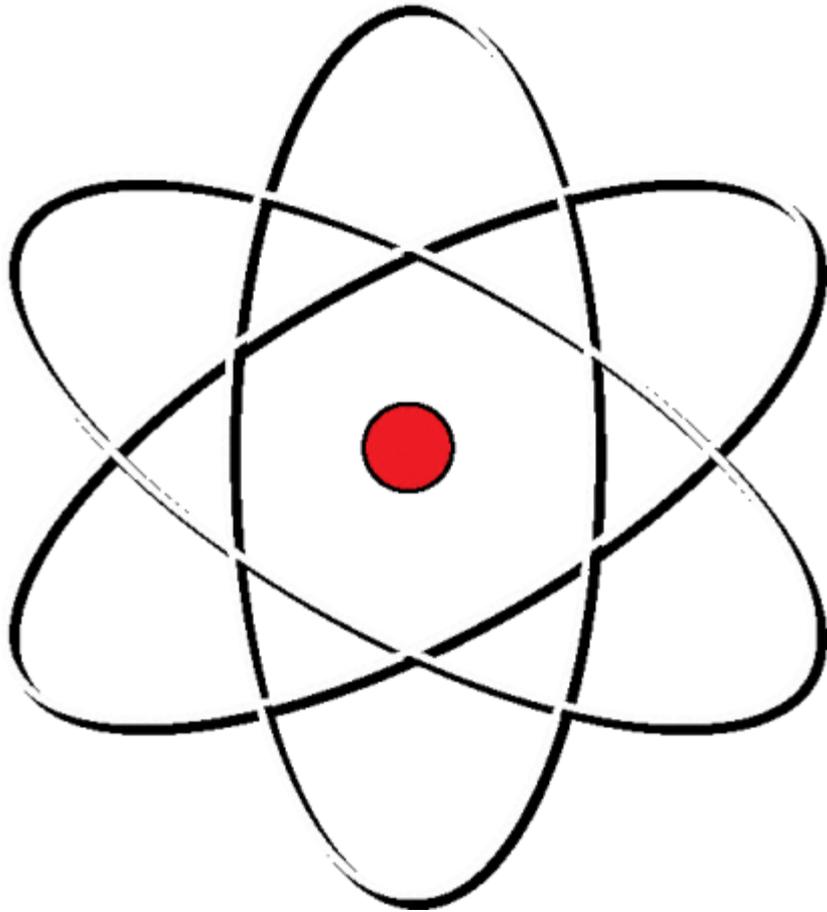
Friction



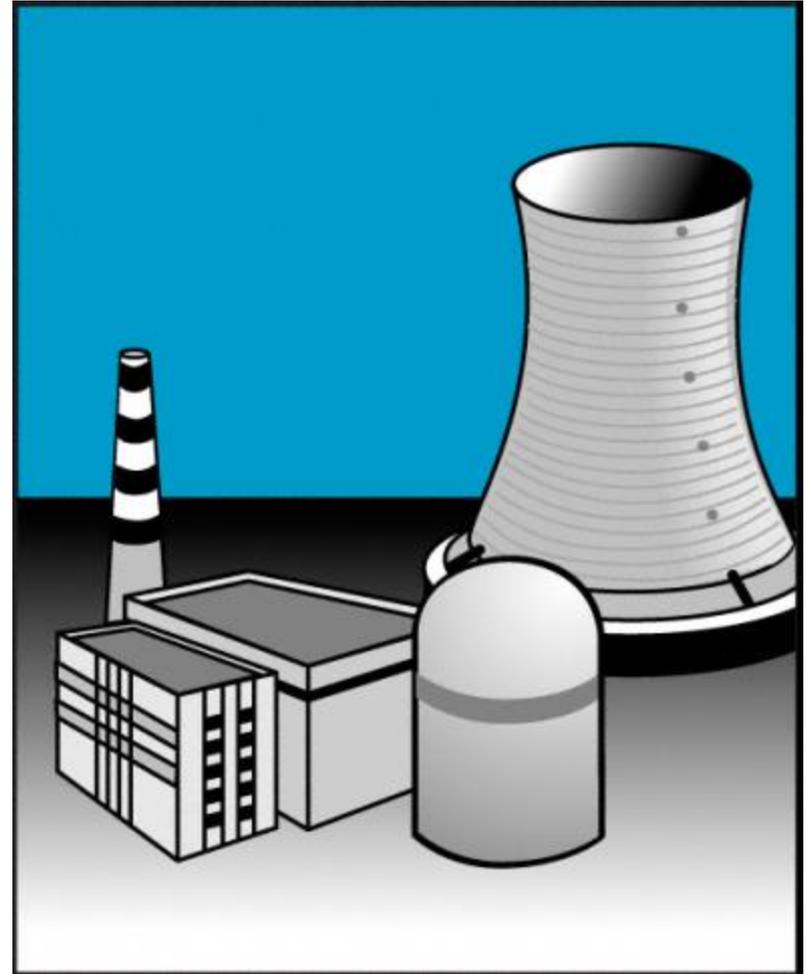
Compression



NUCLEAR HEAT ENERGY



Fission — Splitting atoms,
atoms



Fusion — Combining

Panas mula

Merupakan tingkatan energi bahan untuk terbakar pada suhu bakarnya, yakni suhu terendah saat bahan bakar mulai terbakar.

Dikenal pula sebagai temperatur penyulutan (*ignition temperature / FLASH POINT*).

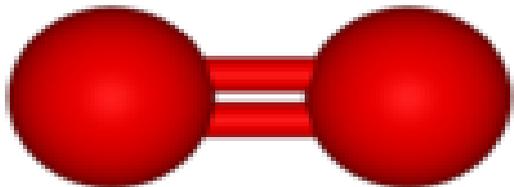
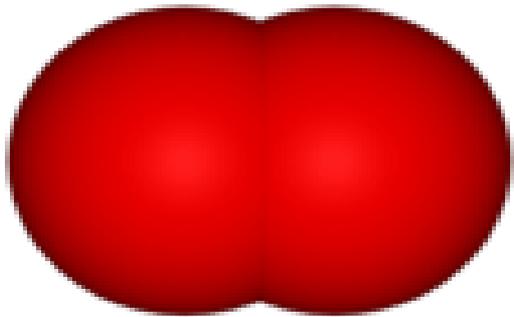
Jika bahan bakar berada pada lingkungan bersuhu di atas suhu bakar bahan tersebut, maka bahan akan terbakar dengan sendirinya meskipun tidak terdapat proses pembakaran



Oxygen, & Oxydator

(Oksigen dan Oksidator)

Oksigen



- Oksigen (O₂) merupakan gas yang dibebaskan oleh tumbuhan ketika proses fotosintesis yang sangat berguna bagi pernafasan
- Merupakan 21% gas pembentuk atmosfer
- Juga merupakan zat pengoksidasi yang baik bagi pembakaran

Oxygen deficient atmospheres

- Oxygen deficient atmospheres – yaitu atmosfer yang mempunyai konsentrasi oksigen dibawah 21%, antara lain:
 - Confined space (area sempit dan terbatas), misalnya:
 - Storage tank
 - Silo
 - Pipa, dll
 - Area diketinggian

OXYGEN & COMBUSTION

21%
Oxygen

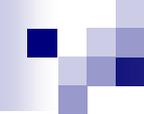


18%
Oxygen



14% Oxygen
(Will Not Support
Combustion or Respiration)





Fuel & Fuel Characteristic

(Bahan bakar dan kharakteristik Bahan Bakar)

Bahan bakar



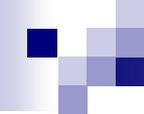
- Adalah materi/zat yang dapat seluruhnya atau sebagian mengalami perubahan secara kimia dan fisika bila terbakar.
- Bila terbakar maka energi kalor/ panas dilepaskan dari bahan tersebut.
- Bahan bakar dapat berbentuk padat, cair maupun gas

Karakteristik Bahan bakar pada proses pembakaran

- Bahan Bakar – yaitu material atau substansi yang akan terbakar atau teroksidasi pada proses pembakaran
- Pyrolysis – dekomposisi dari substansi pada saat terjadinya perubahan energi panas
- Surface to mass ratio – area permukaan bahan bakar dalam hubungannya dengan masa
- Vaporization – yaitu perubahan cairan menjadi uap atau gas

Karakteristik Bahan bakar pada proses pembakaran (lanjutan..)

- Flammable range – yaitu batasan konsentrasi antara uap bahan bakar dan udara dimana pembakaran dapat terjadi:
 - Lower flammable limit (LFL) — Konsentrasi minimum antara uap bahan bakar dan udara yang bisa menyebabkan proses pembakaran
 - Upper flammable limit (UFL) — Konsentrasi antara uap bahan bakar dan udara diatas konsentrasi yang dibutuhkan untuk pembakaran sehingga proses pembakaran tidak dapat terjadi
- Teori ini biasanya ditemukan pada pembakaran bahan bakar pada mesin motor bakar, dimana dibutuhkan komposisi yang sesuai antara udara dan uap bahan bakar agar proses pembakaran dalam mesin dapat terjadi



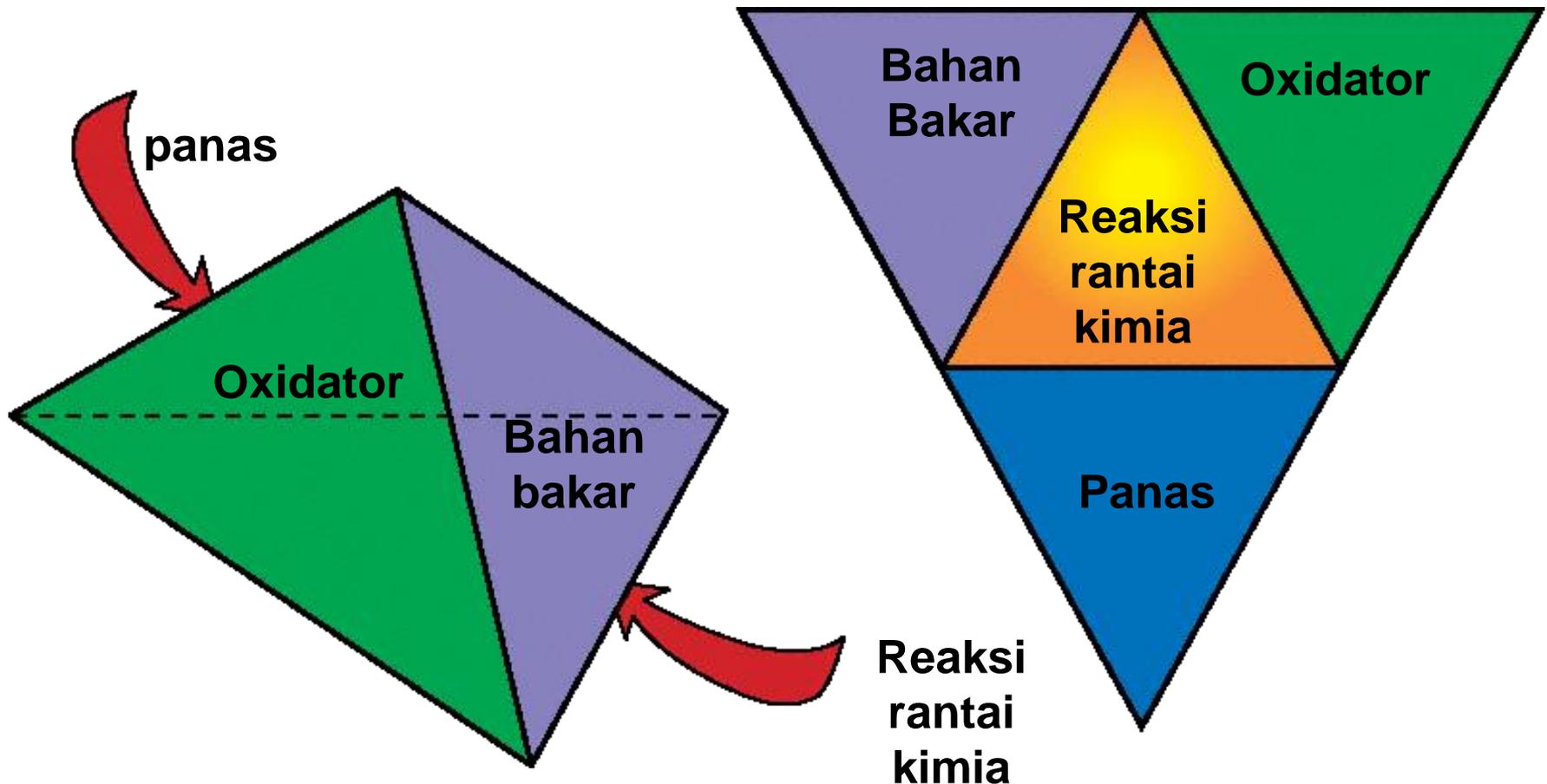
Combustion & Fire Chain Reaction

(Proses Pembakaran & Reaksi rantai api)

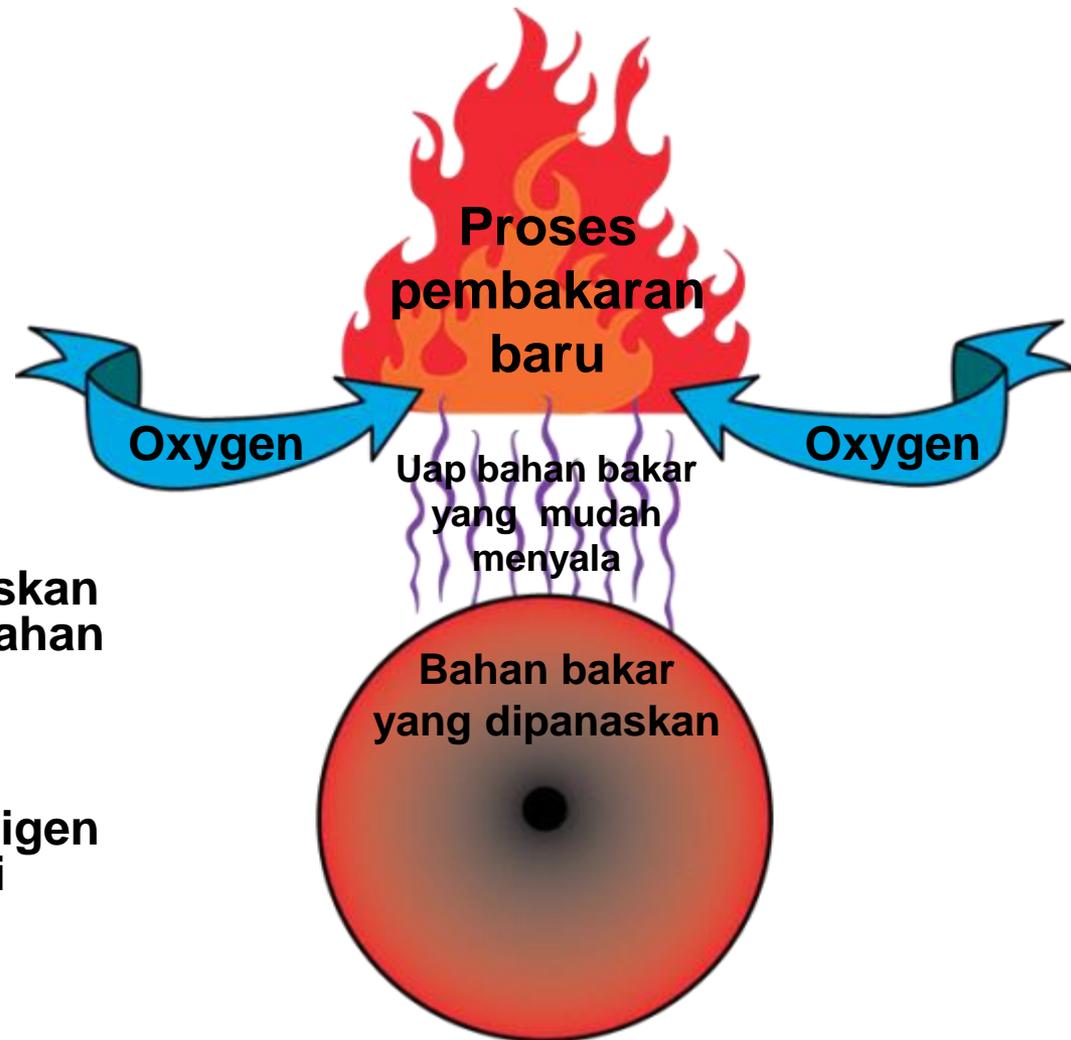
Fire Tetrahedron / COMBUTION

- Energi kalor, oksigen, dan bahan bakar akan terus bereaksi melalui reaksi rantai sampai seluruh unsur-unsur pembentuk api habis / tidaktersedia, hal ini membuat api tumbuh dan berkembang menjadi tidak terkendali
- Reaksi rantai inilah yang sering kita sebut sebagai ***Fire Tetahedron*** atau proses ***PEMBAKARAN (COMBUTION)***

Fire Tetrahedron / COMBUSTION



REAKSI RANTAI KIMIA



1. Bahan bakar yang dipanaskan akan menghasilkan uap bahan bakar
2. Uap bahan bakar (panas) berkombinasi dengan oksigen akan akan membentuk api baru

Sumber Bahan Bakar lain pada proses pembakaran



Hanya Gas yang Terbakar

Material padat + Pyrolysis = Fuel Gas

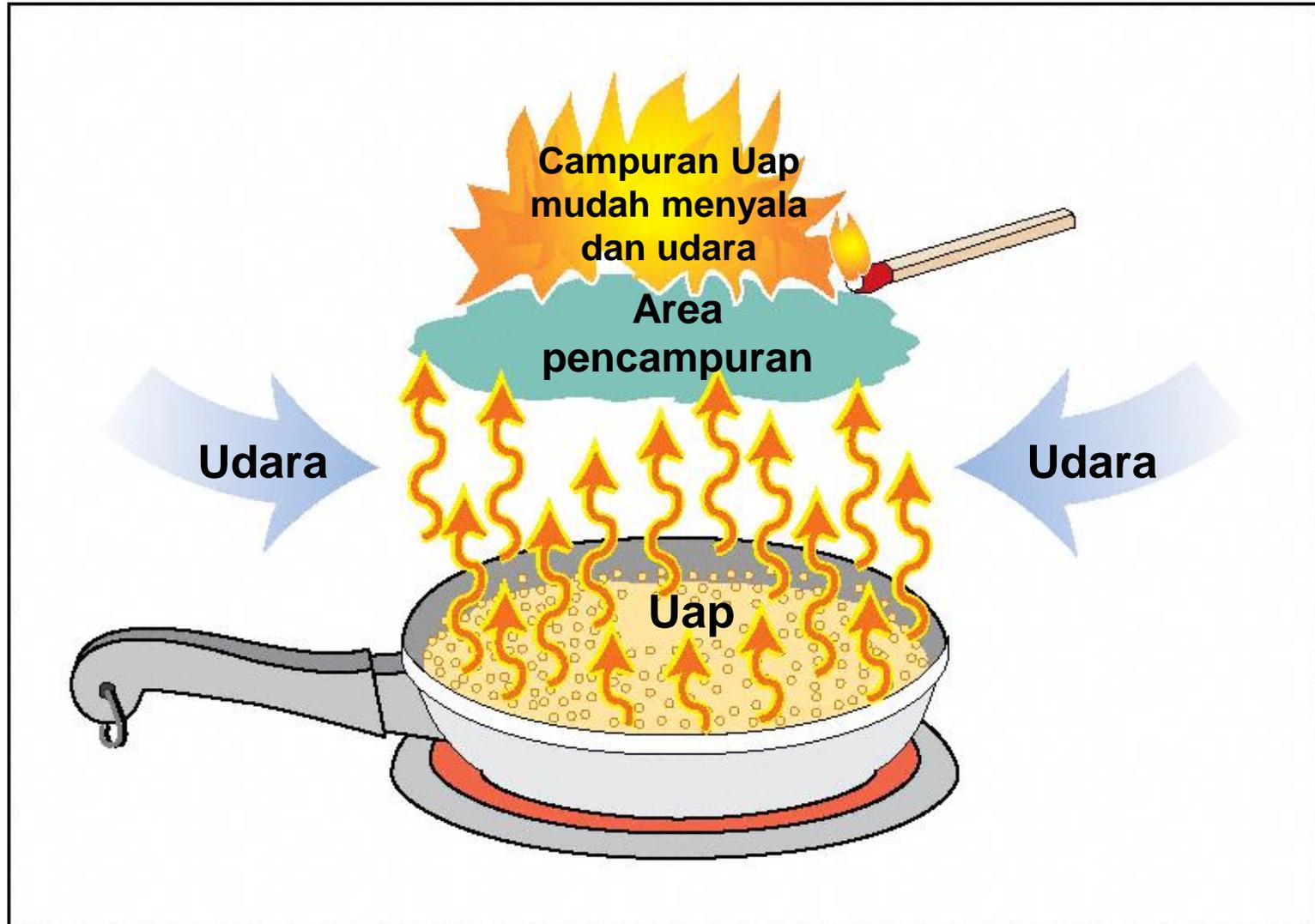
Material cair+ Vaporization = Fuel Gas

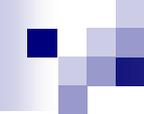
Material gas= Fuel Gas

PYROLYSIS



VAPORIZATION





FIRE GROWTH STAGES

(Tahap Perkembangan Api)

Tahap-tahap perkembangan api

- Proses Perkembangan api dalam ruang tertutup dibagi menjadi 5 (lima) tahap yaitu :
 1. Tahap penyalaan/ peletusan,
 2. Tahap pertumbuhan (*growth period*),
 3. Tahap *flashover*,
 4. Tahap pembakaran penuh, dan
 5. Tahap surut (*decay Period*).

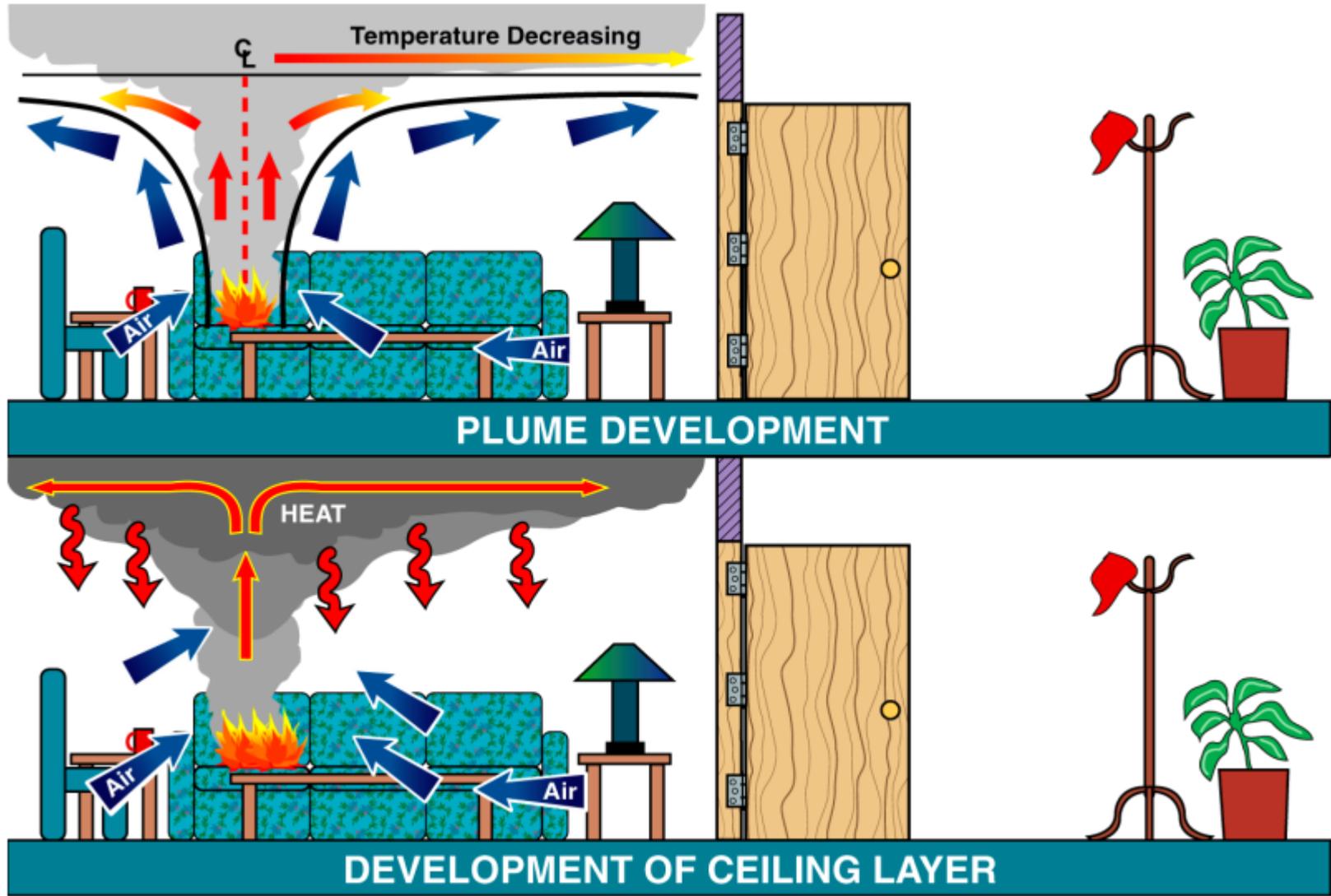
Tahap Penyalaan

- Tahap ini ditandai dengan munculnya api yang disebabkan oleh adanya energi kalor dan jumlah oksigen yang cukup di sekitar material yang mudah terbakar (flammable material) atau material yang dapat terbakar (combustible material), dimana energi kalor akan meningkatkan suhu material tersebut hingga melampaui **flash point** atau **ignition temperature**-nya, sedangkan oksigen akan berperan sebagai oksidator pada reaksi tersebut
- Pada tahap ini akibat dan gejala yang ditimbulkannya masih relatif kecil sehingga kejadian pada tahap ini seringkali tidak diketahui.

Tahap pertumbuhan (GROWTH)

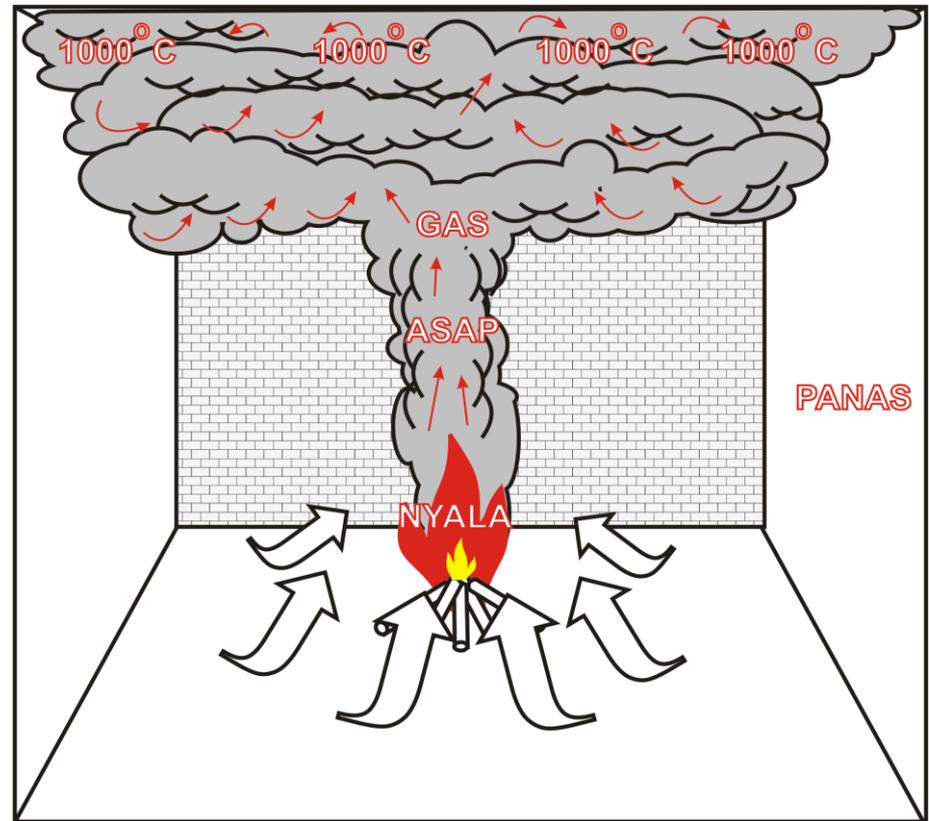
- Jika material yang terbakar masih cukup banyak pertumbuhan api berlangsung terus, sehingga menyebabkan temperatur ruangan naik.
- Keadaan demikian ini **disebut api dikendalikan bahan bakar**.
- Pada tahap ini api masih teralokasi, dan temperatur ruangan masih relatif rendah, dibawah 300o C.
- Tahap pertumbuhan ini merupakan tahap yang paling baik untuk evakuasi penghuni dan sensor-sensor pencegah kebakaran harus sudah bekerja, asap dan gas-gas beracun masih sedikit.

FIRE GROWTH



Tahap *Flashover*

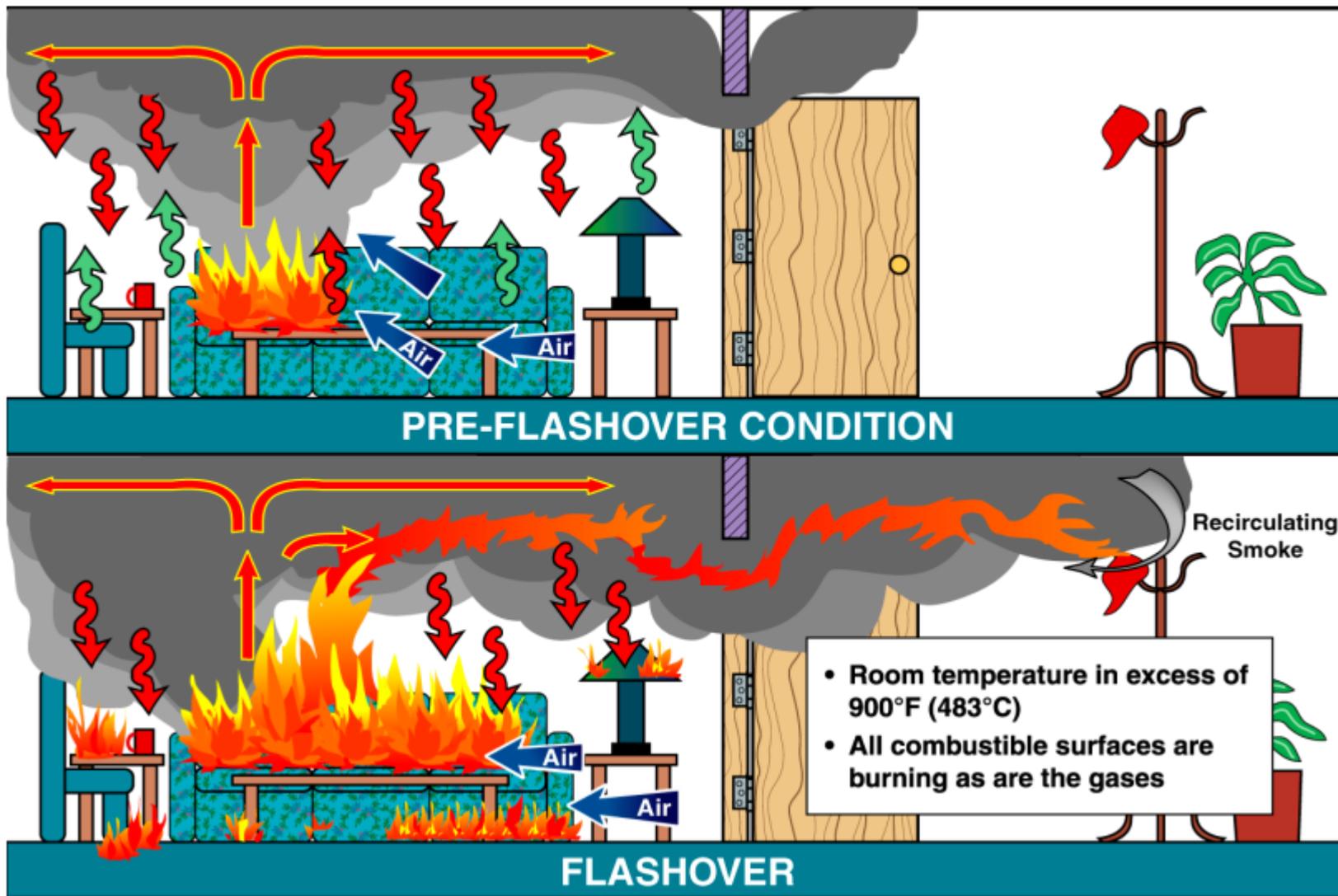
- *Flashover* secara umum didefinisikan sebagai masa transisi antara tahap pertumbuhan dengan tahap pembakaran penuh (FULLY DEVELOPED FIRE).
- Proses berlangsungnya sangat cepat, berkisar antara 300–600° celcius, disebabkan oleh adanya ketidakstabilan termal di dalam ruangan.



Ciri-ciri terjadinya *flashover*

- Lidah api (flame) telah menyentuh langit-langit dan menjulur ke luar bukaan,
- Temperatur lapis atas ruangan mencapai 300-600°C dan radiasi kritis pada lantai ruangan mencapai 2 W/cm².

FLASHOVER



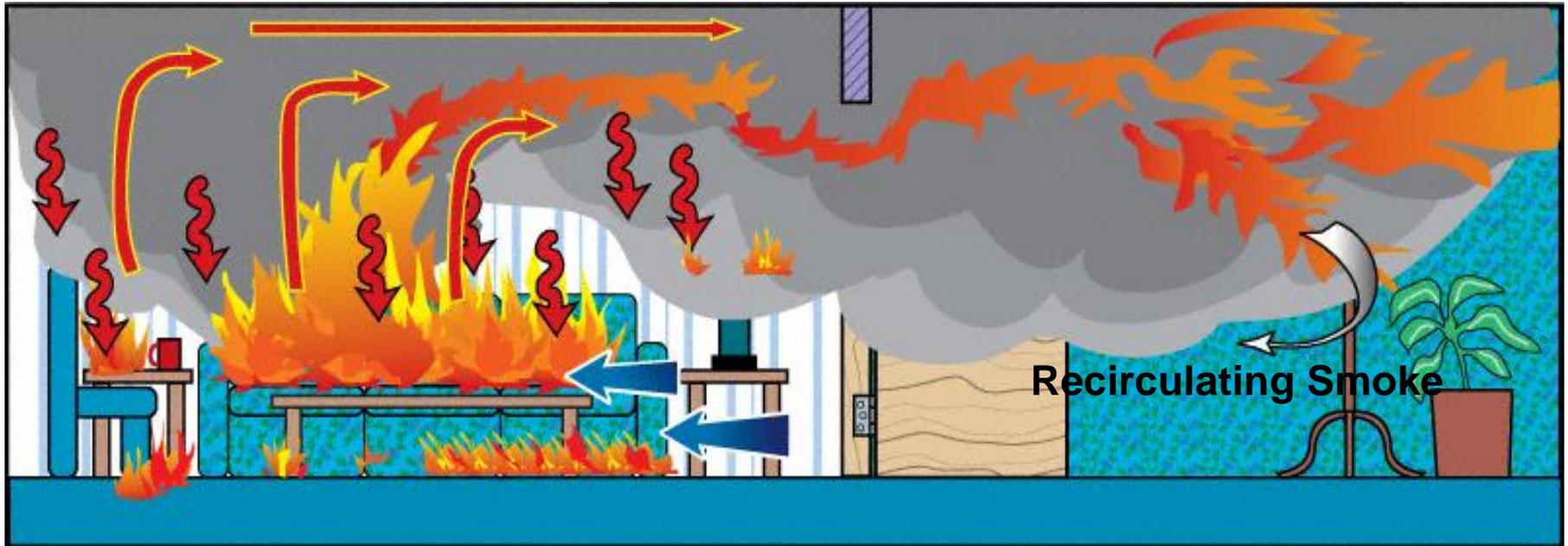
Tahap Pembakaran Penuh (FULLY DEVELOPED FIRE)

- Pada tahap ini kalor yang dilepaskan (*heat release*) sangat besar, karena kebakaran terjadi di seluruh ruangan.
- Seluruh material dalam ruang terbakar, sehingga temperatur dalam ruang menjadi sangat tinggi, mencapai 1200°C.
- Pada tahap ini perkembangan api sangat dipengaruhi oleh dimensi dan bentuk ruangan, terutama lebar bukaan, karena udara dalam ruangan sendiri sudah tidak mampu mensuplai pembakaran sepenuhnya.
- Kondisi demikian biasa disebut sebagai **api yang dikendalikan oleh ventilasi**.

Tahap Pembakaran Penuh (FULLY DEVELOPED FIRE)

- Energi panas yang ditimbulkan oleh kebakaran **pada tahap ini mulai dirasakan akibatnya terhadap struktur bangunan**, yang berupa rusaknya elemen-elemen akibat *thermal stress*, kerusakan pada komponen struktur pendukung, kemudian runtuhnya bangunan.

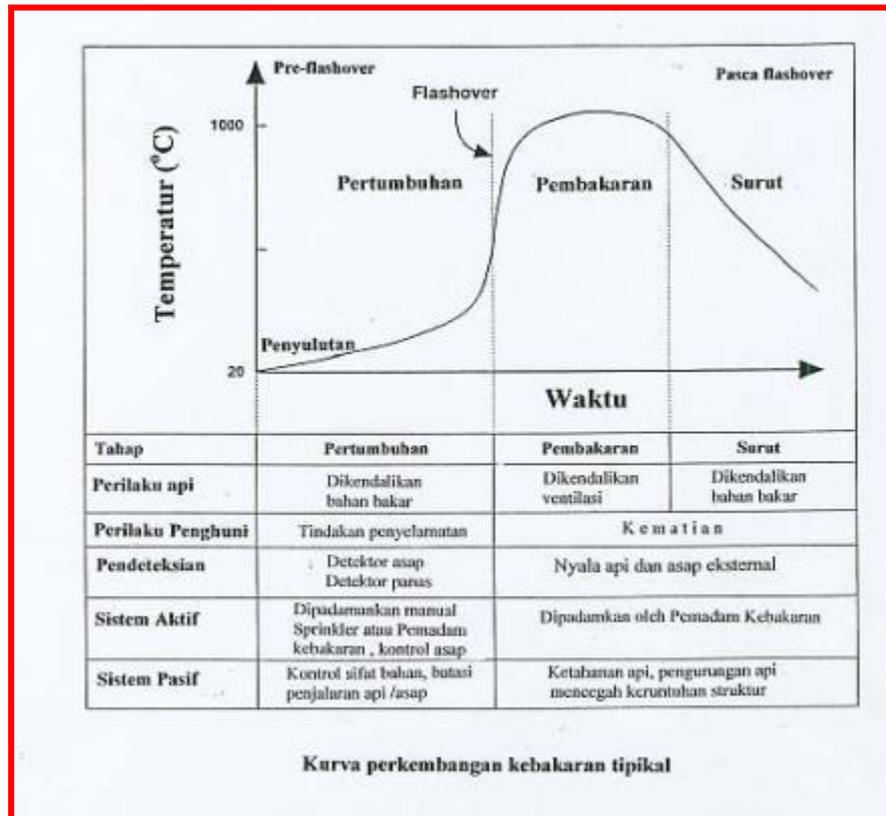
Tahap Pembakaran Penuh (FULLY DEVELOPED FIRE)

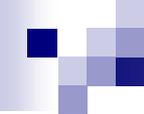


Tahap surut (DECAY)

- Tahap surut tercapai bila material terbakar sudah habis dan temperatur ruangan dan laju pembakaran akan berangsur turun.
- Api kembali sebagai fungsi dari material yang terbakar.
- Sahan bahan yang dapat terbakar semakin menyusut dan api dalam ruangan semakin surut.

Grafik Tahap Pembakaran





FIRE TRANSFER METHOD

(Metode Penyebaran Api)

Penyebaran Api

- Sebagaimana Energi Panas, Api menyebar melalui 3 metode, antara lain:

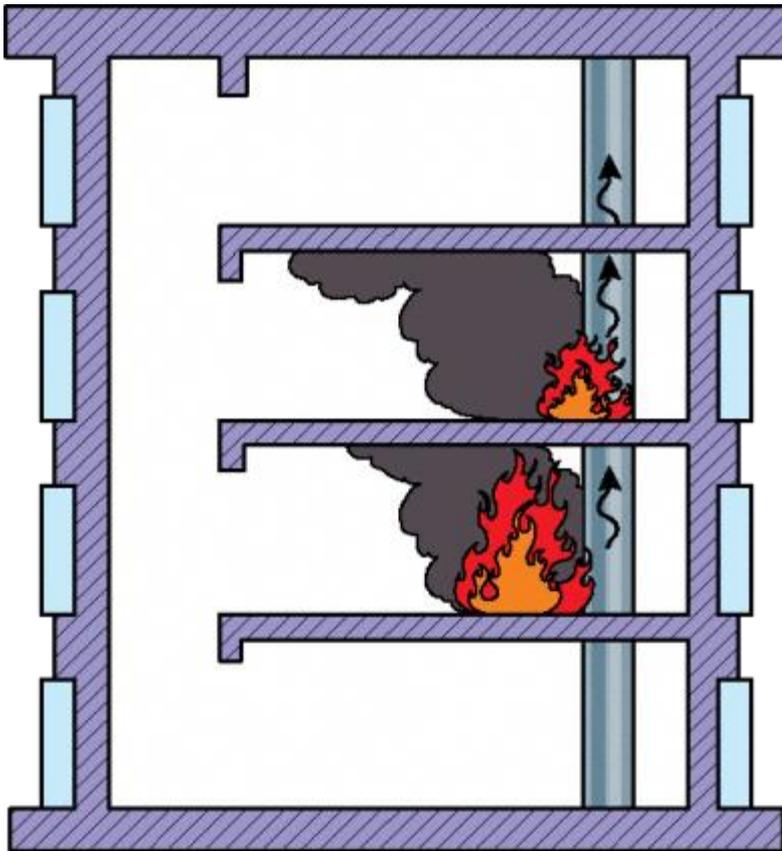
konduksi

konveksi

Radiasi

CONDUCTION

Vertical

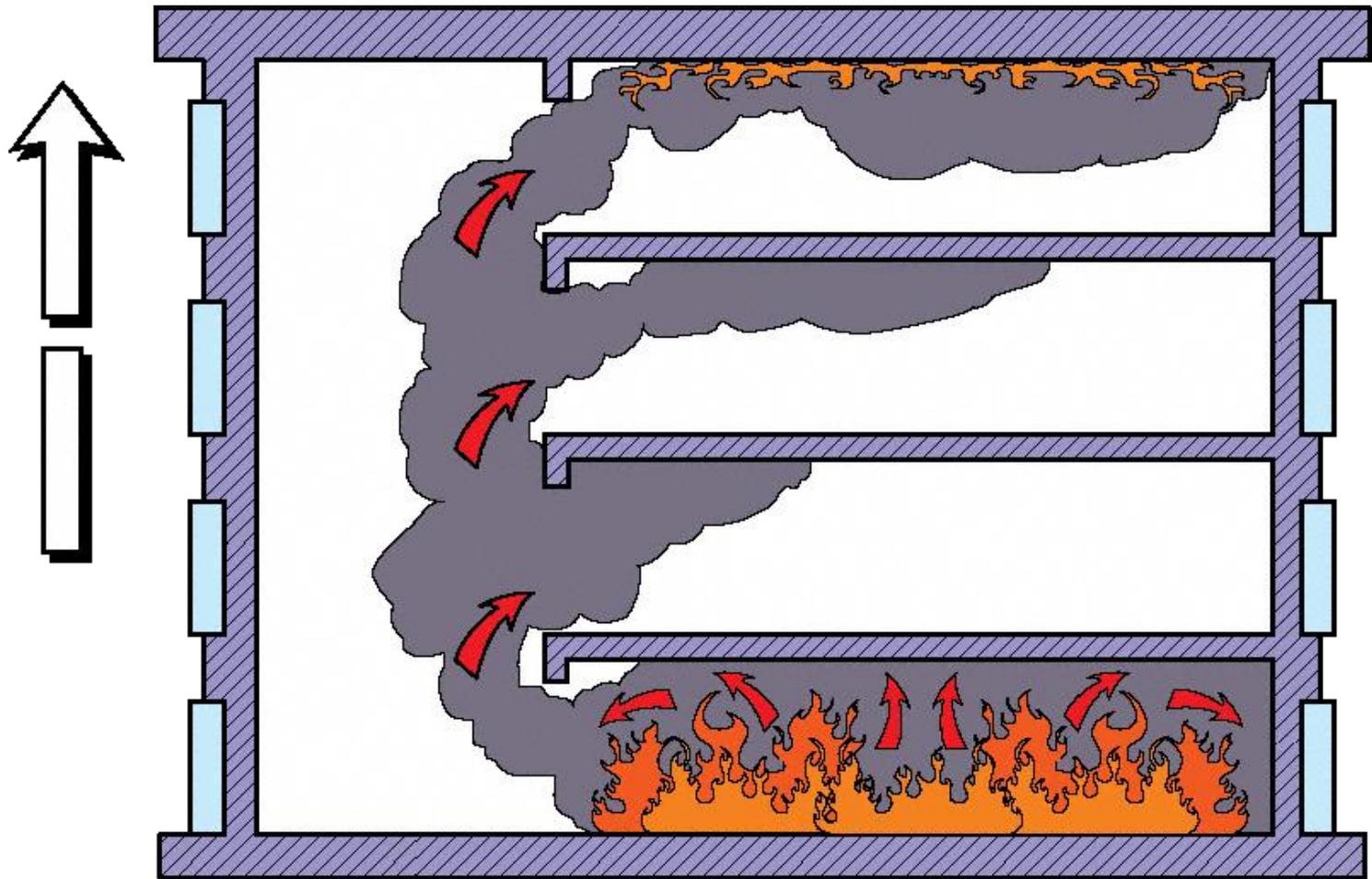


Horizontal



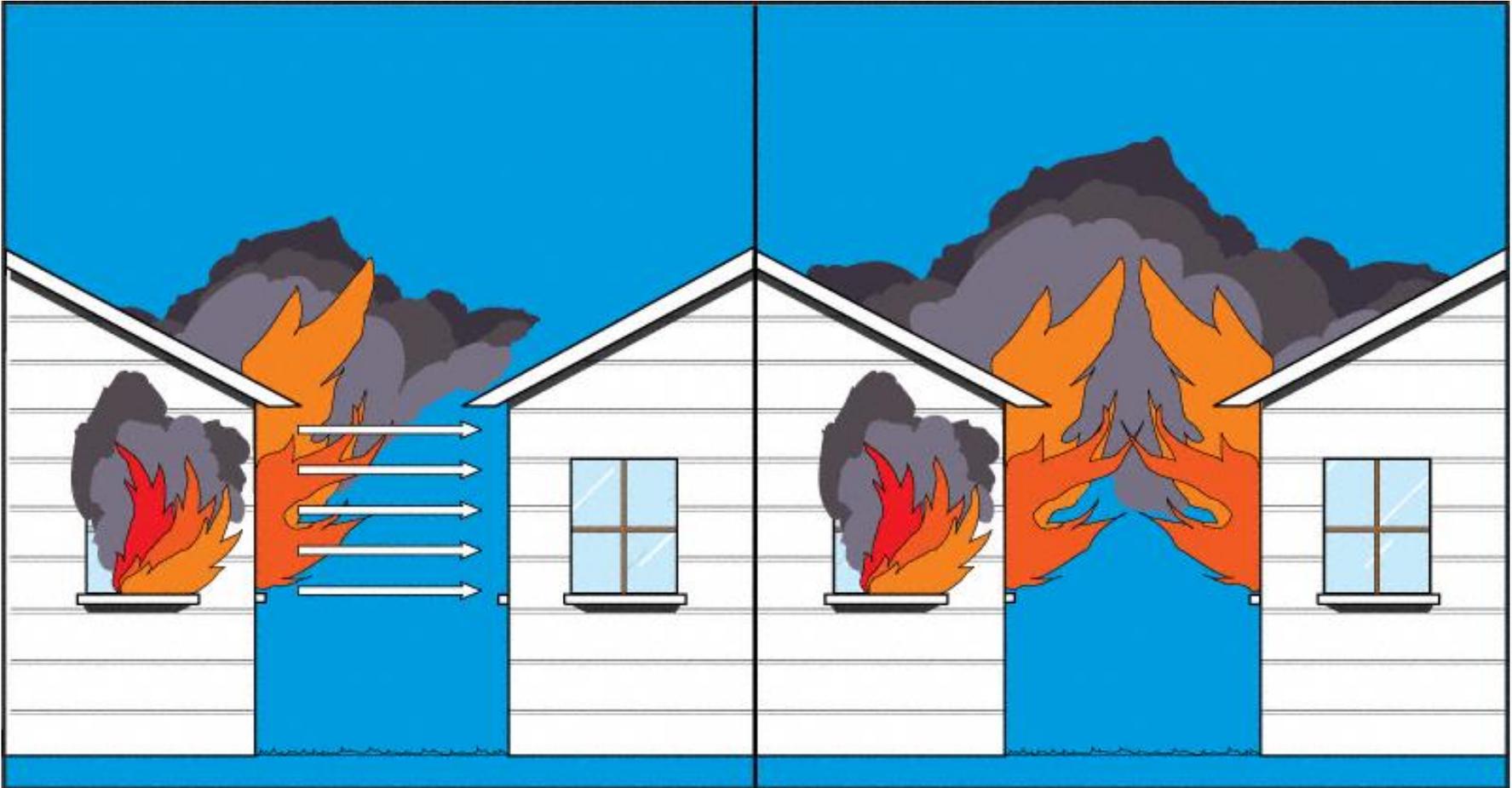
Api menyebar melalui panas yang dihantarkan oleh bahan penghantar panas, bisa berupa sekat partisi atau dinding atau bahan konduktor lain pada suatu ruangan sehingga membakar ruangan lain yang ada disebelahnya

CONVECTION



gas panas yang dihasilkan oleh api menyebar ke seluruh ruangan karena perbedaan suhu dan tekanan udara sehingga membakar seluruh ruangan yang ada di sekitarnya

RADIATION

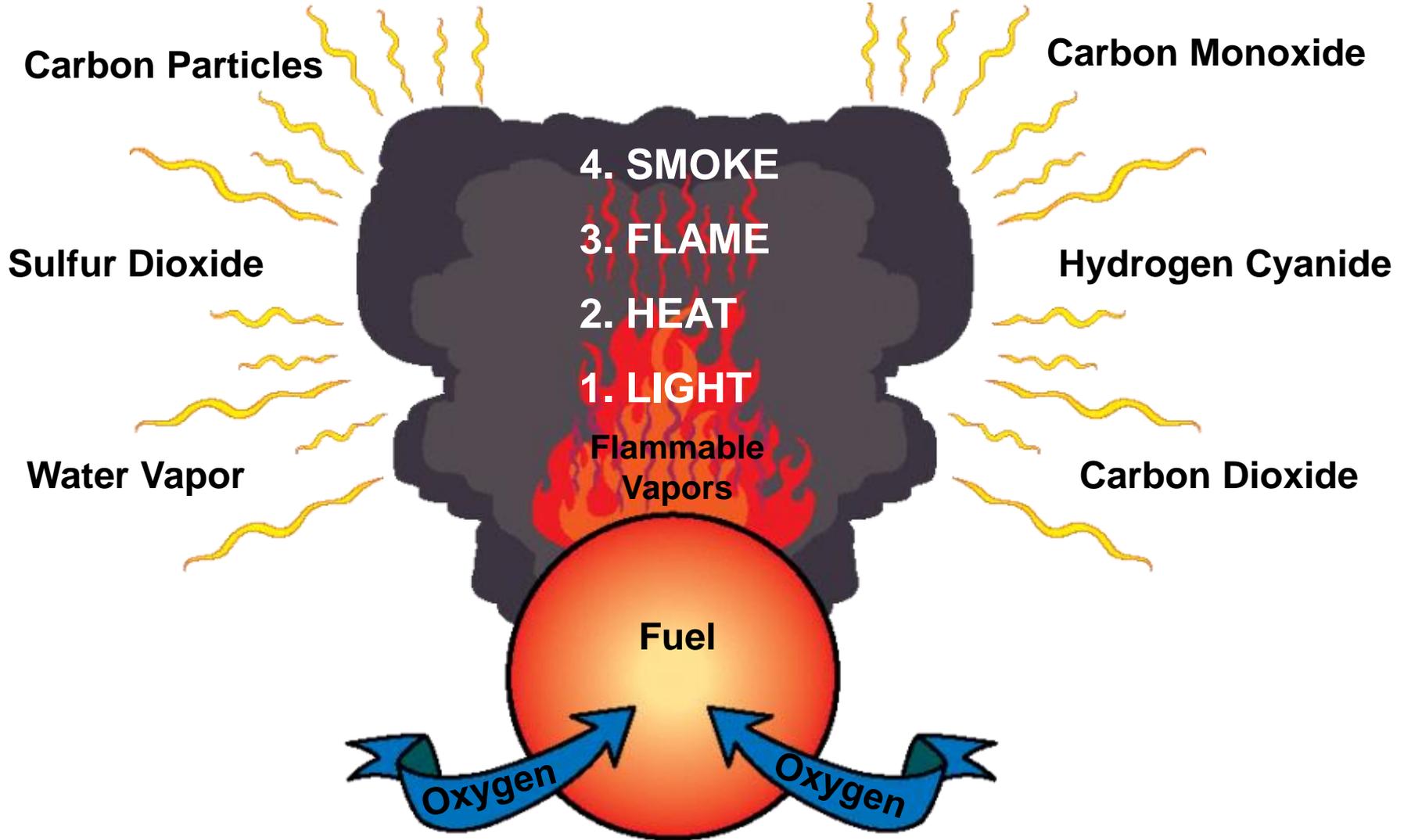


energi panas dari material yang terbakar meningkatkan suhu bahan lain yang ada disekitar bahan yang terbakar sampai mencapai titik bakar, sehingga bahan lain yang teradiasi tersebut turut terbakar

PRODUCT OF COMBUTION

(Hasil pembakaran)

PRODUCTS OF COMBUSTION



Hasil Pembakaran



Bahaya Asap Kebakaran Bagi Manusia

- **Carbon Monoxide dan Carbon Dioxide** bersifat racun, menjadi penyebab utama kematian pada peristiwa kebakaran.
- **Bila CO terhirup pernafasan**, akan mengikat hemoglobin (sel darah merah) membentuk carboxyhemoglobin, akibatnya oksigen dalam darah berkurang.
- **Kadar carboxyhemoglobin sebesar 65%** menyebabkan kematian karena terhentinya pusat syaraf di otak yang mengatur fungsi jantung dan pemapasan.

Perlu Diingat...

- Jika manusia berada di lingkungan udara yang mengandung CO dengan konsentrasi $\geq 1\%$, maka dalam waktu 5 menit akan pingsan, dan dalam waktu singkat berlanjut ke kematian.

- 85 % kematian pada kasus kebakaran disebabkan karena keracunan gas CO dan CO₂



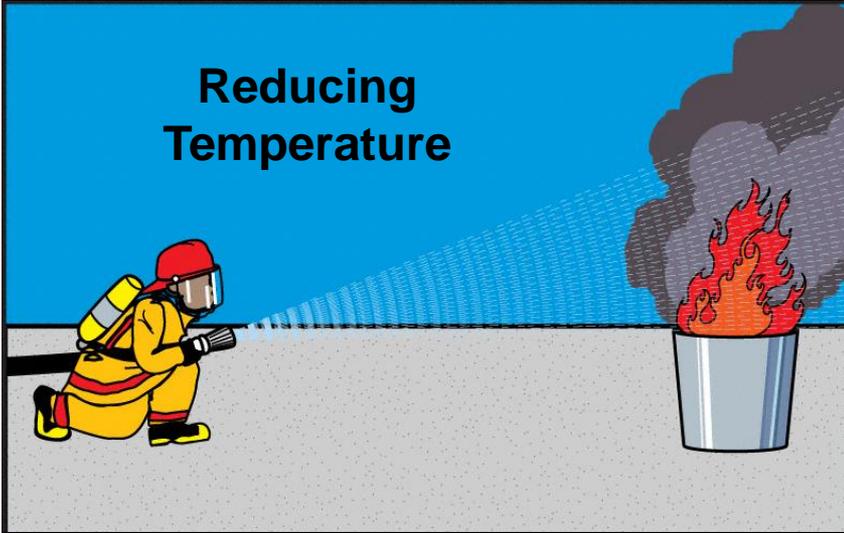
PEMADAMAN

- Definisi:

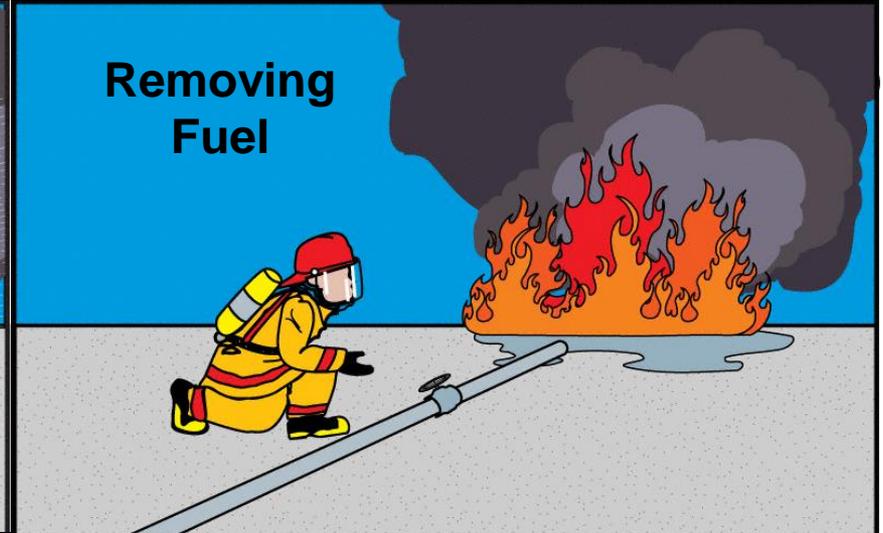
- Upaya menghentikan reaksi rantai pembakaran dengan cara menghilangkan salah satu unsur pembentuk api

EXTINGUISHING METHODS

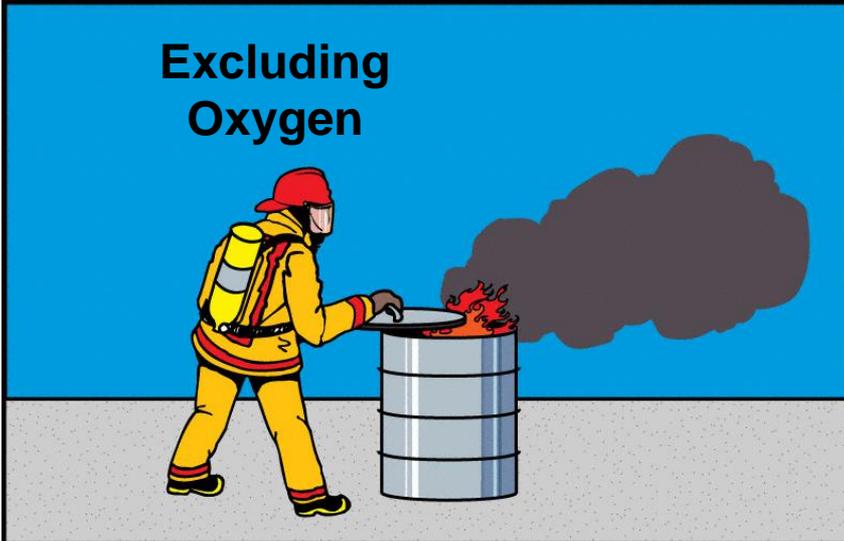
Reducing Temperature



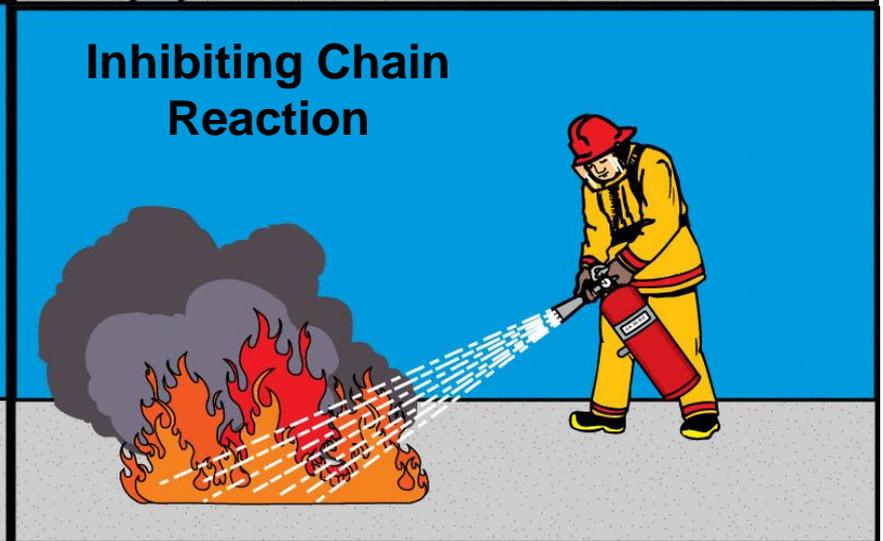
Removing Fuel



Excluding Oxygen



Inhibiting Chain Reaction





Any Question...???