

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Defenisi Kebakaran

Kebakaran adalah suatu peristiwa terjadinya pembakaran yang sifatnya selalu merugikan dan sulit dikendalikan. Kebakaran dapat menyebabkan kerugian baik jiwa, material dan aset berharga (Lestari dan Panindrus, 2008)

Kebakaran adalah terjadinya api yang tidak dikehendaki yang berpotensi menimbulkan kerugian materi, kehilangan kehidupan atau kerugian akibat terputusnya kegiatan kerja.

Pencegahan kebakaran adalah berbagai kegiatan proteksi terhadap bahaya kebakaran yang bertujuan untuk mencegah terjadinya atau meminimalkan potensi terjadinya kebakaran.

2.1.1 Teori Api

Api adalah suatu massa zat gas yang dapat timbul karena adanya reaksi yang bersifat eksotermis dan dapat menghasilkan nyala, cahaya, asap, dan bara.

1. Segitiga Api

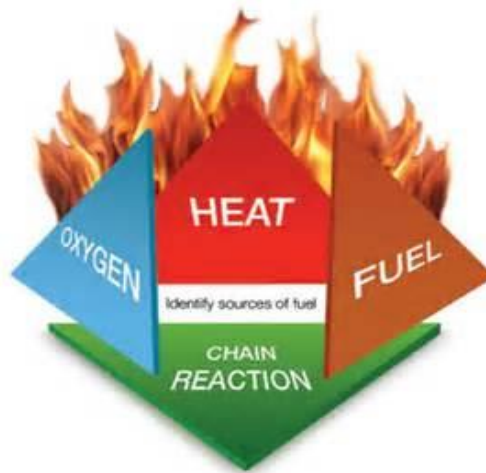
Api akan terbentuk jika terdapat 3 unsur/elemen: bahan bakar, oksigen dan panas dengan perbandingan yang tepat.



Gambar 2.1 Segitiga Api

2. Tetrahedron Api

Kebakaran terjadi jika ada empat unsur yang disebut tetrahedron (segiempat) api yaitu bahan bakar, sumber panas, oksigen dan reaksi kimia. Tanpa salah satu unsur tersebut, api tidak akan terjadi.



Gambar 2.2 Tetrahedron Api

A. Sumber Panas

Tabel 2.1 Sumber Panas

Sumber Panas	Contoh
Thermal (Panas)	Api terbuka, Rokok, Permukaan Panas, Laser, Pengelasan
Chemical (Kimia)	Reaksi Kimia, <i>Incompatible chemicals</i> , <i>Spontaneous combustion</i>
Electrical (Listrik)	Listrik, Listrik Statis, Sambaran Petir
Mechanical (Mekanik)	Gesekan panas (<i>Frictional heating</i>), Bungan api mekanik

B. Sumber Bahan Bakar

Bahan yang teroksidasi atau terbakar pada proses kebakaran. Pada keadaan normal bahan bakar dapat berbentuk padat, cair dan gas. Untuk dapat terbakar bahan bakar padat dan cair harus mengeluarkan/ berubah bentuk menjadi gas.

Ada tiga fase Bahan Bakar:

- 1) Bahan bakar dapat berubah bentuk dari padat ke cair, dari cair ke gas dari padat ke gas dan sebaliknya.
- 2) Perubahan secara fisika, fase dapat kembali ke fase semula.
- 3) Perubahan secara kimia, fase tidak dapat kembali ke fase semula, perubahan terjadi secara kekal.

Tabel 2.2 Sumber Bahan Bakar

Sumber	Contoh
Gas	<i>Flammable gas</i> (Gas yang mudah terbakar), (<i>LPG, acetylene</i>)
Cair	<i>Flammable liquid</i> (Cairan yang mudah terbakar) (<i>cat, thinners, paint removers</i>), <i>Flammable solvents</i> (Pelarut yang mudah terbakar) (<i>bensin, paraffin, methylated spirit, white spirit</i>)
Padat	Plastik, Karet, Kertas, Bahan-bahan Furniture (<i>polymer, kayu, karpet, tekstil</i>), <i>Dust, Packaging materials</i>

C. Oksigen

Oksigen adalah bahan pengoksidasi (*OXIDIZING AGENT*). Oksigen secara alamiah umumnya terdapat dalam udara. Udara terdiri 21 % Oksigen, 79 % Nitrogen dan 1 % gas-gas lainnya. Oksigen ini tidak dapat terbakar, tetapi mendukung terjadinya kebakaran bila dipertemukan dengan bahan bakar.

2.1.2 Proses Penyebaran Api

Penyebaran api berlangsung secara konduksi, konveksi, dan radiasi. Bagian atas ruangan merupakan bagian yang paling cepat terasa panas karena api banyak yang terkonveksikan ke arah tersebut.

Konduksi dapat terjadi melalui dinding pemisah ruangan. Bagian dinding pada ruang berikutnya menerima kalor yang dapat membakar permukaan benda yang terletak pada dinding tersebut.

Konveksi dapat terjadi melalui bagian-bagian bangunan yang terbuka seperti tangga dan koridor.

Radiasi terjadi antara ruang/bangunan yang berdekatan. Hal ini akan lebih cepat terjadi jika sebaran api dibantu oleh tekanan udara/angin ke arah bangunan lain.

Api dapat dengan cepat berkembang besar melalui konveksi, dan kemudian menyebar secara lateral terus ke langit-langit bila ruangan terbatas. Sesuatu yang terbakar, disamping menghasilkan gas, juga asap dan panas. Panas gas yang timbul peristiwa kebakaran, bisa mencapai 650°C – 950°C . Salah satu fenomena khas terjadi pada peristiwa kebakaran adalah terjadinya *flashover*, dimana api tiba-tiba membesar dengan nyala yang besar pula.

2.1.3 Fase Kebakaran

Api mengalami beberapa tahapan yang lama masing-masing tahapan tidak sama pada satu peristiwa kebakaran dengan yang lainnya. Adapun tahapan perkembangan api tersebut adalah :

a. Tahap penyalaan

Ditandai dengan munculnya api di dalam ruangan. Proses timbulnya api dalam ruangan ini disebabkan oleh adanya energi panas yang mengenai material dalam ruangan. Energi panas tersebut bisa berasal dari panas akibat ledakan kompor, hubungan singkat arus listrik, dan lain sebagainya.

b. Tahap pertumbuhan

Api mulai berkembang sebagai fungsi dari bahan bakardengan dengan sedikit/tanpa pengaruh dari luar. Tahapan ini merupakan tahap yang paling baik untuk melakukan evakuasi penghuni. Pada saat ini pula sensor-sensor pencegah kebakaran dan alat pemadaman harus mulai bekerja.

c. Tahap flashover

Masa transisi antara tahap pertumbuhan dengan tahap pembakaran penuh. Prosesnya berlangsung sangat cepat yang mana suhunya berkisar antara 300° sampai 600°C. Terjadinya tahapan ini karena terjadinya ketidakstabilan termal dalam ruang.

d. Tahap pembakaran penuh

Pada tahap ini kalor yang dilepaskan adalah yang paling besar, karena kebakaran terjadi diseluruh ruang. Seluruh material dalam ruang terbakar sehingga temperatur dalam ruang menjadi sangat tinggi mencapai 1200 C.

e. Tahap surut

Tercapai apabila material terbakar sudah habis dan temperatur ruangan berangsur turun. Selain penurunan temperatur, ciri lainnya adalah laju pembakaran yang juga turun.

Sifat teknis api dan kebakaran. Karena hal dan prosedur penanggulangan bahaya kebakaran dilandasi oleh fenomena teknis api. Hal-hal teknis yang menjadi landasan upaya penanggulangan antara lain :

1. Unsur pembentuk api
2. Tahan perkembangan api
3. Hal-hal yang membahayakan keselamatan jiwa.

Api tumbuh secara bertahap, dari mulai menyala, membesar, menghasilkan gas dan asap dari bahan yang terbakar, dan bila tidak dikontrol, ia akan mencapai tahap maksimal yang menghanguskan serta membahayakan keselamatan jiwa.

2.1.4 Bahaya Kebakaran

Kebakaran yang terjadi tak terduga akibat kelalaian manusia dan kondisi lingkungan dapat menyebabkan kerugian materi dan fisik serta rasa khawatir yang menurunkan kondisi kerja.

Bahaya kebakaran juga dijelaskan dalam SNI 03-1736-2000 adalah bahaya yang diakibatkan oleh adanya ancaman potensial dan derajat terkena pancaran api sejak dari awal terjadi kebakaran hingga penjaran api, asap, dan gas yang ditimbulkan.

Sedangkan menurut Perda Provinsi DKI Jakarta No. 8 2008 tentang Pencegahan dan Penanggulangan Kebakaran, bahaya kebakaran terdapat 6 klasifikasi, yaitu:

1. Bahaya kebakaran ringan ancaman bahaya kebakaran ringan yang mempunyai nilai dan kemudahan terbakar rendah, apabila kebakaran melepaskan panas melepaskan, sehingga penjaran api lambat.
2. Bahaya kebakaran sedang 1 adalah ancaman bahaya kebakaran yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar sedang ; penimbunan kemudahan terbakar dengan tinggi tidak lebih dari 2,5 meter dan

apabila terjadi kebakaran melepaskan panas sedang, sehingga penjaran api sedang.

3. Bahaya kebakaran sedang 2 adalah ancaman bahaya kebakaran yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar sedang ; penimbunan kemudahan terbakar dengan tinggi tidak lebih dari 4 meter dan apabila terjadi kebakaran melepaskan panas sedang, sehingga penjaran api sedang.
4. Bahaya kebakaran sedang 3 adalah ancaman bahaya kebakaran yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar agak tinggi, menimbulkan panas agak tinggi, serta penjaran api agak cepat apabila terjadi kebakaran.
5. Bahaya kebakaran berat 1 adalah ancaman bahaya kebakaran yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar tinggi, menimbulkan panas tinggi dan penjaran api cepat apabila terjadi kebakaran.
6. Bahaya kebakaran berat ancaman bahaya kebakaran yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar sangat tinggi, menimbulkan panas sangat tinggi dan penjaran api sangat cepat apabila terjadi kebakaran.

2.1.5 Klasifikasi Kebakaran

Klasifikasi kebakaran adalah pengelompokan jenis-jenis kebakaran berdasarkan jenis-jenis bahan yang terbakar. Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No.Per.04/Men/1980 menetapkan bahwa klasifikasi kebakaran di Indonesia dibedakan menjadi empat kelas. Dengan mengetahui klasifikasi kebakaran ditujukan untuk mengetahui cara dan media yang tepat dalam memadamkan kebakaran. Empat klasifikasi tersebut adalah:

1. Kebakaran Kelas A

Kebakaran Kelas A adalah kebakaran dengan bahan bakar padat selain logam, seperti wool, kertas, kain, kayu, kertas, karet, plastik dan lain-lain. Jika terjadi kebakaran kelas A maka dapat digunakan metode pemadaman dengan cara pendinginan dengan air.

2. Kebakaran Kelas B

Kebakaran Kelas B adalah kebakaran dengan bahan bakar cair, *grease* dan gas, seperti minyak bumi, bensin, solar, gas LPG, gas LNG dan lain-lain. Jika terjadi kebakaran kelas B maka metode pemadaman yang dapat digunakan adalah dengan penutupan atau pelapisan bahan bakar, penyelimutan bahan bakar menggunakan busa, pemindahan bahan bakar, penurunan *temperature*.

3. Kebakaran Kelas C

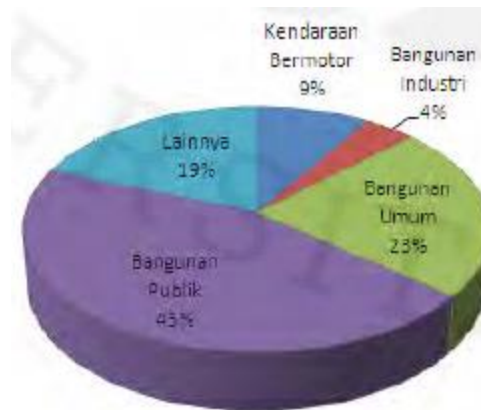
Kebakaran Kelas C adalah kebakaran dengan bahan bakar peralatan yang bermuatan listrik. Dengan bahan bakar kelas A atau Kelas B. Metode pemadaman kelas C ini dapat menggunakan pemadaman menggunakan bahan yang non konduksi listrik, atau dengan menghilangkan kadar oksigen menggunakan APAR tipe CO₂ agar oksigen tidak membantu proses pembentukan api kembali. Bisa juga dengan cara memutuskan arus listrik dan padamkan seperti pemadaman kebakaran kelas A atau kelas B.

4. Kebakaran Kelas D

Kebakaran Kelas D adalah kebakaran dengan bahan bakar logam, seperti magnesium, titanium, zirconium, sodium, potasium, serbuk aluminium dan lain-lain. Jika terjadi kebakaran pada kelas D ini, metode pemadamannya adalah dengan pelapisan atau penyelimutan dengan bahan pemadam khusus terutama bubuk kering (*Dry Chemical*).

2.2. Instalasi Listrik

Instalasi listrik merupakan peralatan yang sangat penting dalam instalasi bangunan. Sehingga perlu diperhatikan pemasangan dan perawatannya. Sebagian besar penyebab kebakaran yang terjadi disebabkan oleh listrik. Ini ditunjukkan pada gambar dibawah ini, dimana penyebab listrik terhadap kebakaran adalah sekitar 45%. Selain itu bangunan perumahan pemukiman dari data Dinas Pemadam Kebakaran dan Penanggulangan Bencana DKI Jakarta dari tahun 2000 – 2009 menempati urutan pertama terbesar bangunan yang sering mengalami kebakaran yaitu 45%, berikut bangunan umum 23 % dan bangunan lainnya.



Gambar 2.3 Jenis Benda Yang Terbakar

Dari kondisi tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa perilaku instalasi listrik terhadap bangunan pemukiman menjadi hal yang penting. Penggunaan instalasi yang tidak benar menjadi salah satu factor penyebab terjadinya hubungan singkat atau *korsleting listrik* yang berujung terjadinya kebakaran. Untuk itu instalasi listrik khususnya instalasi listrik tegangan rendah perlu diperhatikan kondisinya dan batasan-batasannya terhadap beban dan arus yang ada. Instalasi listrik pada tegangan rendah biasanya terdiri atas :

1. Kabel atau isolasi
2. Sakelar
3. Alat Kontak Listrik
4. Komponen Pengaman
5. System Pentanahan / *Grounding*

2.2.1. Kabel atau Isolasi

Penggunaan kabel terdiri dari beberapa bagian yaitu :

1) Bahan penghantar

Kabel yang digunakan sebagai bahan penghantar arus listrik terbuat dari aluminium dan tembaga. Tahan jenis tembaga lunak untuk hantaran listrik yang telah dibakukan adalah tidak boleh melebihi $1/58 = 0,017241 \text{ ohm mm}^2/\text{m}$ pada suhu 20°C . Sedangkan tahanan jenis aluminium lunak untuk hantaran listrik yang telah dibakukan adalah tidak boleh melebihi $0,028264 \text{ ohm mm}^2/\text{m}$. Koefisien suhu tembaga dan aluminium pada 20°C kira-kira $0,004/^\circ\text{C}$. Aluminium jauh lebih ringan daripada tembaga.

2) Bahan Isolasi.

Bahan isolasi berfungsi untuk memisahkan antara bagian-bagian yang bertegangan agar tidak terjadi hubungan singkat antara satu dengan lainnya. Isolasi suatu kabel merupakan bahan yang berfungsi untuk menahan tekanan listrik sehingga energy listrik tidak bocor kemana-mana.

3) Lapisan pembungkus inti

Untuk tegangan tinggi kabelnya biasanya menggunakan lapisan pembungkus inti yang terbuat dari bahan semi konduktif. Berfungsi untuk meratakan distribusi medan listrik sehingga tidak terjadi penimbunan tegangan, mengamankan manusia dari bahaya listrik dan menahan radiasi medan elektromagnetik.

4) Selubung

Berfungsi sebagai pelindung inti kabel dari tipe pengaruh luar pelindung terhadap korosi, pelindung terhadap gaya mekanis dan gaya listrik, maupun sebagai pelindung terhadap masuknya air atau uap air. Bahan yang digunakan adalah

logam, seperti timbal atau aluminium. Meskipun bahan sintetis seperti karet silikon dan PVC.

Pembagian kelas bahan isolasi

Bahan isolasi listrik dapat dibagi atas beberapa kelas berdasarkan suhu kerja maksimum, yaitu sebagai berikut :

1. Kelas Y, suhu kerja maksimum 90°C

Yang termasuk dalam kelas ini adalah bahan berserat organik (seperti katun, sutera alam, wol sintetis, polivinil, karet, dan sebagainya) yang tidak dicelup dalam bahan pernis atau bahan pencelup lainnya. Termasuk juga bahan termoplastik yang dapat lunak pada suhu rendah.

2. Kelas A, suhu kerja maksimum 150°C

Yaitu bahan berserat dari Y yang telah dicelup dalam pernis aspal atau kompon, minyak trafo, email yang dicampur dengan pernis dan poliamil atau terendam dalam cairan dielektrikum (seperti penyekat fiber pada transformator yang terendam minyak). Bahan-bahan ini adalah katun, sutera, dan kertas yang telah dicelup, termasuk kawat email (enamel).

3. Kelas E, suhu kerja maksimum 120°C

Yaitu bahan penyekat kawat enamel yang memakai bahan pengikat polyvinylformal, polyurethan dan damar epoxy dan bahan pengikat lain sejenis dengan bahan selulosa, pertimaks dan tekstolit, film triacetate, film dan serat polyethylene terephthalate.

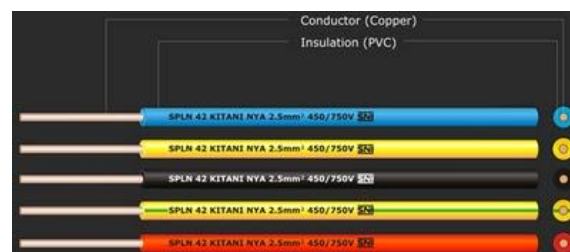
4. Kelas B, suhu kerja maksimum 130°C

Yaitu bahan non-organik (seperti mika, gelas, fiber, asbes) yang dicelup atau direkat menjadi satu dengan pernis atau kompon, dan biasanya tahan panas (dengan dasar minyak pengering, bitumen sirlak, bakelit, dan sebagainya)

5. Kelas F, suhu kerja maksimum 155°C
Bahan ukan organic dicelup atau direkat menjadi satu dengan epoksi, poliurethan, atau pernis yang tahan panas tinggi.
6. Kelas H, suhu kerja maksimum 180°C
Semua bahan komposisi dengan bahan dasar mika, asbes dan gelas fiber yang dicelup dalam silicon tanpa campuran bahan berserat (kertas, katun dan sebagainya). Dalam kelas ini termasuk juga karet silicon dan email kawat poliamid murni.
7. Kelas C, suhu kerja maksimum 180°C
Bahan anorganik yang tidak dicelup dan tidak terikat dengan substansi organic, misalnya mika, mikanit yang tahan panas (menggunakan bahan pengikat anorganik), mikaleks, gelas, dan bahan keramik.

Jenis kabel yang biasanya digunakan pada instalasi listrik tegangan rendah adalah sebagai berikut ;

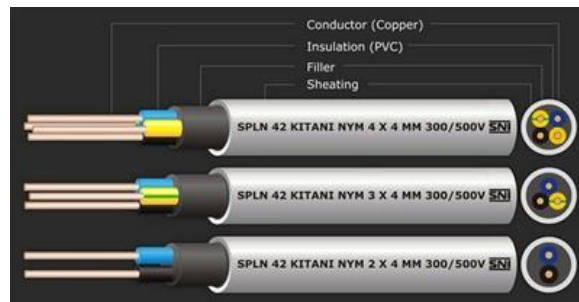
1. Kabel NYA
Merupakan kabel kawat tembaga berinti tunggal dan berlapis bahan isolasi PVC dan mempunyai satu lapisan isolasi saja. Dapat digunakan sampai suhu penghantar 70°C. Tegangan maksimum untuk kabel NYA adalah 700 volt



Gambar 2.4 Kabel NYA

2. Kabel NYM

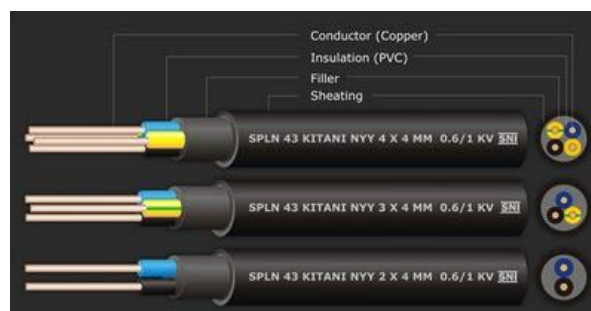
Kabel NYM merupakan kabel kawat tembaga berinti 2, 3, atau 4 dan memiliki lapisan isolasi. Kabel NYM memiliki lapisan isolasi dua lapis sehingga tingkat keamanannya lebih baik daripada kabel NYA. Luas penampang kawat dari kabel NYM adalah $1,5 - 10 \text{ mm}^2$.



Gambar 2.5 Kabel NYM

3. Kabel NYY

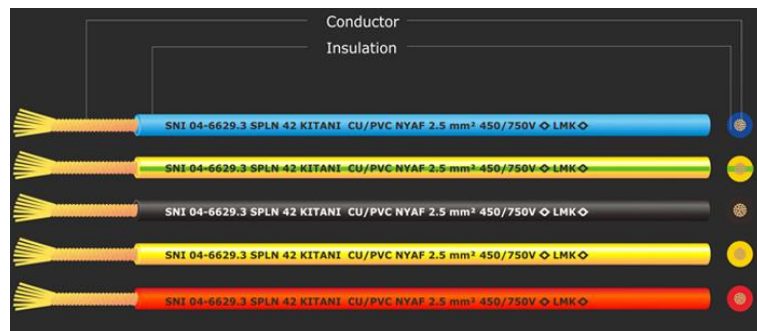
Kabel NYY memiliki lapisan isolasi yang biasanya berwarna hitam, ada yang berinti 2, 3, atau 4. Kabel NYY merupakan kabel instalasi listrik yang dipergunakan untuk instalasi tertanam (kabel tanah).



Gambar 2.6 Kabel NYY

4. Kabel NYAF

Kabel NYAF adalah kabel isi satu urat, bahan isolasinya terbuat dari asbes, kabel ini tahan panas, digunakan instalasi lampu.



Gambar 2.7 Kabel NYAF

Kemampuan penghantar arus listrik dalam suatu kabel penghantar bergantung pada beberapa factor, diantaranya jebis bahan penghantar, luas penampang penghantar, dan panjang dari penghantar tersebut. Kemampuan penghantar kabel instalasi listrik berbahan tembaga maksimum 70°C pada suhu keliling/ruang 30°C .

Tabel2.3 Kemampuan Penghantar Arus Kabel Instalasi Berbahan Tembaga, Berisolasi dan Berselubung PVC

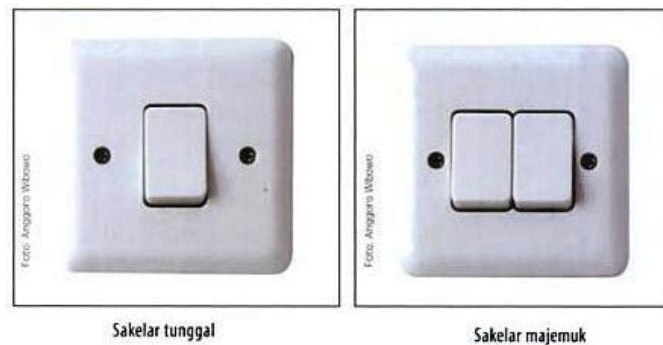
Luas Penampang Nominal Kabel (mm²)	Kemampuan Hantar Arus Maksimum (Ampere)	Kemampuan Hantar Arus Nominal Maksimum Pengaman (Ampere)
1,5	19	20
2,5	25	25
4	34	35
6	44	50
10	60	63
16	82	80
25	108	100
35	134	125
50	167	160
70	207	224
95	249	250
120	291	300
150	334	355
185	380	355
240	450	425
300	520	500

2.2.2. Sakelar

Sakelar merupakan komponen listrik yang berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan rangkaian listrik tegangan rendah, sakelar yang digunakan harus memenuhi syarat yang sudah ditetapkan oleh PUIL yaitu :

- a. Dalam keadaan terbuka, bagian sakelar yang bergerak harus dalam keadaan tidak bertegangan.
- b. Saklora harus tidak terhubung dengan sendirinya akibat pengaruh gaya berat.
- c. Sakelar harus memiliki kemampuan minimal sesuai dengan daya alat yang dihubungkan dalam rangkaian listrik, tetapi tidak boleh lebih dari 5A.

Sakelar sering disebut juga sebagai beban dan memiliki pemutusan sesaat. Pada saat sakelarnya akan membuka untuk memutuskan rangkaian, sebuah pegas akan diregangkan. Pegas inilah yang menggerakkan sakelar sehingga dapat memutuskan rangkaian dalam waktu yang sangat pendek. Kecepatan pemutusannya ditentukan oleh pegas dan tidak tergantung pada pelayanan. Karena cepatnya pemutusan, akan memungkinkan timbulnya busur api antara kontak-kontak pemutusan walaupun sangat kecil. Jenis sakelar yaitu kontak, tumpuk atau paket, sanding, tuas dan giling.



Gambar 2.8 Jenis-Jenis Sakelar

2.2.3. Alat Kontak Listrik

Alat-alat kontak listrik terdiri atas beberapa jenis yaitu kotak kontak (stop kontak), kontak tusuk dan kontak hubung bagi.

- a) Kotak-kontak (stop kontak) atau *electrical socket outlet*

Kotak-kontak atau stop kontak adalah komponen instalasi listrik yang berupa tempat untuk mendapatkan sumber tegangan listrik yang diperlukan untuk peralatan listrik.



Gambar 2.9 Stop Kontak

Sumber tegangan listrik tersebut berasal dari hantaran fasa dan netral dari tegangan listrik jala-jala PLN. Kotak kontak terdiri atas :

1. Kotak kontak biasa (KKB) yaitu kotak kontak yang dipasang untuk digunakan sewaktu-waktu (tidak secara tetap) bagi peranti listrik jenis apapun yang memerlukannya, asalkan penggunaannya tidak melebihi batas kemampuannya.
2. Kotak kontak khusus (KKK) yaitu kotak kontak yang dipasang khusus untuk digunakan secara tetap bagi suatu jenis peranti listrik tertentu yang diketahui daya maupun tegangannya.

b) Kontak tusuk

Kontak tusuk digunakan untuk menghubungkan peralatan listrik yang dipasang ataupun yang dapat dipindah-pindahkan. Kontak tusuk terdiri atas :

1. Kotak kontak yaitu bagian kontak tusuk yang merupakan gawai pemberi arus

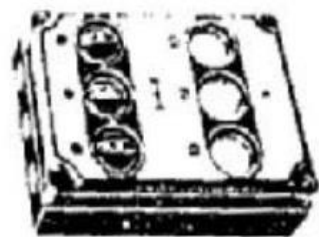
2. Tusuk kontak yaitu bagian kontak tusuk yang merupakan gawai penerima arus



Gambar 2.10 Kontak Tusuk

c) Kontak hubung bagi

Kontak hubung bagi harus terbuat dari bahan yang tidak mudah terbakar, tahan lembap dan kokoh. Pada setiap hantaran pengaman arus, kecuali jika potensial hantaran netralnya tidak selali mendekati potensi tanah. Setiap peralatan listrik, kecuali kotak-kontak dengan kemampuan hantar arus nominal 16A atau lebih, harus mempunyai rangkaian akhir tersendiri, kecuali jika peralatan tersebut merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari suatu unit instalasi.



Gambar 2.11 Kontak Hubung Bagi Dan Rangkaian

2.2.4. Komponen Pengaman

A. Fuse (Pengaman Lebur atau Sekring)

Sekring berperan sebagai komponen pengaman untuk melindungi instalasi listrik dan beban arus listrik dari beban arus lebih. Arus listrik yang mengalir pada suatu penghantar akan mengakibatkan

panas, baik dalam saluran penghantar maupun pada komponen dan alat-alat listrik yang terpasang dalam instalasi listrik. Bagian dari pengaman lebur yang berfungsi untuk memutuskan rangkaian dari arus gangguan yang terjadi disebut patron lebur. Untuk arus nominal < 25 A digunakan patron lebur sedangkan untuk arus nominal lebih dari 25 A sampai dengan 63 A digunakan patron jenis patron ulir.

B. MCCB (*Molded Case Circuit Breaker*)

MCCB (*Molded Case Circuit Breaker*) nilai arus sampai 1000 A thermal atau termal-magnetik operasi. Perjalanan saat ini dapat disesuaikan dalam peringkat yang lebih besar.

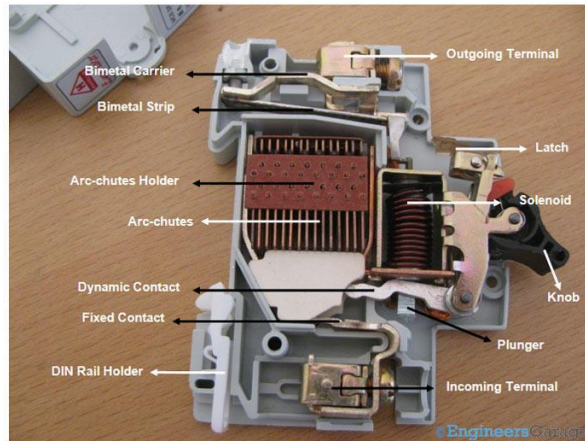
C. MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

Seperti halnya circuit breaker pada umumnya MCB berfungsi untuk memutus jalannya arus gangguan yang terjadi pada peralatan agar kerusakan tidak menyebar ke peralatan lain atau terjadi kerusakan yang lebih fatal lagi. Bedanya dengan sekering yang hanya dapat beroperasi sekali untuk memutus aliran arus kemudian harus diganti, sedangkan untuk circuit breaker sendiri pemutus rangkaian dapat direset (baik secara manual atau secara otomatis) dapat melanjutkan operasi manual tanpa ada kerusakan pada circuit breaker tersebut.

Sifat-sifat MCB sebagai berikut :

- 1) Arus beban dapat diputuskan bila panas yang ditimbulkan melebihi dari panas yang diizinkan.
- 2) Arus hubung singkat dapat diputuskan tanpa adanya perlambatan.

- 3) Setelah dilakukan perbaikan, maka MCB dapat digunakan kembali.

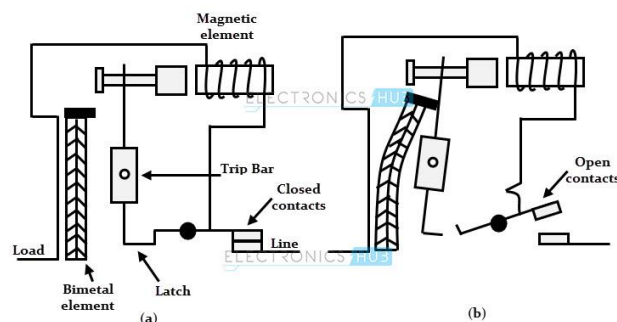


Gambar 2.12 Konstruksi MCB

a. Cara kerja MCB

Menurut konstruksinya, MCB memiliki dua cara pemutusan yaitu :

1. Komponen Bimetal



Gambar 2.13 Cara Kerja Pemutus Bimetal

Komponen bimetal yaitu sebagai proteksi terhadap arus lebih, apabila arus yang mengalir normal bimetal akan saling terhubung, tetapi ketika arus melebihi batas normalnya bimetal. Untuk itu pemutusan berdasarkan panas dilakukan oleh batang bimetal, dengan perpaduan dua buah logam yang berbeda koefisien muai logamnya. Jika terjadi arus lebih akibat beban lebih, maka bimetal

akan melengkung akibat panas dan akan mendorong tuas pemutus tersebut untuk melepas kunci mekanisnya. Waktu pembukaan bimetal berdasarkan besar arus lebihnya, semakin besar arus lebih semakin cepat bimetal terbuka. Hal ini berlaku sebaliknya, apabila arus beban lebihnya kecil bimetal akan lebih lama terbuka.

2. Kumparan Magnetik

Pemutusan dengan kumparan magnetik cara kerjanya berdasarkan elektromagnetik yang dilakukan oleh solenoid magnetis/*trip coil*, apabila terjadi hubungan singkat maka koil akan terinduksikan dan daerah sekitarnya akan terdapat medan magnet sehingga akan menarik poros dan mengoperasikan tuas pemutus. Untuk menghindari dari efek lebur, pada saat panas yang tinggi akan terjadi bunga api saat pemutusan yang akan diredam oleh pemadam busur api (*arc-shute*) dan bunga api yang timbul akan masuk melalui bilah bilah *arc-shute* tersebut.

Standar untuk gawai pemutus tenaga yang dipakai berdasarkan IEC 60898-, yang menyatakan arus rating (I_n) dari gawai pemutus tenaga untuk dipakai pada rumah tangga didesain untuk mengalirkan arus secara kontinyu (dengan suhu sekitar 30°C) berikut tipe-tipe MCB yaitu :

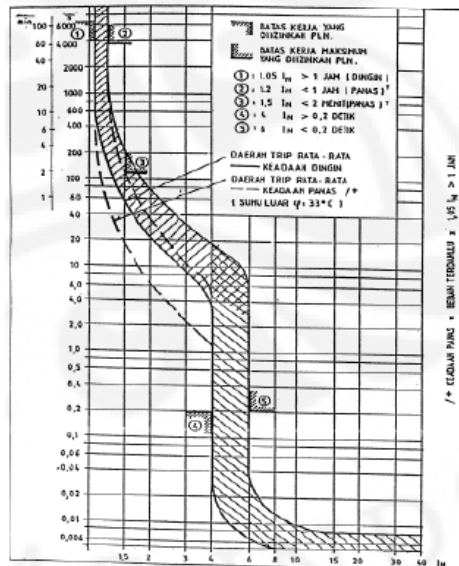
Tabel 2.4 Tipe-tipe MCB dan Besarnya Arus Nominal

Tipe	Besarnya arus gawai pemutus
B	3 In – 5 In
C	5 In – 10 In
D	10 In – 20 In 8 In – 12 In
K	2 In – 3 In
Z	Antara 5 In – 10 In

MCB harus bekerja secepat mungkin untuk memutuskan aliran arus. Karena dapat menyebabkan pemanasan pada penghantar. Dibawah ini ditunjukkan table dan grafik karakteristik arus – waktu untuk pemutus tenaga (MCB) jenis CL.

Tabel 2.5 Karakteristik Arus Waktu MCB

Pengujian	jenis	Arus uji	Kondisi mula	Batas waktu atau non trip	Hasil yang diperoleh	Keterangan
a	B, C, D	1,13 In	Dingin *)	t > 1 jam (untuk In < 63 A) t > 1 jam (untuk In < 63 A)	Tidak Trip	
	CL	1,05 In		t > 1 jam		
b	B, C, D	1,45 In	Segera setelah pengujian	t > 1 jam (untuk In < 63 A) t > 1 jam (untuk In < 63 A)	Trip	Arus dinaikkan secara mantap selama 5 detik
	CL	1,2 In		t < 1 jam		
c	B, C, D, CL	2,55 In	Dingin *)	1 detik < t < 60 detik (In < 32 A)	Trip	Arus dinaikkan secara mantap selama 5 detik
		1,5 In	Panas *)	1 detik < t < 60 detik (In > 32 A)	Trip	
d	B C D	3 In 5 In 10 In	Dingin *)	t > 0,1 detik	Trip	Arus dialirkan dengan menutup saklar bantu
	CL	4 In		t > 0,2 detik		
e	B C D	5 In 10 In 50 In	Dingin *)	t < 0,1 detik	Trip	Arus dialirkan dengan menutup saklar bantu
	CL	6 In		t < 0,2 detik		



Gambar 2.14 Kurva karakteristik Arus – waktu untuk pemutus tenaga CL

4) ELCB (*EarthLeakaque Circuit Breaker*)

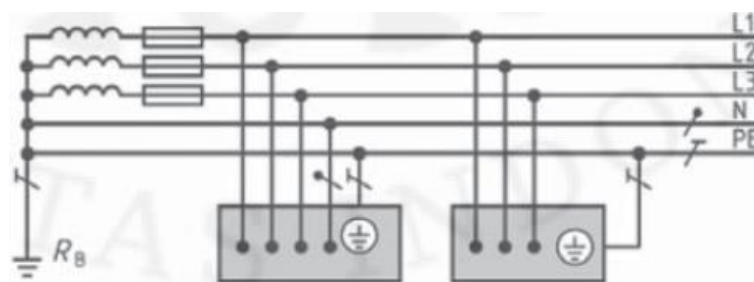
Merupakan salah satu gawai proteksi dimana digunakan sebagai alat pengaman arus bocor tanah atau juga disebut saklar pengaman arus sisa (SPAS) bekerja dengan system *differential*. Untuk instalasi rumah kita dapat memilih ELCB dengan kepekaan yang lebih tinggi yakni ELCB dengan rating arus sisa 10 mA atau 30 mA. Perlindungan yang ideal untuk instalasi listrik apapun seharusnya memiliki perangkat pengaman terhadap beban lebih, hubung singkat dan arus bocor.

2.2.5. Sistem Pentanahan / *Grounding*

Hal yang paling penting darisuatu system listrik adalah system pentanahan karena sangat berperan penting dalam penyaluran arus lebih ke tanah. System pentanahan yang efektif dan efisien merupakan hal yang penting terutama jika dikaitkan dengan operasi peralatan proteksi.

Jenis system pentanahan tegangan bermacam-macam disesuaikan dengan jenis bangunan, untuk bangunan rumah jenis digunakan adalah TN-

S. Pada system ini merupakan kawat-kawat yang saling terpisah satu sama lain. Kawat penghantar pelindung pentanahan (*protection earthing*) ini merupakan selubung olgam dari kabel bawah tanah yang dihubungkan dengan terminal pentanahan utama pelanggan. Semua bagian-bagian instalasi yang bersifat sebagai penghantar aliran listrik dan setiap sistem penangkal petir yang ada dihubungkan dengan kawat penghantar pelindung ini melalui terminal pentanahan utama untuk system instalasi tersebut.



Gambar 2.15 Sistem Pentanahan TN-S

2.3. Listrik Sebagai Pemicu Kebakaran

Pengaruh arus lebih menjadi pemicu terbesar terjadinya kebakaran pada bangunan hingga saat ini. Arus lebih dapat dibagi menjadi arus beban lebih dan arus hubung singkat. Arus beban lebih dapat didefinisikan sebagai arus yang melampaui nilai arus kerja normalnya. Arus beban lebih ini biasanya terjadi karena rangkaian di bebean mengalami kapasitasnya atau karena rancangan dan modifikasi rangkaian yang kurang baik. Sedangkan arus hubung singkat didefinisikan sebagai arus lebih yang terjadi karena adanya gangguan berupa hubungan pendek diantara pengantar-pengantar yang beraliran listrik dimana arusnya sangat besar karena hambatan dari rangkaian yang kecil.

Beban lebih dapat menyebabkan arus yang mengalir pada rangkaian sebesar dua sampai tiga kali dari arus kerja normalnya. Sedangkan untuk arus hubung singkat dapat bernilai ratusan kali lebih besar dari arus normalnya.

Berperan sebagai pemicu terjadinya kebakaran, perlu juga diperhatikan faktor-faktor penyebabnya sehingga arus lebih yang selama ini dikatakan sebagai penyebab terjadinya kebakaran bisa diselektif faktor penyebabnya. Potensi listrik

yang menyebabkan terjadinya kebakaran adlah karena pemanasan yang terjadi yang dapat menimbulkan percikan api pada instalasi listrik tersebut. Aliran arus listrik dapat mengakibatkan timbulnya panas pada sustu konduktor. Mekanisme pemanasan ini dapat dengan pemanasan konduktif maupun induktif.

2.3.1. Pemanasan Konduktif

Pemanasan konduktif merupakan suatu proses pemanasan langsung dengan pengaruh hambatan DRH (*direct resistance heating*). Dimana panas langsung terjadi akibat aliran arus yang mengalir melalui suatu konduktor listrik yang memiliki esistensi tertentu. Pemanasan tersebut menyebabkan rugi-rugi pada peralatan listrik yang ada. Rugi-rugi sebagai berikut :

a) Rugi-Rugi Konduktor

Sumber panas utama yang terjadi pada suatu kabel tenaga adalah rugi-rugi yang terjadi pada konduktor karena adanya resistensi.

$$\rho = I^2 R = \frac{V_2}{R}$$

Dimana : P = daya disipasi dari hambatan [W]

I = arus yang mengalir pada hambatan [A]

R = nilai hambatan yang digunakan [Ω]

Sedangkan nilai resistivitas konduktif dipengaruhi oleh temperatur kerja dari konduktor itu sendiri yang dinyatakan pada persamaan berikut.
[8]

$$\rho_T = \rho_{20} [1 + \alpha(T - 20^0)]$$

Dimana : ρ_T = resistivitas konduktor pada temperatur T^0C

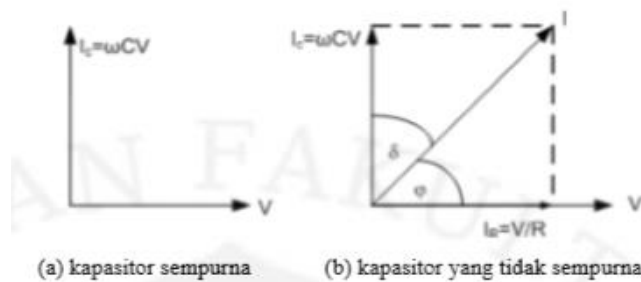
ρ_{20} = resistivitas konduktor pada temperatur 20^0C

α = koefisien temperatur resistivitas

b) Rugi-Rugi dielektrik

Rugi-rugi dielektrik adalah rugi-rugi yang terjadi pada bahan isolasi akibat ketidakidealan bahan isolasi.

Apabila arus bolak-balik melalui suatu kapasitor sempurna, maka arus mendahului tegangan sebesar 90° , seperti terlihat pada Gambar 2.16a, dan arusnya adalah $I_C = \omega cv$. Sedangkan pada kapasitor yang tidak ideal, maka I mendahului V dengan sudut kurang dari 90° karena terjadi kehilangan daya di elektrik. Keadaan tersebut dapat ditunjukkan pada gambar 2.16 b. Sudut φ adalah sudut fase kapasitor, dan $\delta = 90^\circ - \varphi$ adalah sudut kehilangan (*loss-angle*).



Gambar 2.16 Diagram Vektor Arus Pada Kapasitor

Pada kapasitor sempurna kehilangan daya dielektriknya adalah nol, sedangkan pada bahan dielektrik yang tidak ideal kehilangan daya dielektriknya adalah sebagai berikut :

$$P_D = \omega cv^2 \cdot \tan \delta \cdot W$$

Dimana : $\omega = 2\pi f$. Dimana f adalah frekuensi [Hz]

C = kapasitansi [F]

V = tegangan [V]

$\tan \delta$ = faktor kehilangan (*loss factor*)

Kapasitas pada kabel berinti tunggal atau tiga inti berpelindung dengan konduktor silindris dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$C = \frac{0,024\epsilon}{\log d_{in}/d_c} \mu F / phase/km$$

Dimana : d_{in} = diameter bahan isolasi kabel [m]

d_c = diameter konduktor [m]

ϵ = permitivitas bahan dielektrik kabel

Pada saat terjadi pemanasan pada kabel, arusnya melebihi arus nominalnya. Sehingga pada saat hal tersebut terjadi pengaman lebur harus bekerja menggunakan hantaran tersebut agar tidak mencapai nilai maksimum yang diperoleh. Arus nominal kira-kira sama dengan 70% dari batasnya (I_g). Apabila dibebani dengan arus batas secara terus menerus, pengamannya akan putus.

2.3.2. Pemanasan Induktif

Pada pemanasan induktif panas diperoleh dari aliran arus pada suatu konduktor. Arus tersebut berasal dari induktif listrik yang terjadi di luar bidang pemanas. Pemuaian induktif selalu berhubungan dengan medan magnet yang selalu berubah-ubah. Pemanasan induktif dapat digambarkan seperti yang terjadi pada transformator dimana bidang pemanasannya dimisalkan sebagai kumpulan sekunder.



Gambar 2.17 Pemanasan Induktif

Pada gambar diatas digambarkan suatu transformator dengan kumparan satu lapis pada isi primer dan kumparan satu lilitan yang dihubungkan singkat pada sisi sekundernya, dimana keduanya dipisahkan oleh ruang udara. Saat arus bolak-balik dialirkan pada kumparan primer, kumparan primer akan menginduksi kumparan sekunder. Sehingga pada kumparan sekunder tegangan induksi yang mengakibatkan adanya aliran arus dalam kumparan sekunder. Aliran arus inilah yang menyebabkan panas pada bidang pemanas.

Kedua mekanisme pemanasan tersebut biasanya terjadi di kabel sebagai alat pengukur arus. Saat arus yang mengalir melebihi batas arus dari kabel tersebut maka akan terjadi pemanasan seperti yang disebutkan diatas. Saat terjadinya pemanasan yang diakibatkan oleh arus lebih maupun arus hubung singkat MCB sebagai gawai proteksi dapat mengamankan dengan memutus aliran arus. Pemutusan MCB harus secepat mungkin sesuai dengan besarnya arus yang mengalir. Sesuai dengan PUIL 2000 Untuk hubungan singkat yang berdurasi sampai dengan 5 detik, maka waktu (t) selama arus hubung pendek yang ditentukan, akan menaikkan suhu penghantar dari suhu tertinggi yang diizinkan dalam kerja normal sampai mencapai suhu batas.

Sesuai dengan rumus pendekatan sebagai berikut :

$$\sqrt{t} = k \cdot \frac{S}{I}$$

Dimana : T = waktu kerja maksimum [s]

S = luas penampang penghantar [mm²]

I = arus hubung pendek efek [A]

K = konstanta yang bergantung pada jenis logam dari penghantar serta tipe isolasinya

- 115 untuk penghantar tembaga diisolasi dengan PVC.

- 135 untuk penghantar tembaga diisolasi dengan karet biasa, karet butyl, polietilen silang (XLPE), dan karet etilenpropilen (EPR).
- 74 untuk penghantar alumunium diisolasi dengan PVC
- 87 untuk penghantar alumunium diisolasi dengan karet biasa, karet butyl, XLPE dan EPR.
- 115 untuk sambungan solder timah penghantar tembaga dengan suhu 160°C .

2.3.3. Aliran Panas Pada Komponen Instansi Listrik

Proses pemanasan yang terjadi penghantar seperti yang telah dijelaskan diatas akan menyebar ke seluruh permukaan penghantar tersebut dan selanjutnya ke selilingnya.

a) Konduksi

Konduksi terjadi akibat langsung dari interaksi antara atom dalam suatu molekul, tanpa adanya pergerakan langsung dari atom atau molekul tersebut. Menurut teori kinetic, temperature suatu benda tergantung kepada besarnya energi kinetic rata-rata molekul-molekulnya. Ketika temperature suatu benda mengalami peningkatan, maka energi kinretiknya (energi internal) akan meningkat. Peningkatan ini terjadi akibat pergerakan molekul-molekul yang semakin cepat. Apabila suatu bagian dari benda mengalami peningkatan energi internal maka energi ini akan disalurkan ke bagian lain dari benda yang memiliki energi internal yang lebih rendah (temperature yang lebih rendah). Perpindahan energi ini dapat dalam dua tahapan:



Gambar 2.18 Proses Perpindahan Panas Secara Konduksi

1. Adanya tumbukan elastic antara molekul yang menyebabkan molekul lainya ikut bergerak dengan kecepatan yang sama,
2. Khusus untuk logam selain proses tumbukan elastik, adanya electron-elektron bebas yang berada diseluruh bagian logam juga membantu proses perpindahan energi. Atom-atom ini memberikan energi ketika mereka bertumbukan dengan atom-atom lain.

Laju perpindahan panas secara konduksi dapat dihitung dengan menggunakan hukum Fourier yang menyebutkan bahwa besarnya laju perpindahan panas akibat proses konduksi berbanding lurus dengan besarnya gradient temperature (perbandingan antara perubahan temperature dengan arah aliran kalor) yang dapat dinyatakan dengan :

$$q = -k \frac{dT}{dx}$$

Dimana : q = fluks panas (perpindahan panas persatuan luas) [W/m^2]

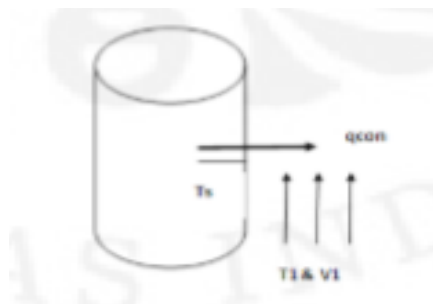
K = konduktivitas termal dari suatu bahan [W/mK]

$$\frac{dT}{dx} = \text{gradient suhu [K/m]}$$

Tanda negative pada persamaan 2-6 menunjukan bahwa vector arah dari fluks panas berlawanan dengan arah perubahan temperatur yang terjadi. Konduktivitas termal merupakan suatu besaran yang menunjukkan jumlah panas yang mengalir dalam suatu satuan luas jika gradient temperaturnya satu. Pada umumnya nilai konduktivitas termal ini berubah terhadap perubahan temperature yang terjadi. Akan tetapi nilai perubahannya pada beberapa jenis bahan cukup kecil sehingga bisa diabaikan.

b) Konveksi

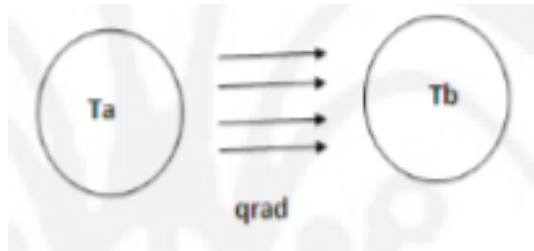
Konveksi adalah proses perpindahan panas yang melibatkan perpindahan massa secara langsung. Perpindahan panas secara konveksi terjadi apabila panas dipindahkan dengan bantuan fluida (seperti udara atau zat cair). Ketika suatu fluida dipanaskan, maka bagian atas dari fluida yang dipanaskan ini akan bertambah kecil, akibatnya molekul fluida yang tidak bersentuhan langsung dengan media pemanas akan bergerak ke bawah akibat adanya gravitasi dan menggantikan molekul fluida yang sudah dipanaskan. Proses konveksi bebas (*natural convection*). Sedangkan apabila pergerakan fluida digerakkan oleh pompa atau kipas, maka proses konveksi yang terjadi adalah konveksi paksa (*forced convection*).



Gambar 2.19 Proses Perpindahan Panas Secara Konveksi

c) Radiasi

Radiasi adalah bentuk perpindahan panas dengan melibatkan gelombang elektromagnetik. Perpindahan panas ini terjadi dimana dua buah benda yang memiliki perbedaan temperature terpisah dalam suatu ruang kosong, bahkan pada ruang hampa sekalipun. Semua benda merupakan penyerap dan pemancar energi. Ketika temperature suatu benda mencapai kesetimbangan termal dengan lingkungan sekitarnya, hal ini berarti benda tersebut menyerap dan memancarkan energi dalam jumlah yang sama. Apabila temperature suatu benda lebih tinggi dibandingkan dengan menyerap energi, begitu pula sebaliknya. Kemampuan memancarkan dan menyerap energi ini bergantung kepada temperature dari sifat dari permukaan suatu benda.



Gambar 2.20 Proses Perpindahan Panas Secara Radiasi