



# **KESELAMATAN KESEHATAN KERJA KELISTRIKAN**

# **BAHAYA KELISTRIKAN, IDENTIFIKASI BAHAYA**

## **PEMANTAUAN DAN PENGUKURAN**

- A. Hazard Identification Risk Assessment  
Determining Control (HIRADC)
- B. Arus Listrik Serta Keamanan dan Keselamatan Manusia
- C. Perlindungan Tenaga Kerja
- D. Bahaya Listrik dan Sistem Pengamanannya

# **Hazard Identification Risk Assessment Determining Control (HIRADC)**

Identifikasi bahaya dilakukan untuk mengetahui apa saja bahaya yang mungkin terjadi dan dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan sekitar. Penilaian dan penentuan pengendalian resiko yang dapat dilakukan dengan beberapa tahapan.

# Hazard Identification Risk Assessment Determining Control (HIRADC)

I. Melakukan tinjauan awal untuk menilai semua potensi bahaya, seperti:

**a. Fisika (Physical Hazard), seperti: kebisingan, ergonomic, kualitas udara, kualitas air, kualitas pencahayaan dan lingkungan yang tidak nyaman.**

**b. Kimia (Chemical Hazard), seperti: ledakan, terbakar, B3 yang tercampur dalam makanan dan minuman, dan udara yang beracun.**

**c. Elektrikal (Electrical Hazard), seperti: kontak langsung dengan aliran listrik, hubungan arus pendek, kegagalan isolasi dan kerusakan alat proteksi.**

# Hazard Identification Risk Assessment Determining Control (HIRADC)

1. Melakukan tinjauan awal untuk menilai semua potensi bahaya, seperti:

**d. Biologi (Biological Hazard), seperti: penanganan air limbah, kotoran, bahan makanan yang tidak higienis dan peralatan konsumsi yang tercemar racun.**

**e. Radiasi (Radiation Hazard), seperti: sinar ultra violetn dan laser.**

**f. Psikologi (Psychological Hazard), seperti: bekerja di ketinggian, bekerja di daerah terpencil, bekerja dengan tingkat tekanan tinggi, be**

**perlengkapan K3**



# **Hazard Identification Risk Assessment Determining Control (HIRADC)**

2. Menggunakan matriks penilaian resiko, melakukan perhitungan resiko awal **(Initial Risk)**, dengan asumsi bahwa **perusahaan belum melakukan pengendalian resiko** sama sekali.
3. Mengklasifikasikan skala resiko awal menjadi “penting” atau “tidak penting” sesuai dengan matriks penilaian resiko.

# Hazard Identification Risk Assessment Determining Control (HIRADC)

4. Menentukan pengendalian resiko yang diterapkan oleh perusahaan. Pengendalian resiko harus sesuai dengan hirarki sebagai berikut:
  - a. **Eliminasi (Elimination)**, yaitu menghilangkan **bahaya atau resiko** dari sumbernya, sebagai contoh menimbun lubang sehingga tidak ada potensi jatuh ke dalam lubang.
  - b. **Substitusi (Substitution)**, yaitu mengganti dengan **bahan atau sumber bahaya** yang lebih kecil.
  - c. **Pengendalian rekayasa (Engineering Control)**, yaitu **cara pengendalian resiko** dengan cara engineering atau rekayasa.

# Arus Listrik Serta Keamanan dan Keselamatan Manusia

Keamanan adalah kebutuhan dasar manusia prioritas kedua berdasarkan kebutuhan fisiologis dalam hirarki Maslow yang harus terpenuhi selama hidupnya, sebab dengan terpenuhinya rasa aman, setiap individu dapat berkarya dengan optimal dalam hidupnya. Mencari lingkungan yang betul-betul aman memang sulit, maka konsekuensinya promosi keamanan berupa kesadaran dan penjagaan adalah hal yang penting.

Dalam rangka usaha menyadarkan pentingnya menjaga keamanan dan menyediakan keamanan bagi anggota keluarga, komunitas dan masyarakat, sangat relevan membahas keamanan dari arus listrik karena arus listrik termasuk penyebab kecelakaan yang cukup dominan yang menyebabkan kebakaran maupun kematian (electrocution), terjadi baik pada perumahan maupun industri.

## Lanjutan -Arus Listrik Serta Keamanan dan Keselamatan Manusia

Beberapa penyebab yang berpotensi menyebabkan kecelakaan listrik pada lingkungan kerja maupun rumah tangga:

I. Buruknya kondisi instalasi listrik, antara lain disebabkan oleh:

Pemasangan kabel yang serampangan.

Banyak sekali dijumpai kasus instalasi listrik yang serampangan dengan kurang mempertimbangkan kemampuan kabel untuk menyalurkan daya. Demikian juga dengan banyaknya sambungan listrik yang memperbesar impedansi kabel.

kedua dapat meningkatkan suhu kabel sehingga menyebabkan rusaknya isolasi kabel. Rusaknya isolasi kabel berpotensi terjadinya hubung singkat atau kontak dengan manusia.

Beberapa penyebab yang berpotensi menyebabkan kecelakaan listrik pada lingkungan kerja maupun rumah tangga:

- I. Buruknya kondisi instalasi listrik, antara lain disebabkan oleh:
  - b. Rusaknya isolasi kabel karena usia. Seiring dengan bertambahnya usia kabel, kualitas isolasi kabel juga semakin berkurang. Kondisi ini tidak hanya ditemui di rumah tangga, tetapi juga di industri. Tidak mengherankan jika kita sering menjumpai kabel yang sudah berumur lebih dari 10 tahun masih digunakan dalam instalasi rumah. Rusaknya isolasi kabel berpotensi menimbulkan kebakaran, dan melalui media lain seperti air atau kayu yang lapuk/basah kontak tidak langsung dengan manusia (kesetrum/electric shock).

## Lanjutan -Arus Listrik Serta Keamanan dan Keselamatan Manusia

Beberapa penyebab yang berpotensi menyebabkan kecelakaan listrik pada lingkungan kerja maupun rumah tangga:

### 2. Kurangnya pemahaman terhadap lingkungan/object kerja

Bekerja dengan alat-alat baru atau alat yang sudah tua, memerlukan perhatian khusus. Analisa yang mendalam (job safety analysis/JSA) perlu dibuat untuk mengantisipasi hal-hal yang tidak lazim tetapi berpotensi terjadi, semisal asumsi rusaknya isolasi.

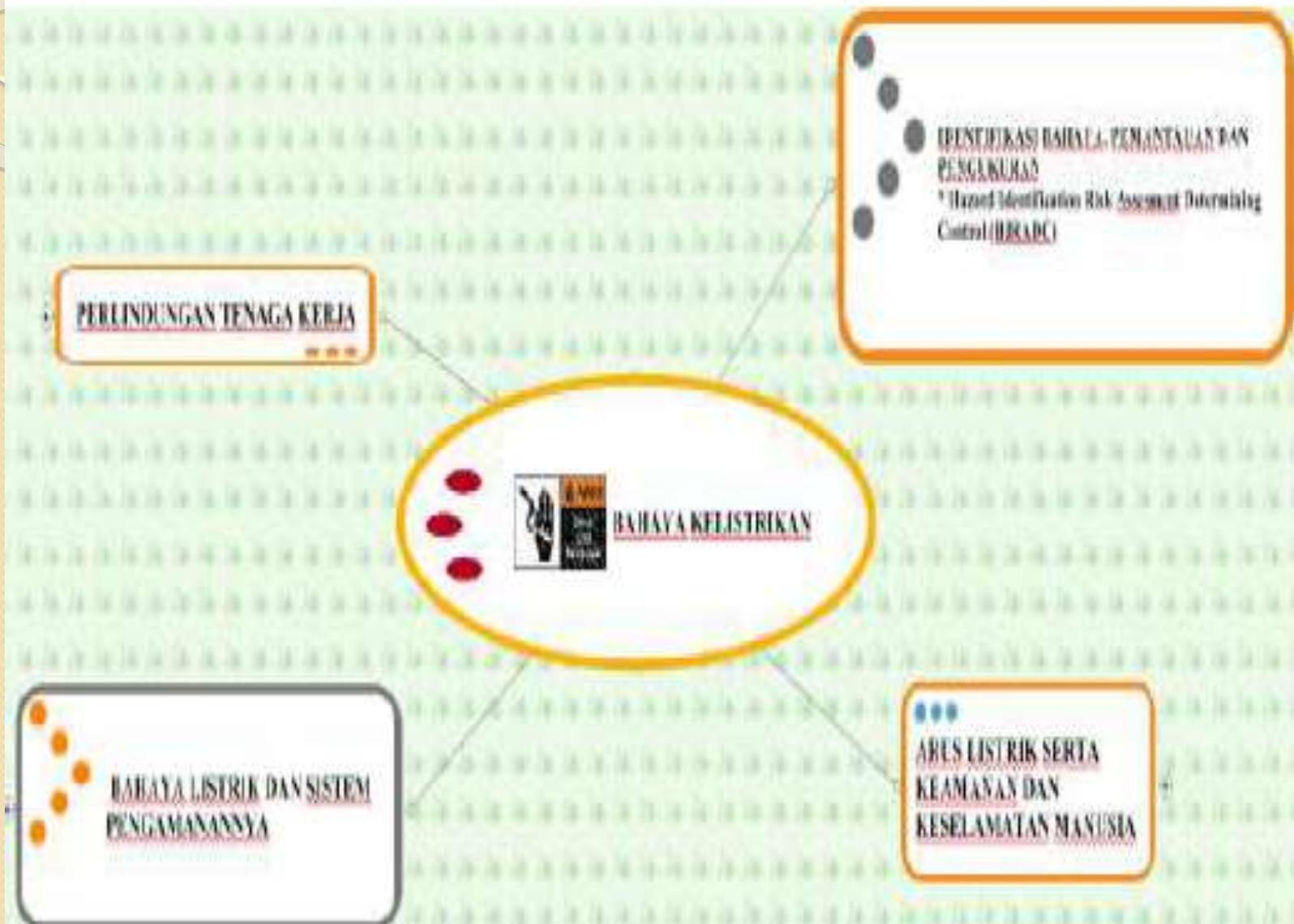
### 3. Penggunaan pemanas listrik

Bahaya rusaknya isolasi pada alat pemanas listrik sangat besar, terutama jika isolasi berhubungan langsung dengan manusia atau media penghantar listrik yang berpotensi kontak dengan manusia. Sebagai contoh water heater. Air mengalir melalui rangkaian pemanas listrik berisolasi. Jika terjadi kebocoran isolasi maka aliran listrik juga akan mengalir melalui air yang dilewatkan. Bisa dibayangkan bahaya yang mengancam jika air tersebut sedang digunakan untuk mandi?

# Perlindungan Tenaga Kerja

**Pasal 3 Ayat 1 UU No. 1 Tahun 1970** tentang keselamatan kerja mengatur tentang syarat-syarat dan sanksi yang diberlakukan bagi perusahaan untuk mengimplementasikan K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) menyatakan dengan jelas keharusan untuk memberikan jaminan keselamatan pekerja dalam bentuk pencegahan terkena aliran listrik yang berbahaya. Tindakan pencegahan ini tentunya dapat mengurangi biaya jaminan sosial tenaga kerja yang nantinya harus diberikan kepada korban jika terjadi kecelakaan. Pencegahan kecelakaan oleh arus listrik, selain melalui pelatihan, training, informasi, instruksi, safety induction, manual, handbook, maupun buku saku, juga perlu diimplementasikan juga berbagai peralatan pencegahnya, seperti alat yang dapat mencegah terjadinya kecelakaan listrik, baik kesetrum atau kebakaran.

# Perlindungan Tenaga Kerja



# Bahaya Listrik dan Sistem Pengamanannya

Pada satu sisi, dalam menjalankan aktivitas sehari-hari kita sangat membutuhkan daya listrik. Namun pada sisi lain, listrik sangat membahayakan keselamatan kita kalau tidak dikelola dengan baik. Sebagian besar orang pernah mengalami/merasakan sengatan listrik, dari yang hanya merasa terkejut saja sampai dengan yang merasa sangat menderita. Oleh karena itu, untuk mencegah dari hal-hal yang tidak diinginkan, kita perlu meningkatkan kewaspadaan terhadap bahaya listrik dan jalan yang terbaik adalah melalui peningkatan pemahaman terhadap sifat dasar kelistrikan yang kita gunakan.

## I. Bahaya Listrik

Bahaya listrik dibedakan menjadi dua, yaitu bahaya primer dan bahaya sekunder. Bahaya primer adalah bahaya-bahaya yang disebabkan oleh listrik secara langsung, seperti bahaya sengatan listrik dan bahaya kebakaran atau ledakan



## Lanjutan - Bahaya Listrik dan Sistem Pengamanannya

### I. Bahaya Listrik

Sedangkan bahaya sekunder adalah bahaya-bahaya yang diakibatkan listrik secara tidak langsung. Namun bukan berarti bahwa akibat yang ditimbulkannya lebih ringan dari yang primer. Contoh bahaya sekunder antara lain adalah tubuh/bagian tubuh terbakar baik langsung maupun tidak langsung, jatuh dari suatu ketinggian, dan lain-lain



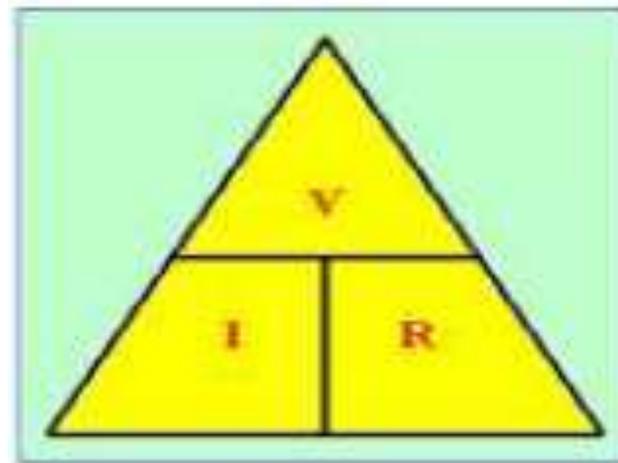
## 2. Bahaya Listrik bagi Manusia

Dampak sengatan listrik antara lain adalah:

- a. Gagal kerja jantung (Ventricular Fibrillation), yaitu berhentinya denyut jantung atau denyutan yang sangat lemah sehingga tidak mampu mensirkulasikan darah dengan baik. Untuk mengembalikannya perlu bantuan dari luar.
- b. Gangguan pernafasan akibat kontraksi hebat (suffocation) yang dialami oleh paru-paru.
  - 1) Kerusakan sel tubuh akibat energi listrik yang mengalir di dalam tubuh,
  - 2) Terbakar akibat efek panas dari listrik.

### 3. Tiga Faktor Penentu Tingkat Bahaya Listrik

Ada tiga faktor yang menentukan tingkat bahaya listrik bagi manusia, yaitu tegangan (V), arus (I) dan tahanan (R). Ketiga faktor tersebut saling mempengaruhi antara satu dan lainnya yang ditunjukkan dalam hukum Ohm,

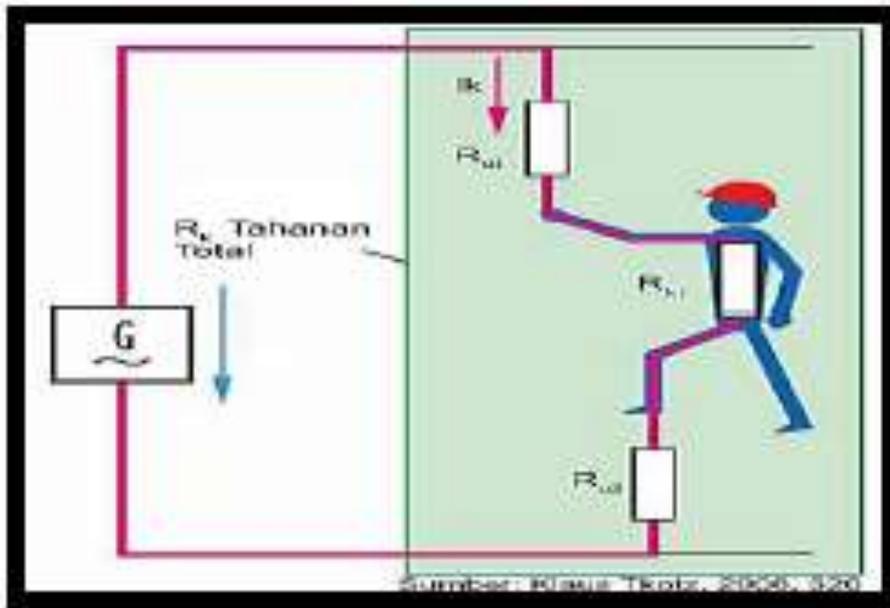


### 3. Tiga Faktor Penentu Tingkat Bahaya Listrik

Tegangan ( $V$ ) dalam satuan volt ( $V$ ) merupakan tegangan sistem jaringan listrik atau sistem tegangan pada peralatan. Arus ( $I$ ) dalam satuan ampere ( $A$ ) atau mili-ampere ( $mA$ ) adalah arus yang mengalir dalam rangkaian, dan tahanan ( $R$ ) dalam satuan ohm, kilo ohm atau mega ohm adalah nilai tahanan atau resistansi total saluran yang tersambung pada sumber tegangan listrik. Sehingga :

Bila dalam hal ini titik perhatiannya pada unsur manusia, maka selain kabel (peng-hantar), sistem pentanahan, dan bagian dari peralatan lain, tubuh kita termasuk bagian dari tahanan rangkaian tersebut

### 3. Tiga Faktor Penentu Tingkat Bahaya Listrik



- $R_{u1}$  = Tahanan penghantar
- $R_{Ki}$  = Tahanan tubuh
- $R_{u2}$  = Tahanan penghantar
- $R_x$  = Tahanan total
- $R_x = R_{u1} + R_{Ki} + R_{u2}$

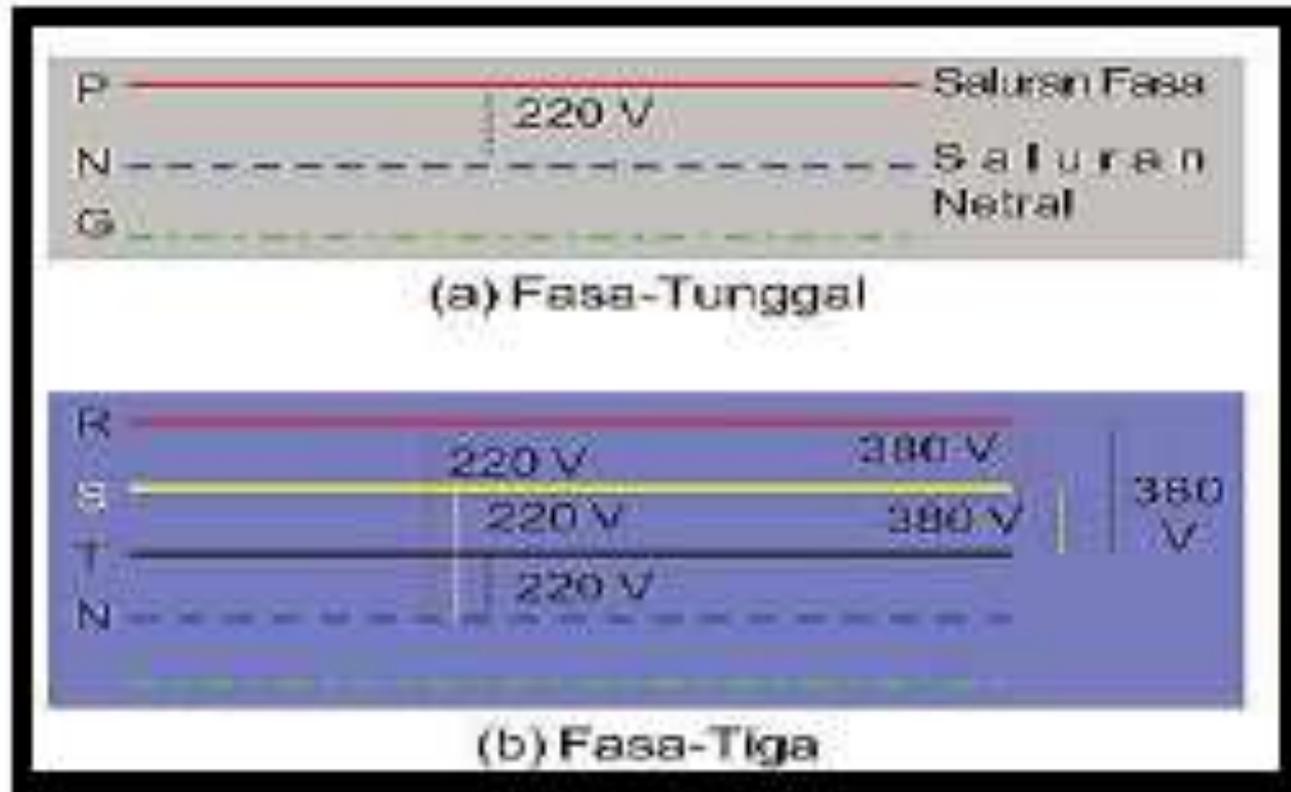
### 3. Tiga Faktor Penentu Tingkat Bahaya Listrik

Bila dalam hal ini titik perhatiannya pada unsur manusia, maka selain kabel (penghantar), sistem pentanahan, dan bagian dari peralatan lain, tubuh kita termasuk bagian dari tahanan rangkaian tersebut

Tingkat bahaya listrik bagi manusia, salah satu faktornya ditentukan oleh tinggi rendah arus listrik yang mengalir ke dalam tubuh kita. Sedangkan kuantitas arus akan ditentukan oleh tegangan dan tahanan tubuh manusia serta tahanan lain yang menjadi bagian dari saluran. Berarti peristiwa bahaya listrik berawal dari sistem tegangan yang digunakan untuk mengoperasikan alat.

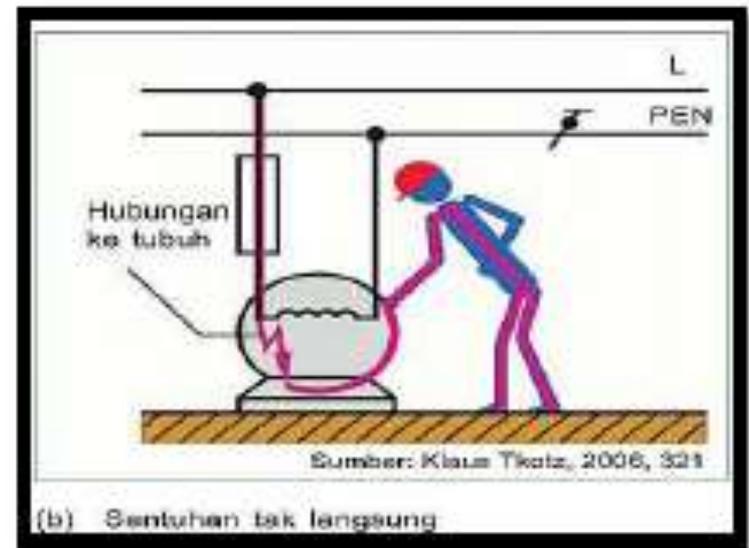
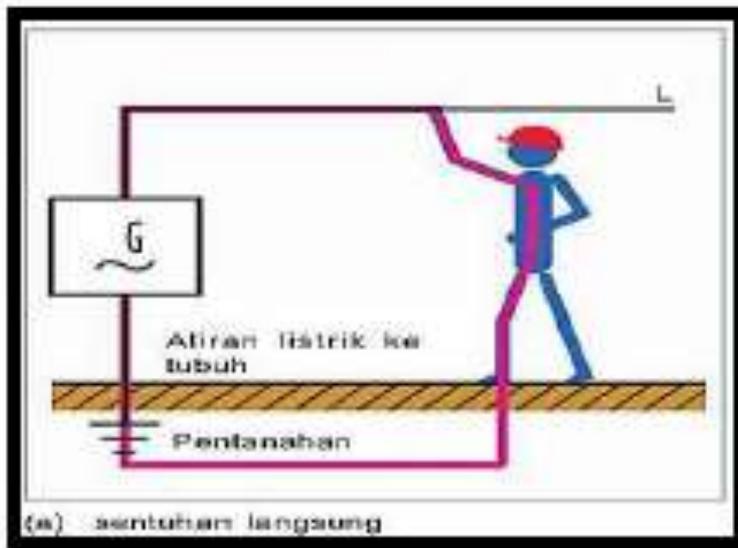
Semakin tinggi sistem tegangan yang digunakan, semakin tinggi pula tingkat bahayanya. Jaringan listrik tegangan rendah di Indonesia mempunyai tegangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar dan sistem tegangan yang digunakan di Indonesia adalah: fasa-tunggal 220V, dan fasa-tiga 220/380V dengan frekuensi 50 Hz. Sistem tegangan ini sungguh sangat berbahaya bagi keselamatan manusia

### 3. Tiga Faktor Penentu Tingkat Bahaya Listrik



### 4. Proses Terjadinya Sengatan Listrik

Ada dua cara listrik bisa menyengat tubuh kita, yaitu melalui sentuhan langsung dan tidak langsung. Bahaya sentuhan langsung merupakan akibat dari anggota tubuh bersentuhan langsung dengan bagian yang bertegangan sedangkan bahaya sentuhan tidak langsung merupakan akibat dari adanya tegangan liar yang terhubung ke bodi atau selungkup alat yang terbuat dari logam (bukan bagian yang bertegangan) sehingga bila tersentuh akan mengakibatkan sengatan listrik.



### 5. Tiga Faktor Penentu Keseriusan Akibat Sengatan Listrik

Ada tiga faktor yang menentukan keseriusan sengatan listrik pada tubuh manusia, yaitu: besar arus, lintasan aliran, dan lama sengatan pada tubuh.

#### a. Besar arus listrik

Besar arus yang mengalir dalam tubuh akan ditentukan oleh tegangan dan tahanan tubuh. Tegangan tergantung sistem tegangan yang digunakan (Gambar 4.7), sedangkan tahanan tubuh manusia bervariasi tergantung pada jenis, kelembaban/moistur kulit dan faktor-faktor lain seperti ukuran tubuh, berat badan, dan lain sebagainya. Tahanan kontak kulit bervariasi dari 1.000 kOhm (kulit kering) sampai 100 Ohm (kulit basah). Tahanan dalam (internal) tubuh sendiri antara 100–500 Ohm.

### **b. Lintasan aliran arus dalam tubuh**

Lintasan arus listrik dalam tubuh juga akan sangat menentukan tingkat akibat sengatan listrik. Lintasan yang sangat berbahaya adalah yang melewati jantung dan pusat saraf (otak). Untuk menghindari kemungkinan terburuk adalah apabila kita bekerja pada sistem kelistrikan, khususnya yang bersifat ONLINE sbb:

- 1) Gunakan topi isolasi untuk menghindari kepala dari sentuhan listrik.
- 2) Gunakan sepatu yang berisolasi baik, agar kalau terjadi hubungan listrik dari anggota tubuh yang lain tidak mengalir ke kaki agar jantung tidak dilalui listrik.
- 3) Gunakan sarung tangan isolasi minimal untuk satu tangan untuk menghindari lintasan aliran ke jantung bila terjadi sentuhan listrik melalui kedua tangan. Bila tidak, satu tangan untuk bekerja sedangkan tangan yang satunya dimasukkan ke dalam saku.

### c. Lama waktu sengatan

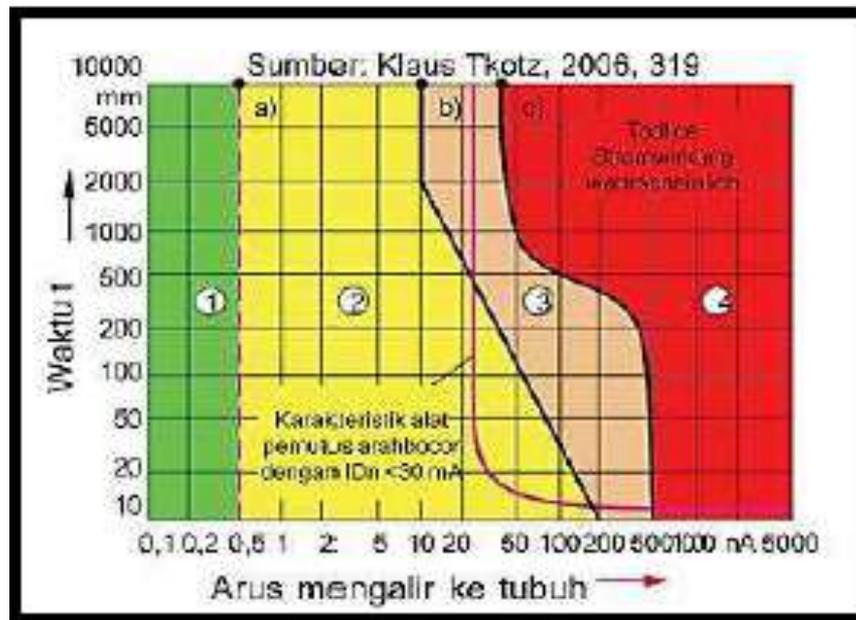
Lama waktu sengatan listrik ternyata sangat menentukan kefatalan akibat sengatan listrik. Penemuan faktor ini menjadi petunjuk yang sangat berharga bagi pengembangan teknologi proteksi dan keselamatan listrik. Semakin lama waktu tubuh dalam sengatan semakin fatal pengaruh yang diakibatkannya. Oleh karena itu, yang menjadi ekspektasi dalam pengembangan teknologi adalah bagaimana bisa membatasi sengatan agar dalam waktu sependek mungkin.

Untuk mengetahui lebih lanjut tentang pengaruh besar dan lama waktu arus sengatan terhadap tubuh ditunjukkan pada Gambar . Dalam gambar ini diperlihatkan bagaimana pengaruh sengatan listrik terhadap tubuh, khususnya yang terkait dengan dua faktor, yaitu besar dan lama arus listrik mengalir dalam tubuh. Arus sengatan pada daerah I (sampai 0,5 mA) merupakan daerah aman dan belum terasakan oleh tubuh (arus mulai terasa 1–8 mA).

## Lanjutan - Bahaya Listrik dan Sistem Pengamanannya

### Lama waktu sengatan

Daerah 2, merupakan daerah yang masih aman walaupun sudah memberikan dampak rasa pada tubuh dari ringan sampai sedang walaupun masih belum menyebabkan gangguan kesehatan. Daerah 3 sudah berbahaya bagi manusia karena akan menimbulkan kejang-kejang/ kontraksi otot dan paru-paru sehingga menimbulkan gangguan pernafasan. Daerah 4 merupakan daerah yang sangat memungkinkan menimbulkan kematian si penderita.



Daerah	Reaksi Tubuh
1.	Tidak terasa
2.	Belum menyebabkan gangguan kesehatan
3.	Kejang otot, gangguan pernafasan
4.	Kegagalan detak jantung, kematian

### 6. Kondisi-Kondisi Berbahaya

Banyak penyebab bahaya listrik yang ada dan terjadi di sekitar kita, di antaranya adalah isolasi kabel rusak, bagian penghantar terbuka, sambungan terminal yang tidak kencang dan sambungan kabel yang terlalu banyak. Isolasi kabel yang rusak merupakan akibat dari sudah terlalu tuanya kabel dipakai atau karena sebab-sebab lain (teriris, terpuntir, tergecet oleh benda berat dan lain-lain), sehingga ada bagian yang terbuka dan kelihatan penghantarnya atau bahkan ada serabut hantaran yang menjuntai.

Ini akan sangat berbahaya bagi yang secara tidak sengaja menyentuhnya atau bila terkena ceceran air atau kotoran-kotoran lain bisa menimbulkan kebakaran. Penghantar yang terbuka biasa terjadi pada daerah titik-titik sambungan terminal dan akan sangat membahayakan bagi yang bekerja pada daerah tersebut, khususnya dari bahaya sentuhan langsung.

### 6. Kondisi-Kondisi Berbahaya

Sambungan listrik yang kendur atau tidak kencang, walaupun biasanya tidak membahayakan terhadap sentuhan, namun akan menimbulkan efek pengelasan (fonk) bila terjadi gerakan atau goyangan sedikit. Ini kalau dibiarkan akan merusak bagian sambungan dan sangat memungkinkan menimbulkan potensi kebakaran.



### 7. Sistem Pengamanan terhadap Bahaya Listrik

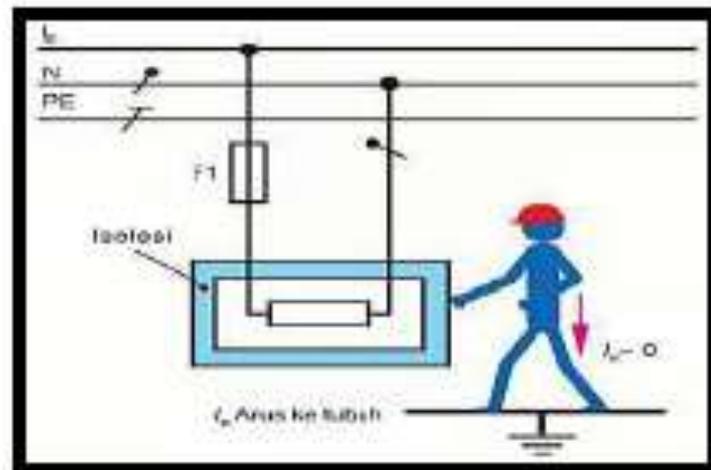
Sistem pengamanan listrik dimaksudkan untuk mencegah orang bersentuhan baik langsung maupun tidak langsung dengan bagian yang beraliran listrik.

#### a. Pengamanan terhadap Sentuhan Langsung

Ada banyak cara/ metode pengamanan dari sentuhan langsung seperti yang akan dijelaskan berikut:

- 1) Isolasi pengaman yang memadai.

Pastikan bahwa kualitas isolasi pengaman baik, dan dilakukan pemeriksaan dan pemeliharaan dengan baik. Memasang kabel sesuai dengan peraturan dan standar yang berlaku.



## Lanjutan - Bahaya Listrik dan Sistem Pengamanannya

2) Menggunakan peralatan INTERLOCKING. Peralatan ini biasa dipasang pada pintu-pintu pada ruangan yang di dalamnya terdapat peralatan yang berbahaya. Jika pintu dibuka, semua aliran listrik ke peralatan terputus (door switch).

### b. **Pengamanan terhadap Tegangan Sentuh (Tidak Langsung)**

Pentanahan merupakan salah satu cara konvensional untuk mengatasi bahaya tegangan sentuh tidak langsung yang dimungkinkan terjadi pada bagian peralatan yang terbuat dari logam. Untuk peralatan yang mempunyai selungkup/rumah tidak terbuat dari logam tidak memerlukan sistem ini. Agar sistem ini dapat bekerja secara efektif maka baik dalam pembuatannya maupun hasil yang dicapai harus sesuai dengan standar. Ada dua hal yang dilakukan oleh sistem pentanahan,

yaitu

(1).Menyalurkan arus dari bagian-bagian logam peralatan yang teraliri arus listrik liar ke tanah melalui saluran pentanahan, dan

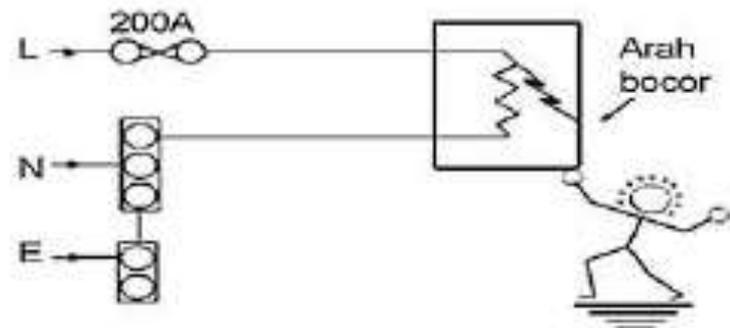
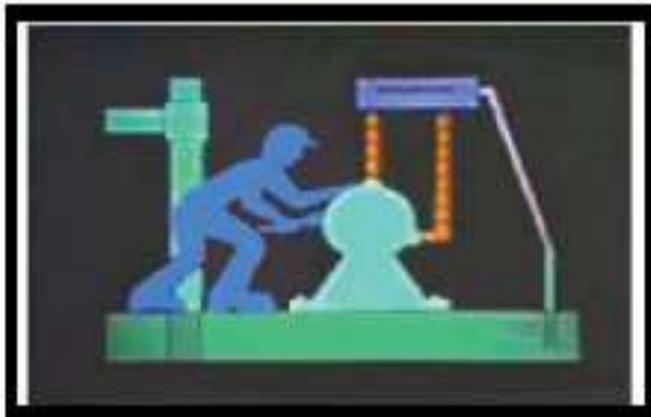
(2).Menghilangkan beda potensial antara bagian logam peralatan dan tanah sehingga tidak membahayakan bagi yang menyentuhnya.

## Lanjutan - Bahaya Listrik dan Sistem Pengamanannya

Berikut ini contoh potensi bahaya tegangan sentuh tidak langsung dan pengamanannya.

Peralatan yang digunakan menggunakan sistem tegangan satu- fasa, dengan tegangan antara saluran fasa (L) dan netral (N) 220V. Alat tersebut menggunakan sekering 200 A.

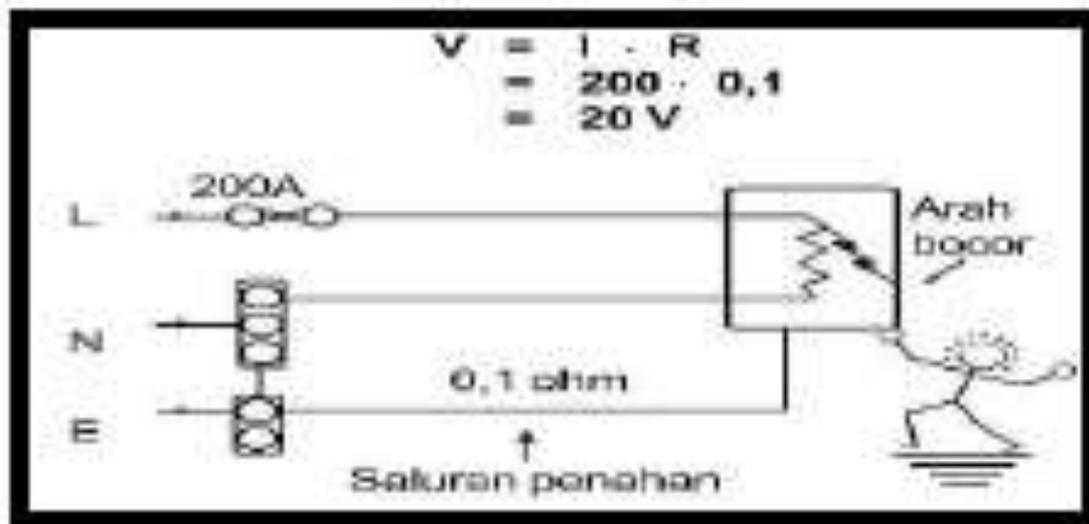
Bila terjadi arus bocor pada selungkup/ rumah mesin, maka tegangan/ beda potensial antara selungkup mesin dan tanah sebesar 220V. Tegangan sentuh ini sangat berbahaya bagi manusia. Bila selungkup yang bertegangan ini tersentuh oleh orang maka akan ada arus yang mengalir ke tubuh orang tersebut.



### 7. Sistem Pengamanan terhadap Bahaya Listrik

#### b. Pengamanan terhadap Tegangan Sentuh (Tidak Langsung)

Pengamanan dari tegangan sentuh dilakukan dengan membuat saluran pentanahan seperti yang ditunjukkan pada Gambar. Saluran pentanahan ini harus memenuhi standar keselamatan, yakni mempunyai tahanan pentanahan tidak lebih dari 0,1 Ohm. Jika tahanan saluran pentanahan sebesar 0,1 Ohm, dan arus kesalahan 200 A, maka kondisi tegangan sentuh akan berubah menjadi:



# Bahaya Listrik dan Sistem Pengamanannya

## 7. Sistem Pengamanan terhadap Bahaya Listrik b. Pengamanan terhadap Tegangan Sentuh (Tidak Langsung)

Bila tegangan ini tersentuh oleh orang maka akan mengalir arus ke tubuh orang tersebut maksimum sebesar:

$$I = V / R_k$$

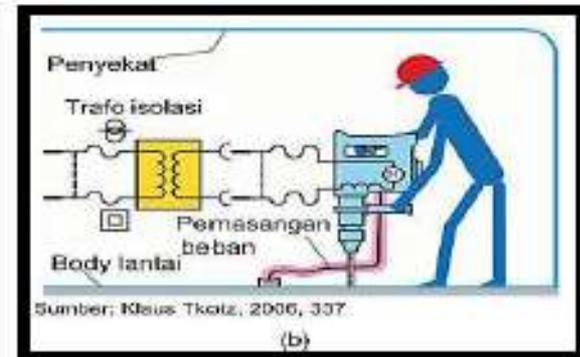
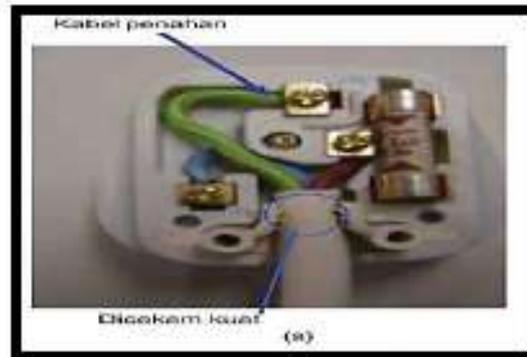
- Kondisi terjelek,  $R_k \text{ min} = 200 \text{ } \Omega$ , maka
$$I = 20/200$$
$$= 0,1 \text{ A atau } 100 \text{ mA}$$
- Kondisi terbaik,  $R_k \text{ maks} = 1000 \text{ k} \Omega$   
maka
$$I = 20 / 1.000.000$$
$$= 0,00002 \text{ A atau } 0,02 \text{ mA}$$

### **7. Sistem Pengamanan terhadap Bahaya Listrik**

#### **b. Pengamanan terhadap Tegangan Sentuh (Tidak Langsung)**

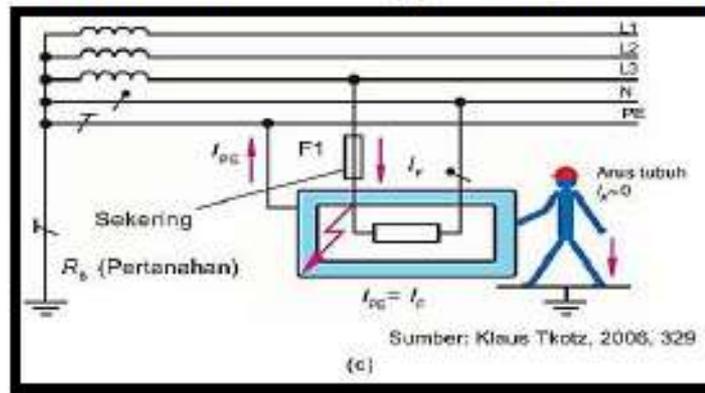
Berdasarkan hasil perhitungan ini terlihat demikian berbedanya tingkat bahaya tegangan sentuh antara yang tanpa pentanahan dan dengan pentanahan. Dengan saluran pentanahan peralatan jauh lebih aman. Karena itu pulalah, saluran pentanahan ini juga disebut saluran pengaman. Walaupun begitu, untuk menjamin keefektifan saluran pentanahan, perlu diperhatikan bahwa sambungan-sambungan harus dilakukan secara sempurna. Setiap sambungan harus disekrup secara kuat agar hubungan kelistrikannya bagus guna memberikan proteksi yang baik. Kabel dicekam kuat agar tidak mudah tertarik sehingga kabel dan sambungan tidak mudah bergerak. Dengan kondisi sambungan yang baik menjamin koneksi pentanahan akan baik pula dan bisa memberikan jaminan keselamatan bagi orang-orang yang mengoperasikan peralatan yang sudah ditanahkan.

# Lanjutan - Bahaya Listrik dan Sistem Pengamanannya



(a) Koneksi kabel

(b) Hubungan alat dan pengguna



(c) Aliran arus

## 8. Alat Proteksi Otomatis

Pada saat ini sudah banyak dijumpai alat-alat proteksi otomatis terhadap tegangan sentuh. Peralatan ini tidak terbatas pada pengamanan manusia dari sengatan listrik, namun berkembang lebih luas untuk pengamanan dari bahaya kebakaran.

### a. Jenis-Jenis Alat Proteksi Otomatis

Jenis-jenis alat proteksi yang banyak dipakai, antara lain adalah: Residual Current Device (RCD), Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB) dan Ground Fault Circuit Interruptor (GFCI). Walaupun berbeda-beda namun secara prinsip adalah sama. Yakni, alat ini akan bekerja/aktif bila mendeteksi adanya arus bocor ke tanah. Karena kemampuan itulah, arus bocor ini dianalogikan dengan arus sengatan listrik yang mengalir pada tubuh manusia.

### 8. Alat Proteksi Otomatis

#### b. Prinsip Kerja Alat Pengaman Otomatis

Perangkat Instalasi Listrik (Gawai) yang berfungsi mendeteksi terjadinya arus listrik dalam keadaan tidak seimbang antara penghantar fasa dan netral yang disebabkan arus lebih dan/atau arus bocor melalui kontak badan adalah RCD. Gambar menunjukkan gambaran fisik sebuah Residual Current Device (RCD) untuk sistem fasa tunggal dan diagram skemanya. Prinsip kerja Residual Current Device (RCD) dapat dijelaskan sebagai berikut. Perhatikan gambar diagram skematik Gambar .

$I_{in}$  : arus masuk

$I_{out}$  : arus keluar

$I_{R1}$  : arus residual yang mengalir ke tubuh

$I_{R2}$  : arus residual yang mengalir ke tanah

$M_{in}$  : medan magnet yang dibangkitkan oleh arus masuk

$M_{out}$  : medan magnet yang dibangkitkan oleh arus keluar.

## 8. Alat Proteksi Otomatis

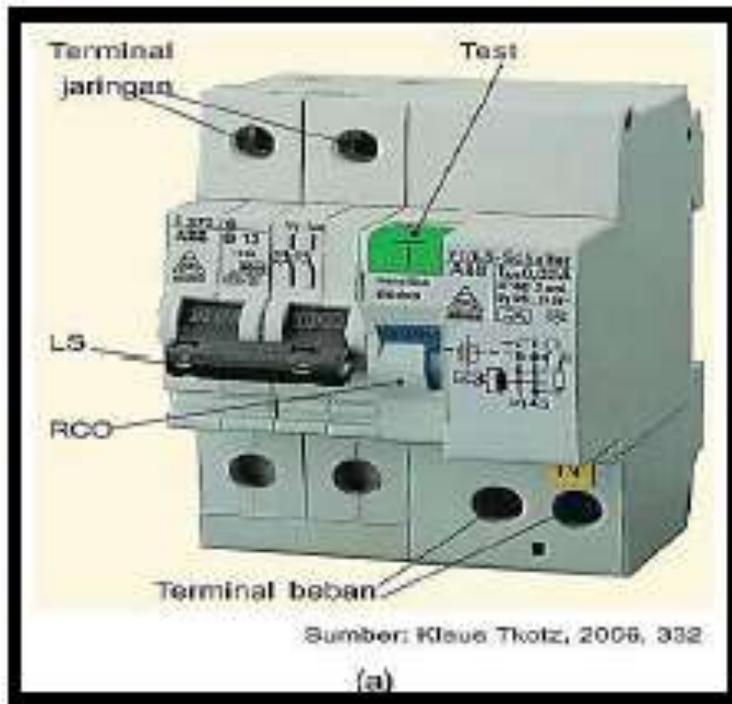
### b. Prinsip Kerja Alat Pengaman Otomatis

Dalam keadaan terjadi arus bocor:

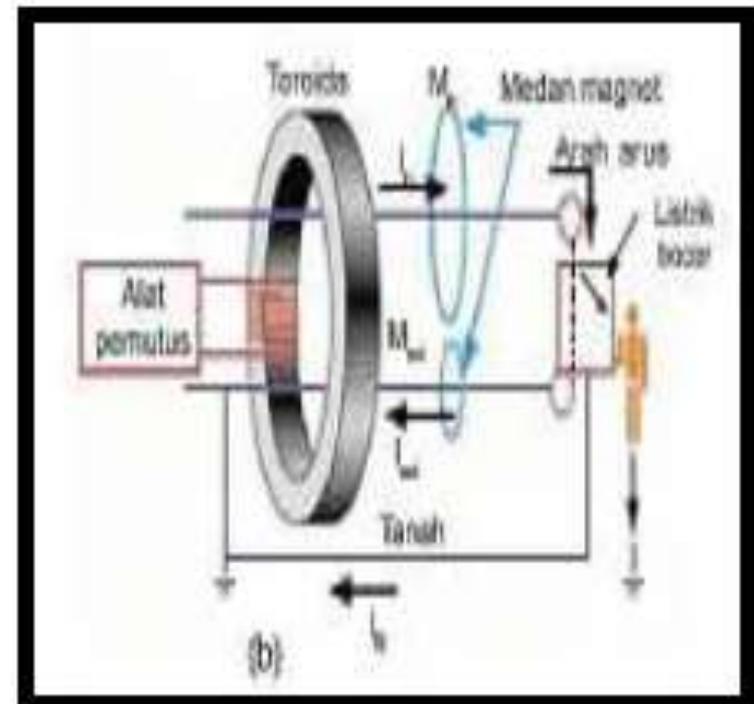
- 1) Arus keluar lebih kecil dari arus masuk,  $I_{out} < I_{in}$ ;
- 2) Arus residu mengalir keluar setelah melalui tubuh manusia atau tanah;
- 3) Karena  $I_{in} > I_{out}$  maka  $M_{in} > M_{out}$
- 4) Akibatnya, akan timbul ggl induksi pada koil yang dibelitkan pada toroida;
- 5) GGL induksi mengaktifkan peralatan pemutus rangkaian.

## 8. Alat Proteksi Otomatis

### b. Prinsip Kerja Alat Pengaman Otomatis



(a) Gambaran fisik RCD



(b) Diagram skematik RCD

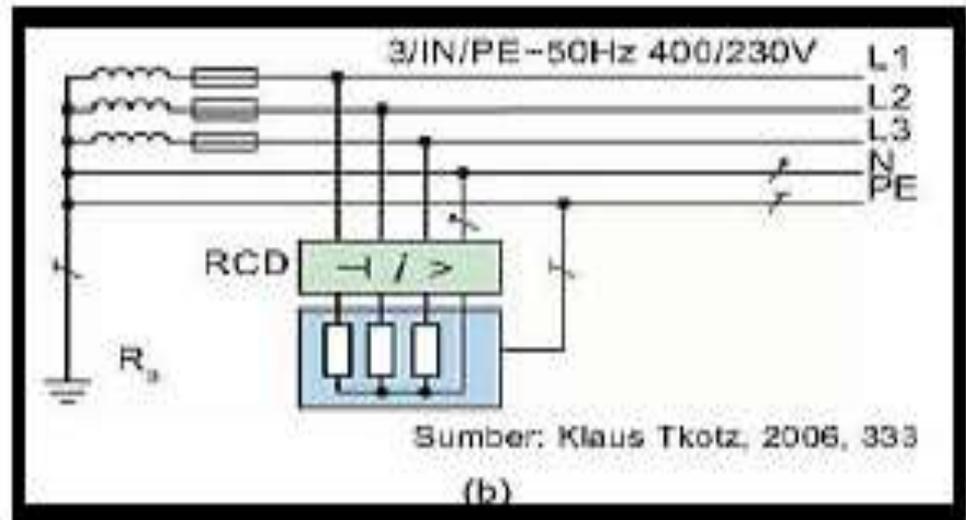
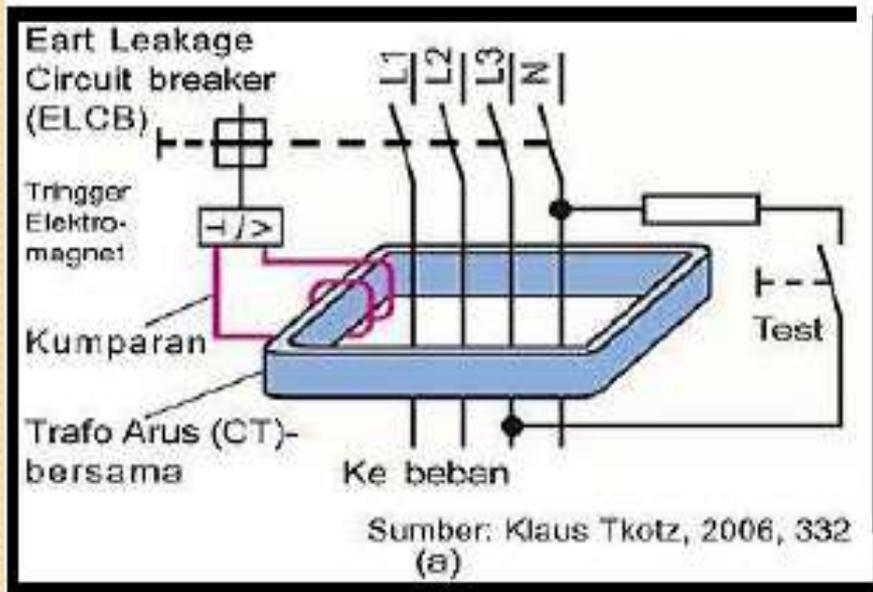
# Bahaya Listrik dan Sistem Pengamanannya

## 8. Alat Proteksi Otomatis

### b. Prinsip Kerja Alat Pengaman Otomatis

Skema diagram untuk sistem tiga fasa ditunjukkan pada Gambar . Prinsip kerja pengaman otomatis untuk sistem tiga fasa ditunjukkan pada Gambar a. Bila tidak ada arus bocor (ke tanah atau tubuh manusia) maka jumlah resultan arus yang mengalir dalam keempat penghantar sama dengan nol. Sehingga trafo arus (CT) tidak mengalami induksi dan trigger elektromagnet tidak aktif. Dalam hal ini tidak terjadi apa-apa dalam sistem.

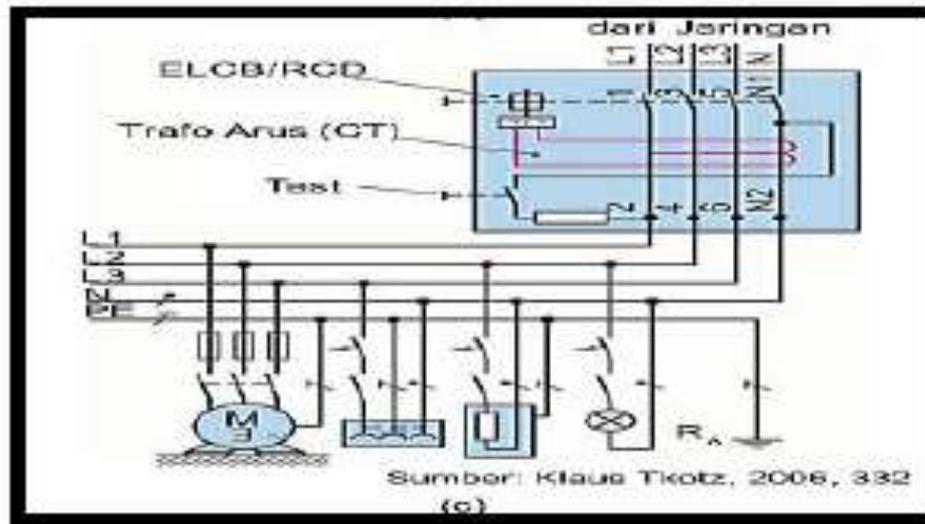
(a) Diagram rangkaian



## 8. Alat Proteksi Otomatis

### b. Prinsip Kerja Alat Pengaman Otomatis

Skema diagram untuk sistem tiga fasa ditunjukkan pada Gambar . Prinsip kerja pengaman otomatis untuk sistem tiga fasa ditunjukkan pada Gambar a. Bila tidak ada arus bocor (ke tanah atau tubuh manusia) maka jumlah resultan arus yang mengalir dalam keempat penghantar sama dengan nol. Sehingga trafo arus (CT) tidak mengalami induksi dan trigger elektromagnet tidak aktif. Dalam hal ini tidak terjadi apa-apa dalam sistem. (a) Diagram rangkaian



(c) Pemasangan Terpusat

## 8. Alat Proteksi Otomatis

### b. Prinsip Kerja Alat Pengaman Otomatis

Namun sebaliknya, bila ada arus bocor, maka jumlah resultan arus tidak sama dengan nol, CT menginduksikan tegangan dan mengaktifkan trigger sehingga alat pemutus daya ini bekerja memutuskan beban dari sumber (jaringan). Gambar (b) dan (c) memperlihatkan pemakaian CRD/ELCB. Bila pengamanan untuk satu jenis beban saja maka RCD dipasang pada saluran masukan alat saja. Sedangkan bila pengamanan untuk semua alat/beban dan saluran, maka alat pengaman dipasang pada sisi masukan/sumber semua beban. Mana yang terbaik, tergantung dari apa yang diinginkan. Kalau keinginan pengamanan untuk semua rangkaian, Gambar (c) yang dipilih. Namun perlu dipertimbangkan aspek ekonomisnya, karena semakin besar kapasitas arus yang harus dilayani maka harga alat akan semakin mahal pula walaupun batas arus keamanan (bocor) yang sama.

# Bahaya Listrik dan Sistem Pengamanannya

## 8. Alat Proteksi Otomatis

### b. Prinsip Kerja Alat Pengaman Otomatis

Untuk alat-alat yang dipasang di meja, cukup dengan arus pengaman  $D_{in} = 30 \text{ mA}$ . Untuk alat-alat yang pemakaiannya menempel ke tubuh (bath tube, sauna, alat pemotong jenggot, dan lain-lain) digunakan alat pengaman dengan arus lebih rendah, yaitu  $D_{in} = 10 \text{ mA}$ . Untuk pengaman terhadap kebakaran (pemasangan terpusat) dipasang dengan  $D_{in} = 500 \text{ mA}$ .

## 9. Pengaman pada Peralatan Portabel

Metode pengamanan peralatan listrik portabel dibedakan menjadi dua kelas, yaitu Alat Kelas I dan Kelas II. Sedangkan untuk alat-alat mainan dikategorikan alat Kelas III. Alat Kelas I adalah alat listrik yang pengamanan terhadap sengatan listrik menggunakan saluran pentanahan (grounding).

Alat ini mempunyai selungkup (casing) yang terbuat dari logam. Alat Kelas II adalah alat listrik yang mempunyai isolasi ganda, di mana selungkup atau bagian-bagian yang tersentuh dalam pemakaiannya terbuat dari bahan isolasi. Pada alat kelas ini tidak diperlukan saluran pentanahan. Berikut ini adalah contoh alat yang termasuk Kelas I dan Kelas II.

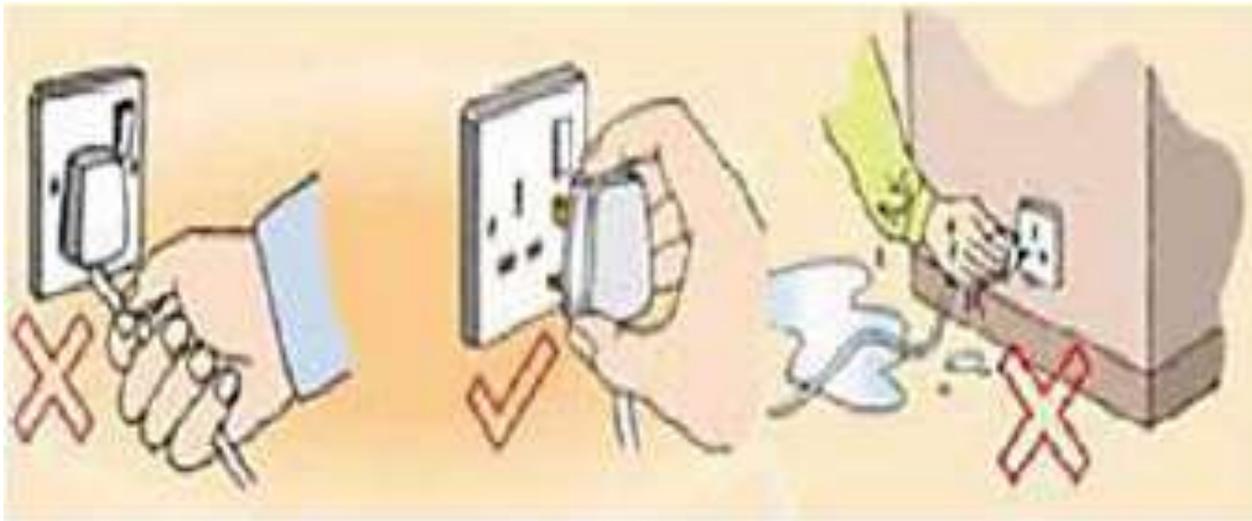
## 9. Pengaman pada Peralatan Portabel



## **10. Prosedur Keselamatan Umum**

- a. Hanya orang-orang yang berwenang dan berkompeten yang diperbolehkan bekerja pada atau di sekitar peralatan listrik.
- b. Menggunakan peralatan listrik sesuai dengan prosedur (jangan merusak atau membuat tidak berfungsinya alat pengaman). Gambar contoh Penggunaan alat listrik

## 10. Prosedur Keselamatan Umum



## 10. Prosedur Keselamatan Umum

c. Jangan menggunakan tangga logam untuk bekerja di daerah instalasi listrik



## 10. Prosedur Keselamatan Umum

d. Pelihara alat dan sistem dengan baik seperti contoh gambar



## 10. Prosedur Keselamatan Umum

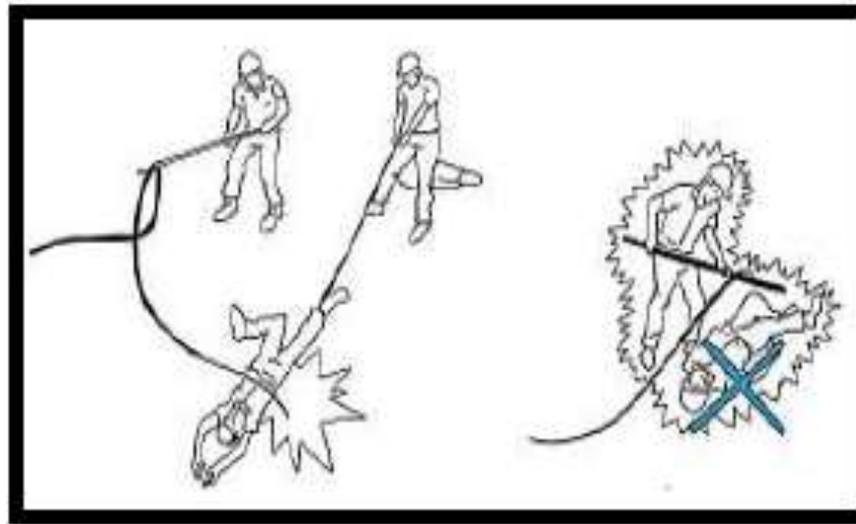
e. Menyiapkan langkah-langkah tindakan darurat ketika terjadi kecelakaan.

1) Prosedur shut-down: tombol pemutus aliran listrik (emergency off) harus mudah diraih.

2) Pertolongan pertama pada orang yang tersengat listrik.

f. Pertolongan pertama pada orang yang tersengat listrik

1) Korban harus dipisahkan dari aliran listrik dengan cara yang aman sebelum dilakukan pertolongan pertama.



## 10. Prosedur Keselamatan Umum

2) Hubungi bagian yang berwenang untuk melakukan pertolongan pertama pada kecelakaan. Pertolongan pertama harus dilakukan oleh orang yang berkompeten.



# **I. Prosedur Keselamatan Khusus**

## **a. Prosedur Lockout/Tagout**

Prosedur ini merupakan prosedur keselamatan khusus yang diperlukan ketika bekerja untuk melakukan pemeliharaan/perbaikan pada sistem peralatan listrik secara aman, dengan tujuan:

- 1) Mencegah adanya release baik secara elektrik maupun mekanik yang tidak disengaja yang membahayakan orang yang sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan dan atau perbaikan,
- 2) Memisahkan/memutuskan dari aliran listrik..

### 11. Prosedur Keselamatan Khusus

Langkah-langkah prosedur ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

- 1) Buat rencana lockout/tagout.
- 2) Beri tahu operator dan pengguna lainnya rencana pemutusan aliran listrik.
- 3) Putuskan aliran pada titik yang tepat..



## II. Prosedur Keselamatan Khusus

- 4) Periksa apakah tim/pekerja telah menggantung padlocksnya pada titik lockout.
- 5) Letakkan tulisan “perhatian” pada titik lockout.
- 6) Lepaskan energi sisa/tersimpan (baterai kapasitor, per).
- 7) Pastikan bahwa peralatan/sistem tidak beraliran listrik.



## I I. Prosedur Keselamatan Khusus

8) Semua anggota tim/ pekerja mengambil padlocknya kembali setelah pekerjaan selesai.



# Bahaya Listrik dan Sistem Pengamanannya

## b. Bahaya Kebakaran dan Peledakan

Banyak peristiwa kebakaran dan peledakan sebagai akibat dari kesalahan listrik.

Peristiwa ini memberikan akibat yang jauh lebih fatal dari pada peristiwa sengatan listrik, karena akibat yang ditimbulkannya biasanya jauh lebih hebat. Akibat ini tidak terbatas pada jiwa namun juga pada harta benda. Lebih-lebih lagi bila melibatkan zat-zat berbahaya, maka tingkat bahayanya juga akan merusak lingkungan. Oleh karena itu, peristiwa semacam ini harus dicegah



## **I) Penyebab Kebakaran dan Pengamanan**

a) Ukuran kabel yang tidak memadai. Salah satu faktor yang menentukan ukuran kabel atau penghantar adalah besar arus nominal yang akan dialirkan melalui kabel/penghantar tersebut sesuai dengan lingkungan pemasangannya, terbuka atau tertutup. Dasar pertimbangannya adalah efek pemanasan yang dialami oleh penghantar tersebut jangan melampaui batas. Bila kapasitas arus terlampaui maka akan menimbulkan efek panas yang berkepanjangan yang akhirnya bisa merusak isolasi dan atau membakar benda-benda sekitarnya. Agar terhindar dari peristiwa kapasitas lebih semacam ini maka ukuran kabel harus disesuaikan dengan peraturan instalasi listrik.

# I) Penyebab Kebakaran dan Pengamanan



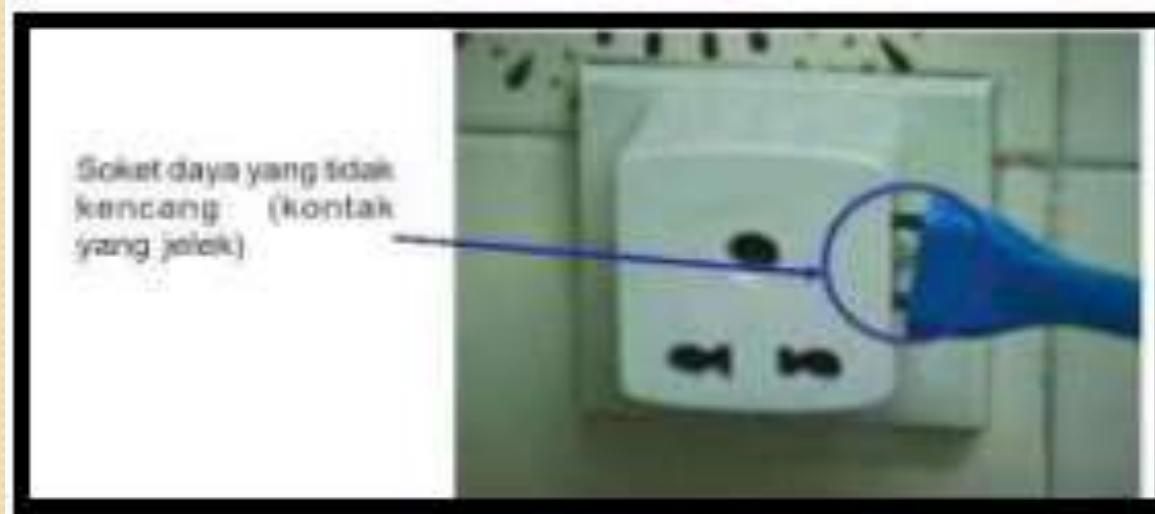
## I) Penyebab Kebakaran dan Pengamanan

b) Penggunaan adaptor atau stop kontak yang salah. Yang dimaksudkan di sini adalah penyambungan beban yang berlebihan sehingga melampaui kapasitas stopkontak atau kabel yang mencatu dayanya.



# I) Penyebab Kebakaran dan Pengamanan

c) Instalasi kontak yang jelek



### 1) Penyebab Kebakaran dan Pengamanan

- d) Percikan bunga api pada peralatan listrik atau ketika memasukkan dan mengeluarkan soket ke stop kontak pada lingkungan kerja yang berbahaya di mana terdapat cairan, gas atau debu yang mudah terbakar.
- e) Untuk daerah-daerah seperti ini harus digunakan peralatan anti percikan api.



## 2) Kondisi abnormal sistem kelistrikan

Gambar mengilustrasikan arus kesalahan (abnormal) yang sangat ekstrim yang bisa jadi menimbulkan kebakaran dan atau peledakan, yaitu:

- a) Terjadinya hubung singkat antar saluran aktif L1, L2, dan L3.
- b) Hubung singkat ke tanah (hubung tanah) antara saluran aktif L1, L2, L3 dengan tanah.
- c) Bila ada kawat netral bisa terjadi hubung singkat antara saluran aktif L1, L2, L3 dengan saluran netral. Untuk mencegah potensi bahaya yang disebabkan oleh kondisi abnormal semacam ini adalah pemasangan alat proteksi yang tepat, seperti sekering, CB, MCB, ELCB, dan alat pengaman lain.



### **c. Macam-Macam Ruang Kerja Listrik**

Untuk memilih peralatan atau perlengkapan listrik, harus disesuaikan dengan keadaan ruang kerja listrik.

Berdasarkan penggunaannya, ada beberapa beberapa macam ruang kerja listrik antara lain:

**1) Ruang kerja listrik pada rumah tangga, biasanya terdiri dari ruang tamu, ruang keluarga, kamar tidur, dapur, kamar mandi/WC, luar, balkon, garasi, taman.**

**2) Ruang kerja listrik untuk industri biasa, pada umumnya terdiri dari ruang tamu/lobi, ruang kerja administrasi, toilet, ruang produksi, tempat parkir, jalan.**

### c. **Macam-Macam Ruang Kerja Listrik**

Untuk memilih peralatan atau perlengkapan listrik, harus disesuaikan dengan keadaan ruang kerja listrik. Berdasarkan penggunaannya, ada beberapa beberapa macam ruang kerja listrik antara lain:

**1) Ruang kerja listrik pada rumah tangga, biasanya terdiri dari ruang tamu, ruang keluarga, kamar tidur, dapur, kamar mandi/WC, luar, balkon, garasi, taman.**

**2) Ruang kerja listrik untuk industri biasa, pada umumnya terdiri dari ruang tamu/lobi, ruang kerja administrasi, toilet, ruang produksi, tempat parkir, jalan.**

### **3) Ruang berdebu, industri yang bekerjanya menyebabkan debu antara lain: pabrik**

pemecah batu, kapur, semen, pabrik tepung dan sebagainya. Peralatan listrik yang digunakan harus tahan terhadap debu. Perlengkapan yang akan digunakan dalam ruang yang berdebu ditandai dengan penandaan untuk kelas A sebagai berikut.

- a) DIP (Dust Ignition Protection), diikuti dengan A untuk kelas A, kemudian diikuti dengan 21 dan 22 untuk menyatakan zona dimana perlengkapan boleh ditempatkan.
- b) Untuk perlengkapan kelas B digunakan penandaan yang sama, hanya dengan mengganti tanda A dengan B.
- c) Untuk semua perlengkapan, maka suhu maksimum yang diijinkan dicantumkan pada selungkup.
- d) Semua perlengkapan yang ditempatkan dalam Zona 21 dan 22 harus memenuhi ketentuan dalam publikasi IEC.

## Lanjutan - Bahaya Listrik dan Sistem Pengamanannya

Suhu maksimum permukaan yang diijinkan adalah suhu tertinggi pada permukaan perlengkapan listrik yang boleh dicapai dalam penggunaan untuk menghindari penyalaan.

Zona 2I adalah suatu ruang di mana terdapat atau mungkin terdapat debu yang mudah terbakar berupa kabut, selama proses normal, pengerjaan, atau operasional pembersihan, dalam jumlah yang cukup untuk dapat menyebabkan terjadinya konsentrasi yang dapat meledak dari debu yang mudah terbakar atau menyala jika bercampur dengan udara.

### c. **Macam-Macam Ruang Kerja Listrik**

Zona 22 adalah suatu ruang yang tidak diklasifikasikan sebagai Zona 21, dimana kabut debu mungkin terjadi tidak terus menerus, dan muncul hanya dalam waktu singkat atau di mana terdapat pengumpulan atau penumpukan debu yang mudah terbakar dalam kondisi abnormal, dan menimbulkan peningkatan campuran debu yang dapat menyala di udara. Perlengkapan kedap debu kelas A, selungkup harus memenuhi syarat IP 6X. Perlengkapan yang dilindungi terhadap debu kelas A, selungkup harus memenuhi persyaratan untuk IP 5X. Perlengkapan kedap debu kelas B, perlengkapan harus sesuai dengan persyaratan IEC. Perlengkapan kedap debu kelas B, Perlengkapan harus sesuai dengan persyaratan IE.

### **c. Macam-Macam Ruang Kerja Listrik**

#### **4) Ruang kerja listrik untuk industri yang mengandung gas, bahan atau debu yang korosif**

Industri yang bekerjanya menggunakan gas dan rawan terhadap bahaya kebakaran dan ledakan antara lain : pabrik penyulingan minyak, pabrik pengolahan bahan bakar minyak dan sebagainya. Selain itu, mesin, pesawat, dan penghantar listrik serta pelindung yang bersangkutan harus di desain, dilindungi, dipasang dan dihubungkan sedemikian rupa sehingga tahan terhadap pengaruh yang rusak dari bahan, debu, atau gas yang korosif itu.

## **5) Ruang kerja listrik terkunci**

- a) Dalam ruang kerja listrik terkunci tidak boleh dipasang mesin, pesawat, instrumen ukur dan perlengkapan lain, yang setiap hari berulang kali secara teratur dilayani, diamati, atau diperiksa ditempat.
- b) Bila ada penerangan lampu, lampu itu harus dipasang sedemikian rupa sehingga dapat dinyalakan dari tempat yang berdekatan dengan jalan masuk utama dan harus memberi penerangan yang cukup.

## **5) Ruang kerja listrik terkunci**

c) Pintu jalan masuk ke ruang kerja listrik terkunci harus diatur sedemikian rupa sehingga memenuhi syarat sebagai berikut.

(1) Semua pintu harus membuka keluar

(2) Semua pintu harus dapat dibuka dari luar dengan menggunakan anak kunci.

(3) Semua pintu harus dapat dibuka dari dalam tanpa menggunakan anak kunci.

**6) Ruang uji bahan listrik dan laboratorium listrik**

- a) Ruang uji bahan listrik dan laboratorium listrik seperti pada ruang kerja listrik.
- b) Untuk instalasi pasangan tetap berlaku juga ketentuan yang disyaratkan untuk instalasi dalam ruang kerja listrik pada umumnya.
- c) Ruang uji bahan listrik dan laboratorium listrik tidak boleh berdebu, harus bebas bahaya kebakaran / ledakan, serta tidak boleh lembap.
- d) Dalam pabrik dan bengkel, ruang uji bahan listrik laboratorium listrik harus dipisahkan dari instalasi lain pabrik / bengkel dengan baik dan tepat.
- e) Pada pintu masuk harus dipasang papan tanda peringatan larangan masuk bagi orang yang tidak berwenang.
- f) Harus dicegah orang yang tidak berwenang masuk kedalam ruang instalasi listrik tegangan menengah.

## c. Macam-Macam Ruang Kerja Listrik

### 7) Ruang sangat panas

a) Untuk instalasi listrik dalam ruang sangat panas berlaku ketentuan (ruang lembap) kecuali jika ditetapkan lain.

b) Pada tempat yang bersuhu demikian tingginya sehingga ada kemungkinan bahan isolasi dan pelindung penghantar pasangan normal akan terbakar, meleleh, atau lumer, harus diperhatikan ketentuan berikut:

(1) Hanya armatur penerangan, pesawat pemanas dan alat perlengkapan lainnya beserta penghantar yang bersangkutan itu saja yang boleh dipasang di tempat itu.

## **c. Macam-Macam Ruang Kerja Listrik**

### **7) Ruang sangat panas**

(2) Sebagai penghantar dapat dipakai penghantar regang pada isolator dengan jarak titik tumpu maksimum 1 meter, atau kabel jenis tahan panas yang sesuai untuk suhu ruang itu.

(3) Pada tempat dengan bahaya kerusakan mekanis, penghantar telanjang harus seluruhnya dilindungi dengan selungkup logam yang kuat, atau dengan alat yang sama mutunya untuk mencegah bahaya sentuhan.

## c. Macam-Macam Ruang Kerja Listrik

### 8) Ruang radiasi

#### a) Ruang sinar X

- (1) Seluruh permukaan lantai tempat perlengkapan sinar X berdiri harus dilapisi bahan isolasi (sesuai dengan IEC).
- (2) Pada seluruh bagian logam yang tidak bertegangan dari perlengkapan sinar X harus dipasang penghantar proteksi yang baik.
- (3) Sakelar harus mudah dicapai dan dikenal dengan jelas.
- (4) Kabel fleksibel yang digunakan harus dari jenis pemakaian kasar dan berat atau dari jenis berselubung logam yang fleksibel.

### **c. Macam-Macam Ruang Kerja Listrik**

#### **8) Ruang radiasi**

##### **b) Ruang radiasi tinggi**

(1) Semua instalasi perlengkapan panel pengatur harus dipasang di luar ruang beradiasi.

(2) Untuk instalasi berlaku persyaratan dalam

#### **c) Ruang Mikroskop Elektron**

(1) Peraturan mengenai instalasi dalam ruang Mikroskop elektron akan ditetapkan oleh instansi yang berwenang.

**c. Macam-Macam Ruang Kerja Listrik**

**9) Sel Radioaktif**

Sel radioaktif ialah suatu ruang untuk menyimpan, mengolah, membentuk, atau memproses bahan radioaktif.

- a) Semua lampu dalam sel radioaktif harus dipasang dalam jarak jangkauan dari manifoldor.
- b) Semua lampu sedapat mungkin harus tertanam di dinding dan ditutup dengan tutup yang tembus cahaya sedemikian rupa sehingga mudah dilepas hanya dengan menggunakan manifoldor yang ada.
- c) Semua lampu harus diletakkan sedemikian rupa sehingga dapat dilihat dari jendela pelindung.
- d) Semua kabel harus dipasang dalam pipa dan ditanam dalam tembok (dinding sel) minimum sedalam 1 cm dari permukaan dinding.

## **c. Macam-Macam Ruang Kerja Listrik**

### **9) Sel Radioaktif**

- e) Semua lampu harus dapat dilayani dari luar sel.
- f) Semua kotak kontak yang ada di dalamnya harus dapat dilihat dari jendela pelindung.
- g) Dalam ruang di daerah panas sekitar sel radioaktif yang mengandung udara radioaktif, semua pipa instalasi listrik sedapat mungkin harus ditanam dalam tembok. Kabel yang ada dilangit-langit supaya ditunjang dengan baik dengan ketinggian minimum 3 meter.
- h) Semua permukaan sakelar, tusuk kontak, dan kotak kontak harus terdiri dari bahan yang tidak mudah terbakar, harus licin, kuat dan tanpa lekukan yang tajam. Pemasangan dalam dinding harus rata dalam satu bidang

## c. Macam-Macam Ruang Kerja Listrik

### 9) Sel Radioaktif

#### (I) Ruang Gamma

Ruang gamma ialah suatu daerah radiasi untuk penelitian dan proses dengan menggunakan sinar gamma.

- Semua alat pelayanan instalasi listrik dan operatornya harus berada dalam ruang tersendiri, di luar daerah ruang gamma.
- Penghantar yang digunakan harus tahan terhadap radiasi (proses radiasi Xlink).
- Pemasangan dalam dinding harus berbelok-belok sehingga sinar gamma tidak mudah tembus.
- Lampu penerangan harus tahan terhadap sinar gamma, misalnya lampu halogen.

### c. Macam-Macam Ruang Kerja Listrik

#### 9) Sel Radioaktif

##### (2) Ruang Linac (Linear Accelerator)

Linac ialah alat guna mempercepat partikel secara linier. Semua instalasi listrik yang dipasang dalam ruang linac harus memenuhi persyaratan untuk ruang lembab.

**(3) Ruang Neutron, Semua perlengkapan listrik yang dipasang dalam ruang neutron** harus memenuhi syarat untuk ruang ini. Kabel yang digunakan harus dari jenis yang tahan terhadap pengaruh sinar neutron