

MODUL MATA KULIAH

**TANGGAP DARURAT
DAN
MANAJEMEN KEBAKARAN**



OLEH :

DECY SITUNGKIR, SKM, M.KKK

**PROGRAM STUDI/ KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS ILMU-ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS ESA UNGGUL
TAHUN 2018**

BAB II

KEBAKARAN DAN LEDAKAN

2.1 Konsep Kebakaran

Dalam kehidupan sehari-hari, kita menggunakan api untuk memasak makanan, memanaskan badan dari hawa dingin, menghangatkan badan dari hawa dingin pegunungan, menyalakan api rokok atau cerutu. Akan tetapi api juga dapat menimbulkan bencana, khususnya jika terjadi kebakaran.

Kebakaran adalah api yang tidak terkendali atau di luar kemampuan dan keinginan manusia. Misalnya api kompor. Api kompor belum disebut kebakaran karena bisa dikendalikan dan dimanfaatkan, namun jika kompor bocor dan api berkobar maka disebut kebakaran.

Api tidak terjadi dengan sendirinya. Api terjadi melalui suatu proses kimiawi antara uap bahan bakar (**padat : kayu, batu bara, plastik, gula ; cair : bensin, cat, minyak tanah; gas : gas alam, asetilen, karbon monoksida**), oksigen (**paling sedikit sekitar 15% volume oksigen dalam udara agar terjadi pembakaran**) dan sumber panas (energi listrik, panas matahari, dll) yang dikenal dengan segitiga api (*fire triangle*).

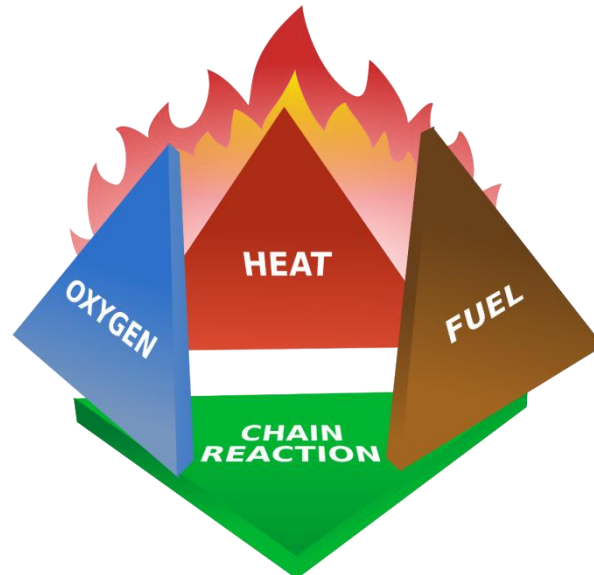


Gambar 2.1 Segitiga Api (Fire Triangle)
Sumber : https://en.wikipedia.org/wiki/Fire_triangle

Namun dengan adanya ketiga elemen tersebut, kebakaran belum terjadi dan hanya menghasilkan pijar. Untuk berlangsungnya suatu proses pembakaran diperlukan elemen keempat yaitu rantai reaksi kimia (*chemical chain reaction*). Teori ini dikenal dengan piramida api (*tetrahedron*). Rantai reaksi kimia adalah peristiwa dimana ketiga elemen yang ada saling bereaksi secara kimiawi sehingga yang dihasilkan bukan hanya pijar tetapi berupa nyala api.

Api tidak akan terbakar tanpa kehadiran keempatnya. Bahan bakar termasuk banyak bahan, baik cair maupun padat, tetapi semuanya harus dalam uap nyatakan sebelum mereka bisa terbakar. Setelah diuapkan, mereka bercampur dengan oksigen membentuk

campuran yang mudah terbakar yang bisa terbakar saat terkena panas. Selama proses pembakaran, reaksi kimia di antara komponen bahan bakar, oksigen, dan panas menyebabkan komponen kimia menjadi mengubah bentuk dan melepaskan gas-gas lainnya. Prosesnya dapat diilustrasikan sebagai berikut.



Gambar 2.1. Rantai Reaksi Kimia

Sumber : www.survivalskillindonesia.files.wordpress.com

Seorang pemilik penjualan perahu dan bengkel memeriksa perahu asistennya sedang memperbaiki di toko. Selama pemeriksaan, dia mencium bau uap bensin, jadi, sebelum membuka beberapa pintu untuk mengudara, dia memerintahkan asistennya untuk tidak mengaktifkan penggiling. Ketika pemiliknya berbalik untuk memasuki ruang pameran, dia mendengar penggiling dan berputar untuk melihat sekitar selusin api terbakar di seluruh bengkel. Kedua pria itu lolos dengan luka bakar ringan, tetapi kapal itu hancur dan toko tersebut mengalami kerusakan yang parah. Asisten menduga tidak ada cukup uap untuk menyebabkan kebakaran. Dia mungkin tidak menganggap penggiling listrik mungkin menyala ketika diaktifkan, dan menyalakan uap tersebut. Seandainya uap tidak mencapai batas yang lebih rendah, mereka tidak akan menyala.

Contoh lainnya : mobil tangki yang membawa BBM jenis premium merupakan sumber bahan bakar. Kebakaran tidak dapat terjadi dalam kegiatan pengangkutan walaupun ada sumber udara atau oksigen di udara, disebabkan tidak adanya sumber panas. Andaikan ada oercikan api berada dekat tangki yang menyentuh uap bahan bakar, maka dapat terjadi kebakaran yang mengakibatkan minyak tersebut menyala.

2.2 Sumber Penyalaan

Seperti yang telah disampaikan di atas, api dapat terjadi jika ada sumber panas yang potensial untuk menyalakan bahan bakar yang telah bercampur dengan oksigenn. Jenis-jenis sumber penyalaan api antara lain :

- a) Api terbuka ---> panas langsung dan permukaan panas misalnya api rokok, setrika, benda panas, api dapur, tungku pembakaran dan sebagainya.
- b) Pengelasan dan pemotongan
- c) Percikan mekanis yaitu sumber penyalaan yang berasal dari benturan logam alat-alat mekanis seperti palu besi, pemecah beton atau batu gerinda. Percikan juga dapat timbul dari benda jatuh yang menimpa batu atau beton.
- d) Energi kimia yaitu sumber penyalaan yang berasal dari reaksi kimia misalnya reaksi antara *phosphoric sulfide* dengan udara atau oksigen.
- e) Energi listrik yaitu sumber panas yang berasal dari energi listrik. Panas dari listrik dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu hubungan singkat dan beban lebih (over load). Hubungan singkat adalah terjadinya kontak antara muatan positif dan negatif. Beban lebih misalnya kabel untuk 12 ampere dialiri arus listrik 16 ampere, maka kabel dan isolasinya menjadi panas. Peralat listrik juga bisa menimbulkan percikan api karena adanya lonjakan arus listrik karena pemasangan tidak baik atau rusak.
- f) Kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor yang menggunakan busi atau listrik dapat menjadi sumber api yang dapat menyalakan bahan bakar. Seperti halnya di lingkungan kilang minyak dan kimia, banyak terjadi kebakaran akibat kendaraan yang sedang berjalan atau mesinnya dinyalakan.
- g) Listrik statis yaitu energi yang timbul akibat muatan listrik statis misalnya timbul karena adanya beda potensial antara dua benda yang mengandung muatan listrik positif dan negatif yang mengakibatkan terjadinya loncatan bunga api listrik.
- h) Petir yang juga bersumber dari adanya perbedaan potensial di udara dapat mengakibatkan kebakaran.

2.3 Jenis Bahan Bakar

Bahan yang dapat terbakar sangat beragam dan memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda. Menurut jenisnya, bahan bakar dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. Bahan bakar padat (solid) yaitu bahan bakar yang bersikat padat seperti kayu, kertas, kain, rumput, plastik dan kapas.

- b. Bahan bakar cair (liquid) yaitu bahan yang bersifat cairan seperti minyak, bahan kimia seperti acetone, spritus, bahan cat, parafin.
- c. Bahan bakar gas (gas) seperti LPG, gas alam, acetilene, gas karbit dan lainnya.

2.4 Klasifikasi Kebakaran

Menurut peraturan menteri tenaga kerja dan transmigrasi no. Per-04/Men/1980 tentang syarat-syarat pemasangan dan pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan. Kebakaran dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Tabel 2.1. Klasifikasi Kebakaran

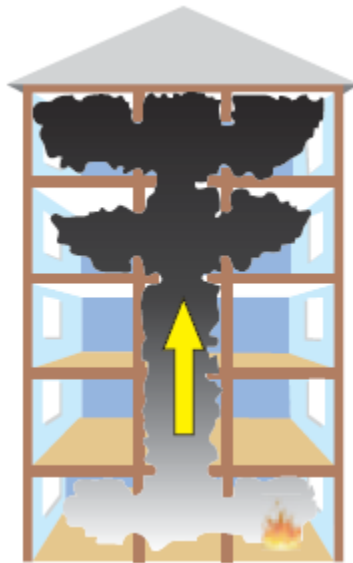
Kelas	Jenis	Contoh
Kelas A	Bahan padat bukan logam	Kertas, kayu, plastik
Kelas B	Bahan cair dan gas yang mudah meledak atau terbakar	Karet
Kelas C	Listrik	Kebakaran instalasi listrik bertegangan
Kelas D	Bahan logam	Magnesium, Titanium, Zirconium, Sodium, lithium, dan Potassium.

Sumber : Kementerian Tenaga Kerja (1980)

2.5 Proses Penjalaran Api

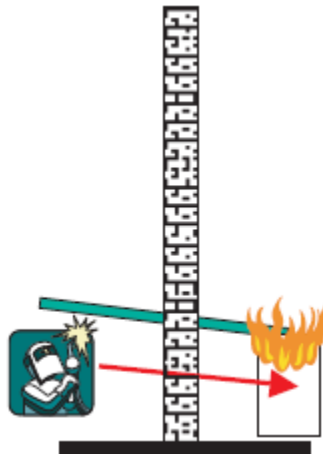
Kebakaran biasanya terjadi diawali dari kecil kemudian membesar dan menjalar ke daerah sekitarnya. Penjalaran api dapat melalui beberapa cara yaitu :

- a) Konveksi yaitu penjalaran api melalui benda padat misalnya merambat melalui besi, beton, kayu atau dinding. Contoh jika terjadi kebakaran di suatu kamar hotel maka panas dapat merambat melalui dinding sehingga ruangan di sebelah akan mengalami pemanasan sehingga api dapat merambat dengan mudah.



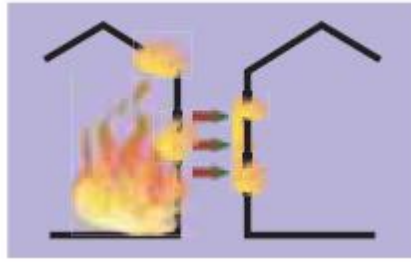
Gambar 2. 3 Asap menyebar-Konveksi

- b) Konduksi. Api juga dapat menjaral seperti fluida misalnya air, udara atau bahan cair lainnya. Suatu ruangan yang terbakar dapat menyebarkan panas melalui embusan angin yang membawa udara panas ke daerah sekitarnya.



Gambar 2.4 Penjalaran api-Konduksi

- c) Radiasi yaitu proses perpindahan panas (heat transfer) melalui pancaran cahaya atau gelombang elektromagnetik yang dikeluarkan oleh nyala api ke objek penerimanya atau target. Hal ini yang sering menjadi penyebab penjalaran api dari suatu bangunan ke bangunan di sebelahnya.
- d) Bentuk Kebakaran



Gambar 2.5 Api menyebar secara radiasi

Bentuk kebakaran atau api bermacam-macam sesuai dengan kondisi dan bentuk sumber bahan bakar dan faktor lingkungannya, antara lain :

1) Flash fire

Api jenis ini terjadi jika suatu uap bahan bakar di udara tiba-tiba menyala. Api akan menyala sekilas seperti kilat menuju pusat apinya dan biasanya berlangsung dalam waktu singkat. Contoh kebakaran yang terjadi dalam kasus kebocoran gas LPG di dalam ruangan dapur dimana gas berakumulasi dan bercampur dengan oksigen dan kemudian mencapai titik nyalanya dan meledak.

2) Bola api (**Ball fire**)

Bola api terjadi akibat gas bertekanan dalam suatu wadah yang tiba-tiba bocor akibat pecah. Misalnya tangki LPG yang tiba-tiba bocor mengakibatkan gas mengembang dengan cepat ke udara dan tiba-tiba terbakar. Salah satu penyebab terjadinya fenomena bola api adalah peristiwa BLEVE (Boiling Liquid Expansion Vapor Explosion). Seperti flash fire, kebakaran jenis ini juga berlangsung singkat \pm 5-20 detik, namun memiliki dampak yang dapat menghancurkan area yang cukup luas.

3) Kolam api

Jenis kebakaran ini disebut kolam api yang biasanya menyangkut bahan bakar cair seperti minyak atau bahan kimia. Kebakaran terjadi jika suatu cairan tumpah dan mengenai suatu tempat atau dalam wadah terbuka seperti tanki timbun. Besarnya api ditentukan oleh jumlah bahan yang terbakar, sifat kimiawi dan fisis bahan serta kondisi lingkungan misalnya arah angin dan cuaca.

Untuk kebakaran kolam, luas areanya dapat dihitung dari luas kolamnya. Untuk kebakaran yang terjadi dalam daerah terbuka atau tumpahan yang lebih besardari 95 liter, luas area dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$A_1 = 360 - V$$

dimana :

A = Volume dari bahan yang tumpah

A₁ = luas area tumpahan cairan

4) Api jet

Kebakaran jenis jet terjadi jika bahan bakar keluar dari lubang yang kecil dengan tekanan yang tinggi. Biasanya bahan bakar dalam bentuk gas yang muncul dari suatu pipa yang bocor atau peralatan produksi lainnya.

Api jenis ini mengeluarkan suara desis yang tinggi dan menimbulkan energi panas yang sangat besar. Besarnya api jet ini dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = m \cdot \Delta h_c = m^n A \Delta h_c$$

dimana

Q = panas yang keluar (Kw)

Δh_c = panas penyalaan (Kj/kg)

m = massa yang mengalir per satuan waktu (kg/m²s)

A = luas area (m²)

2.6 Proses Terjadinya Penyalaan

Berdasarkan teori kebakaran, penyalaan dapat terjadi jika ada tiga unsur yaitu oksigen, sumber panas dan bahan bakar yang disebut segi tiga api. Proses penyalaan suatu bahan bakar ditentukan oleh berbagai faktor antara lain :

1) Titik nyala (*flash point*)

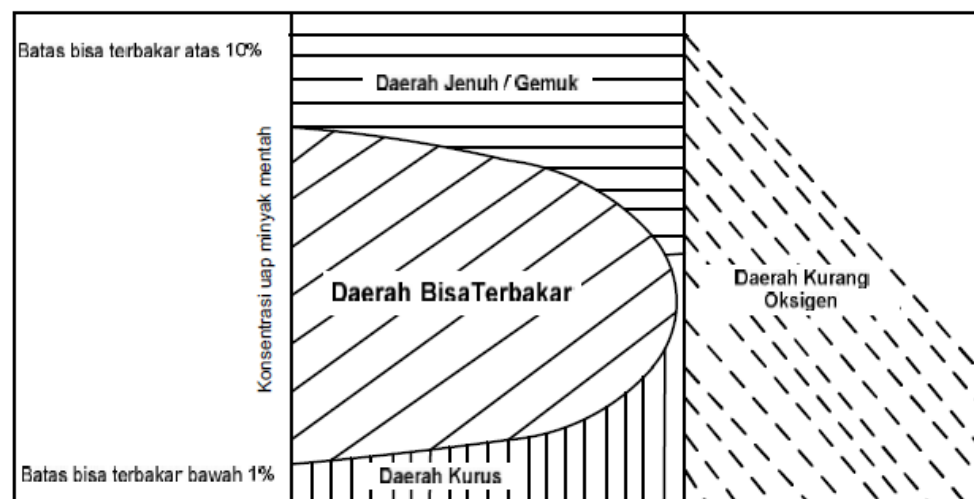
Titik nyala adalah temperatur terendah dimana suatu bahan mengeluarkan uap yang cukup untuk menyala sesaat jika terdapat sumber panas. Semakin rendah titik nyala maka bahan tersebut semakin mudah terbakar atau nyala. Sebagai contoh titik nyala minyak tanah antara 30° - 70° C, premium -43° C dan Propane - 104°C. Titik nyala ini perlu diperhatikan dalam kegiatan pengolahan, penyimpanan atau pengangkutan bahan kimia khususnya yang mudah terbakar dan meledak.

2) Batas nyala (*flammable range*)

Batas nyala atau yang sering disebut batas ledak adalah konsentrasi atau campuran uap bahan bakar dengan oksigen dari udara yang dapat nyala atau meledak jika terdapat sumber panas. Semakin tinggi kadar bahan bakar di udara semakin tinggi kadar bahan bakar di udara semakin sulit nyala dan sebaliknya jika kadar bahan bakar terlalu kecil juga sulit untuk menyala.

Batas konsentrasi terendah dan tertinggi disebut batas nyala atau batas ledak yang terdiri atas :

- Batas nyala atau ledak bawah (Lower Explosive Limit-LEL) yaitu batas konsentrasi terendah uap bahan bakar dengan oksigen yang dapat menyala
- Batas nyala atau ledak atas (Upper Explosive Limit-UEL) yaitu batas konsentrasi tertinggi uap bahan bakar dengan oksigen yang dapat menyala



Gambar 2. 2 Batas Nyala Bahan dengan Udara

Sumber : <http://pibanguseun.blogspot.com/2012/04/syarat-syarat-terjadinya-api.html>

3) Titik nyala sendiri (*auto ignition*)

Pada temperatur tertentu bahan bakar atau bahan kimia bisa terbakar dengan sendirinya tanpa adanya sumber (*source of ignition*). Sebagai contoh jika bahan kimia tumpah mengenai permukaan panas seperti bagian mesin atau knalpot maka dapat nyala dengan sendirinya tanpa ada sumber api. Contoh lain di restoran sea food, koki yang sedang menggoreng dengan api yang sangat panas. Tiba-tiba terjadi nyala api di penggorengan. Hal ini terjadi karena minyak mendidih dan mencapai titik nyala sendiri

sehingga tiba-tiba terjadi nyala api. Bahan bakar dengan titik nyala sendiri sangat rendah akan mudah menyala dengan sendirinya sehingga pengelolaannya harus dilakukan dengan hati-hati.

2.7 Bahaya Kebakaran

Jenis-jenis bahaya kebakaran antara lain :

1. Api (jilatan api yang dapat membakar kulit/tubuh).
2. Suhu panas (dapat menyebabkan hipertermia).
3. Asap (dapat menyebabkan sesak nafas dan mengganggu penglihatan).
4. Gas-gas beracun (dapat menimbulkan penyakit dan gangguan kesehatan lainnya).
5. Runtuhan bangunan (dapat menimpa korban yang terjebak di dalamnya sewaktu-waktu).
6. Ledakan (bahan mudah meledak di sekitar area kebakaran dapat melukai apa saja di dekatnya)

2.8 Pertumbuhan Api

Besar kecilnya api tidak terjadi dengan sendirinya, ada beberapa faktor yang saling berkaitan yang mempengaruhi pertumbuhan api dengan cepat. Tingkat pertumbuhan yang cepat akan berpengaruh pada bidang-bidang seperti stabilitas bangunan dan efektivitas rencana darurat untuk memastikan bahwa orang-orang dapat meninggalkan gedung dengan aman. Tingkat pertumbuhan api umumnya diakui sebagai tingkat di mana diperkirakan bahwa api akan tumbuh; ini termasuk penyebaran nyala di atas permukaan dan di belakang pelapis, dan di bagian mana pun dari isinya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan api antara lain :

1) Konstruksi dan tata letak bangunan

Bagaimana bangunan atau struktur dibangun dari segi bahan-bahannya dan kualitas di mana bahan-bahan telah digunakan di dalam gedung memiliki efek pada setiap tingkat pertumbuhan api potensial. Jelas, bangunan yang terbuat dari kayu memiliki potensi untuk mempercepat laju pertumbuhan api; Namun, karena sifat alami kayu (menguat ketika dibakar) laju pertumbuhan api akan lebih dipengaruhi oleh rongga antara lantai, langit-langit dan atap di bangunan kayu daripada penggunaan kayu itu sendiri.

Ukuran dan tata letak bangunan juga memiliki potensi untuk mempengaruhi tingkat pertumbuhan. Ketika sebuah bangunan memiliki langit-langit tinggi (seperti di pusat perbelanjaan), pertumbuhan api cenderung jauh lebih lambat daripada

bangunan-bangunan dengan langit-langit rendah, atau mereka yang termasuk ruang bawah tanah. Pada kesempatan ini, panas yang terpancar terpantul, karena kurangnya ketinggian yang tersedia, akan mengembangkan api lebih cepat dan meningkatkan laju pertumbuhan.

Baik sebagai bagian dari konstruksi bangunan atau sebagai bagian dari isi dari bangunan, dinding dan lapisan permukaan juga memiliki efek langsung tingkat pertumbuhan api. Hessian dan material seperti ubin polystyrene memiliki kemampuan untuk melepaskan volume panas yang besar dan dengan demikian akan sangat mempengaruhi pertumbuhan api, sedangkan plaster, eternit, dll. melepaskan panas sangat lambat dan tidak akan mempengaruhi laju pertumbuhan api.

2) Ventilasi ke, di seluruh dan di luar gedung

Seperti yang telah dibahas sebelumnya, suplai oksigen sangat penting untuk pengembangan dan penyebaran api. Tingkat pertumbuhan api terkait erat dengan pasokan oksigen dan karena itu dipengaruhi oleh ventilasi dari sebuah bangunan. Sistem sirkulasi udara dan AC menyediakan sumber oksigen yang siap pakai melalui ventilasi paksa, akan membantu pertumbuhan api. Kehadiran debu, uap dan asap di atmosfer juga memiliki kemampuan untuk mempengaruhi laju pertumbuhan di sejauh mereka menyediakan sumber bahan bakar yang kaya. Juga harus diperhatikan bahwa tingkat debu yang tepat di atmosfer dapat menyebabkan ledakan.

Ketika sistem ekstraksi asap mekanis digunakan dalam bangunan, efek dari pertumbuhan api sangat berkurang. Udara yang sarat asap mengandung partikel bahan bakar dan panas dalam jumlah besar dihilangkan dari atmosfer dengan sistem ekstraksi yang mengurangi kecepatan di mana api tumbuh, sambil membantu ventilasi asap dan memungkinkan orang bersih, bebas asap rokok, rute pelarian terlihat jelas.

3) Penggunaan bangunan (termasuk jenis kegiatan sedang dilakukan)

Penggunaan bangunan secara langsung berkaitan dengan kepemilikan. Penggunaan suatu bangunan akan mempengaruhi isi di dalamnya. Selain kuantitasnya bahan yang mudah terbakar dan mudah meledak di dalam gedung juga akan mencerminkan penggunaannya. Sifat dari isi bangunan adalah faktor kunci dalam menentukan laju pertumbuhan api dan menyebar jika terjadi kebakaran. Penggunaan bangunan dapat dikategorikan dalam menjadi :

- a. Kantor dan tempat ritel
- b. Pabrik dan gudang penyimpanan tempat

- c. Akomodasi tidur seperti hotel, naik rumah, dll.
- d. Rumah tinggal dan panti jompo
- e. Institusi pengajaran
- f. Tempat perakitan kecil dan menengah – umum rumah, klub, restoran, dll.
- g. Tempat perakitan besar (lebih dari 200 orang) - pusat perbelanjaan, pusat konferensi, dll.
- h. Bioskop dan gedung teater
- i. Tempat layanan kesehatan
- j. Jaringan transportasi.

4) Pemuatan api di dalam gedung

Isi bangunan dan karena itu pertumbuhan tingkat api akan bervariasi sesuai dengan materi dan kegiatan yang digunakan atau dilakukan, misalnya di mana sejumlah besar zat atau persiapan berbahaya, mis. zat atau olahan yang memiliki laju pertumbuhan api cepat atau ultra cepat atau diklasifikasikan sebagai bahan peledak, oksidasi, sangat mudah terbakar, sangat mudah di bawah Peraturan Bahan Kimia (Informasi Bahaya dan Pengemasan untuk Persediaan) 2002, disimpan dan / atau digunakan, daerah ini dianggap berisiko tinggi terhadap kebakaran.

Ketika sejumlah besar produk mudah terbakar disimpan atau ditampilkan di sebuah galeri dengan lantai padat, mempercepat pertumbuhan api dan api menyebar di luar tepi lantai galeri, sehingga menimbulkan ancaman terhadap keselamatan hidup, terutama ketika penghuni bangunan adalah anggota masyarakat dan cenderung menjadi tidak terbiasa dengan rencana darurat.

Tidak hanya konten dan kegiatan yang harus dipertimbangkan dalam kaitannya dengan pertumbuhan api, tetapi juga pengaturan penyimpanan bahan yang berpotensi dengan pelepasan panas tinggi. Pelepasan panas dari bahan diukur dalam megawatt per meter persegi (MW / m²). Beberapa material menghasilkan MW / m² yang jauh lebih besar daripada yang lain. Misalnya, palet kayu yang ditumpuk tinggi 1,5 meter kemungkinan akan melepaskan 5,2 MW / m² sedangkan botol polistirena yang dikemas dalam karton yang ditumpuk pada ketinggian yang sama memiliki pelepasan panas sebesar 14 MW / m².

Tabel 2.1 Klasifikasi Pertumbuhan Api

No	Tingkat Pertumbuhan Api	Contoh
----	-------------------------------	--------

1	Lambat	Kantor terbuka - dengan bahan yang mudah terbakar, disimpan atau digunakan
2	Sedang	Gudang - yang mungkin telah menumpuk kardus, palet kayu
3	Cepat	Unit produksi / gudang – mungkin menyimpan bungkusan atau bundelan chip termoplastik untuk pengemasan, produk plastik yang ditumpuk, bungkusan atau bundelan pakaian menunggu pengiriman
4	Sangat cepat	Unit produksi / gudang - cairan yang mudah terbakar, plastik dan busa seluler. Manufaktur, pengolahan, perbaikan, pembersihan atau dengan cara lain memperlakukan barang atau bahan berbahaya apa pun

2.9 Ledakan

Pada tahun 1878, sebuah ledakan dahsyat terjadi di sebuah perusahaan yang menewaskan kurang lebih 18 orang pekerjanya. Tahukah Anda bahwa ternyata, kejadian mengerikan ini terjadi di sebuah perusahaan pembuatan tepung terigu Washburn A Mill, Minnesota. Jika ditelusuri pembutan tepung terigu tidak menggunakan B3, namun mengapa ledakan tersebut bisa terjadi?

Ledakan di atas dapat terjadi karena dipicu oleh debu, yang dikenal dengan *dust explosion* atau ledakan debu adalah peristiwa pembakaran yang sangat cepat dari partikel halus di udara yang biasanya sering terjadi di tempat tertutup. Ledakan debu dapat terjadi di mana saja bahan yang mudah terbakar berupa bubuk atau debu tersebar dalam konsentrasi yang cukup tinggi di atmosfer atau pengoksidasi media gas lainnya seperti oksigen. Jenis-jenis material yang sering menyebabkan ledakan debu meliputi:

- ▶ Batubara dan gambut
- ▶ Logam seperti besi, seng, aluminium
- ▶ Bahan organik alami seperti biji-bijian, linen, gula, dll.
- ▶ Bahan yang diproses seperti plastik, pigmen organik (cat), pestisida, dll.

Ledakan dan kebakaran saling terkait, dalam banyak kasus kebakaran terjadi setelah ledakan, oleh karena itu penting bahwa mereka yang terlibat (bertanggung jawab) dengan manajemen risiko dan keselamatan kebakaran memiliki pengetahuan dasar tentang

penyebab dan sifat ledakan, terutama dalam kaitannya dengan proses yang melibatkan gas dan debu. Ledakan dapat terjadi disebabkan oleh reaksi nuklir, hilangnya kontainmen dalam pembuluh bertekanan tinggi, bahan peledak tinggi, reaksi pelarian, atau kombinasi debu, kabut atau gas di udara atau oksidator lainnya.

Ledakan debu dan gas sangat mirip di alam; ketika volume campuran yang mudah terbakar dinyalakan itu menghasilkan peningkatan tekanan yang cepat dan bergerak melalui atmosfer atau awan. Ledakan debu terjadi ketika bahan yang mudah terbakar terdispersi di udara membentuk awan yang mudah terbakar, ini memungkinkan nyala api menyebar melalui itu. Ledakan gas mengikuti prinsip yang sama. Ledakan terjadi ketika gas dan oksigen bercampur dalam batas eksplosif yang tergantung pada pasokan oksigen dan konsentrasi bahan bakar. Jika salah satu dari ini terlalu tinggi atau terlalu rendah maka ledakan tidak akan terjadi.

Situasi yang sangat berbahaya akan terjadi jika campuran bahan bakar dalam jumlah besar dan udara (gas atau debu) yang mudah terbakar terbentuk di awan dan menyala. Jangka waktu dari pelepasan campuran bahan bakar di udara hingga pengapian dapat berkisar dari beberapa detik hingga puluhan menit. Jumlah bahan bakar yang terlibat juga bisa bervariasi. Dalam kasus gas, jumlahnya bisa bervariasi dari beberapa kilogram hingga beberapa ton. Tekanan yang dihasilkan oleh pembakaran ledakan gelombang akan bergantung pada seberapa cepat nyala api menyebar melalui campuran eksplosif dan betapa mudahnya tekanan itu dapat meluas dari awan, yang diatur oleh kurungan.

Dalam menentukan jumlah dan kemungkinan menciptakan suatu atmosfer eksplosif akan bergantung pada hal-hal berikut:

- a. Adanya substansi yang mudah terbakar
- b. Tingkat dispersi dari substansi mudah terbakar (ini akan bervariasi tergantung pada keadaannya - debu, gas, uap dan kabut)
- c. Konsentrasi substansi mudah terbakar di udara dalam jangkauan eksplosif

Konsekuensi dari ledakan gas dan debu akan tergantung pada lingkungan di mana campurannya (debu atau awan gas) terkandung. Ledakan gas akan diklasifikasikan dalam kaitannya dengan lingkungan di mana ledakan terjadi, misalnya ledakan gas terbatas yang terjadi di dalam kapal, pipa, terowongan atau saluran, atau ledakan gas bebas yang biasa disebut sebagai ledakan awan uap tak terbatas, yang terjadi di mengolah tanaman dan area bebas lainnya

2.10 Manajemen Resiko Ledakan

Untuk mengurangi resiko ledakan atau mencegah terjadi ledakan yang hebat, dapat dilakukan dengan beberapa cara :

1) Pengendalian resiko

- a. Penyimpanan dan pemisahan gas dan cairan mudah terbakar yang baik. Penanda yang tepat untuk identifikasi, tanggul, pengaturan drainase, ventilasi, ikatan/grounding (pentanahan), kontrol sumber pemicu, dll. Bahan-bahan disimpan di gudang dan dispensing vessels.
- b. Kontrol manajerial yang baik, termasuk tenaga kerja yang tangguh dan sadar akan bahaya kebakaran dan ledakan dan melaporkan terjadinya insiden yang luar biasa
- c. Kawasan yang memiliki risiko terjadinya ledakan, harus diidentifikasi dan diklasifikasi secara formal sesuai dengan standar yang berlaku. Penilaian risiko dan langkah-langkah pengendalian yang tepat juga harus dilakukan.
- d. Identifikasi dan kontrol yang benar terhadap paparan debu yang mudah terbakar, termasuk kontrol debu fugitif, kontrol pemicu dan kontrol kerusakan (seperti bantuan penanganan ledakan, penghenti ledakan, dan isolasi ledakan).

2) Mitigasi

Mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana kebaratan. Mitigasi yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya ledakan atau mengurangi risikonya adalah dengan :

- a. *Explosion venting* maksudnya dengan membuat ventilasi untuk menghilangkan tekanan.
- b. *Explosion suppression* atau menekan ledakan
- c. *Plant layout and classification zone* maksudnya membuat layout gedung/pabrik dan zona klasifikasi bahaya ledakan.

Daftar Pustaka

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. UU No. 21 Tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana (2008).
- Davletshina, T. (1998). *Industrial fire safety guidebook*. Retrieved from [https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpIEECTWOA/viewerType:toc/root_slug:industrial-electronics/url_slug:operational-amplifiers?b-q=what is an amplification operational&b-group-by=true&b-search-type=tech-reference&b-sort-on=default&issue_id=kt003WHFZ2](https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpIEECTWOA/viewerType:toc/root_slug:industrial-electronics/url_slug:operational-amplifiers?b-q=what%20is%20an%20amplification%20operational&b-group-by=true&b-search-type=tech-reference&b-sort-on=default&issue_id=kt003WHFZ2)
- Furness Andrew, & Muckett Martin. (2007). *Introduction To Fire Safety Management*.
- Group, B. U. (1991). *Managing and Engineering of Fire Safety and Loss Prevention*.
- Ramli, S. (2010). *Petunjuk Praktis Manajemen Kebakaran*. Jakarta: Dian Rakyat.