



Disusun Oleh:  
Yasenda Pratitis  
Dr. Djoko Laras B T.



## MODUL STANDAR MUTU PEKERJAAN ELEKTRIKAL PADA BANGUNAN RUMAH TINGGAL 4400 VA



## KATA PENGANTAR

*Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena hanya dengan rahmat-Nyalah kami akhirnya bisa menyelesaikan modul pembelajaran dengan judul “Standar Mutu Pekerjaan Elektrikal pada Bangunan Rumah Tinggal 4400 VA” ini dengan baik tepat pada waktunya.*

*Tidak lupa kami menyampaikan rasa terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan banyak bimbingan serta masukan yang bermanfaat dalam proses penyusunan modul ini. Rasa terima kasih juga hendak kami ucapkan kepada rekan-rekan mahasiswa yang telah memberikan kontribusinya baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga modul ini bisa selesai pada waktu yang telah ditentukan.*

*Kami menyadari bahwa di dalam modul yang telah kami susun ini masih terdapat banyak kesalahan serta kekurangan. Sehingga kami mengharapkan saran serta masukan dari para pembaca demi tersusunnya modul lain yang lebih baik lagi. Akhir kata, kami berharap agar karya modul ini bisa memberikan banyak manfaat.*

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI.....	ii
GLOSARIUM.....	iv
PENDAHULUAN .....	vi
KEGIATAN BELAJAR I STANDAR PROTEKSI PETIR .....	1
A. Tingkat Sistem Proteksi Petir.....	2
B. SPP Eksternal .....	3
1. Sistem Proteksi Tipe Konvensional .....	4
2. Sistem Proteksi Tipe Elektrostatis.....	6
3. Sistem Proteksi Tipe Radioaktif.....	7
C. SPP Internal.....	8
D. Komponen pada Sistem Proteksi Petir.....	9
1. SPP Eksternal .....	9
2. SPP Internal .....	24
E. Komponen Sistem Proteksi Petir pada Rumah Tinggal 4400 VA .....	24
1. SPP Eksternal .....	24
2. SPP Internal .....	26
KEGIATAN BELAJAR II STANDAR INSTALASI LISTRIK PADA BANGUNAN .....	32
A. Instalasi Listrik pada Rumah Tinggal .....	33
1. Konduktor dan Pemasangannya .....	33
2. Jumlah Titik Beban dalam Tiap Sirkit Akhir .....	43
3. Pemilihan Pengaman (Pemutus Sirkit).....	43
4. Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHBK) .....	46
B. Instalasi Listrik pada Rumah Tinggal 4400 VA .....	53
1. Pemilihan Kabel Instalasi .....	53
2. Jumlah Titik Beban .....	54
3. Pemasangan Panel Hubung Bagi (PHB) .....	55
C. Sistem Pencahayaan Rumah Tinggal .....	55

1. Persyaratan Teknis Pencahayaan.....	55
2. Peluang Penghematan Energi Sistem Pencahayaan .....	68
D. Standar Pencahayaan pada Rumah tinggal 4400 VA.....	69
1. Pencahayaan Alami .....	69
2. Pencahayaan Buatan.....	69
E. Sistem Tata Udara.....	74
1. Kondisi Perencanaan .....	75
2. Perhitungan Perkiraan Beban Pendingin .....	75
3. <i>Overall Thermal Transfer Value (OTTV)</i> .....	77
4. Metode Perhitungan Beban Pendingin .....	84
5. Pemilihan Sistem dan Peralatan Tata Udara .....	86
F. Standar Tata Udara pada Rumah Tinggal 4400 VA .....	87
1. Penentuan Kebutuhan AC .....	87
2. Standar OTTV (W/m <sup>2</sup> ) .....	88
3. Pemilihan Tipe AC .....	88
4. Pemasangan AC .....	89
DAFTAR PUSTAKA .....	99

## GLOSARIUM

BKT: Bagian Konduktif Terbuka merupakan bagian konduktif perlengkapan listrik yang dapat tersentuh dan biasanya tidak bertegangan, tetapi dapat bertegangan jika terjadi gangguan.

Btu/h: merupakan satuan energi yang digunakan di Amerika Serikat dan Inggris yang menyatakan kemampuan kemampuan AC dalam mengurangi/ menambah suhu pada suatu ruangan.

ELCB: *Earth Leakage Circuit Breaker* adalah peralatan proteksi listrik yang berfungsi untuk mengamankan apabila terjadi gangguan arus bocor.

Indeks Renderasi Warna: Kemampuan suatu sumber cahaya untuk membuat warna dan pelbagai pemeringkatan warna (*gradation*) dari sebuah benda yang terlihat oleh mata manusia.

Komponen cahaya langit: Komponen pencahayaan yang berasal dari langit yaitu matahari.

Komponen refleksi dalam: yakni komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi permukaan-permukaan dalam ruangan, dari cahaya yang masuk ke dalam ruangan akibat refleksi benda-benda di luar ruangan maupun dari cahaya langit

Komponen refleksi luar: Komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi benda-benda yang berada di sekitar bangunan yang bersangkutan.

MCB: *Miniature Circuit Breaker* adalah peralatan proteksi listrik yang berfungsi sebagai proteksi beban lebih dan hubung singkat arus listrik.

RCBO: *Residual Current Circuit Breaker with Over Current Protection* adalah peralatan proteksi listrik yang berfungsi sebagai proteksi beban lebih, hubung singkat arus listrik, dan proteksi arus bocor.

SPD: *Surge Protective Device* atau gawai proteksi surja merupakan peralatan proteksi listrik yang berfungsi sebagai proteksi terhadap gangguan sambaran petir dalam SPP Internal.

SPP: Sistem Proteksi Petir merupakan suatu sistem yang melindungi peralatan listrik maupun manusia dari sambaran petir langsung maupun tidak langsung.

VA: Merupakan satuan daya semu listrik.

## PENDAHULUAN

Rumah merupakan bangunan yang dijadikan tempat tinggal dalam jangka waktu tertentu. Tempat tinggal yang nyaman merupakan impian semua orang. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kenyamanan tempat tinggal itu sendiri salah satunya yaitu daya listrik pada rumah tersebut. Daya listrik yang relatif besar akan membuat penghuni rumah dapat menggunakan peralatan elektronik lebih banyak dibandingkan rumah yang memiliki daya listrik yang kecil. Rumah dengan daya listrik 4400 VA sudah dapat dibilang nyaman karena daya listrik tersebut, penghuni dapat menggunakan berbagai peralatan listrik. Rumah dengan daya 4400 VA biasanya memiliki 2 lantai dengan 4 kamar, dan ruangan lainnya seperti ruang keluarga, ruang tamu, dan rumah makan. Beban listrik yang biasanya digunakan pada rumah 4400 VA yaitu kulkas, TV, AC, *water heater*, dan lain-lain. Beban listrik yang cukup besar pada rumah dengan daya 4400 VA dapat digunakan bersamaan berbeda dengan rumah dengan daya dibawahnya. Jadi penghuni dapat dengan nyaman melakukan aktivitas sehari-hari.

Adanya rencana pemerintah tentang penyederhanaan golongan listrik 900 VA non subsidi, 1300 VA, 2200 VA, dan 3300 VA menjadi 4400 VA akan mengakibatkan rumah tinggal 4400 VA akan semakin banyak dibangun dibanding rumah tinggal dengan daya dibawahnya. Rumah tinggal 4400 VA dimiliki orang dengan kemampuan finansial menengah keatas biasanya memiliki luas bangunan lebih lebar. Pembangunan rumah tinggal 4400 VA harus memperhitungkan dari segi estetika dan keamanan rumah yang juga harus sesuai dengan standar yang berlaku. Karena hal itu penulis memutuskan untuk lebih berfokus membuat modul tentang standar pekerjaan mekanikal elektrikal pada bangunan 4400 VA dibandingkan rumah tinggal dibawah ataupun diatasnya.

Industri adalah kegiatan ekonomi yang mengolah bahan mentah, bahan baku, barang setengah jadi, dan atau barang jadi menjadi barang dengan nilai yang lebih tinggi untuk penggunaannya, termasuk kegiatan rancang bangun dan perekayasaan industri. Salah satu bidang industri adalah industri jasa. Industri jasa saat ini

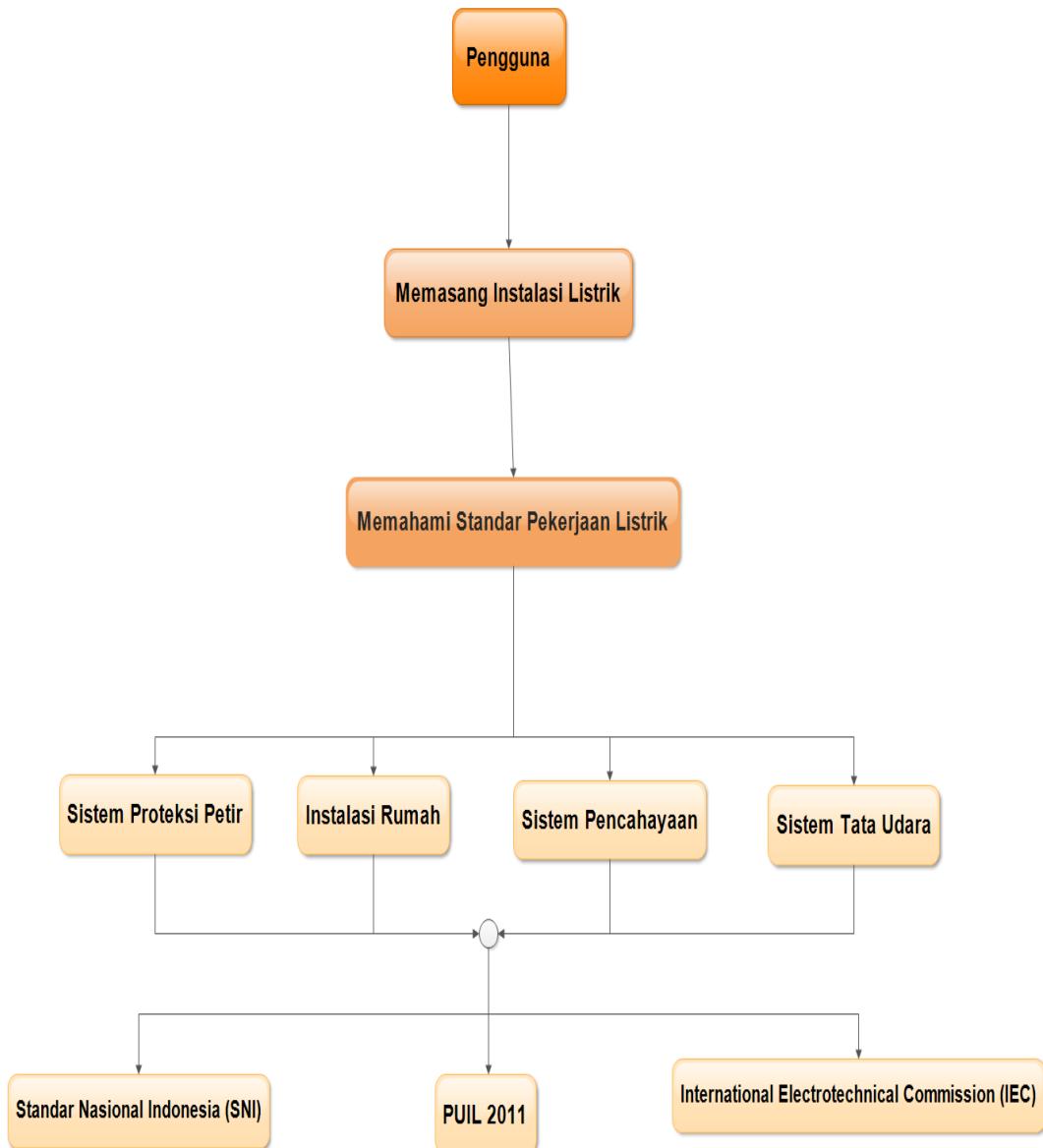
memiliki peran yang sangat penting bagi perekonomian suatu negara. Salah satu industri jasa yang ada adalah industri jasa konstruksi. Industri jasa konstruksi saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat, hal tersebut ditandai dengan banyak dibangunnya sarana dan prasarana berupa bangunan atau bentuk fisik lainnya. Salah satu bidang pekerjaan konstruksi adalah dibidang mekanikal elektrikal. Pekerjaan konstruksi dibidang mekanikal elektrikal merupakan hal yang akan menimbulkan resiko apabila tidak dikerjakan dengan benar. Pekerjaan dibidang mekanikal elektrikal yang tidak dilakukan sesuai dengan standar akan membahayakan konsumen, instalasi listrik dan peralatan listrik didalam bangunan. Selain itu ditengah persaingan global yang semakin tinggi, perusahaan yang bergerak dibidang pelayanan atau jasa dituntut untuk mampu meningkatkan kualitas layanan.

Pemahaman tenaga kerja terhadap standar pekerjaan mekanikal elektrikal merupakan salah satu faktor penting untuk menghasilkan suatu pekerjaan yang berkualitas dan sesuai standar. Tenaga kerja yang memahami standar pekerjaan mekanikal elektrikal akan meningkatkan kualitas kerja dari tenaga kerja di perusahaan dan menghasilkan produk yang berkualitas. Oleh karena itu tenaga kerja harus diberikan pemahaman yang sama tentang standar pekerjaan mekanikal elektrikal. Untuk memberikan pemahaman tentang standar pekerjaan mekanikal elektrikal, perusahaan harus memberikan pendidikan dan pelatihan pada tenaga kerja.

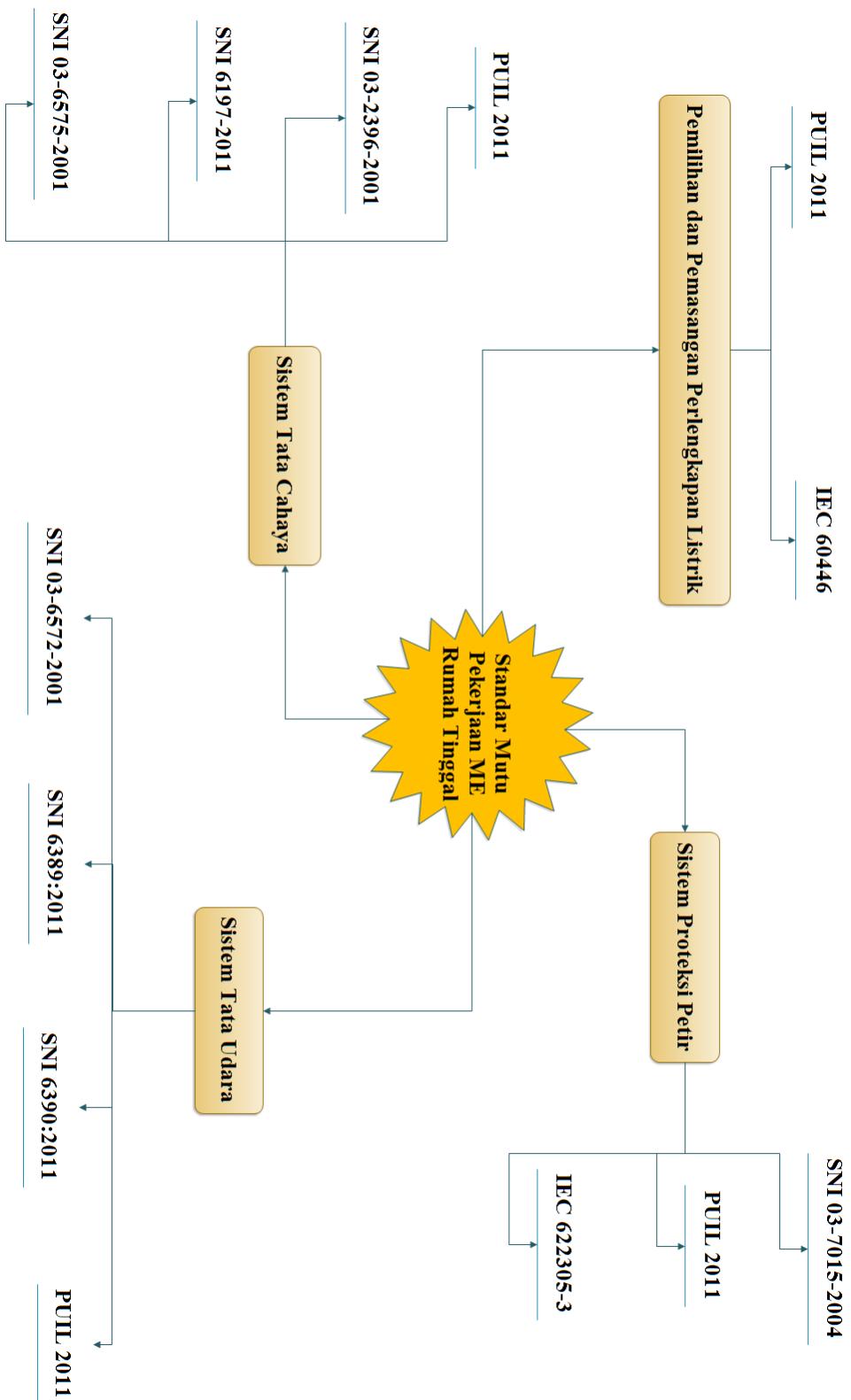
Pendidikan dan Pelatihan (diklat) merupakan upaya mengembangkan sumber daya manusia, terutama untuk mengembangkan kemampuan intelektual dan kepribadian manusia. Terdapat komponen-komponen yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan diklat yaitu tujuan dan sasaran pelatihan dan pengembangan, pelatih (*trainers*), materi pelatihan, metode pelatihan, dan peserta pelatihan (*trainee*). Salah satu komponen penting Pendidikan dan pelatihan adalah materi pelatihan yang berupa bahan ajar dan media pembelajaran yang digunakan sebagai pedoman untuk melaksanakan diklat.

Bahan ajar digunakan untuk mempermudah penyampaian materi pembelajaran. Karena banyaknya standar yang berlaku untuk bidang mekanikal elektrikal, para tenaga kerja tidak dapat memahami standar yang begitu banyak dengan baik. Kondisi seperti ini akan menghambat proses berjalannya diklat atau hasil diklat yang kurang maksimal. Melihat perusahaan yang belum memiliki bahan ajar yang sesuai tentang standar mutu pekerjaan mekanikal elektrikal, penulis melakukan pengembangan perangkat pembelajaran yang digunakan untuk kegiatan diklat supaya kegiatan diklat berjalan dengan baik berupa modul standar mutu pekerjaan mekanikal elektrikal pada rumah tinggal dengan daya 4400 VA.

## Peta Konsep



## MINDMAP MODUL



## KETERANGAN MINDMAP MODUL

SNI 03-2396-2001: Tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung

SNI 6197-2011: Konservasi energi pada sistem pencahayaan

SNI 03-6575-2001: Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung

SNI 03-6572-2001: Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung

SNI 6389-2011: Konservasi energi selubung bagunan pada bangunan gedung

SNI 6390-2011: Konservasi energi sistem tata udara pada bangunan gedung

SNI 03-7015-2004: Sistem proteksi petir pada bangunan gedung

PUIL 2011: Persyaratan umum instalasi listrik

IEC 622305-3: *Protection against lightning part 3 physical damage to structures and life hazard*

IEC 60446: *Identification of conductors by colours or alphanumerics*

## KEGIATAN BELAJAR I

### STANDAR SISTEM PROTEKSI PETIR PADA BANGUNAN

#### **Tujuan Pembelajaran:**

- 1. Peserta pendidikan dan pelatihan dapat menjelaskan tentang Standar Sistem Proteksi Petir**
- 2. Peserta pendidikan dan pelatihan dapat mengimplementasikan Standar Sistem Proteksi Petir pada Rumah Tinggal 4400 VA**

#### **Estimasi Waktu Pembelajaran:**

**1 x 5 Jam**

Petir pada umumnya terjadi karena adanya muatan negatif yang terkumpul di bagian bawah awan dan menyebabkan terinduksinya muatan positif di atas permukaan tanah sehingga terbentuk medan listrik antara awan dan tanah. Semakin besar beda potensial antara muatan pada awan dan permukaan bumi, maka terjadi pelepasan muatan berupa petir.

Gangguan petir dapat menimbulkan ketidaknyamanan dalam beraktifitas dan juga dapat merusak peralatan-peralatan rumah tangga. Oleh karena kerugian tersebut, maka diperlukan suatu sistem proteksi yang dapat melindungi semua bagian bangunan beserta manusia dan peralatan di dalamnya. Salah satu cara yang ditempuh untuk melindungi bangunan tinggi dari sambaran petir adalah dengan instalasi atau pemasangan sistem proteksi petir yang handal dan memenuhi persyaratan yang berlaku, sehingga jika terjadi sambaran petir maka sistem inilah yang akan menyalurkan arus petir ke dalam tanah.

Sistem proteksi petir (SPP) merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk memroteksi bangunan serta segala hal yang ada di dalamnya dari bahaya sambaran petir. Standar dari SPP sangatlah penting supaya bangunan dan mahluk hidup didalamnya tidak mengalami bahaya. SPP pada bangunan dibagi menjadi 2 yaitu SPP Ekternal dan SPP Internal. SPP eksternal difokuskan untuk menangkap kilat petir dengan sistem terminasi udara, mengalirkan arus petir dengan aman menuju bumi dengan sistem *down conductor*, lalu menyebarluaskan arus petir ke bumi dengan

menggunakan sistem terminasi pembumian. Sedangkan SPP internal difokuskan untuk mencegah percikan bahaya didalam struktur bangunan menggunakan ikatan penyama potensial (IPP) antara komponen SPP Eksternal dan elemen pengatur elektrik lainnya yang berada didalam struktur bangunan.

Dalam pemasangan sistem proteksi petir pada bangunan harus memenuhi standar yang berlaku. Hal ini sangat penting karena apabila instalasi penangkal petir tidak memenuhi standar, instalasi penangkal petir tidak akan bekerja dengan maksimal. Standar yang digunakan pada pokok bahasan sistem proteksi petir ini adalah SNI 03-7015-2004 tentang sistem proteksi petir pada bangunan gedung, PUIL 2011, IEC 622305-3.

#### **A. Tingkat Sistem Proteksi Petir**

Karakteristik SPP ditentukan oleh karakteristik struktur yang akan dilindungi dan oleh tingkat proteksi petir. Ada empat tingkat SPP yang ditetapkan dalam standar sesuai dengan tingkat proteksi petir yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Tingkat SPP Sesuai Dengan Tingkat Proteksi Petir

Tingkat Proteksi	Tingkat SPP	Efesiensi SPP
I	I	0.98
II	II	0.95
III	III	0.90
IV	IV	0.80

Berdasarkan tabel 1, tingkat SPP dipilih sesuai dengan nilai efesiensi yang dihitung pada rumah tinggal. Untuk menghitung nilai efesiensi SPP dapat menggunakan persamaan dibawah ini.

$$E \geq 1 - \frac{Nc}{Nd}$$

$$Nd = Ng \times Ae$$

$$Ng = 4 \times 10^{-2} \times Td^{1.25}$$

$$Ae = (ab + 6h(a+b) + (3,14 \times 9h^2))$$

Keterangan:

E = Efisiensi SPP

Nc = Frekuensi sambaran tahunan (data BMKG tiap daerah)

Nd = Frekuensi sambaran langsung

Ng = Kerapatan sambaran petir ke tanah

Ae = Area cakupan ekuivalen

Td = Hari guruh

a = panjang atap bangunan

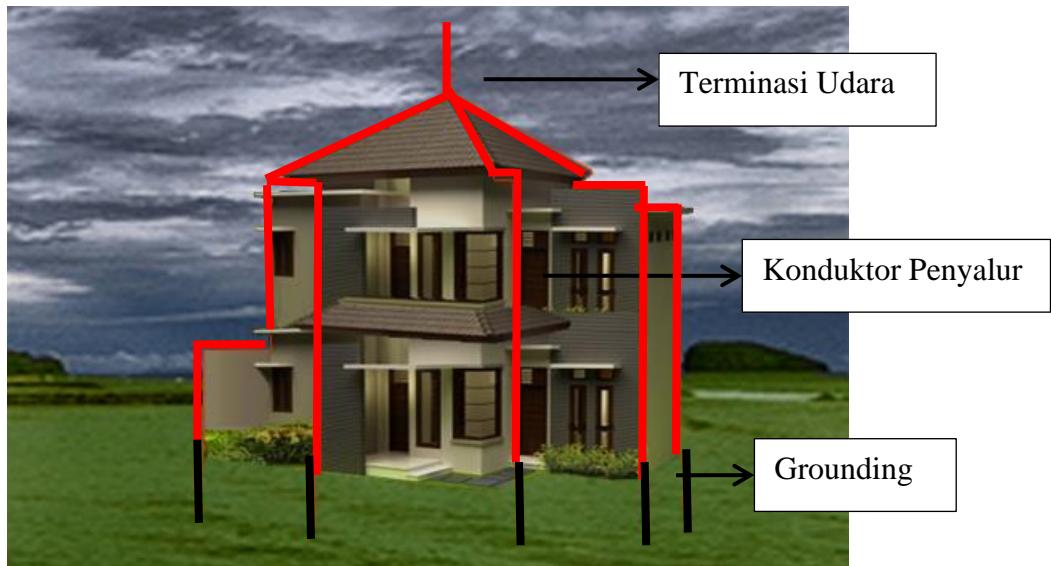
b = lebar atap bangunan

h = tinggi bangunan

## B. SPP Eksternal

Proteksi bangunan dari sambaran langsung sangat diperlukan, mengingat sambaran petir dapat membahayakan bagi manusia dan peralatan yang ada dalam bangunan. Sistem proteksi eksternal memiliki fungsi untuk meminimalisir dampak kerusakan dengan cara menangkap, menyalurkan, dan mentanahkan sambaran petir. Sistem proteksi petir eksternal adalah instalasi sistem proteksi petir yang letaknya berada diluar bangunan. SPP eksternal diperbolehkan menempel pada bangunan gedung atau rumah. Namun, SPP yang digunakan sebaiknya SPP yang diisolasi. Apabila SPP yang digunakan tidak diisolasi akan ada kemungkinan jika aliran arus petir ke bagian ikatan konduktif internal, akan menyebabkan kerusakan pada bangunan. Pada instalasi sistem proteksi eksternal dalam SNI 03-7015-2004 terdiri dari sistem terminasi udara (*air termination sistem*), sistem konduktor penyalur (*down conductor*), dan sistem pentanahan (*grounding sistem*).

1. Sistem Proteksi Tipe Konvensional
  - a. Proteksi Petir Konvensional Tipe Faraday



Gambar 1. Sistem proteksi petir tipe Faraday  
Sumber: pakarpetir.com

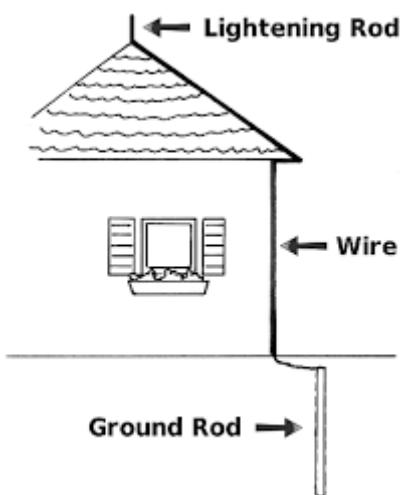
Sistem pengaman bangunan terhadap sambaran kilat dengan menggunakan sistem sangkar faraday merupakan pengembangan dari sistem penangkal petir franklin, sehingga dalam banyak segi, prinsip kerja dari sistem sangkar faraday dapat dikatakan sama dengan sistem penangkal petir franklin. Perbedaannya hanyalah terletak dalam segi penggunaan ujung penangkal dimana bila pada sistem penangkal petir franklin digunakan batang-batang penangkal petir yang vertikal, maka pada sistem sangkar faraday digunakan konduktor-konduktor horizontal.

Sambaran kilat biasanya mengenai bagian-bagian yang runcing atau ujung-ujung dari atap bangunan, hal ini disebabkan karena pada bagian-bagian inilah terdapat muatan yang relatif lebih besar bila dibandingkan dengan muatan dari bagian-bagian atap yang lain dari bangunan tersebut. Oleh karena itu, maka pada bagian-bagian yang berbahaya tersebut perlu dipasang konduktor horizontal yang berfungsi sebagai obyek sambaran kilat, sehingga bagian-bagian lain dari atap bangunan tersebut terlindung. Untuk bangunan-bangunan yang beratap luas, perlu

ditambahkan beberapa konduktor horizontal lagi di antara konduktor-konduktor yang harus terhubung secara listrik satu dengan yang lain.

Prinsip dari sangkar faraday dimana konduktor-konduktor horizontal yang dipasang di bagian teratas lalu terhubung melalui konduktor saluran ke tanah dan terhubung ke elektroda pentanahan dari bangunan seolah-olah membentuk sangkar pelindung yang melindungi bangunan tersebut terhadap induksi atau masuknya muatan dari luar yang membahayakan bangunan tersebut. Untuk memperbaiki sistem sangkar faraday ini perlu ditambahkan beberapa batang penangkal petir (finial) pada bagian-bagian dari atap bangunan yang diperkirakan mudah tersambar kilat, finial ini dihubungkan secara listrik dengan konduktor horizontal yang terdekat (tujuan dari pemasangan finial ini adalah untuk memperlancar mengalirnya arus muatan dari bumi ke awan dan sebaliknya dari awan ke bumi).

### **b. Proteksi Petir Konvensional Tipe Franklin**



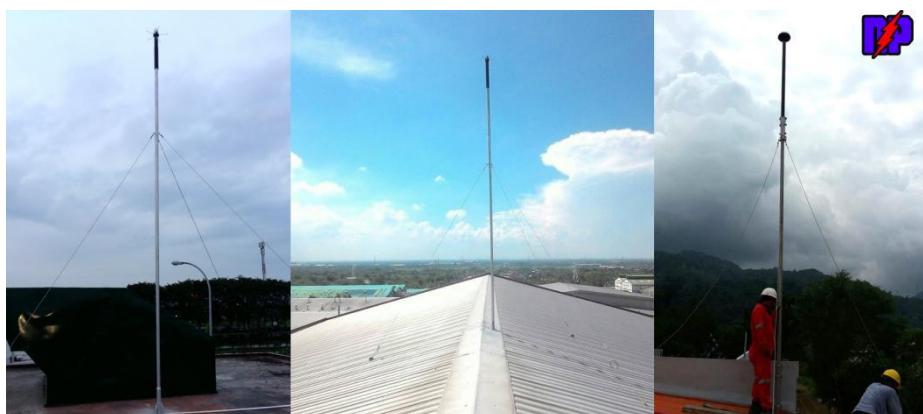
Gambar 1. Sistem proteksi petir tipe Franklin  
Sumber: pakarpetir.com

Pengamanan bangunan terhadap sambaran kilat dengan menggunakan sistem penangkal petir franklin merupakan cara yang tertua namun masih sering digunakan karena hasilnya dianggap cukup memuaskan, terutama untuk bangunan-bangunan dengan bentuk tertentu, seperti misalnya: menara, gereja dan bangunan-bangunan lain yang beratap runcing.

Jenis franklin menempatkan sebuah batang penangkal petir dengan ujungnya dibuat runcing di bagian teratas dari bagian yang akan dilindungi. Ujung batang penangkal petir ini dibuat runcing dengan tujuan agar pada keadaan dimana terjadi aktivitas penumpukan muatan di awan, maka diujung itulah akan terinduksi muatan dengan rapat muatan yang relatif lebih besar bila dibandingkan dengan rapat muatan dari muatan-muatan yang terdapat pada bagian-bagian lain dari bangunan, dengan demikian dapat diharapkan bahwa kilat akan menyambar ujung dari batang penangkal petir itu terlebih dahulu.

Batang penangkal petir ini kemudian dihubungkan dengan pentanahan melalui penghantar turunan ke elektroda pentanahan. Tujuan dari penghantar turunan dan elektroda pentanahan adalah sebagai jalan singkat bagi muatan bumi dan juga arus kilat untuk keluar atau memasuki bumi sehingga muatan bumi atau arus kilat tidak mengambil jalan melalui bagian-bagian lain dari bangunan yang bersangkutan.

## 2. Sistem Proteksi Tipe Elektrostatis



Gambar 2. SPP Elektrostatis  
Sumber: revolusipetir.com

Prinsip kerja proteksi petir tipe elektrostatis mengadopsi sebagian sistem penangkal petir radioaktif, yaitu menambah muatan pada ujung terminal udara agar petir selalu memilih ujung ini untuk disambar. Perbedaan dengan sistem radioaktif adalah jumlah energi yang dipakai, dimana untuk penangkal petir radioaktif muatan listrik dihasilkan dari proses hamburan zat beradiasi sedangkan pada penangkal

petir elektrostatis energi listrik yang dihasilkan dari listrik awan yang menginduksi permukaan bumi.

Penangkal petir elektrostatis merupakan penangkal petir modern dengan menggunakan sistem E.S.E (*Early Streamer Emision*). Sistem E.S.E bekerja secara aktif dengan cara melepaskan ion dalam jumlah besar ke lapisan udara sebelum terjadi sambaran petir. Pelepasan ion ke lapisan udara secara otomatis akan membuat sebuah jalan untuk menuntun petir agar selalu memilih ujung terminal penangkal petir elektrostatis ini dari pada area sekitarnya. Pemakaian sistem E.S.E ini berfungsi untuk memberikan perlindungan yang lebih besar dan berbentuk seperti payung dalam radius tertentu, maka penangkal petir elektrostatis juga disebut penangkal petir radius. Komponen ini telah mendapat rekomendasi dari dinas tenaga kerja karena tidak mengandung radiasi radioaktif yang dapat berbahaya bagi manusia yang berada di sekitarnya.

### 3. Sistem Proteksi Tipe Radioaktif



Gambar 3. Batang Finial SPP Radioaktif  
Sumber: revolusipetir.com

Penelitian tentang petir yang dilakukan oleh para ilmuwan mengenai proses terjadinya petir karena ada muatan listrik yang berasal dari proses ionisasi, maka untuk menggagalkan proses ionisasi dilakukan dengan cara menggunakan zat radiasi seperti Radium 226 dan Ameresium 241. Kedua bahan tersebut mampu menghamburkan ion radiasi yang dapat menetralkan muatan listrik pada awan, sehingga akan meminimalkan potensi terjadinya petir sebelum awan yang penuh dengan muatan berpotensi menghasilkan sambaran petir.

Kemampuan yang dimiliki oleh bahan radium atau ameresium seperti yang telah dijelaskan, membuat bahan tersebut kemudian dimanfaatkan sebagai bahan proteksi petir. Pada bagian *splitzer* yang menggunakan bahan radium dan ameresium akan bekerja dengan menghamburkan ion yang ada di awan, bila awan yang bermuatan besar tidak mampu di netralkan zat radiasi, kemudian terjadi sambaran petir maka akan cenderung mengenai *splitzer* ini.

Bahan yang radium dan ameresium yang termasuk ke dalam bahan radioaktif seiring waktu membawa dampak yang buruk terhadap kesehatan manusia, sehingga keberadaan penangkal petir jenis ini telah dilarang pemakaianya. Berdasarkan peraturan internasional dengan pertimbangan mengurangi zat beradiasi di masyarakat, demi mengurangi efek buruk untuk kondisi tubuh manusia, hewan dan tumbuhan, efek buruk radiasi dan radioaktif untuk manusia terlihat dari kerusakan organ tubuh, cacat fisik pada bayi yang baru lahir dan mutasi tumbuhan dan hewan yang tidak lazim jika dibiarkan makan akan menimbulkan efek buruk untuk keseimbangan kehidupan.

### **C. SPP Internal**

Sistem proteksi internal merupakan tindakan tambahan yang diberikan pada sistem proteksi eksternal yang akan mengurangi efek elektromagnetik yang ditimbulkan arus petir pada ruang terproteksi dan secara khusus proteksi internal adalah proteksi peralatan elektronik terhadap efek dari arus petir terutama efek medan magnet dan medan listrik terhadap instalasi listrik atau instalasi yang terdiri dari metal. Berdasarkan pengertian tersebut sistem proteksi internal digunakan untuk melengkapi sistem proteksi petir eksternal dan berfungsi mencegah bahan induksi (rambatan arus) dari sambaran petir agar tidak merusak khususnya peralatan elektronik dalam bangunan ataupun peralatan lain yang berada dalam radius dampak sambaran petir.

## D. Komponen pada Sistem Proteksi Petir

### 1. SPP Eksternal

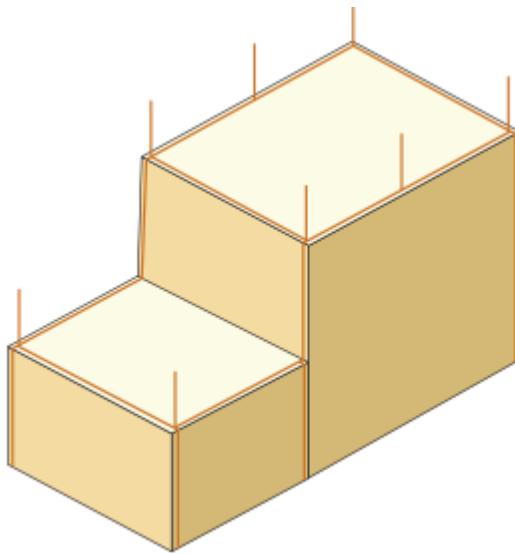
#### a. Terminasi Udara (*Air Termination*)



Gambar 4. Terminal Udara  
Sumber: *Erico lightning protection book*

Terminasi udara adalah bagian sistem proteksi petir eksternal yang dikhususkan untuk menangkap sambaran petir, berupa elektroda logam yang dipasang secara tegak (vertikal). Penangkap petir ditempatkan sedemikian rupa sehingga mampu menangkap semua petir yang menyambar tanpa mengenai bagian gedung, bangunan atau daerah yang dilindungi (zona proteksi). Posisi penyalur petir yang vertikal membuat tampak atasnya hanya berupa suatu titik, sehingga bila *step leader* mendekati penyalur petir dari daerah manapun akan mengalami reaksi yang sama tanpa kondisi khusus. Hal ini menggambarkan secara umum bahwa perilaku penyalur petir dalam melindungi daerahnya cenderung untuk membentuk suatu lingkup volume dengan penyalur petir sebagai sumbu. Persyaratan mengenai terminal udara antara lain:

## 1) Konstruksi Terminasi Udara



Gambar 5. Interkoneksi terminasi udara  
Sumber: *Erico lightning protection book*

- a) Penerima harus dipasang di tempat atau bagian yang diperkirakan dapat tersambar petir, dimana jika bangunan yang terdiri dari bagian-bagian seperti bangunan yang mempunyai menara, antena, papan reklame atau suatu blok bangunan harus dipandang sebagai suatu kesatuan.
- b) Pemasangan penerima pada atap yang mendatar harus benar-benar menjamin bahwa seluruh luas atap yang bersangkutan termasuk dalam daerah perlindungan.
- c) Jika atap terbuat dari bahan yang tidak mudah terbakar, konduktor penghantar udara dapat diposisikan pada permukaan atap.
- d) Jika atap terbuat dari bahan yang mudah terbakar, perancang harus memperhatikan jarak antara konduktor penghantar udara dan material. Untuk atap jerami dimana tidak ada batang baja yang digunakan membutuhkan jarak minimal jarak 0,15 m. Untuk bahan atap mudah terbakar seperti kayu jarak minimal konduktor adalah 0,10 m.
- e) Bagian yang mudah terbakar dari struktur yang akan dilindungi tidak boleh bersentuhan langsung dengan komponen SPP eksternal dan tidak

boleh tetap berada di bawah membran atap metalik yang mungkin tertusuk oleh kilatan petir.

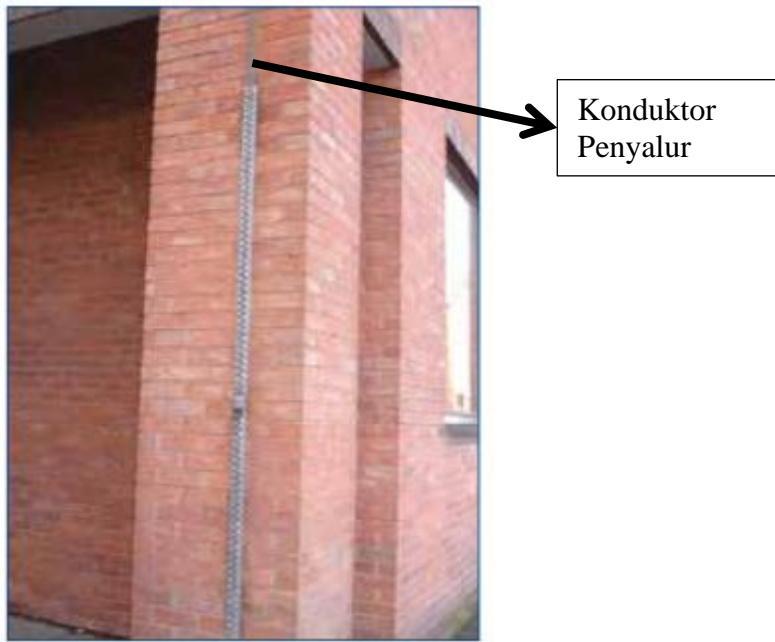
- f) Jumlah dan jarak antara masing-masing penerima harus diatur sedemikian rupa sehingga dapat menjamin bangunan itu termasuk dalam daerah perlindungan.

## 2) Komponen Terminasi Udara

Lapisan konduktor yang menutup struktur terminasi udara akan terlindungi bila:

- a) Kontinuitas listrik antara berbagai bagian dibuat tahan lama (misalnya dengan cara *brazing*, pengelasan, *crimping*, *seaming*, *screwing* atau *bolting*).
- b) Ketebalan lembaran logam tidak kurang dari nilai  $t$  sesuai pada Tabel 5.

### b. Konduktor Penyalur (*Down Conductor*)



Gambar 6. Konduktor penyalur  
Sumber: *Erico lightning protection book*

Konduktor penyalur berfungsi sebagai penyalur arus petir yang mengenai terminasi udara dan diteruskan ke pembumian (*grounding*). Konduktor penyalur dapat dipasang menggunakan dua cara yaitu dengan menggunakan isolasi dan tidak

menggunakan isolasi. Pemilihan jumlah dan posisi konduktor penyalur sebaiknya memperhitungkan kenyataan bahwa jika arus petir dibagi dalam beberapa konduktor penyalur sehingga resiko loncatan kesamping dan gangguan elektromagnetik didalam gedung akan berkurang. Untuk mengurangi kemungkinan kerusakan akibat arus petir yang mengalir di SPP, *down conductor* harus diatur sedemikian rupa sehingga arus dari titik sambar ke bumi memiliki jalur paralel dan panjang jalur tetap minimum. Berikut merupakan standar yang harus diperhatikan pada konduktor penyalur.

### 1) Posisi Konduktor Penyalur

#### a) Konduktor Penyalur Dengan Isolasi

- Jika terminasi udara terdiri dari batang pada tiang yang terpisah (atau satu tiang) yang tidak terbuat dari logam atau baja tulangan yang saling terkait, setidaknya satu konduktor turun diperlukan untuk setiap tiang. Tidak diperlukan *down conductor* tambahan untuk tiang yang terbuat dari logam atau baja tulangan yang saling berhubungan.
- Jika terminasi udara terdiri dari kabel *catenary* (atau satu kawat), setidaknya satu *down conductor* diperlukan pada setiap struktur pendukung.
- Jika terminasi udara membentuk jaringan konduktor, diperlukan satu *down-conductor* setidaknya pada setiap ujung kabel pendukung.

#### b) Konduktor Penyalur Tanpa Isolasi

Untuk setiap LPS yang tidak terisolasi, jumlah *down conductor* tidak boleh kurang dari dua dan harus didistribusikan di sekeliling struktur yang akan dilindungi. Jarak konduktor akan lebih baik jika memiliki jarak yang sama di sekeliling parameter. Jarak antara konduktor penyalur dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Jarak minimum antar konduktor penyalur

Kelas SPP	Jarak (m)
I	10
II	10
III	15
IV	20

Sumber: IEC 62305-3 Lightning Protection Standard

*Down conductor* harus dipasang pada setiap sudut yang terbuka dari struktur, di mana hal ini dimungkinkan.

## 2) Konstruksi Konduktor Penyalur

### a) Konduktor penyalur dengan isolasi

*Down conductor* harus dipasang untuk membentuk kelanjutan langsung dari konduktor terminasi udara. Konduktor penyalur harus dipasang lurus dan vertikal sedemikian rupa sehingga mereka memberikan jalur terpendek dan paling langsung ke bumi. Konduktor penyalur tidak boleh dipasang di saluran air atau *down-spots* bahkan jika tertutup oleh bahan isolasi. Hal ini karena efek kelembaban di saluran air menyebabkan korosi intensif pada *down conductor*.

### b) Konduktor penyalur tanpa isolasi

*Down conductor* SPP yang tidak diisolasi dari struktur yang akan dilindungi dapat dipasang sebagai berikut:

- Jika dinding terbuat dari bahan yang tidak mudah terbakar, konduktor penyalur dapat diposisikan di permukaan atau di dinding.
- Jika dinding terbuat dari bahan yang mudah terbakar, konduktor penyalur dapat diposisikan pada permukaan dinding, asalkan suhu mereka naik karena arus petir tidak berbahaya bagi material dinding.
- Jika dinding terbuat dari bahan mudah terbakar dan kenaikan suhu konduktor penyalur berbahaya, konduktor penyalur harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga jarak antara konduktor penyalur dan dinding harus lebih dari 0,1 m.



Gambar 7. Penempatan konduktor penyalur yang tidak baik

Sumber: Erico lightning protection book

### 3) Bahan Konduktor Penyalur

Jenis dan kondisi bahan konduktor penyalur dapat dilihat pada tabel 4.

### 4) Sambungan Uji (Joint Test)

Pada sambungan pemutusan bumi, sambungan uji harus dipasang pada setiap konduktor penyalur, kecuali dalam kasus konduktor penyalur yang dipadukan dengan elektroda dasar bumi. Sambungan harus bisa terputus dengan bantuan alat ketika keadaan sambungan tidak normal.

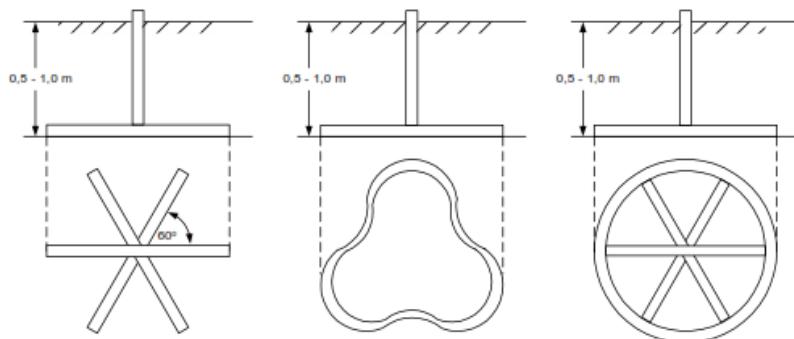
#### c. Elektroda Pentanahan

Pentanahan atau pembumian (*grounding*) adalah menanam satu atau beberapa elektroda kedalam tanah dengan cara tertentu untuk mendapatkan tahanan pembumian yang diinginkan. Elektroda pembumian tersebut membuat kontak langsung dengan bumi. Pengantar pembumian (*down conductor*) yang tidak berisolasi dan ditanam dalam bumi juga dapat dianggap sebagai bagian dari elektroda bumi.

Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam sistem pembumian adalah bentuk dan dimensi elektroda pembumian, karena hal ini berpengaruh ketika terjadi

dispersi arus petir kedalam tanah dimana sistem pembumian akan meminimalkan teagangan berlebih yang memiliki potensi bahaya. Secara umum, tahanan pembumian rendah (berdasarkan IEC jika mungkin lebih rendah dari  $5 \Omega$  bila diukur pada frekuensi rendah) direkomendasikan. Dari sudut pandang proteksi petir, sistem terminasi bumi struktur tunggal yang terintegrasi lebih disukai dan cocok untuk semua tujuan (yaitu proteksi petir, sistem daya dan sistem telekomunikasi).

Jenis dari elektroda pembumian yang umum dipakai memiliki 3 bentuk yaitu elektroda pita, elektroda plat, dan elektroda batang. Elektroda pita adalah elektroda yang dibuat dengan penghantar berbentuk pita. Elektroda jenis ini biasanya ditanam dengan kedalaman yang dangkal. Elektroda plat merupakan elektroda dari bahan logam utuh atau berlubang yang pada umumnya ditanam dengan kedalaman yang dalam. Elektroda batang ialah elektroda yang terbuat dari baja pipa, baja parofil atau batang logam lainnya. Pemasangan elektroda pita pada umumnya dipancangkan ke dalam tanah.



Gambar 8. Jenis elektroda pembumian

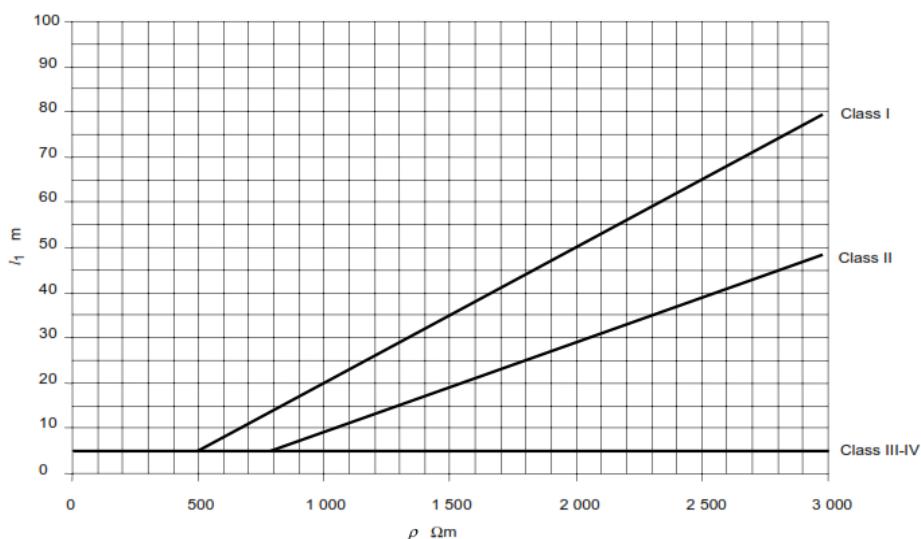
Sumber: PUIL 2011

## 1) Susunan Pembumian

Untuk sistem elektroda pentanahan, ada dua tipe dasar pengaturan elektroda bumi berlaku.

### a) Susunan pembumian tipe A

Susunan tipe ini terdiri dari elektroda bumi radial atau vertikal. Setiap konduktor penyalur harus dihubungkan paling tidak ke sebuah elektroda bumi terpisah yang terdiri dari salah satu elektroda radial atau vertikal (atau miring). Jumlah minimum elektroda bumi harus dua. Panjang minimum setiap elektroda horizontal radial adalah  $l_I$  dan untuk elektroda vertikal adalah setengah dari panjang minimum elektroda horizontal radial ( $l_I$ ).



Gambar 9. Panjang minimum  $l_I$  untuk elektroda pembumian berdasarkan kelas SPP

Sumber: *IEC 62305-3 Lightning Protection Standard*

Dari gambar 9 diatas dapat dilihat bahwa panjang minimum elektroda pembumian berbeda tiap tingkatan SPP. Sebagai contoh apabila bangunan menggunakan SPP tingkat I, tahanan jenis tanah adalah sebesar  $1000 \Omega\text{m}$  dan elektroda yang digunakan adalah elektroda vertikal, maka panjang minimum elektroda pembumian adalah 10 m.

### b) Susunan Pembumian tipe B

Untuk elektroda bumi cincin atau elektroda bumi pondasi, radius rata-rata  $r$  dari area yang dicakup oleh elektroda bumi cincin atau elektroda bumi pondasi tidak lebih kecil dari harga  $l_I$ :

$$r \geq l_I \dots \text{(Persamaan 1)}$$

Keterangan:

$r$  : radius rata-rata

$l_I$  : Panjang minimum elektroda radial

Panjang  $l_I$  menurut tingkat proteksi I dan II sampai IV ditentukan pada gambar 6. Bila diperlukan nilai  $l_I$  yang lebih besar dari nilai  $r$ , elektroda radial atau vertikal harus ditambah dengan panjang masing-masing  $I_r$  (horisontal) dan  $I_v$  (vertikal) dimana:

$$I_r = l_I - r \dots \text{(Persamaan 2)}$$

dan

$$I_v = (l_I - r)/2 \dots \text{(Persamaan 3)}$$

Keterangan:

$r$  : radius rata-rata

$l_I$  : Panjang minimum elektroda radial

$I_r$  : Panjang minimum elektroda horizontal radial

$I_v$  : Panjang minimum elektroda vertikal radial

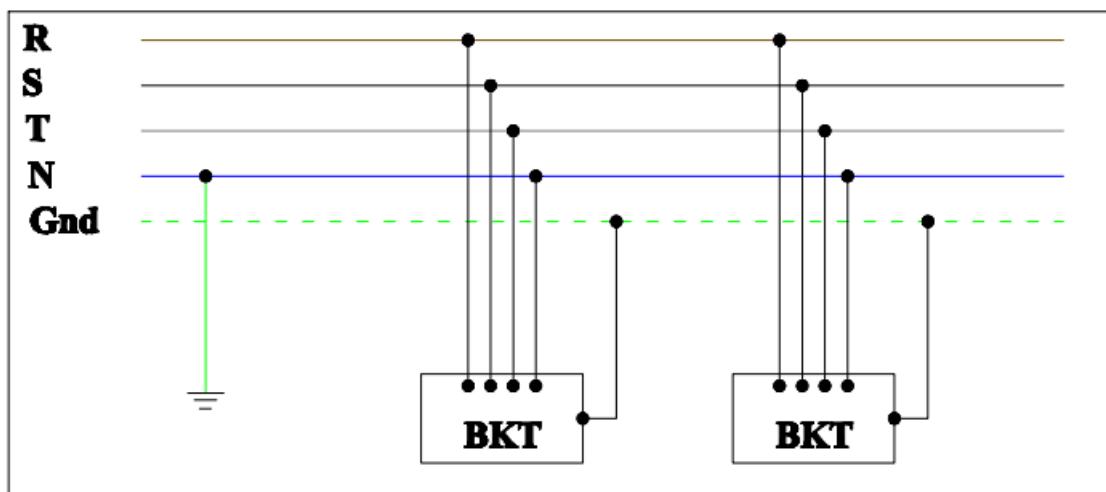
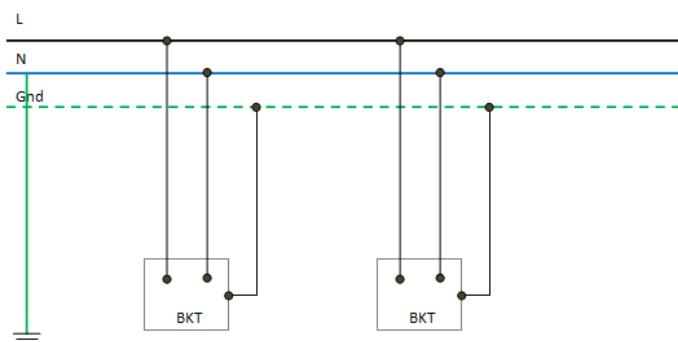
## 2) Jenis dan Pemilihan Sistem Pembumian

### a) Sistem TN

Pada sistem TN, memiliki pembumian sumber yang ditunjukan oleh huruf pertama sistem yaitu T atau *Terra* yang dalam bahasa latin merupakan arti dari kata tanah. Selain pembumian sumber, bagian netral dari jaringan yang ditunjukan huruf kedua N atau *Neutral* juga dibumikan. Ada 3 macam sistem TN berdasarkan PUIL 2011 poin 312.2.1 yaitu TN-S, TN-C, dan TN-C-S.

- Sistem TN-S

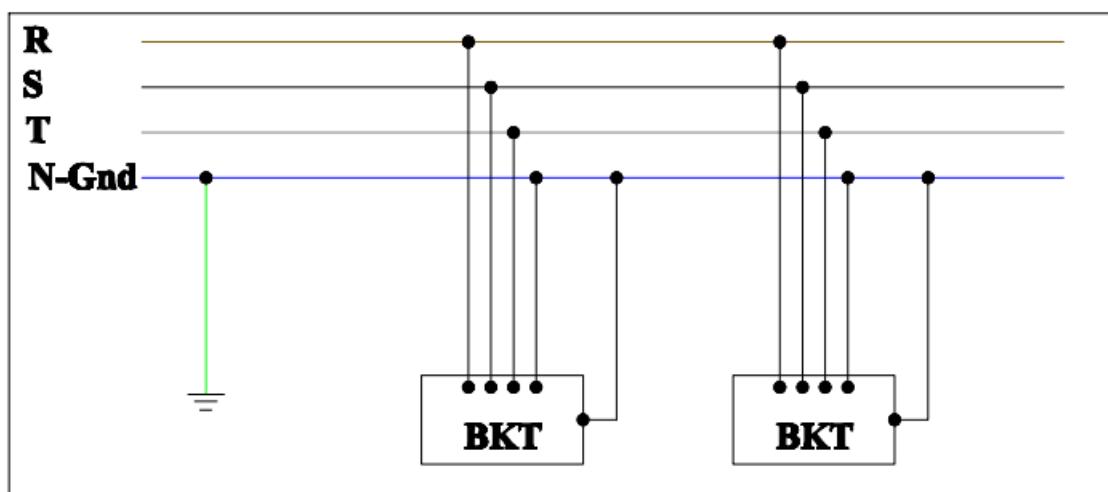
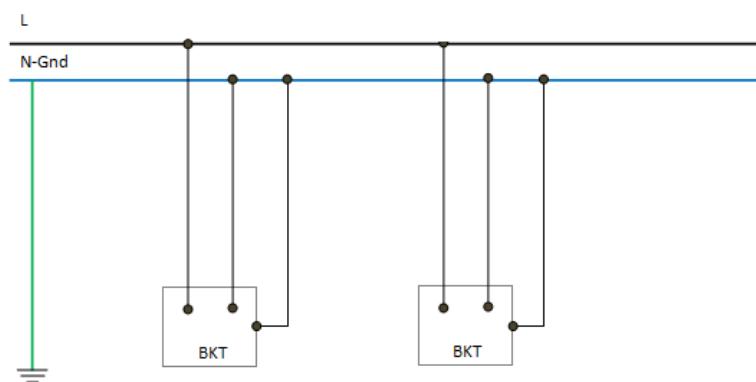
Pada sistem TN-S jalur netral dan jalur pembumian dipisahkan. Setiap *device* atau panel distribusi dalam sistem pembumiannya dihubungkan dengan jalur pembumian utama. Huruf tambahan S pada kode TN-S ini berarti *separated* (earthing dan netral terpisah di jaringan). Sistem ini biasa digunakan di transmisi listrik bawah tanah, dan distribusi listrik di pabrik.



Gambar 10. Sistem Pembumian TN-S

- Sistem TN-C

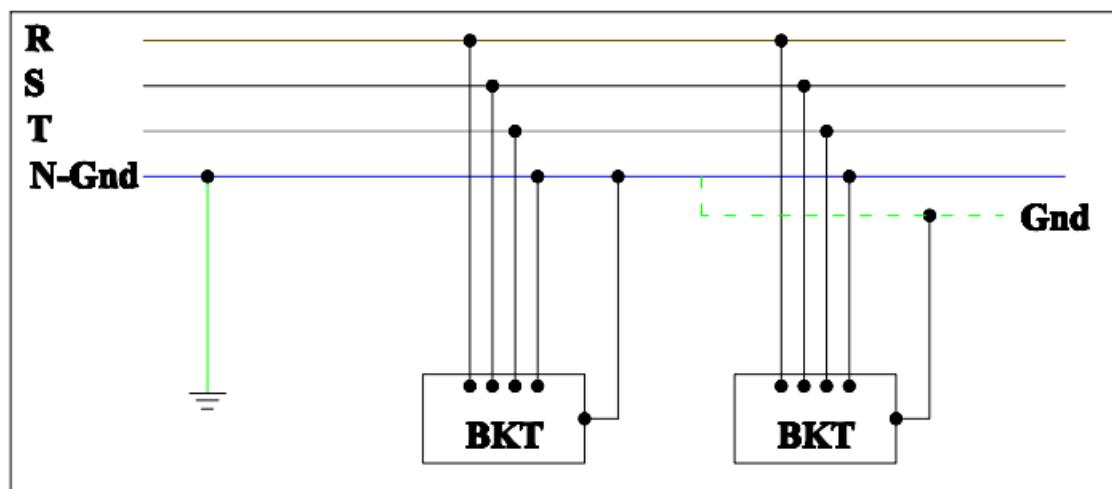
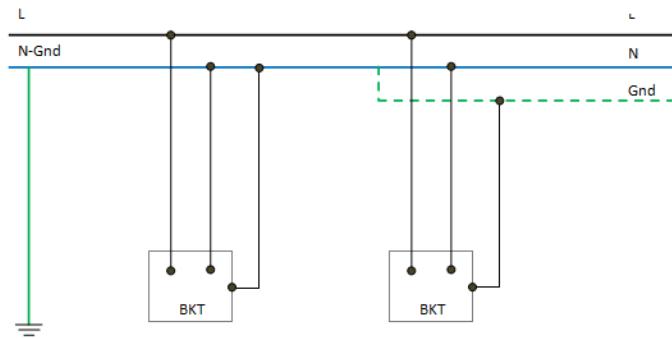
Pada sistem TN-C huruf C berarti *combined*. Sesuai kata tersebut pada sistem ini berarti pembumian dan netral digabungkan menjadi satu di dalam jaringan. Jadi pembumian setiap *device* dihubungkan ke jalur netral jalur distribusi utama. Sistem ini agak jarang digunakan. Biasanya earthing dan netral ini digabungkan sebagai shield kabel.



Gambar 11. Sistem Pembumian TN-C

- Sistem TN-C-S

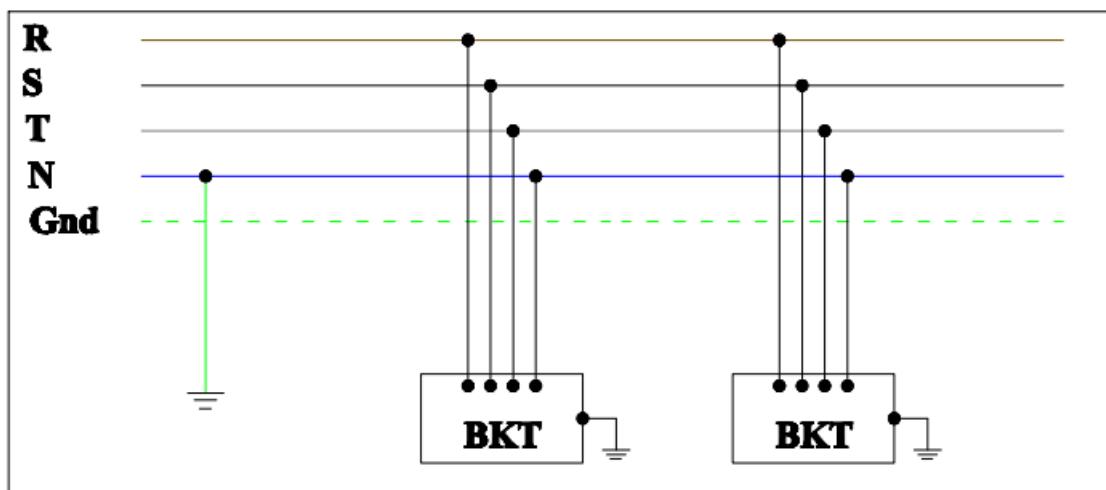
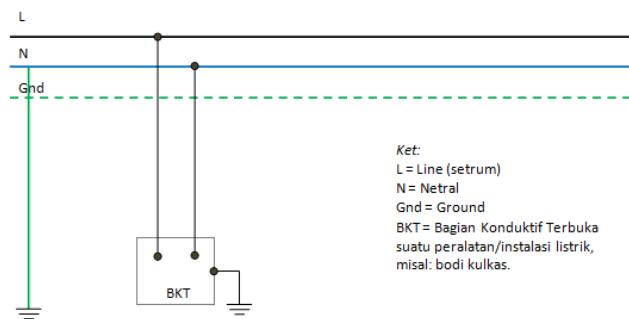
Huruf C dan S pada sistem TN-C-S memiliki arti *combine* dan *separated* dimana sistem ini menggabungkan sistem TN-C dan TN-S.



Gambar 12. Sistem Pembumian TN-C-S

## b) Sistem TT

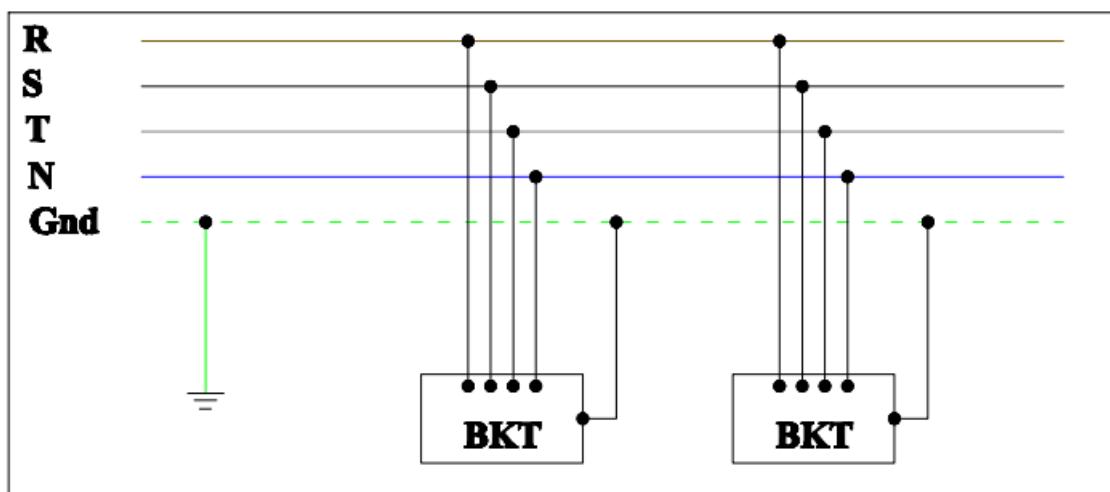
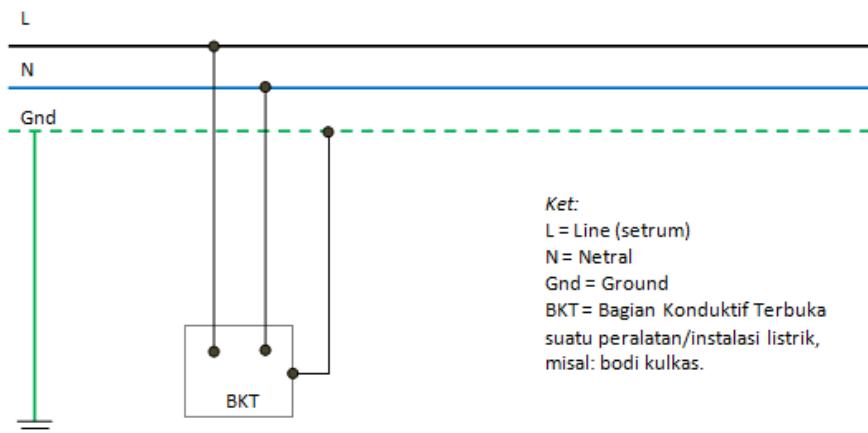
Pada sistem TT huruf kedua adalah T atau *terra*. Di sini artinya pembumian setiap *device* masing-masing langsung dibumikan. Tidak ada jalur pembumian di jalur distribusi sehingga pembumian tidak dihubungkan pada sumber. Sistem ini biasa diterapkan untuk distribusi listrik rumah atau gedung.



Gambar 13. Sistem Pembumian TT

### c) Sistem IT

Pada Sistem pembumian IT sumber tidak harus memiliki pembumian proteksi, hal ini dijelaskan oleh huruf pertama yaitu I yang merupakan arti dari *isolated*. Setiap *device* harus dibumikan masing-masing karena pada sumber tidak ada proteksi pembumian.



Gambar 14. Sistem Pembumian IT

### 3) Bahan Elektroda Pembumian

Jenis dan kondisi bahan elektroda pembumian dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Jenis dan kondisi bahan yang digunakan untuk SPP

Bahan	Penggunaan			Korosi		
	Dalam udara terbuka	Dalam tanah	Dalam beton	Resistan	Meningkat oleh	Elektroli-tik dengan
Tembaga	Padat Berserabut Sebagai Lapisan	Padat Berserabut Sebagai Lapisan	-	Terhadap Banyak Bahan	Klorida konsentrasi tinggi, Senyawa sulfur, Bahan organik	-
Baja galvanis panas	Padat Berserabut	Padat	Padat	Baik, walau dalam tanah asam	-	Tembaga
Stainless steel	Padat Stranded	Padat	-	Terhadap Banyak Bahan	Air dengan larutan klorida	-
Alumunium	Padat Berserabut	-	-	-	Agen basis	Tembaga
Lead	Padat Sebagai Lapisan	Padat Sebagai Lapisan	-	Sulfat konsentrasi tinggi	Tanah asam	Tembaga

Sumber. SNI 03-7015-2004

Tabel 5. Dimensi minimum untuk bahan SPP

Tingkat Proteksi	Bahan	Terminasi udara (mm <sup>2</sup> )	Konduktor Penyalur (mm <sup>2</sup> )	Terminasi Bumi (mm <sup>2</sup> )
I Sampai IV	Cu	35	16	50
	Al	70	25	-
	Fe	50	50	80

Sumber. SNI 03-7015-2004

## 2. SPP Internal

Berbeda dengan SPP Eksternal yang melindungi bangunan, peran mendasar dari SPP internal adalah untuk memastikan menghindari terjadinya percikan berbahaya yang terjadi di dalam struktur bangunan yang harus dilindungi. Percikan berbahaya dapat terjadi antara SPP eksternal dan komponen lain seperti, instalasi logam, sistem kelistrikan, dan bagian konduktif eksternal dan saluran yang terhubung ke struktur. SPP Internal digunakan untuk melindungi sistem jaringan listrik dalam bangunan terhadap induksi petir. Pemasangan SPP internal dilakukan dengan memasang *Surge Protective Device* (SPD) atau Arrester pada box MCB.



Gambar 17. *Surge Protective Device* (SPD) atau Arrester

Sumber: [www.se.com](http://www.se.com)

## E. Komponen Sistem Proteksi Petir pada Rumah Tinggal 4400 VA

### 1. SPP Eksternal

#### a. Terminasi Udara

Kemampuan perlindungan penangkal petir melalui perhitungan dengan metode-metode perhitungan kemampuan perlindungan penangkal petir terhadap objek yang dilindungi. Untuk menentukan penempatan terminasi udara dan mengetahui daerah proteksi petir berdasarkan SNI 03-7015-2004 terdapat tiga metode yang dapat digunakan yaitu metode bola gelinding (*rolling sphere method*), metode sudut perlindungan (*protective angle method*), dan metode sistem jala (*mesh method*). Penempatan terminasi udara juga perlu memperhatikan letak terminasi udara yang akan dipasang. Terminasi udara harus berada pada tempat atau bagian yang diperkirakan dapat tersambar petir. Apabila atap rumah berbentuk

datar harus dipastikan bahwa seluruh luas atap bangunan termasuk dalam daerah perlindungan.

Selain penempatan terminasi udara, bahan material serta ketebalan terminasi udara juga harus sesuai dengan standar yang telah diatur. Bahan yang direkomendasikan untuk rumah tinggal 4400 VA adalah besi dan alumunium karena bahan yang mudah didapatkan dan juga relatif lebih murah dibandingkan dengan timbal, titanium dan tembaga. Untuk standar ketebalan minimal terminasi udara dapat dilihat pada tabel 2.

#### **b. Konduktor Penyalur (*Down Conductor*)**

Konduktor penyalur pada rumah tinggal 4400 VA dapat dipasang di dalam maupun di luar bangunan dan harus jauh dari jangkauan penghuni dan jauh dari instalasi yang lainnya. Untuk konduktor penyalur yang dipasang di luar bangunan direkomendasikan menggunakan kabel BC dengan pertimbangan harga yang lebih murah. Kabel BC yang digunakan sebagai konduktor penyalur harus dilengkapi dengan conduit. Sedangkan untuk pemasangan konduktor penyalur di dalam bangunan dapat menggunakan kabel NYY dengan pertimbangan kabel ini dapat menahan induksi petir karena memiliki dua lapisan pelindung. Luas penampang kabel yang digunakan untuk konduktor penyalur pada bangunan rumah tinggal 4400 VA sekurang-kurangnya adalah  $50\text{ mm}^2$ .

#### **c. Elektroda Pembumian (*Arde*)**

Dalam sistem pembumian yang harus diperhatikan adalah bentuk dan dimensi dari elektroda pembumian. Ada tiga macam elektroda pembumian yang diizinkan di Indonesia yaitu elektroda batang, plat, dan pita. Namun pada umumnya elektroda yang digunakan di Indonesia adalah jenis elektroda pembumian batang. Pemilihan ini harus memperhatikan kondisi lingkungan setempat, sifat tanah, dan resistansi pembumian yang diperkenankan. Tahanan pembumian yang diizinkan di Indonesia telah diatur di SNI dan IEC yaitu maksimal sebesar 5 ohm.

Bahan elektroda pembumian juga harus diperhatikan untuk pemilihan elektroda pembumian. Bahan yang dapat digunakan pada rumah tinggal 4400 VA sesuai dengan SNI 03-7015-2004 adalah pipa baja galvanis padat. Penggunaan pipa baja galvanis merupakan bahan yang paling umum digunakan di Indonesia dan juga mudah didapatkan. Dimensi elektroda pembumian atau arde harus disesuaikan dengan tingkat proteksi petir yang dipasang. Dimensi minimum untuk elektroda pembumian dapat dilihat pada tabel 5. Sistem pembumian yang digunakan untuk rumah tinggal berdasarkan PUIL 2011 yaitu sistem TT.

## 2. SPP Internal

Sistem proteksi petir internal berfungsi untuk melindungi dari adanya kemungkinan gangguan sambaran petir pada perangkat elektronik yang berada didalam bangunan rumah tinggal 4400 VA. Kemungkinan gangguan yang bisa saja terjadi adalah induksi elektromagnetis, rambatan arus di struktur logam dan kabel, dan tegangan kejut yang bisa merusak perangkat elektronik. Kemungkinan-kemungkinan tersebut menjelaskan bahwa SPP Internal sangat penting untuk dipasang pada rumah tinggal 4400 VA.

Pemasangan SPP internal dapat dilakukan dengan cara memasang gawai proteksi surja berupa *surge protective device* (SPD) pada box MCB. Selain SPD perlu juga pemasangan *earth leakage circuit breaker* (ELCB) dan *mini circuit breaker* (MCB) untuk memproteksi arus bocor, konsleting atau *short circuit*, dan beban lebih. Ketiga komponen ini dipasang pada boks setelah dari masukan dari PLN dan menuju beban. Contoh instalasi pemasangan SPD dapat dilihat pada gambar 18.



Gambar 18. Instalasi pemasangan SPD

Sumber : [https://www.youtube.com/watch?v=fk2uJM\\_KlTk](https://www.youtube.com/watch?v=fk2uJM_KlTk)

Pemasangan ketiga komponen diatas harus sesuai dengan kebutuhan dan sesuai dengan standar yang ada. Hal ini harus diperhatikan untuk keamanan yang akan terpasang. Pada rumah tinggal 4400 VA kita harus menghitung besar arus listrik yang akan mengalir dengan rumus segitiga daya. Setelah menemukan besar arus yang mengalir, kita harus menentukan batas aman kuat hantar arus (KHA) dengan cara mengkalikan arus yang mengalir dengan *safety factor* sebesar 1,2 lalu dapat menentukan perlengkapan pemutus (PMT).

$$I = \frac{S}{V} \quad \dots \dots \dots \text{(Persamaan 4)}$$

$$I = \frac{4400}{220}$$

$$I = 20 \text{ A}$$

Menentukan KHA:

$$KHA = I \times 1,2 \text{ (*safety factor*)} \dots \dots \dots \text{(Persamaan 5)}$$

$$KHA = 20 \times 1,2$$

$$KHA = 24 \text{ A}$$

Karena kuat hantar arus sebesar 24 A maka pada rumah tinggal 4400 VA menggunakan gawai/ peralatan proteksi dengan pengenal 25 A.

## RANGKUMAN

1. Sistem Proteksi Petir (SPP) dibagi menjadi 2 bagian yaitu SPP eksternal dan SPP internal.
2. Komponen yang harus dimiliki pada sistem proteksi petir eksternal adalah terminasi udara, down conductor, dan grounding
3. Komponen utama pada SPP Internal adalah Surge Protective Device (SPD) atau yang biasa disebut arrester
4. Standar SPP Eksternal maupun Internal pada bangunan rumah tinggal 4400 VA diatur pada SNI 03-7015-2004, IEC 622035, dan PUIL 2011
5. Sistem Pembumian yang digunakan pada rumah tinggal 4400 VA sebaiknya menggunakan sistem pembumian TT
6. Down konduktor atau konduktor penyalur pada rumah tinggal 4400 VA sebaiknya menggunakan kabel NY<sub>Y</sub> yang diberi pelindung.
7. Pemasangan pengaman arrester harus sesuai dengan KHA yang berlaku dalam hal ini rumah tinggal 4400 VA memiliki KHA 24 A maka arrester yang digunakan harus memiliki tanda pengenal minimal 25 A.
8. Tahanan pembumian maksimum yang diijinkan pada rumah tinggal 4400 VA adalah 5 ohm
9. Luas penampang konduktor minimum pada rumah tinggal 4400 VA adalah sebesar 50 mm<sup>2</sup>.

## EVALUASI

1. SPP merupakan singkatan dari...
  - a. Sistem Penangkal Petir
  - b. Sistem Proteksi Petir
  - c. Sistem Pembuang Petir
  - d. Sitemasi Penangkal Petir
  - e. Sistem Pelindung Petir
2. Berikut merupakan jenis/tipe SPP eksternal, kecuali...
  - a. Konvensional
  - b. Franklin
  - c. Terminasi udara
  - d. Faraday
  - e. Elektrostatis
3. Jarak minimum antar konduktor penyalur untuk kelas SPP tingkat I yang benar adalah...
  - a. 30 m
  - b. 31 m
  - c. 20 m
  - d. 21 m
  - e. 10 m
4. Sistem pembumian yang baik digunakan pada bangunan rumah tinggal adalah...
  - a. Sitem TN
  - b. Sistem TN-C
  - c. Sistem TN-C-S
  - d. Sistem TT
  - e. Sistem IT
5. Standar minimal ketebalan bahan pada terminasi udara untuk besi pada daerah panas yang benar adalah...
  - a. 4 mm
  - b. 4,5 mm
  - c. 5 mm
  - d. 5,5 mm
  - e. 7 mm

## STUDI KASUS

1. Pada suatu bangunan rumah tinggal akan dipasang SPP tingkat II dengan tahanan tanah  $2500 \Omega\text{m}$ . Tentukan panjang minimum elektroda pembumian yang dibutuhkan untuk jenis elektroda pembumian vertikal maupun horizontal.

## KUNCI JAWABAN

### Evaluasi

1. B
2. C
3. E
4. D
5. A

### Studi Kasus

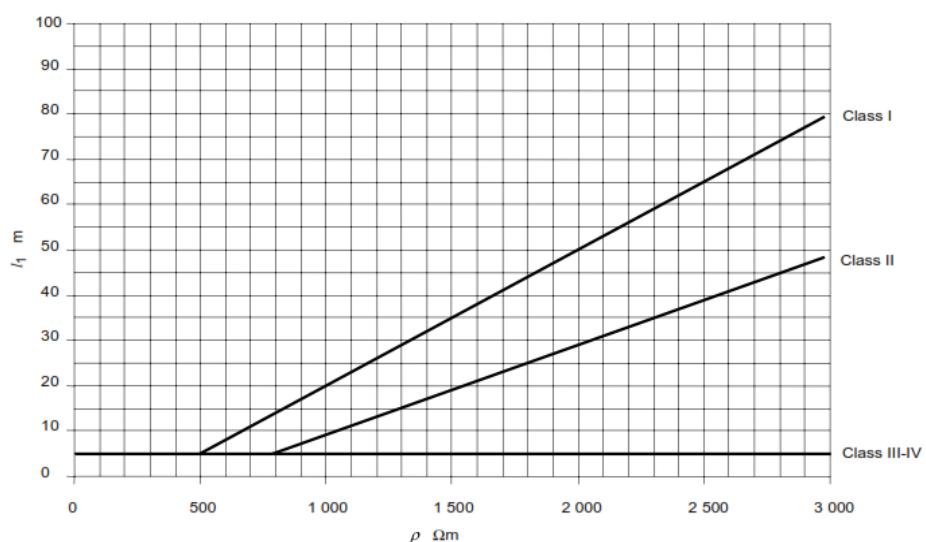
1. Diketahui: tingkat SPP = II

$$\text{tahanan tanah} = 2500 \Omega\text{m}$$

ditanya : lminimum vertikal = ?

lminimum horizontal = ?

Jawab :



Dari grafik diatas dapat diketahui panjang minimum elektroda vertikal adalah:

$$l_1 = 40 \text{ m}$$

sedangkan panjang minimum elektroda horizontal adalah :

$$0,5 \times l_1 = 0,5 \times 40 \text{ m} = 20 \text{ m}$$

## **PENILAIAN**

Bobot Nilai :

Evaluasi : 60%

Studi Kasus : 40%

Perhitungan :

Evaluasi : Nilai maksimum 100 ( Bobot 1 Soal sama dengan 20)

Studi Kasus : Nilai maksimum 100

$$\boxed{\text{Nilai Utama} = (\text{Nilai Evaluasi} \times 60\%) + (\text{Nilai Studi Kasus} \times 40\%)}$$

Feedback :

1. Apabila nilai utama sama atau lebih dari 80 maka peserta diklat dianggap memahami standar mutu sistem proteksi petir.
2. Apabila nilai utama masih dibawah 80 maka peserta diklat dapat mengulang mempelajari standar mutu sistem proteksi petir.

## KEGIATAN BELAJAR II

### STANDAR INSTALASI LISTRIK PADA BANGUNAN

**Tujuan Pembelajaran:**

3. Peserta pendidikan dan pelatihan dapat menjelaskan tentang Standar Sistem Instalasi Listrik pada Bangunan Rumah tinggal 4400 VA
4. Peserta pendidikan dan pelatihan dapat mengimplementasikan Standar Sistem Instalasi Listrik pada Rumah Tinggal 4400 VA

**Estimasi Waktu Pembelajaran:**

**2 x 5 Jam**

**A. Instalasi Listrik pada Rumah Tinggal****1. Konduktor dan Pemasangannya**

Kabel dan konduktor merupakan bagian penting dalam suatu instalasi. Pemilihan kabel dan konduktor untuk instalasi listrik harus dengan mempertimbangkan beberapa kriteria yaitu kapasitas hantar arus (KHA), drop tegangan, kinerja ketika terjadi hubung pendek, dan kuat mekanis, bahan konduktor, dan penempatan konduktor.

**a. Persyaratan Umum Konduktor**

Semua konduktor yang digunakan harus dibuat dari bahan yang memenuhi syarat sesuai dengan tujuan penggunaannya. Konduktor yang digunakan juga harus dalam keadaan telah diperiksa dan diuji menurut standar yang berlaku. Ukuran konduktor dinyatakan dalam ukuran luas penampang dan satuan yang dinyatakan dalam  $\text{mm}^2$ . Ukuran luas penampang nominal kabel dan kabel tanah yang digunakan harus sesuai dengan Tabel 6.

Tabel 6. Ukuran luas penampang kabel

Kabel dan kabel tanah instalasi tetap dari aluminium atau tembaga				Kabel dan kabel tanah instalasi tetap dari aluminium atau tembaga bentuk sektor	Kabel fleksibel, lebih fleksibel, sangat fleksibel dari tembaga
(a)	(b)	(c)	(d)	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6
0,5	0,5 <sup>*)</sup>	-	-	-	0,5
0,75	0,75 <sup>*)</sup>	-	-	-	0,75
1,0	1,0 <sup>*)</sup>	-	-	-	1,0
1,0	1,5 <sup>*)</sup>	-	-	-	1,0
2,5	2,5 <sup>*)</sup>	-	-	-	2,5
4	4	-	-	-	4
6	6	-	-	-	6
10	10	-	-	10	10
16	16	16	-	16	16
-	25	25	-	25	25
-	35	35	-	35	35
-	50	50	-	50	50
-	70	70	-	70	70
-	95	95	-	95	95
-	120	120	-	120	120
-	150	150	-	150	150
-	185	185	-	185	185
-	240	240	-	240	240
-	300	300	-	300	300
-	400	400	-	400	400 <sup>**)</sup>
-	500	500	-	500	500 <sup>**)</sup>
-	630	630	800	630	-
-	800	-	1000	-	-
-	1000	-	1200	-	-

Sumber: PUIL 2011

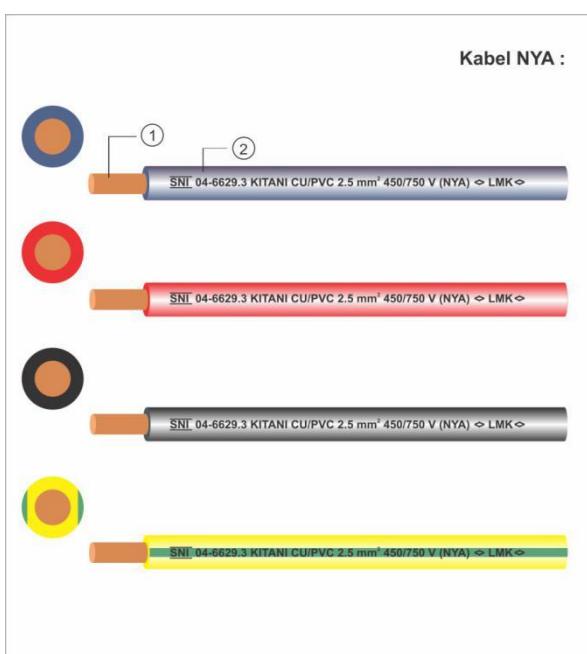
### b. Kabel Instalasi

Kabel listrik adalah media untuk mengantarkan arus listrik yang terdiri dari isolator dan konduktor. Bahan inti dari kabel memiliki banyak ragam. Khusus sebagai pengantar arus listrik, umumnya terbuat dari tembaga dan umumnya dilapisi dengan pelindung yang terbuat dari bahan plastik. Beberapa jenis kabel yang biasa digunakan pada instalasi listrik rumah tinggal yaitu kabel NYA, kabel NYAF dan NYM.

## 1) Jenis Kabel Instalasi Pada Rumah Tinggal

### a) Kabel NYA

Kabel NYA merupakan kabel dengan bahan inti tembaga. Kabel NYA adalah jenis kabel dengan inti tunggal berlapis bahan isolasi *Polivinyl Chloride* (PVC). Mengacu pada PUIL 2011, Kabel NYA hanya digunakan pada ruang kering yang dipasang pada konduit yang dipasang di atas atau di dalam plesteran. Luas penampang pada kabel NYA berbagai macam bergantung pada pembebahan pada kabel yang berkisar  $1.5 \text{ mm}^2$  sampai dengan  $500 \text{ mm}^2$ .



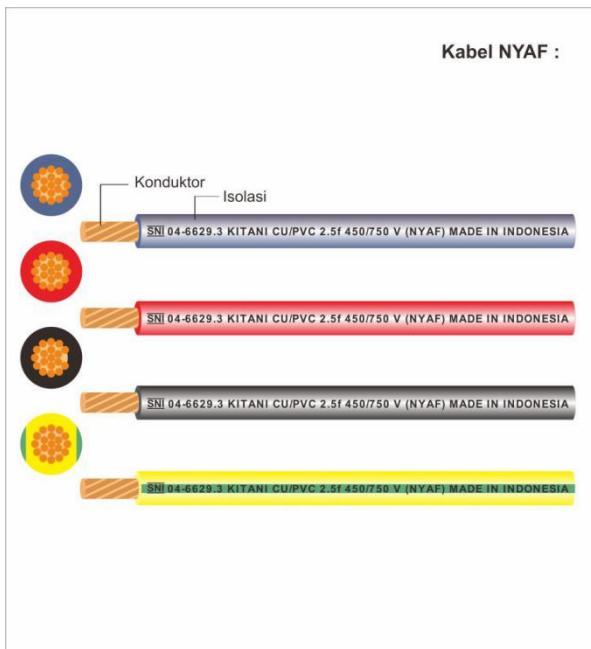
Gambar 16. Kabel NYA

Sumber: [kitani.co.id](http://kitani.co.id)

### b) Kabel NYAF

Kabel NYAF adalah jenis kabel yang fleksibel dimana inti kabel memiliki bahan tembaga serabut berisolasi PVC. Kabel NYAF digunakan sebagai konduktor pada panel-panel listrik yang memerlukan tingkat fleksibilitas tinggi. Luas penampang pada kabel NYAF berbagai macam bergantung pada pembebahan pada kabel yang berkisar  $1.5 \text{ mm}^2$  sampai dengan  $500 \text{ mm}^2$ . Mengacu pada PUIL 2011

bagian 7 poin 7.12.1 tentang kabel rumah tanpa selubung, kabel rumah tidak boleh dipasang didalam atau pada kayu. Kabel NYAF juga tidak boleh langsung dipasang didalam dinding.

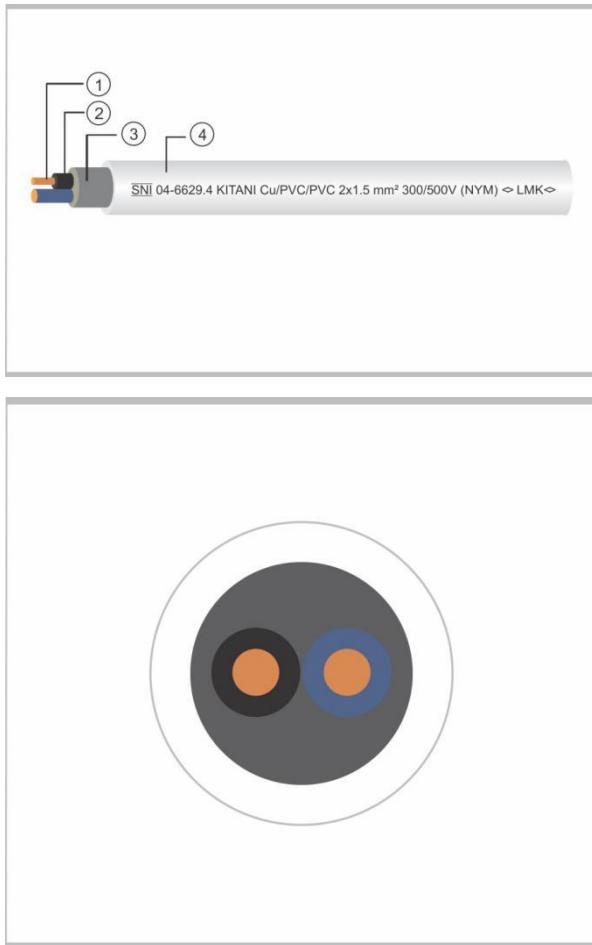


Gambar 17. Kabel NYAF

Sumber: [kitani.co.id](http://kitani.co.id)

### c) Kabel NYM

Kabel NYM merupakan kabel pejal yang memiliki lapisan isolasi PVC berwarna putih. Kabel NYM biasanya memiliki 2, 3 atau 4 inti kabel. Kabel NYM memiliki lapisan isolasi dua lapis, sehingga tingkat keamanannya lebih baik dari kabel NYA. Mengacu pada PUIL 2011 bagian 7 poin 7.12.2 tentang kabel instalasi bersselubung, kabel ini dapat dipergunakan dilingkungan yang kering maupun basah dan dipasang di atas, di dalam dan di bawah plesteran. Luas penampang pada kabel NYM berbagai macam bergantung pada pembebanan pada kabel yang berkisar  $1.5 \text{ mm}^2$  sampai dengan  $35 \text{ mm}^2$ .



Gambar 18. Kabel NYM  
Sumber: kitani.co.id

## 2) Keterangan Spesifikasi Kabel

Pada kabel listrik biasanya terdapat tulisan spesifikasi dari kabel tersebut. Spesifikasi ini berbeda-beda bergantung dari jenis kabel, dan merek kabel. Contoh keterangan kabel SPLN 42 KITANI NYM 4x4 mm<sup>2</sup> 300/500V SNI. Keterangan kabel tersebut menyatakan bahwa:

1. SPLN 42 menyatakan bahwa kabel telah sesuai dengan SPLN 42.
2. KITANI merupakan merek dari kabel tersebut.
3. NYM merupakan jenis kabel.
4. 4x4 mm<sup>2</sup> menyatakan bahwa kabel memiliki 4 buah inti dengan luas penampang 4mm<sup>2</sup>.

5. 300/500 V menyatakan bahwa kabel digunakan untuk tegangan 300/500 V.
6. Simbol SNI menyatakan bahwa kabel sudah sesuai dengan SNI.

Keterangan kode jenis kabel juga memeliki arti yang dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Keterangan kode jenis kabel

Huruf	Keterangan
N	Kabel standard dengan penghantar/inti tembaga.
NA	Kabel dengan aluminium sebagai penghantar.
Y	Isolasi PVC
G	Isolasi Karet
A	Kawat Berisolasi
Y	Selubung PVC ( <i>polyvinyl chloride</i> ) untuk kabel luar
M	Selubung PVC untuk kabel luar
R	Kawat baja bulat (perisai)
Gb	Kawat pipa baja (perisai)
B	Pipa baja
I	Untuk isolasi tetap diluar jangkauan tangan
Re	Penghantar padat bulat
Rm	Penghantar bulat berkawat banyak
Se	Penghantar bentuk pejal (padat)
Sm	Penghantar dipilih bentuk sektor
F	Penghantar halus dipintal bulat
Ff	Penghantar sangat fleksibel
Z	Penghantar z
D	Penghantar 3 jalur yang di tengah sebagai pelindung.
H	Kabel untuk alat bergerak
Rd	Inti dipilih bentuk bulat
Fe	Inti pipih

Sumber: Materi Instalasi Listrik

### 3) Pemilihan Luas Penampang Konduktor

Mengacu pada PUIL 2011 poin 2.2.2 pemilihan luas penampang konduktor harus mempertimbangkan beberapa kriteria sebagai berikut:

#### a) Kapasitas Hantar Arus (KHA)

Arus yang dihantarkan konduktor secara terus menerus selama operasi normal harus memenuhi standar batas suhu pada konduktor tersebut agar tidak melampaui Batasan standar. Mengacu pada tabel 52-4 pada PUIL 2011 tentang suhu maksimum untuk jenis insulasi, suhu maksimum yang diperbolehkan untuk konduktor dengan jenis insulasi PVC (NYA, NYAF dan NYM) tidak boleh lebih dari 70 °C. Mengacu pada PUIL 2011 poin 7.3.1 tentang pembebanan konduktor, kabel instalasi berisolasi dan berselubung PVC (NYA, NYAF, dan NYM) tidak diperbolehkan dibebani arus melebihi KHA yang tercantum pada tabel 6 tiap masing-masing luas penampang.

Tabel 8. Kapasitas Hantar Arus (KHA) kabel instalasi berisolasi dan berselubung PVC

Jenis Konduktor	Luas Penampang	Kapasitas Hantar Arus	
		Pemasangan dalam Plesteran	Pemasangan diudara
NYA	0.5	2.5	-
	0.75	7	15
	1	11	19
	1.5	15	24
	2.5	20	32
	4	25	42
	6	33	54
	10	45	73
	16	61	98
	25	83	129
	35	103	158
	50	132	198

	70	165	245
	95	197	292
	120	235	344
	150	-	391
	185	-	448
	240	-	5285
	300	-	608
	400	-	726
	500	-	830
NYAF	0.5	2.5	-
	0.75	7	15
	1	11	19
	1.5	15	24
	2.5	20	32
	4	25	42
	6	33	54
	10	45	73
	16	61	98
	25	83	129
	35	103	158
	50	132	198
	70	165	245
	95	197	292
	120	235	344
	150	-	391
	185	-	448
	240	-	5285
	300	-	608
	400	-	726
	500	-	830
NYM	1.5	15	24
	2.5	20	32
	4	25	42
	6	33	54
	10	45	73
	16	61	98
	25	83	129
	35	103	158

Sumber: PUIL 2011

Penentuan luas penampang kabel berdasarkan tabel KHA diatas adalah untuk kondisi ideal yaitu dengan suhu ambien pada nilai sekitar 30 °C. Untuk kondisi suhu yang melebihi 30 °C, anda harus memasukan nilai faktor koreksi dalam penentuan KHA terus menerus pada kabel. Semakin panas suhu lingkungan di sekitar kabel, maka akan semakin tinggi nilai penurunan KHA sebuah kabel. Berikut merupakan tabel nilai faktor koreksi yang telah diatur.

Tabel 9. Faktor Koreksi untuk KHA terus menerus untuk kabel instalasi inti tunggal berinsulasi karet/PVC pada suhu ambien 30°C sampai 70°C

Suhu ambien °C	% dari nilai KHA	
	Bahan insulasi karet	Bahan insulasi PVC
$t \leq 30 \text{ } ^\circ\text{C}$	98	100
$30 \text{ } ^\circ\text{C} < t \leq 35 \text{ } ^\circ\text{C}$	90	94
$35 \text{ } ^\circ\text{C} < t \leq 40 \text{ } ^\circ\text{C}$	80	87
$40 \text{ } ^\circ\text{C} < t \leq 45 \text{ } ^\circ\text{C}$	69	80
$45 \text{ } ^\circ\text{C} < t \leq 50 \text{ } ^\circ\text{C}$	56	71
$50 \text{ } ^\circ\text{C} < t \leq 55 \text{ } ^\circ\text{C}$	40	62

Sumber: PUIL 2011

Contoh kasus luas penampang dengan beban maksimum 20 ampere dengan menggunakan kabel NYA pada suhu ambien 45 °C. Pada suhu normal 30 °C berdasarkan tabel 9 didapatkan luas penampang 2,5 mm<sup>2</sup>. Namun pada suhu ambien 45 °C nilai KHA harus dikalikan terlebih dahulu dengan faktor koreksi sesuai dengan tabel 9 yaitu 80%. Nilai KHA 20 ampere akan mengalami penurunan menjadi  $80\% \times 20 = 16$  ampere. Maka kabel NYA dengan luas penampang 2,5 mm<sup>2</sup> layak untuk digunakan.

### b) Drop Voltase

Drop voltase atau biasa disebut susut tegangan yaitu perbedaan antara tegangan sumber dan tegangan pada beban. Tegangan pada beban biasanya lebih rendah dibandingkan dengan tegangan sumber. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor arus dan impedansi maksimum. Mengacu pada PUIL 2011 Bagian 5-52 poin 525, drop voltase antara terminal pelanggan dengan titik dari instalasi tidak boleh lebih dari 4%.

### 4) Identifikasi kabel dengan warna

Persyaratan warna insulasi inti kabel berlaku untuk semua instalasi, termasuk instalasi dalam perlengkapan listrik. Persyaratan ini diperlukan untuk mendapatkan kesatuan pengertian mengenai penggunaan sesuatu warna atau warna loreng yang digunakan untuk mengidentifikasi inti kabel guna keseragaman dan mempertinggi keamanan. Pekerjaan mekanikal elektrikal yang baik seharusnya menggunakan persyaratan ini dalam memasang instalasi listrik.

Penggunaan warna kabel pada PUIL 2011 dan IEC 60446 ada dua penggunaan warna yaitu warna loreng hijau kuning dan warna biru. Penggunaan warna loreng hijau kuning pada kabel hanya boleh digunakan untuk menandai konduktor pembumian. Sedangkan penggunaan warna biru digunakan untuk menandai warna konduktor netral dan tidak boleh digunakan untuk konduktor lainnya.

	Single Phase	Three Phase
Phase Conductor (Line)	Brown	
Neutral Conductor		
Protective Conductor (Earth)		

Gambar 19. Penggunaan kabel berdasarkan warna  
Sumber teknisik3listrik.blogspot.com

## 2. Jumlah Titik Beban dalam Tiap Sirkit Akhir

Mengacu pada PUIL 2011 bagian 2 poin 2.4.1, Jumlah titik beban yang dapat dihubungkan pada suatu sirkit akhir tergantung pada nilai pengenal gawai proteksi yang nilai maksimumnya tidak boleh melebihi KHA penghantar sirkit. Sirkit akhir hanya menyuplai titik pencahayaan dan kotak kontak (KK) 10 A, 15 A, dan 20 A. Jumlah titik beban yang direkomendasikan pada sirkit akhir dalam instalasi rumah dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Jumlah titik beban maksimal yang diperbolehkan

Pengenal Gawai Proteksi (ampere)	Jumlah Titik Maksimum
10	20
16	20
20	25
25	30
32	40

Sumber: PUIL 2011

## 3. Pemilihan Pengaman (Pemutus Sirkit)

Mengacu pada PUIL 2011, pemutus sirkit adalah gawai saklar mekanis yang mampu menghubungkan, menghantarkan dan memutuskan arus pada kondisi sirkit normal, dan juga mampu menghubungkan, menghantarkan untuk waktu yang ditentukan dan memutuskan arus pada kondisi sirkit abnormal yang ditentukan misalnya seperti pada kondisi hubung pendek. Gawai proteksi harus disediakan agar dapat memutus sirkit pada keadaan beban lebih, hubung singkat, atau adanya arus bocor ke bumi. Gawai-gawai ini harus disusun untuk memutuskan sirkit sebelum suatu kerusakan yang disebabkan oleh pengaruh termal atau elektromagnetik yang disebabkan karena arus lebih atau arus bocor ke bumi mencapai nilai yang ditentukan. Proteksi ini dapat dicapai dengan pemilihan suatu

gawai tunggal atau suatu gabungan dari gawai-gawai terpisah yang memberikan proteksi terhadap beban lebih, hubung pendek dan arus bocor ke bumi.

Memilih gawai proteksi harus memperhitungkan beberapa faktor yaitu jenis sistem, jenis gawai dan arus pengenal gawai proteksi. Mengacu pada PUIL 2011 poin 2.2.7.1 ada tiga jenis gawai proteksi yang harus disediakan pada instalasi yaitu gawai proteksi untuk arus lebih, arus hubung pendek, dan arus bocor ke bumi. Dari ketiga jenis gawai tersebut dapat dipilih salah satu gawai untuk melindungi sirkuit, atau gawai tersebut dapat dikombinasikan. Mengacu pada PUIL 2011 poin 2.2.8.1, arus pengenal gawai proteksi tidak boleh kurang dari arus kebutuhan maksimum sirkuit yang diproteksi. Arus pengenal gawai proteksi juga tidak boleh melebihi KHA konduktor yang di proteksi yang dapat dilihat pada Tabel 8. Selain jenis gawai dan arus pengenal gawai proteksi, hal yang perlu diperhitungkan adalah jenis sistem. Ada dua jenis sistem gawai proteksi yaitu proteksi sirkuit yang netralnya dibumikan langsung dan proteksi sirkuit yang netralnya dibumikan tidak langsung.

#### a. Macam-Macam Pemutus Sirkuit Pada Instalasi Rumah Tinggal

##### 1) *Miniature Circuit Breaker (MCB)*



Gambar 20. *Miniature Circuit Breaker (MCB)*

Sumber: [www.se.com](http://www.se.com)

MCB adalah alat pengaman otomatis yang dipergunakan untuk membatasi arus listrik. MCB merupakan pengaman yang dilengkapi dengan komponen thermis (bimetal) untuk pengaman beban lebih yang juga dapat berfungsi sebagai pembatas

arus. Selain itu, MCB juga dilengkapi dengan relay elektromagnetik untuk pengaman hubung singkat.

## 2) Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB)



Gambar 21. *Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB)*  
Sumber: [www.se.com](http://www.se.com)

*Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB)* adalah suatu alat listrik yang dipergunakan sebagai pengaman bila terjadi arus bocor pada salah satu penghantar yang melalui alat tersebut. Sakelar ini memiliki sebuah transformator arus dengan inti berbentuk gelang. Inti ini melingkari semua hantaran suplai ke mesin atau sistem yang diamankan, termasuk penghantar netral.

## 3) Residual Current Circuit Breaker with Over Current Protection (RCBO)



Gambar 22. *Residual Current Circuit Breaker with Over Current Protection (RCBO)*  
Sumber: [www.se.com](http://www.se.com)

RCBO adalah perangkat yang memiliki unit perlindungan arus lebih terpadu untuk perlindungan beban lebih dan hubungan singkat selain perlindungan terhadap arus sisa. Besarnya yang hanya sebesar 1 modul MCB membuat mudah untuk diaplikasikan sebagai modul tambahan maupun yang ingin meng upgrade MCB menjadi Berfungsi ganda.

#### 4) *Surge Protective Device (SPD)*



Gambar 23. *Surge Protective Device (SPD)*

Sumber: [www.se.com](http://www.se.com)

*Surge protective device* atau biasa disebut dengan *surge arrester* yang dipasang pada bangunan akan bekerja dengan memutus tegangan sumber pada saat terjadi lonjakan tegangan dan mengalirkan listrik menuju ke pentahanan (*grounding*). *Surge protective device* pada bangunan komersial seperti rumah tinggal biasanya dipasang pada *Main Distribution Panel* (MDP) dan *Sub Distribution Panel* (SDP).

#### 4. Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHBK)

Menurut PUIL 2011 poin 14, PHBK adalah perlengkapan listrik yang dimaksudkan untuk dihubungkan ke sirkuit listrik untuk keperluan melaksanakan satu fungsi atau lebih berikut: proteksi, kendali, isolasi, dan penyakelaran. PHBK juga merupakan peralatan yang berfungsi menerima energi listrik dari APP (Alat Pengukur dan Pembatas) dan selanjutnya mendistribusikan dan sekaligus mengontrol penyaluran energi listrik tersebut melalui sirkuit cabang ke PHBK cabang

atau langsung melalui sirkit akhir ke beban yang berupa beberapa titik lampu dan melalui kontak-kontak keperalatan yang berada dalam ruangan.

PHBK harus ditata dan dipasang sedemikian rupa sehingga terlihat rapi dan teratur, dan harus di tempatkan dalam ruang yang cukup leluasa. Hal ini dikarenakan supaya saat dilakukan pemeliharaan dan pelayanan terlaksana dengan mudah, aman dan mudah dicapai. Semua komponen yang pada waktu kerja memerlukan pelayanan, seperti instrumen ukur, tombol dan sakelar, harus dapat dilayani dengan mudah dan aman dari depan tanpa bantuan tangga, meja atau perkakas yang tidak lazim lainnya.

#### **a. Penataan PHBK**

##### **1) Ruang Pelayanan dan Ruang Bebas Sekitar PHBK**

Mengacu pada PUIL 2011 poin 511.2.2, disekitar PHBK harus memiliki ruang yang cukup luas sehingga pemeliharaan, pemeriksaan, perbaikan, pelayanan dan lalulintas dapat dilakukan dengan mudah dan aman. Ruang pelayanan di sisi depan, lorong dan emper lalu lintas yang dimaksud pada PHBK tegangan rendah, lebarnya harus sekurang-kurangnya 0,75 m, sedangkan tingginya harus sekurang-kurangnya 2 m. Jika di sisi kiri dan kanan ruang bebas yang berupa lorong terdapat instalasi listrik tanpa dinding pengaman (dinding pemisah), lebar ruang bebas ini harus sekurang-kurangnya 1,5 m. Pintu ruang khusus tempat PHBK terpasang harus mempunyai ukuran tinggi sekurang-kurangnya 2 m dan ukuran lebar sekurang-kurangnya 0,75 m.



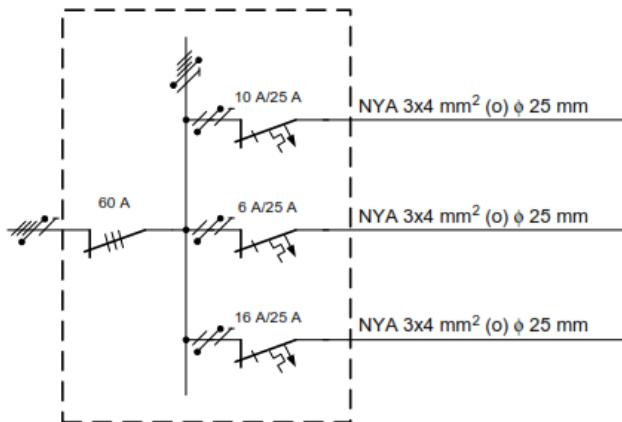
Gambar 24. Ruang Pelayanan  
Sumber: PUIL 2011

Di beberapa tempat yang jelas dan mudah terlihat pada sirkit arus PHBK dipasang pengenal yang jelas sehingga memudahkan pelayanan dan pemeliharaan. Tiap penghantar fase, penghantar netral dan penghantar atau rel pembumi harus dapat dibedakan secara mudah dengan warna atau tanda yang sesuai. Untuk memudahkan pelayanan dan pemeliharaan, harus dipasang bagan sirkit PHBK yang mudah dilihat. PHBK yang memiliki gawai kendali harus dilengkapi dengan gambar beserta penjelasan secukupnya.

## 2) Pemasangan Saklar Masuk

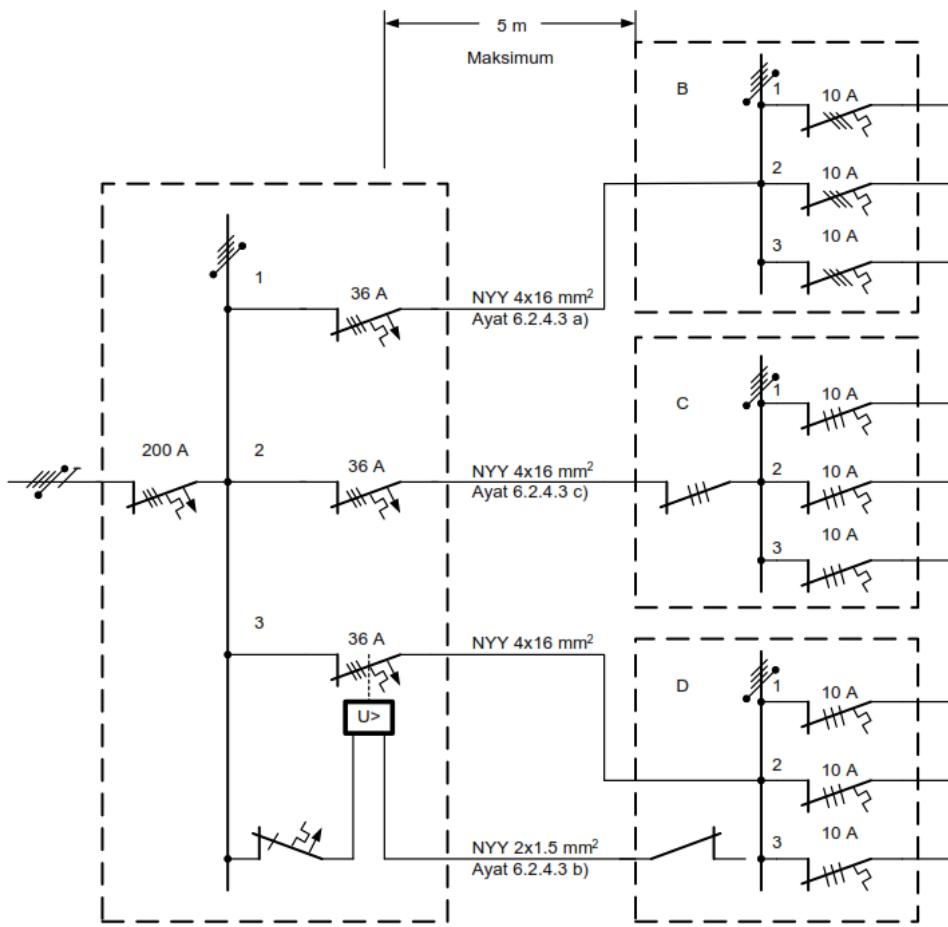
Mengacu pada PUIL 2011 poin 511.2.4, Pada sisi konduktor masuk PHBK utama (sirkit utama) harus dipasang saklar masuk utama, sedangkan pada setiap sirkit keluar setidak-tidaknya dipasang satu proteksi arus lebih. Sebagai alternatif untuk saklar dengan proteksi arus lebih, atau pengaman lebur, dapat juga dipakai saklar yang didalamnya terdapat proteksi arus yang dikehendaki, seperti: pemutus sirkit MCB. Apabila hal ini diterapkan maka pemutus sirkit yang akan digunakan

harus dipilih yang sesuai, yaitu memiliki ketahanan arus hubung pendek paling tidak sama besar dengan arus hubung pendek yang mungkin terjadi dalam sirkuit yang diamankan.



Gambar 25. Contoh pemasangan saklar masuk  
Sumber: PUIL 2011

Saklar masuk tidak diperlukan apabila PHBK mendapat suplai dari saluran keluar suatu PHBK lain, yang pada saluran keluarnya dipasang sakelar yang mudah dicapai dan kedua PHBK itu terletak dalam ruang yang sama serta jarak antara keduanya tidak lebih dari 5 m. Saklar ini dapat diganti dengan pemisah apabila pada setiap sirkuit keluar dipasang sakelar keluar.



Gambar 26. Jarak PHBK dengan PHBK penyuplai

Sumber: PUIL 2011

Sakelar masuk harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak ada pengaman lebur dan gawai lainnya yang menjadi bertegangan, kecuali volt meter, lampu indikator, dan pengaman lebur utama yang dipasang sebelum sakelar masuk, jika sakelar masuk tersebut dalam keadaan terbuka. Sakelar masuk pada PHBK harus diberi tanda pengenal khusus sehingga mudah dikenal dan dibedakan dari sakelar lain.

## **b. Bentuk, Pemasangan, dan Konstruksi PHBK**

Mengacu pada PUIL 2011 poin 511.5, Bentuk PHBK tertutup pada umumnya ada 3 macam yaitu lemari hubung bagi, kotak hubung bagi, dan meja hubung bagi. Lemari hubung bagi memiliki ciri selungkup dan kerangka umumnya terbuat dari logam, biasanya dari besi. Kotak hubung bagi memiliki ciri jika merupakan deretan kotak hubung bagi, kotak tersebut dipasang dengan kuat yang satu pada yang lain, dan jika perlu menggunakan kerangka yang mana selungkup dan kerangka kotak hubung bagi umumnya terbuat dari logam, biasanya dari besi atau aluminium. Meja hubung bagi mempunyai bidang untuk pelayanan yang mendatar atau miring, biasanya tingginya kurang dari 1 m.

Lemari hubung bagi, kotak hubung bagi dan meja hubung bagi harus dipasang pada tempat yang sesuai, kering dan berventilasi cukup atau perlengkapan tersebut harus diamankan terhadap udara lembab. Untuk instalasi perumahan, lemari atau kotak hubung bagi harus dipasang sekurang-kurangnya 1,5 m di atas lantai. Lemari atau kotak hubung bagi tidak boleh dipasang di kamar mandi, tempat cuci tangan, kamar kecil, di atas kompor, di atas bak air atau di tempat yang sejenis.

Panel lemari atau kotak hubung bagi harus cukup tebal sehingga ketahanannya terhadap gaya mekanis memenuhi persyaratan. Dinding dari lemari atau kotak hubung bagi harus cukup tebal sehingga ketahanannya terhadap gaya mekanik memenuhi standar, dan harus dibuat dari bahan yang tidak dapat terbakar.

## **c. Komponen pada PHBK**

### **1) Instrumen Ukur dan Indikator**

Mengacu pada PUIL 2011 poin 511.6.2, Instrumen ukur dan indikator yang dipasang pada PHBK harus terlihat jelas dan harus ada petunjuk tentang besaran apa yang dapat diukur dan gejala apa yang ditunjukkan. Instrumen ukur dan indikator yang dipasang pada PHBK atau panel distribusi harus terhindar terhadap kemungkinan pengaruh induksi listrik sekitar, terlindung dari suhu yang melampaui suhu kerja maksimum, bebas dari getaran mekanik atau pengaruh lain yang dapat

menurunkan mutu atau akurasi instrumen ukur atau indikator. Instrumen ukur dan indikator yang dipasang pada PHBK atau panel distribusi harus selalu terpelihara kehandalannya secara berkesinambungan dapat menampilkan penunjukkan yang benar sesuai dengan peruntukannya. Pengawatan instrumen ukur dan indikator dalam PHBK atau panel distribusi harus menggunakan kabel fleksibel yang mempunyai pelindung elektrik yang dapat dihubungkan dengan saluran pembumian.

## **2) Konduktor Rel**

Mengacu pada PUIL 2011 poin 511.6.3, rel yang digunakan pada PHBK harus terbuat dari tembaga atau logam lain yang memenuhi persyaratan sebagai konduktor listrik. Besar arus yang mengalir dalam rel tersebut harus diperhitungkan sesuai kemampuan rel sehingga tidak akan menyebabkan suhu lebih dari 65 °C. Lapisan yang digunakan untuk memberi warna rel dan saluran harus dari jenis yang tahan terhadap kenaikan suhu yang diperbolehkan.

## **3) Komponen Gawai Kendali**

Mengacu pada PUIL 2011 poin 511.6.4, komponen gawai kendali seperti tombol, sakelar, lampu, sinyal, sakelar magnet dan kawat penghubung harus mempunyai kemampuan yang sesuai dengan penggunaannya. Selain itu komponen seperti tombol, sakelar kendali, dan sakelar pemilih harus mempunyai tanda atau warna yang memudahkan operator untuk melayaninya. Penghantar atau kabel yang digunakan untuk gawai kendali dalam PHBK harus berukuran sekurang-kurangnya 1 mm<sup>2</sup> kecuali penghantar atau kabel yang sudah terpasang dalam gawai kendali itu.

## **4) Terminal dan Sepatu Kabel**

Mengacu pada PUIL 2011 poin 511.6.5, terminal harus terbuat dari paduan tembaga atau logam lain yang memenuhi persyaratan atau standar yang berlaku. Dudukan terminal harus terbuat dari bahan isolasi yang tidak mudah pecah atau

rusak oleh gaya mekanis dan termis dari penghantar yang disambung pada terminal tersebut. Kemampuan terminal sekurang-kurangnya harus sama dengan kemampuan sakelar dari sirkit yang bersangkutan.

Sepatu kabel harus dibuat dari bahan yang sesuai dan kuat, dan ukurannya harus sesuai dengan kabel yang akan dipasang. Sepatu kabel yang dibuat dari bahan aluminium tidak boleh disambung dengan kabel tembaga atau sebaliknya, kecuali dengan menggunakan bimetal. Pemegang kabel harus dapat memikul gaya berat, gaya tekan, dan gaya tarik yang ditimbulkan oleh kabel yang akan dipasang sehingga gaya-gaya tersebut tidak akan langsung dipikul oleh gawai listrik yang lain.

## **B. Instalasi Listrik pada Rumah Tinggal 4400 VA**

### **1. Pemilihan Kabel Instalasi**

Pada instalasi listrik rumah tinggal 4400 VA ada 3 kabel yang dapat digunakan yaitu kabel NYA, NYAF, dan NYM. Kabel NYA dan NYM digunakan untuk pemasangan instalasi diluar panel kendali, sedangkan kabel NYAF digunakan pada panel instalasi sebagai kabel kendali dan tidak disarankan untuk instalasi diluar panel instalasi.

Penggunaan kabel NYA dan NYM memeliki keuntungan dan kekurangannya masing-masing. Dalam perbandingan harga, kabel NYA lebih murah dibandingkan dengan kabel NYM, karena kabel NYM memiliki dua lapisan pelindung. Dalam perbandingan tingkat keamanan kabel NYM memiliki 2 lapis pelindung yang menjadikan kabel NYM lebih aman dibandingkan kabel NYA yang hanya memiliki satu lapisan pelindung.

Dalam pemasangan kabel instalasi listrik salah satu hal yang harus diperhatikan adalah penggunaan warna kabel yang digunakan. Fungsi warna kabel adalah sebagai tanda pengenal kabel yang digunakan terhubung pada fasa, netral atau *ground*. Hal ini akan memudahkan apabila ada kerusakan pada instalasi dan harus mengganti kabel. Pada PUIL 2011 telah ditentukan warna pengenal kabel satu fasa

untuk kabel fasa menggunakan warna coklat, kabel netral warna biru, dan kabel *ground* warna loreng hijau-kuning.

Selain warna kabel, luas penampang kabel yang akan dipasang juga harus diperhatikan. Luas penampang kabel harus sesuai dengan kuat hantar arus (KHA) kabel. Luas penampang kabel telah ditentukan pada PUIL 2011 sesuai dengan kuat hantar arus kabel yang akan digunakan. Pada rumah tinggal 4400 VA kuat hantar arus (KHA) harus diperhitungkan sesuai dengan persamaan 4 dan 5. Hasil perhitungan KHA kabel sesuai dengan persamaan 5 adalah sebesar 24 A. maka luas penampang kabel untuk kabel NYA sebesar  $4 \text{ mm}^2$ , kabel NYAF sebesar  $4 \text{ mm}^2$ , dan kabel NYM  $4\text{mm}^2$ .

## 2. Jumlah Titik Beban

Pada PUIL 2011 telah ditentukan jumlah titik beban maksimum berdasarkan tanda pengenal gawai proteksi yang digunakan. Berdasarkan persamaan 5, gawai proteksi pada rumah tinggal 4400 VA memiliki tanda pengenal 25 A. sesuai dengan tabel 10 jumlah titik beban maksimum yang diperbolehkan untuk rumah tinggal 4400 VA adalah 30 titik. PUIL 2011 juga mengatur ketentuan kontribusi setiap titik beban maksimal yang diperbolehkan. Kontribusi maksimal setiap titik beban total pada beban penerangan sebesar 0,5 A, KK 10A sebesar 4 A, KK 15A sebesar 8 A, dan KK 20A sebesar 18 A.

Pemasangan kotak kontak pada rumah tinggal telah diatur standar pemasangannya oleh PUIL 2011. Kotak kontak harus dipasang pada ketinggian 1,5 meter dari atas lantai. Apabila ketinggian kurang dari 1,5 meter kotak kontak harus dilengkapi penutup. Kotak kontak yang dipasang tidak menggunakan penutup pelindung akan sangat berbahaya setrum terutama pada anak kecil. Pemasangan penghantar netral pada kotak kontak harus dipasang di sebelah kanan ataupun bawah dari terminal kotak kontak tersebut.

### **3. Pemasangan Panel Hubung Bagi (PHB)**

Panel hubung bagi pada rumah tinggal dipasang setelah kWh meter dari PLN dan harus dipasang didalam ruang yang cukup leluasa sehingga dapat melakukan pemeliharaan dan pelayanan mudah dan aman. Ruang bebas pada PHB sekurang-kurangnya adalah 0,75 meter dan tinggi dari lantai adalah 2 meter.

Semua komponen dalam PHB yang terbuat dari logam tidak boleh mengalami pengkaratan karena akan menimbulkan gangguan pada sambungan. Komponen didalam PHB di rumah tinggal harus lengkap dengan berbagai pengaman. Pengaman yang diperlukan didalam PHB adalah SPD, ELCB dan MCB. Pemasangan komponen PHB yang baik dijelaskan pada BAB 1 poin E.

## **C. Sistem Pencahayaan Rumah Tinggal**

Standar sistem pencahayaan rumah tinggal memuat ketentuan pedoman pencahayaan pada bangunan gedung untuk memperoleh sistem pencahayaan dengan pengoperasian yang optimal. Hal ini dimaksudakan supaya penggunaan energi dapat efisien tanpa harus mengurangi dan atau mengubah fungsi bangunan, kenyamanan dan produktivitas kerja penghuni serta mempertimbangkan aspek biaya.

### **1. Persyaratan Teknis Pencahayaan**

Tingkat pencahayaan suatu ruangan sudah diatur pada SNI 6197-2011 tentang konservasi energi sistem pencahayaan supaya memenuhi standar dan sesuai dengan kebutuhan konsumen. Ada 2 jenis sistem pencahayaan yang telah diatur oleh SNI yaitu pencahayaan alami dan pencahayaan buatan.

#### **a. Pencahayaan alami**

Pencahayaan alami dalam bangunan gedung harus memenuhi ketentuan SNI 03-2396-2001, tentang tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung. Standar tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada

bangunan gedung ini dimaksudkan sebagai pedoman bagi para perancang dan pelaksana pembangunan gedung di dalam merancang sistem pencahayaan alami siang hari dan bertujuan agar diperoleh sistem pencahayaan alami siang hari yang sesuai dengan syarat kesehatan, kenyamanan dan sesuai dengan ketentuan-ketentuan lain yang berlaku.

### **1) Kriteria Perancangan**

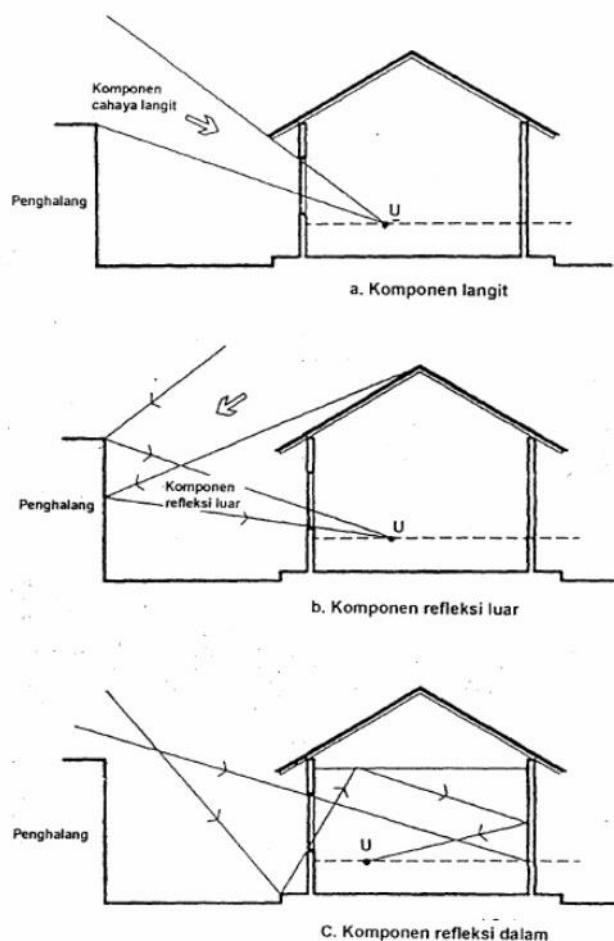
Mengacu pada SNI 03-2396-2001 poin 4.1, Pencahayaan alami pada siang hari dapat dikatakan baik apabila pada siang hari antara jam 08.00 sampai dengan jam 16.00 waktu setempat terdapat cukup banyak cahaya yang dapat masuk kedalam ruangan. Selain itu, distribusi cahaya di dalam ruangan juga harus cukup merata dan atau tidak menimbulkan kontras yang mengganggu. Adapun tingkat pencahayaan alami dalam ruang yang ditentukan oleh tingkat pencahayaan langit pada bidang datar di lapangan terbuka pada waktu yang sama. Perbandingan tingkat pencahayaan alami di dalam ruang dan pencahayaan alami pada bidang datar di lapangan terbuka ditentukan oleh:

1. Hubungan geometris antara titik ukur dan lubang cahaya.
2. Ukuran dan posisi lubang cahaya.
3. Distribusi terang langit.
4. Bagian langit yang dapat dilihat dari titik ukur.

#### **a) Faktor Pencahayaan Alami Siang Hari**

Mengacu pada SNI 03-2396-2001, Faktor pencahayaan alami siang hari adalah perbandingan tingkat pencahayaan pada suatu titik dari suatu bidang tertentu di dalam suatu ruangan terhadap tingkat pencahayaan bidang datar di lapangan terbuka yang merupakan ukuran kinerja lubang cahaya ruangan tersebut. Faktor pencahayaan alami siang hari terdiri dari 3 komponen meliputi komponen langit (faktor langit) yakni komponen pencahayaan langsung dari cahaya langit, komponen refleksi luar (faktor refleksi luar) yakni komponen pencahayaan yang

berasal dari refleksi benda-benda yang berada di sekitar bangunan yang bersangkutan, dan komponen refleksi dalam (faktor refleksi dalam) yakni komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi permukaan-permukaan dalam ruangan, dari cahaya yang masuk ke dalam ruangan akibat refleksi benda-benda di luar ruangan maupun dari cahaya langit.



Gambar 27. Faktor pencahayaan alami siang hari

Sumber: SNI 03-2396-2001

Faktor pencahayaan alami dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut ini:

$$fl = \frac{1}{2\pi} \left\{ \arctan \frac{L}{D} - \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{H}{D}\right)^2}} \arctan \frac{L/D}{\sqrt{1+\left(\frac{H}{D}\right)^2}} \right\} \dots \dots \dots \text{ (Persamaan 4)}$$

$$frl = (fl)_p \times L_{rata-rata} \dots \dots \dots \text{ (Persamaan 5)}$$

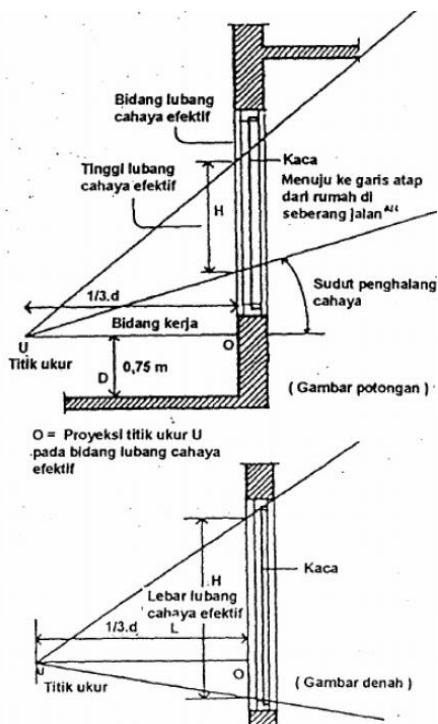
$$frd = \frac{T_{kaca}}{A.(1-R)} \times (C \cdot R_{fw} + 5 \cdot R_{cw}) \dots \dots \dots \text{ (Persamaan 6)}$$

- Keterangan:
- fl = Faktor Langit.
  - frl = Faktor refleksi luar.
  - frd = Faktor refleksi dalam.
  - L = Lebar Lubang Cahaya Efektif.
  - H = Lubang Cahaya Efektif.
  - D = Jarak Titik Ukur ke Lubang Cahaya.
  - (fl)<sub>p</sub> = Faktor Langit apabila tidak ada penghalang.
  - L<sub>rata-rata</sub> = Perbandingan antara iluminans penghalang dan iluminans rata-rata langit.
  - T<sub>kaca</sub> = Faktor transmisi cahaya dari kaca penutup lubang cahaya besarnya tergantung jenis kaca.
  - A = Luas seluruh permukaan dalam ruangan.
  - R = Faktor refleksi rata-rata seluruh permukaan.
  - W = Luas lubang cahaya.
  - R<sub>cw</sub> = Faktor refleksi rata-rata dari langit-langit dan dinding bagian atas.
  - C = Konstanta yang besarnya tergantung dari sudut penghalang.

$R_{fw}$  = Faktor refleksi rata-rata dari langit-langit dan dinding bagian bawah.

### b) Titik Ukur (U)

Mengacu pada SNI 03-2396-2001, titik ukur (U) adalah titik di dalam ruangan yang keadaan pencahayaannya dipilih sebagai indikator untuk keadaan pencahayaan seluruh ruangan. Titik ukur diambil pada suatu bidang datar yang letaknya pada tinggi 0,75 meter di atas lantai. Bidang datar tersebut disebut bidang kerja. Untuk menjamin tercapainya suatu keadaan pencahayaan yang cukup memuaskan maka Faktor Langit (fl) titik ukur tersebut harus memenuhi suatu nilai minimum tertentu yang ditetapkan menurut fungsi dan ukuran ruangannya.

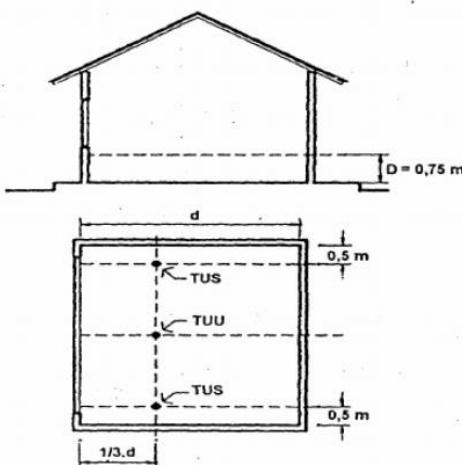


Gambar 28. Tinggi dan Lebar Cahaya Efektif

Sumber: SNI 03-2396-2001

Dalam perhitungan digunakan dua jenis titik ukur yaitu Titik Ukur Utama (TUU) dan Titik Ukur Samping (TUS). Titik ukur utama (TUU), diambil pada tengah-

tengah antar kedua dinding samping, yang berada pada jarak  $1/3 d$  dari bidang lubang cahaya efektif. Titik ukur samping (TUS), diambil pada jarak 0,50 meter dari dinding samping yang juga berada pada jarak  $1/3 d$  dari bidang lubang cahaya efektif, dengan  $d$  adalah ukuran kedalaman ruangan, diukur dari mulai bidang lubang cahaya efektif hingga pada dinding seberangnya, atau hingga pada "bidang" batas dalam ruangan yang hendak dihitung pencahayaannya itu.



Gambar 29. Penjelasan jarak  $d$

Sumber: SNI 03-2396-2001

## 2) Persyaratan Teknis

### a) Klasifikasi Kualitas Pencahayaan

Ada 4 klasifikasi kualitas pencahayaan yang telah ditetapkan pada SNI 03-2396-2001 yaitu sebagai berikut:

1. Kualitas A : kerja halus sekali, pekerjaan secara cermat terus menerus, seperti menggambar detil, menjahit kain warna gelap, dan sebagainya.
2. Kualitas B : kerja halus, pekerjaan cermat tidak secara intensif terus menerus, seperti menulis, membaca, membuat alat atau merakit komponen-komponen kecil, dan sebagainya.

3. Kualitas C : kerja sedang, pekerjaan tanpa konsentrasi yang besar dari si pelaku, seperti pekerjaan kayu, merakit suku cadang yang agak besar, dan sebagainya.
4. Kualitas D : kerja kasar, pekerjaan dimana hanya detil-detil yang besar harus dikenal, seperti pada gudang, lorong lalu lintas orang, dan sebagainya.

**b) Persyaratan Faktor Langit dalam Ruangan**

Nilai faktor langit (fl) dari suatu titik ukur dalam ruangan harus memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan. Nilai faktor langit (fl) sekurang-kurangnya memenuhi nilai-nilai faktor langit minimum ( $fl_{min}$ ) yang tertera pada Tabel 11 dan dipilih menurut klasifikasi kualitas pencahayaan yang dikehendaki dan dirancang untuk bangunan tersebut.

Tabel 11. Nilai Faktor Langit Minimum pada Rumah Tinggal

Jenis Ruangan	$fl_{min}$ TUU	$fl_{min}$ TUS
Ruang Tinggal	0,35.d	0,16.d
Ruang Kerja	0,35.d	0,16.d
Kamar Tidur	0,18.d	0,05.d
Dapur	0,20.d	0,20.d
Ket: d = kedalaman ruangan yang diukur dari titik lubang cahaya sampai dinding seberangnya.		

Sumber: SNI 03-2396-2001

Mengacu pada SNI 03-2396-2001 poin 5.2, Untuk memperoleh kualitas pencahayaan yang diinginkan maka di dalam perancangan perlu diperhatikan hal-hal yang mempengaruhi kualitas pencahayaan tersebut. Kualitas pencahayaan alami siang hari dalam ruangan ditentukan oleh perbandingan luas lubang cahaya dan luas

lantai, bentuk dan letak lubang cahaya, dan faktor refleksi cahaya dari permukaan di dalam ruangan.

## b. Pencahayaan Buatan

Mengacu pada SNI 03-6575-2001, Petunjuk teknis sistem pencahayaan buatan dimaksudkan untuk digunakan sebagai pegangan bagi para perancang dan pelaksana pembangunan gedung didalam merancang sistem pencahayaan buatan dan sebagai pegangan bagi para pemilik atau pengelola gedung didalam mengoperasikan dan memelihara sistem pencahayaan buatan.

## 1) Kriteria Perancangan

### a) Perhitungan Tingkat Pencahayaan

- **Tingkat Pencahayaan Rata-Rata (Erata-rata)**

Mengacu pada SNI 03-6575-2001, Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan pada umumnya didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja. Yang dimaksud dengan bidang kerja ialah bidang horisontal imajiner yang terletak 0,75 meter di atas lantai pada seluruh ruangan. Tingkat pencahayaan rata-rata  $E_{rata-rata}$  (lux), dapat dihitung dengan persamaan :

$$E_{rata-rata} = \frac{F_{total} \times k_p \times k_d}{A} \dots \dots \dots \text{(Persamaan 7)}$$

Dimana:  $F_{total}$  = Fluks luminus total dari semua lampu yang menerangi bidang kerja (lumen)

A = Luas bidang kerja (m<sup>2</sup>).

$k_p$  = Koefisien Penggunaan.

$k_d$  = Koefisien depresiasi (penyusutan).

- **Koefisien Penggunaan ( $k_p$ )**

Mengacu pada SNI 03-6575-2001, Sebagian dari cahaya yang dipancarkan oleh lampu diserap oleh armatur, sebagian dipancarkan ke arah atas dan sebagian lagi dipancarkan ke arah bawah. Faktor

penggunaan didefinisikan sebagai perbandingan antara *fluks luminus* yang sampai di bidang kerja terhadap keluaran cahaya yang dipancarkan oleh semua lampu. Besarnya koefisien penggunaan dipengaruhi oleh faktor seperti distribusi intensitas cahaya dari armatur, perbandingan antara keluaran cahaya dari armatur dengan keluaran cahaya dari lampu di dalam armatur, dan reflektansi cahaya dari langit-langit, dinding dan lantai.

Besarnya koefisien penggunaan untuk sebuah armatur diberikan dalam bentuk tabel yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat armatur yang berdasarkan hasil pengujian dari instansi terkait. Merupakan suatu keharusan dari pembuat armatur untuk memberikan tabel  $k_p$  karena tanpa tabel ini perancangan pencahayaan yang menggunakan armatur tersebut tidak dapat dilakukan dengan baik.

- **Koefisien Penggunaan ( $k_d$ )**

Mengacu pada SNI 03-6575-2001, Koefisien depresiasi atau sering disebut juga koefisien rugi-rugi cahaya atau koefisien pemeliharaan, didefinisikan sebagai perbandingan antara tingkat pencahayaan setelah jangka waktu tertentu dari instalasi pencahayaan digunakan terhadap tingkat pencahayaan pada waktu instalasi baru. Besarnya koefisien depresiasi dipengaruhi oleh kebersihan dari lampu dan armatur, kebersihan dari permukaan-permukaan ruangan, penurunan keluaran cahaya lampu selama waktu penggunaan, dan penurunan keluaran cahaya lampu karena penurunan tegangan listrik. Besarnya koefisien depresiasi biasanya ditentukan berdasarkan estimasi. Untuk ruangan dan armatur dengan pemeliharaan yang baik pada umumnya koefisien depresiasi diambil sebesar 0,8.

- **Jumlah Armatur yang Diperlukan**

Untuk menghitung jumlah armatur, terlebih dahulu dihitung fluks luminus total yang diperlukan untuk mendapatkan tingkat pencahayaan yang direncanakan, dengan menggunakan persamaan:

$$F_{total} = \frac{E \times A}{k_p \times k_d} \dots \dots \dots \text{(Persamaan 8)}$$

Kemudian jumlah armatur dihitung dengan persamaan:

$$N_{total} = \frac{F_{total}}{F_1 \times n} \dots \dots \dots \text{(Persamaan 9)}$$

Dimana:  $F_1$  = Fluks luminus satu buah lampu.

$n$  = Jumlah lampu pada satu armatur.

- **Tingkat Pencahayaan oleh komponen cahaya langsung**

Tingkat pencahayaan oleh komponen cahaya langsung pada suatu titik pada bidang kerja dari sebuah sumber cahaya yang dapat dianggap sebagai sumber cahaya titik, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$E_p = \frac{I_a \times \cos^3 a}{h^2} \dots \dots \dots \text{(Persamaan 10)}$$

Dimana:  $I_a$  = Intensitas cahaya pada sudut  $a$  (kandela).

$h$  = Tinggi armatur diatas bidang kerja (meter).

Jika terdapat beberapa armatur, maka tingkat pencahayaan tersebut merupakan penjumlahan dari tingkat pencahayaan yang diakibatkan oleh masing-masing armatur dan dinyatakan sebagai berikut :

$$E_{total} = E_{p1} + E_{p2} + E_{p3} + \dots \dots \text{(Persamaan 11)}$$

## 2) Tingkat Pencahayaan Minimum yang Direkomendasikan

Tingkat pencahayaan minimum dan renderasi warna yang direkomendasikan untuk berbagai fungsi ruangan ditunjukkan pada tabel 12.

Tabel 12. Tingkat Pencahayaan minimum yang direkomendasikan

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Kelompok Renderasi Warna
Teras	60	1 atau 2
Ruang Tamu	120~250	1 atau 2
Ruang makan	120~250	1 atau 2
Ruang Kerja	120~250	1
Kamar Tidur	120~250	1 atau 2
Kamar Mandi	250	1 atau 2
Dapur	250	1 atau 2
Garasi	60	3 atau 4

Sumber: SNI 03-6575-2001

### 3) Kebutuhan Daya

Daya listrik yang dibutuhkan untuk mendapatkan tingkat pencahayaan rata-rata tertentu pada bidang kerja dapat dihitung mulai dengan persamaan yang digunakan untuk menghitung armatur. Setelah itu dihitung jumlah lampu yang dibutuhkan dengan persamaan:

$$N_{lampa} = N_{armatur} \times n \dots \dots \dots \text{(Persamaan 12)}$$

Daya yang dibutuhkan untuk semua armatur dapat dihitung dengan persamaan:

$$W_{total} = N_{lampa} \times W_1 \dots \dots \dots \text{(Persamaan 13)}$$

Dimana:  $W_1$  = Daya setiap lampu termasuk Ballast (watt).

Dengan membagi daya total dengan luas bidang kerja, didapatkan kepadatan daya ( $\text{watt}/\text{m}^2$ ) yang dibutuhkan untuk sistem pencahayaan tersebut. Standar kepadatan daya dapat dilihat pada tabel 13.

Tabel 13. Daya listrik maksimum untuk pencahayaan

Fungsi Ruangan	Daya Pencahayaan Maksimum (W/m <sup>2</sup> ) (Termasuk rugi-rugi ballast)
Teras	3
Ruang Tamu	5
Ruang makan	7
Ruang Kerja	7
Kamar Tidur	7
Kamar Mandi	7
Dapur	7
Garasi	3

Sumber: SNI 6197:2011

#### 4) Distribusi Iluminans

Distribusi luminansi didalam medan penglihatan harus diperhatikan sebagai pelengkap keberadaan nilai tingkat pencahayaan di dalam ruangan. Hal penting yang harus diperhatikan pada distribusi luminansi adalah rentang iluminans permukaan langit-langit dan dinding, distribusi luminansi bidang kerja, nilai maksimum luminansi armatur (untuk menghindari kesilauan), dan skala luminansi untuk pencahayaan interior.



Gambar 30. Skala Iluminans untuk Pencahayaan Interior

Sumber: SNI 03-6575-2001

### **a) Iluminans Permukaan Dinding**

Luminansi permukaan dinding tergantung pada luminansi obyek dan tingkat pencahayaan merata di dalam ruangan. Untuk tingkat pencahayaan ruangan antara 500 ~ 2000 lux, maka luminansi dinding yang optimum adalah 100 kandela/m<sup>2</sup>. Ada dua cara pendekatan untuk mencapai nilai optimum ini yaitu dengan cara nilai reflektansi permukaan dinding ditentukan, tingkat pencahayaan vertikal dihitung, atau tingkat pencahayaan vertikal diambil sebagai titik awal dan reflektansi yang diperlukan dihitung. Nilai tipikal reflektansi dinding yang dibutuhkan untuk mencapai luminansi dinding yang optimum adalah antara 0,5 dan 0,8 untuk tingkat pencahayaan rata-rata 500 lux, dan antara 0,4 dan 0,6 untuk 1000 lux.

### **b) Distribusi Iluminans Bidang Kerja**

Untuk memperbaiki kinerja penglihatan pada bidang kerja maka luminansi sekeliling bidang kerja harus lebih rendah dari luminansi bidang kerjanya, tetapi tidak kurang dari sepertiganya. Kinerja penglihatan dapat diperbaiki jika ada tambahan kontras warna.

### **c. Parameter Kualitas Warna Cahaya**

#### **1) Temperatur Warna Cahaya Lampu (CCT – Correlated Colour Temperature)**

Mengacu pada SNI 6197:2011 poin 4.3, Temperatur warna untuk penciptaan suasana dan nuansa pada ruang, memberikan kesan tertentu seperti formal, sejuk, hangat dan mewah. Temperatur warna cahaya lampu tidak memberikan indikasi tentang pengaruhnya terhadap warna obyek, tetapi lebih kepada memberi suasana ruang. Temperatur warna cahaya dibagi menjadi 3 kelompok yaitu:

1. kelompok 1, warna putih kekuningan (*warm*) (< 3.300 Kelvin).
2. kelompok 2, warna putih netral (*warm-white*) (3.300 Kelvin ~ 5.300 Kelvin).
3. kelompok 3, warna putih (*cool-daylight*) (> 5.300 Kelvin).

Pemilihan temperatur warna lampu bergantung pada tingkat iluminans yang diperlukan agar diperoleh pencahayaan yang nyaman. Makin tinggi tingkatkan iluminans yang diperlukan, maka temperatur warna lampu yang disarankan berkisar di angka 4000 - 6500 Kelvin sehingga tercipta pencahayaan yang nyaman bagi pengguna didalamnya. Sedangkan untuk kebutuhan tingkat iluminans yang tidak terlalu tinggi, maka temperatur warna lampu yang digunakan disarankan berkisar di angka 2300-3.500 Kelvin.

## 2) Renderasi Warna

Pengaruh suatu lampu kepada warna obyek akan berbeda-beda. Lampu diklasifikasikan dalam kelompok renderasi warna yang dinyatakan dengan Ra indeks sebagai berikut:

1. pengaruh warna, kelompok 1 : Ra indeks 81% ~ 100%.
2. pengaruh warna, kelompok 2 : Ra indeks 61% ~ 80%.
3. pengaruh warna, kelompok 3 : Ra indeks 40% ~ 60%.
4. pengaruh warna, kelompok 4 : Ra indeks < 40%.

## 2. Peluang Penghematan Energi Sistem Pencahayaan

### a. Penggunaan Lampu yang Efisien

Mengacu pada SNI 03-6575-2001 poin 5.1.2, Efisiensi lampu atau yang disebut juga efikasi luminus, menunjukkan efisiensi lampu dari pengalihan energi listrik ke cahaya dan dinyatakan dalam lumen per watt (lumen/watt). Banyaknya cahaya yang dihasilkan oleh suatu lampu disebut Fluks luminus dengan satuan lumen. Efikasi luminus lampu bertambah dengan bertambahnya daya lampu. Rugi-rugi balast harus ikut diperhitungkan dalam menentukan efisiensi sistem lampu (daya lampu ditambah rugi-rugi balast). Mengacu pada SNI 6197:2011 poin 5.1, Menggunakan lampu T5 yang dikombinasikan dengan balas elektronik frekuensi tinggi dapat menghemat energi sampai dengan 40% dibandingkan dengan lampu fluoresen standar.

Tabel 14. Perbandingan efikasi luminus dari lampu yang umum digunakan

Jenis lampu	Lumen/Watt	Umur rata-rata. (Jam operasi)
Incandescent (pijar)	12 ~ 15	1.000
Halogen.	15 ~ 25	2.000 ~ 5.000
Merkuri	30 ~ 50	24.000
Fluoresen kompak	40 ~ 80	8.000 ~ 12.000
Fluoresen tabung	50 ~ 100	10.000 ~ 15.000
Fluoresen tabung "T8"	90	12.000
Fluoresen tabung "T5"	105	17.000
Sodium tekanan tinggi	60 ~ 110	24.000
Sodium tekanan rendah	70 ~ 180	18.000
LED ( <i>Light Emitting Diode</i> )	70	40.000

Sumber: SNI 6197:2011

## D. Standar Pencahayaan pada Rumah tinggal 4400 VA

### 1. Pencahayaan Alami

Untuk standar pencahayaan alami di katakan pada SNI 03-2396-2001 ayat 4.1, Pencahayaan alami pada siang hari dapat dikatakan baik apabila pada siang hari antara jam 08.00 sampai dengan jam 16.00 waktu setempat terdapat cukup banyak cahaya yang dapat masuk kedalam ruangan. Hal ini menjelaskan bahwa pencahayaan alami siang hari dipengaruhi dari konstruksi rumah tinggal yang akan dibangun.

### 2. Pencahayaan Buatan

Pada pemasangan pencahayaan buatan di rumah tinggal 4400 VA ada beberapa hal yang harus diperhtikan seperti tingkat pencahayaan, renderasi warna, dan kebutuhan daya maksimum yang harus sesuai dengan standar. Hal ini akan mempengaruhi kenyamanan dari pengguna ketika melakukan aktifitas di dalam suatu ruangan.

Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja. Tingkat pencahayaan akan mempengaruhi kenyamanan dan penglihatan seseorang di dalam ruangan tertentu. Tingkat

pencahayaan minimum yang direkomendasikan telah diatur dalam SNI yang dapat dilihat pada tabel 12 dalam modul ini.

Kebutuhan daya maksimum pada ruangan juga harus diperhatikan pada tiap ruangannya. Kebutuhan daya dapat dihitung dengan membandingkan antara daya tiap lampu termasuk ballast dengan luas bidang kerja pada ruangan. Tingkat kebutuhan daya maksimum telah diatur oleh SNI yang dapat dilihat pada tabel 13 dalam modul ini.

Pengaruh suatu lampu kepada warna objek akan berbeda-beda. Rederasi warna adalah suatu klasifikasi lampu yang dinyatakan dalam Ra indeks. Rederasi warna yang direkomendasikan pada suatu ruangan sudah diatur dalam SNI yang dapat dilihat pada tabel 12 dalam modul ini.

#### **a. Pemilihan Lampu**

Pemilihan jenis lampu yang akan digunakan harus melihat efisiensi dari lampu yang akan dipasang. Efisiensi lampu atau juga efikasi luminus menunjukkan tingkat efisiensi lampu dari pengalihan energi listrik ke cahaya dan dinyatakan dalam lumen per watt.



Gambar 34. Lampu LED

Sumber: [www.lighting.philips.co.id](http://www.lighting.philips.co.id)

Pada rumah tinggal 4400 VA sebaiknya digunakan lampu dengan jenis light emitting diode (LED). lampu LED merupakan lampu yang pada saat ini merupakan jenis lampu yang paling efisien dibanding dengan jenis lampu lainnya. Lampu LED

memiliki efikasi luminus sebesar 70 lumen/watt dengan masa hidup rata-rata 40.000 jam oprasional.

### **b. Pemilihan Armatur**

Armatur merupakan istilah yang digunakan pada sistem pencahayaan untuk menyebut rumah lampu. Armatur berfungsi untuk melindungi lampu serta peralatan pengendali alat-alat kelistrikannya serta mendistribusikan cahaya ke penjuru ruangan. Selain fungsi, nilai estetika armatur juga patut untuk diperhitungkan yang mana nilai estetika akan menambah keindahan pada lampu atau ruangan yang dipasang sistem pencahayaan. Ada beberapa jenis armatur yang dapat digunakan pada rumah tinggal 4400 VA.

#### **1) Armatur Tempel**



Gambar 35. armatur tempel

Sumber: Jakartanotebook.com

Armatur jenis ini diletakan menempel pada dinding ruangan. Armatur tempel ini biasanya mendistribusikan cahaya secara horizontal. Armatur tempel dapat digunakan pada dinding kamar sebagai lalu tidur, ruang keluarga, atau ruang tamu.

## 2) Down Light (Armatur Tanam)



Gambar 36.armatur downlight

Sumber. [www.lighting.philips.co.id](http://www.lighting.philips.co.id)

Armatur tipe down light adalah jenis armatur yang paling sering ditemukan. Armatur jenis ini biasanya dipasang sebagai armatur pencahayaan utama dalam suatu ruangan. Jenis armatur ini dapat dipasang dalam ruangan manapun yang diinginkan.

### 3) Standing Lamp



Gambar 37. *Standing lamp*

Sumber: [Dunelm.com](https://www.dunelm.com)

Armatur berdiri atau biasa disebut dengan standing lamp adalah jenis armatur yang sangat fleksibel untuk digunakan. Armatur ini diletakan berdiri di atas lantai maupun diatas meja. Armatur ini dapat dipindahkan kemanapun namun sayangnya karena bentuk kontruksi armatur ini cukup besar maka akan banyak memakan tempat. Armatur ini dapat digunakan sebagai penerangan membaca, penerangan pada kamar, ruang tamu dan keluarga.

#### 4) Kandelar (Chandelier)



Gambar 38. *chandelier*

Sumber: Amazon.com

Armatur kandelar atau biasa diisebut chandelier merupakan armatur dekoratif yang memiliki nilai estetika tinggi. Biasanya dalam armatur ini dapat dipasang beberapa lampu sekaligus. Penempatan lampu ini di gantung pada langit-langit ruangan. Biasanya armatur jenis ini digunakan di ruang makan, ruang keluarga dan ruang tamu.

### E. Sistem Tata Udara

Standar sistem tata udara ini dibuat dengan maksud supaya penggunaan energi dapat effisien tanpa harus mengurangi dan atau mengubah fungsi bangunan, kenyamanan dan produktivitas kerja penghuni, serta mempertimbangkan aspek biaya.

## 1. Kondisi Perencanaan

Kondisi udara di dalam ruangan untuk perencanaan harus dipilih sesuai dengan fungsi dan persyaratan penggunaan ruangan yang dimuat dalam standar SNI 6390:2011 tentang konservasi energi sistem tata udara. Untuk memenuhi kenyamanan termal pengguna bangunan, kondisi perencanaan gedung yang berada di wilayah yang rendah dengan suhu udara maksimum rata-rata sekitar 34°C DB dan 28°C WB ditetapkan bahwa:

1. Ruang Kerja: Temperatur bola kering (DB) berkisar antara 24°C hingga 27°C atau  $25,5^{\circ}\text{C} \pm 1,5^{\circ}\text{C}$  dengan kelembaban relative  $60\% \pm 5\%$ .
2. Ruang Transit (lobi, koridor): Temperatur bola kering (DB) berkisar antara 27°C hingga 30°C atau  $28,5^{\circ}\text{C} \pm 1,5^{\circ}\text{C}$  dengan kelembaban relative  $60\% \pm 10\%$ .

Mengacu pada SNI 6390:2011 poin 4.1, Untuk wilayah dataran tinggi atau pegunungan, dengan suhu udara maksimum rata-rata sekitar 28°C DB dan 24°C WB atau kurang, pada umumnya tidak diperlukan pengkondisian udara buatan. Pencapaian kenyamanan termal dan ketersediaan udara bersih seluruhnya dibebankan kepada optimalisasi rancangan arsitektur secara pasif.

Apabila tidak ditentukan lain kondisi udara luar perencanaan ditetapkan 33°C DB dan 27°C WB sesuai dengan angka rata-rata temperature maksimum tertinggi kota di Indonesia. Kondisi udara luar ini ditetapkan demi keseragaman perhitungan beban pendinginan karena perencanaan yang lebih teliti harus menentukan kondisi udara luar setempat dengan metode yang sudah baku.

## 2. Perhitungan Perkiraan Beban Pendingin

Mengacu pada SNI 6390:2011 poin 4.2.1, Perkiraan beban pendinginan harus dilakukan dengan cermat pada setiap komponen beban. Perhitungan beban pendinginan yang cermat dalam tahap perencanaan dapat memberikan peluang lebih besar bagi penghematan energi sistem tata udara secara keseluruhan. Perlu dihindarkan perhitungan beban pendinginan dengan faktor keamanan terlalu tinggi

yang dapat menyebabkan melonjaknya kapasitas pendinginan akibat beban puncak yang berlebihan. Perhitungan beban lampu harus dilakukan secara cermat menggunakan data desain sistem pencahayaan ruang, bukan menggunakan perkiraan berdasarkan satuan watt lampu per satuan luas lantai ( $W/m^2$ ). Perkiraan Pemakaian energi sistem tata udara harus menggunakan perhitungan beban pendingin seluruh jam operasi dan karakteristik pemakaian daya peralatan yang aktual. Untuk perkiraan beban pendinginan per bulan dapat digunakan profil beban pendinginan harian yang dapat mewakili bulan tersebut. Perhitungan pemakaian energi satu hari dilakukan dengan profil beban tersebut. Untuk Perkiraan pemakaian energi dalam satu bulan tersebut, nilai pemakaian energi satu hari dikalikan dengan jumlah hari operasi dalam satu bulan.

#### **a. Komponen Bangunan Gedung Yang Mempengaruhi Beban Pendinginan**

Setiap komponen beban pendinginan yang memberikan kontribusi besar terhadap beban pendinginan perlu di optimalkan peluangnya untuk penghematan energi. Berikut merupakan komponen-komponen beban pendinginan yang memberikan kontribusi besar terhadap beban bangunan.

##### **1) Beban Selubung Bangunan**

Mengacu pada SNI 03-6390-2011 poin 4.2.2.1, Transmitansi termal bahan bangunan merupakan salah satu variabel penting dalam menentukan besar kecilnya beban pendinginan. Kesalahan dalam menentukan nilai transmitansi termal, secara proporsional akan menimbulkan kesalahan dalam kalkulasi beban pendinginan, untuk itu identifikasi bahan bangunan menjadi penting. Identifikasi bahan bangunan serta perkiraan nilai transmitansi termal perlu dilakukan secara cermat, kecuali bahan yang diimpor. Nilai transmitansi termal yang tercantum dalam sejumlah standar luar-negeri tidak selalu sesuai dengan nilai transmitansi termal bahan yang digunakan di Indonesia. Agar bangunan yang direncanakan dapat memenuhi persyaratan hemat energi, besarnya nilai perpindahan termal menyeluruh (OTTV) harus sesuai dengan standar yang berlaku yaitu SNI 6389:2011 tentang Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung.

## 2) Beban Listrik Pencahayaan

Pada gedung komersial beban pendinginan yang ditimbulkan oleh lampu untuk pencahayaan dihitung dan peralatan listrik dalam ruangan merupakan komponen beban tunggal yang perlu diperhitungtungkan sesuai dengan SNI 03-6197-2011, tentang konservasi energi sistem pencahayaan. Perkiraan beban pendinginan secara rinci dari komponen tersebut harus dibuat berdasarkan perencanaan sistem listrik pada setiap ruang dan tidak dibenarkan hanya menghitung nilai daya listrik berdasarkan per-satuan luas lantai rata-rata seluruh gedung. Ketentuan rinci sistem pencahayaan gedung hemat energi di atur dalam SNI 03-6197-2011 tentang konservasi energi sistem pencahayaan pada bangunan gedung.

## 3) Beban Penghuni

Meskipun secara umum beban penghuni mengkontribusi beban pendinginan lebih kecil dibanding beban listrik dalam sistem tata udara, perhitungan penghuni perlu dirakukan secara cermat. Perhitungan membuka peluang bagi tercapainya penghematan energi sistem tata udara bangunan. Pola aktifitas penghuni gedung dapat berpengaruh terhadap beban pendinginan maksimum dan mempengaruhi besarnya kipasitas mesin pendingin. Beban penghuni harus dihitung dengan cermat dengan memperhatikan pola aktifitas atau pola kehadiran penghuni (*occupancy*) di dalam ruang.

## 3. *Overall Thermal Transfer Value (OTTV)*

Mengacu pada SNI 6389:2011, *Overall thermal Transfer Value* (OTTV) atau nilai perpindahan termal menyeluruh adalah suatu nilai yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk dinding dan kaca bagian luar bangunan gedung yang dikondisikan. Nilai perpindahan termal menyeluruh atau OTTV untuk setiap bidang dinding luar bangunan, harus dihitung melalui persamaan:

dengan:

*OTTV* = Nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (W/m<sup>2</sup>).

$a$  = Absorbtansi radiasi matahari.

$U_w$  = Transmitans termal dinding tidak tembus cahaya ( $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ).

**WWR** = Perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan.

$TD_{Ek}$  = Beda temperatur ekuivalen (K).

$SF$  = Faktor radiasi matahari ( $\text{W/m}^2$ ).

SC = Koefisien peneduh dari sistem fenestrasji.

$U_f$       ≡ Transmitans termal fenestrasi (W/m<sup>2</sup>.K).

$\Delta T$  = Beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam.

### a. Absorbtansi termal ( $q$ )

Absorbtansi termal adalah nilai penyerapan termal pada suatu bahan dan yang ditentukan pula oleh warna bahan tersebut. Mengacu pada SNI 6389:2011 poin 4.2.2, berikut merupakan nilai absorbtansi termal untuk beberapa jenis permukaan dinding tak transparan.

Tabel 15. Nilai Absorbtansi Radiasi Matahari untuk dinding luar dan atap tidak transparan

Bahan Dinding Luar	$\alpha$
Beton Berat (Bangunan Nuklir)	0.91
Bata Merah	0.89
Bituminous Felt	0.88
Batu Sabak	0.87
Beton Ringan	0.86
Aspal Jalan Setapak	0.82
Kayu Permukaan Halus	0.78
Beton Ekspos	0.61
Ubin Putih	0.58
Bata Kuning Tua	0.56
Atap Putih	0.50
Cat Alumunium	0.40
Kerikil	0.29
Seng Putih	0.26
Bata Glazur Putih	0.25
Lembaran Alumunium yang Dikilapkan	0.12

Sumber: SNI 6389:2011

Tabel 16. Nilai Arbsorbtansi radiasi matahari untuk cat permukaan dinding luar

Cat Permukaan Dinding Luar	$\alpha$
Hitam Merata	0.95
Pernis Hitam	0.92
Abu-abu Tua	0.91
Pernis Biru Tua	0.91
Cat Minyak Hitam	0.90

Coklat Tua	0.88
Abu-abu/Biru Tua	0.88
Biru/Hijau Tua	0.88
Coklat Medium	0.84
Pernis Hijau	0.79
Hijau Medium	0.59
Kuning Medium	0.58
Hijau/Biru Medium	0.57
Hijau Muda	0.47
Putih Semi Kilap	0.3
Putih Kilap	0.25
Perak	0.25
Pernis Putih	0.21

Sumber: SNI 6389:2011

Bila  $\alpha$  material dan warna diketahui, nilai  $\alpha$  yang diambil adalah nilai  $\alpha$  lapisan terluar. Namun pada konstruksi dinding tirai (*curtain wall*) yang memiliki 2 nilai  $\alpha$  maka  $\alpha$  total sama dengan  $\alpha_1 \times \alpha_2$ .

### b. Transmitansi termal (U)

Transmitansi termal adalah koefisien perpindahan kalor dari udara pada satu sisi bahan ke udara pada sisi lainnya. Mengacu pada SNI 6289 poin 4.2.3, Untuk dinding tidak transparan dan fenestrasi yang terdiri dari beberapa lapis komponen bangunan, maka besarnya  $U$  dihitung dengan rumus:

$$U = \frac{1}{R_{Total}} \dots \dots \dots \text{(Persamaan 15)}$$

Dimana :  $R_{Total} = \text{Resistansi termal Total} = \sum_{i=0} R_i$

## 1) Resistansi Lapisan Udara Luar dan Udara Permukaan (R<sub>UL</sub> dan R<sub>UP</sub>)

Besarnya Resistansi Lapisan Udara Luar dan Udara Permukaan (R<sub>UL</sub> dan R<sub>UP</sub>) dapat dilihat pada tabel 17.

Tabel 17. Nilai  $R$  lapisan udara permukaan untuk dinding dan atap.

Jenis permukaan		Resistans Termal $R$ (m <sup>2</sup> .K/W)
Permukaan dalam (R <sub>UP</sub> )	Emisivitas tinggi <sup>1)</sup>	0,120
	Emisivitas rendah <sup>2)</sup>	0,299
Permukaan luar (R <sub>UL</sub> )	Emisivitas tinggi	0,044

Sumber: SNI 6389:2011

Keterangan:

- 1) = Emisivitas tinggi adalah permukaan halus yang tidak mengkilap (non reflektif).
- 2) = Emisivitas rendah adalah permukaan dalam yang sangat reflektif, seperti alumunium foil.

## 2) Resistansi termal Bahan (R<sub>k</sub>)

$$R_k = \frac{t}{k} \dots \dots \dots \text{(Persamaan 16)}$$

Dimana:

t = Tebal Bahan (m).

k = Nilai Konduktifitas termal bahan (W/m.K)

Besarnya nilai k dapat dilihat pada tabel 18.

Tabel 18. Nilai k Bahan Bangunan

No.	Bahan bangunan	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	k (W/m.K)
1	Beton	2400	1,448
2	Beton ringan	960	0,303
3	Bata dengan lapisan plester	1760	0,807
4	Bata langsung dipasang tanpa plester, tahan terhadap cuaca	-	1,154
5	Plesteran pasir semen	1568	0,533
6	Kaca lembaran	2512	1,053
7	Papan gypsum	880	0,170
8	Kayu lunak	608	0,125
9	Kayu keras	702	0,138
10	Kayu lapis	528	0,148
11	Glasswool	32	0,035
12	Fibreglass	32	0,035
13	Paduan Alumunium	2672	211
14	Tembaga	8784	385
15	Baja	7840	47,6
16	Granit	2640	2,927
17	Marmer/ Batako/ terazo/ keramik/ mozaik	2640	1,298

Sumber: SNI 6389:2011

### 3) Resistansi termal rongga udara (R<sub>RU</sub>)

Nilainya Resistansi termal rongga udara (R<sub>RU</sub>) ditunjukkan pada tabel 19.

Tabel 19. Nilai R lapisan termal Uda

No	Jenis celah udara	Resistansi termal (m <sup>2</sup> K/W)		
		5 mm	10 mm	100 mm
1	<b>R<sub>RU</sub> untuk dinding</b> Rongga udara vertikal (aliran panas secara horizontal).			
	1. Emisifitas tinggi	0,110	0,148	0,160
	2. Emisifitas rendah	0,250	0,578	0,606
2	<b>R<sub>RU</sub> untuk atap</b> Rongga udara horizontal/miring (aliran panas kebawah).			
	1. Emisifitas tinggi	rongga udara horizontal	0,110	0,148
		rongga udara dengan kemiringan 22 ½ °	0,110	0,148
		rongga udara dengan kemiringan 45 °	0,110	0,148
	2. Emisifitas rendah	rongga udara horizontal	0,250	0,572
		rongga udara dengan kemiringan 22 ½ °	0,250	0,571
		rongga udara dengan kemiringan 45 °	0,250	0,570
3	<b>R<sub>RU</sub> untuk loteng</b>			
	1. Emisifitas tinggi		0,458	
	2. Emisifitas rendah		1,356	

Sumber: SNI 6389:2011

### c. Beda Temperatur Ekuivalen (T<sub>DEK</sub>)

Mengacu Pada SNI 6389:2011, Beda Temperatur Ekuivalen (T<sub>DEK</sub>) adalah beda antara temperatur ruangan dan temperatur dinding luar atau atap yang diakibatkan oleh efek radiasi matahari dan temperatur udara luar untuk keadaan yang dianggap quasistatik yang menimbulkan aliran kalor melalui dinding atau atap, yang ekuivalen dengan aliran kalor sesungguhnya. Beda Temperatur Ekuivalen (T<sub>DEK</sub>) dipengaruhi oleh:

1. Tipe, massa dan densitas konstruksi.
2. Intensitas radiasi dan lama peninjangan.
3. Lokasi dan orientasi bangunan.
4. Kondisi perancangan.

Untuk menyederhanakan perhitungan OTTV, maka nilai  $TD_{EK}$  untuk berbagai tipe konstruksi tercantum pada tabel 20.

Tabel 20. Beda temperature Ekuivalen untuk dinding

Berat/satuan luas (kg/m <sup>2</sup> )	TD <sub>EK</sub>
Kurang dari 125	15
126 ~ 195	12
lebih dari 195	10

Sumber SNI 6389:2011

#### d. Faktor Rerata Radiasi Matahari (SF)

Mengacu pada SNI 6389:2011, Faktor Rerata Radiasi Matahari atau *Solar Factor* (SF) adalah laju rata-rata setiap jam dari radiasi matahari pada selang waktu tertentu yang sampai pada suatu permukaan. Beberapa faktor radiasi matahari dihitung antara jam 07.00 sampai dengan jam 18.00. Untuk bidang vertikal untuk berbagai orientasi dapat dilihat pada tabel 21.

Tabel 21. Faktor radiasi matahari (SF, W/m<sup>2</sup>) untuk berbagai orientasi

Orientasi	U	TL	T	TGR	S	BD	B	BL
	130	113	112	97	97	176	243	211

Sumber: SNI 6389:2011

### 4. Metode Perhitungan Beban Pendingin

Perhitungan beban pendinginan harus menggunakan metoda dan prinsip yang sudah baku dan diakui oleh masyarakat profesi tata udara. Penggunaan program atau perangkat lunak komputer sangat dianjurkan untuk perhitungan beban pada gedung yang besar dan/atau kompleks. Namun program atau perangkat lunak komputer harus sudah teruji baik oleh masyarakat profesi tata udara, atau telah

digunakan secara komersial. Metode perhitungan beban pendinginan yang sudah baku antara lain:

**a. *Total Equivalent Temperature Difference Method (TETD)***

Metode perbedaan temperatur ekuivalen total atau *Total Equivalent Temperature Difference Method* (TETD). Prosedur perhitungan dari metoda ini terdiri dari dua langkah yaitu dengan cara menghitung besarnya penambahan kalor lalu menghitung besarnya beban pendinginan. Mengacu pada SNI 03-6572-2001, berikut merupakan cara menghitung beban pendingin dengan metode perbedaan temperatur ekuivalen.

$$q_{sensibel} = q_{cf} + q_{arf} + q_c \dots \dots \dots \text{(Persamaan 17)}$$

Dimana:

$q_{sensibel}$  = Beban pendingin sensibel (watt).

$q_{cf}$  = sebagian kecil konveksi penambahan kalor sensibel jam (jam tertentu) untuk elemen beban n (watt).

$q_{arf}$  = sebagian kecil radiasi rata-rata penambahan kalor sensibel jam untuk n elemen beban (watt).

$q_c$  = penambahan kalor sensibel konveksi jam (jam tertentu) untuk unsur beban  $\beta$  yang tidak mempunyai komponen radiasi (watt).

$$q_{cf} = [q_{s,1} \cdot (1 - rf_1)] + [q_{s,2} \cdot (1 - rf_2)] + \dots \dots \dots \text{(Persamaan 18)}$$

$$q_{arf} = \sum_{g=h_{a+1}-q} [(q_{s,1} \cdot rf_1) + (q_{s,2} \cdot rf_2) + \dots] \dots \dots \text{(Persamaan 19)}$$

$$q_c = q_{sc1} + q_{sc2} + q_{sc3} + \dots \dots \dots \text{(Persamaan 20)}$$

Dimana:

$Q_{sc,n}$  = penambahan kalor sensibel jam untuk elemen beban n.

$rf_n$  = sebagian kecil radiasi penambahan kalor sensibel jam untuk elemen beban 1.

**b. *Transfer Function Method (TFM)***

Prosedur perhitungan dari metode *Transfer Function Method (TFM)* ini menempuh dua langkah yaitu dengan cara menghitung besarnya penambahan kalor lalu menentukan konversi dari penambahan kalor menjadi beban pendinginan.

**c. *Cooling Load Temperature Difference Method (CLTD)***

Prosedur perhitungan pada metode ini hanya menempuh hanya satu langkah, yaitu menggunakan metoda perbedaan temperatur beban pendinginan (CLTD), faktor beban pendinginan karena matahari (*Solar Cooling Load Factor* = SCL), dan faktor beban pendinginan internal (*Internal Cooling Load Factor* = CLF).

## 5. Pemilihan Sistem dan Peralatan Tata Udara

Mengacu pada SNI 6390:2011, Pemilihan sistem tata udara pada bangunan gedung komersial harus memperhitungkan faktor yang mempengaruhi total pemakaian energi selama satu tahun, seperti: penggunaan gedung tersebut, efisiensi dari peralatan tata udara yang dipakai, beban pendinginan parsial dari gedung tersebut. Pemilihan sistem tata udara, termasuk sistem kontrolnya harus memperhatikan dengan baik karakteristik beban gedung terhadap waktu dalam sehari dan sepanjang tahun, agar sistem tata udara dapat memberikan respon yang cukup baik pada beban puncak maupun pada beban parsial. Sistem tata udara harus mampu memberikan respon terhadap fluktuasi beban akibat kombinasi perubahan jumlah penghuni, beban cuaca, maupun proses dalam ruangan itu sendiri.

## **F. Standar Tata Udara pada Rumah Tinggal 4400 VA**

Pada rumah tinggal 4400 VA biasanya memiliki instalasi tata udara berupa AC untuk mendinginkan atau menyegarkan ruangan. Penggunaan instalasi tata udara sudah diatur dalam SNI 6390:2011 tentang konservasi energi sistem tata udara. Standar suhu pada ruangan mengacu pada SNI adalah 27°C. untuk mencapai suhu tersebut dengan optimal, instalasi pemasangan tata udara harus memenuhi syarat standar yang berlaku.

### **1. Penentuan Kebutuhan AC**

Untuk menentukan AC yang akan digunakan pada suatu ruangan harus melakukan perhitungan kebutuhan AC yang diperlukan. Perhitungan ini dipengaruhi oleh luas bangunan, fungsi bangunan, dan orang dalam ruangan. Rumus perhitungan kebutuhan AC dapat dilihat dalam persamaan 23 dibawah ini.

$$\text{BTU/h} = (\text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi Ruangan} \times \text{Faktor 1} \times 37) + (\text{Jumlah orang} \times \text{Faktor 2}) \dots \dots \dots \text{(Persamaan 23)}$$

Keterangan:

Ketentuan besar nilai faktor 1 adalah:

Kamar tidur = 5,

Kantor atau living room = 6,

Ketentuan besar nilai faktor 2 adalah:

Orang dewasa = 600Btu,

Anak-anak = 300Btu

Setelah kita menemukan hasil dari nilai kebutuhan AC baru kita dapat menentukan AC yang akan digunakan. Setiap AC memiliki kemampuan yang akan disesuaikan dengan kebutuhan. Kemampuan AC dapat dilihat pada tabel 22.

Tabel 22. Nilai Kemampuan AC

Jenis AC	Kemampuan AC
AC ½ PK	5.000 BTU/h
AC ¾ PK	7.000 BTU/h
AC 1 PK	9.000 BTU/h
AC 1½ PK	12.000 BTU/h
AC 2 PK	18.000 BTU/h
AC 2½ PK	24.000 BTU/h

## 2. Standar OTTV (W/m<sup>2</sup>)

Nilai Overall thermal transfer value (OTTV) atau nilai perpindahan menyeluruh adalah kriteria perancangan untuk dinding dan kaca bagian luar suatu bangunan. Nilai OTTV yang baik dalam suatu ruangan adalah dibawah dari 35 W/m<sup>2</sup>

## 3. Pemilihan Tipe AC

Ada beberapa tipe AC yang dapat digunakan pada rumah tinggal 4400 VA. Rekomendasi AC yang dapat digunakan pada rumah tinggal 4400 VA adalah tipe split wall.

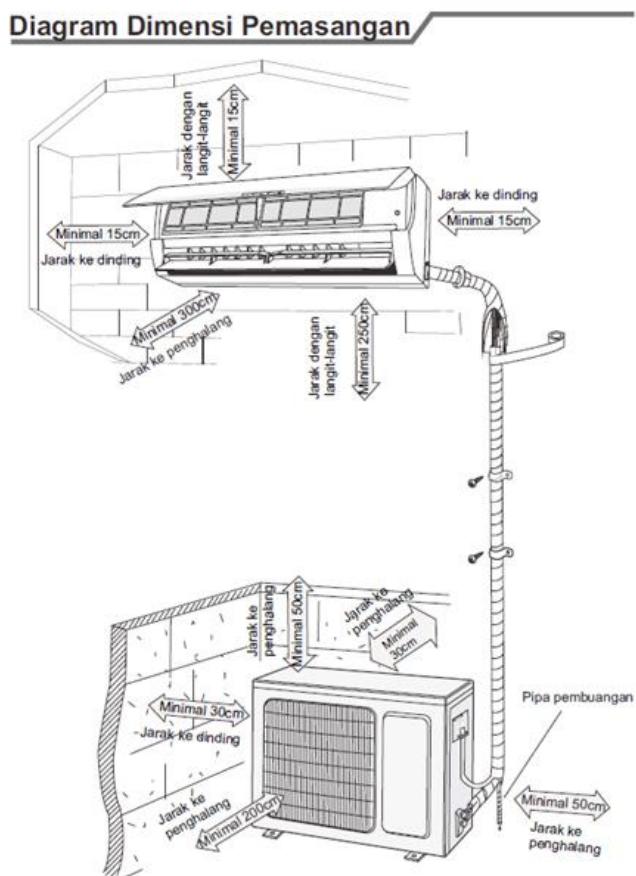


Gambar 39. AC split wall  
Sumber: rumahmaterial.com

Tipe AC Split Wall adalah tipe AC yang paling banyak digunakan oleh masyarakat di Indonesia. AC dengan tipe ini memiliki keuntungan dari segi harga yang relatif murah, dan perawatannya cukup mudah. Selain itu AC tipe split wall tidak banyak memakan tempat sehingga AC split sangat cocok untuk anda yang ingin

menggunakan AC namun tidak memiliki cukup banyak tempat. AC tipe ini memiliki dua bagian AC yaitu bagian indoor yang di tempelkan pada dinding ruangan, dan bagian outdoor yang berada di luar ruangan. AC split yang direkomendasikan pada rumah tinggal 4400 VA adalah AC Split inverter. Walaupun harganya yang relatif lebih mahal namun keandalan dari AC tipe ini sangat baik.

#### 4. Pemasangan AC



Gambar 40. Diagram Pemasangan AC

Mengingat AC split terdiri dari dua bagian, yaitu unit indoor dan outdoor, kita harus pertimbangkan tempat yang tepat untuk memasang masing-masing bagian. Sebaiknya pasang unit indoor AC membelakangi pintu agar udara dingin

yang dihasilkannya tidak cepat keluar saat pintu terbuka. Jangan pasang unit indoor diatas di atas perangkat elektronik seperti TV atau komputer dan hindari meletakkan di atas area tidur. Ini untuk mencegah timbul kesulitan jika perlu melakukan perbaikan dan menghindari pula kerusakan barang-barang tersebut dari teteasan air AC bahkan jika mengalami kebocoran. Pastikan unit indoor berada pada ketinggian paling tidak 2,5 meter dari lantai. Ini untuk menghindari unit disentuh oleh tangan jahil anak-anak. Tapi ingat juga bahwa unit jangan terlalu menempel pada plafon agar sirkulasi udara yang keluar dari unit indoor lebih lancar dan tidak menghambat kualitas udara yang keluar. Beri jarak minimal 15cm dari plafon. Menentukan tempat memasang AC tentu harus mengikuti estetika ruang tersebut. Jangan sampai merusak tampilan dari ruangan yang telah Sobat AQUA Japan tata, tapi harus juga pertimbangkan kekuatan dinding dimana AC akan dipasang. AC paling tepat adalah memilih dinding yang kuat agar risiko unit *indoor* jatuh lebih kecil. Pilih juga lokasi yang memudahkan pemasangan pipa maupun kabel-kabel yang menuju unit *outdoor* untuk menghindari lekukan pipa AC yang terlalu banyak.

Untuk pemasangan unit outdoor pastikan unit outdoor tidak terpasang terbalik, kipas harus menghadap ke depan (jangan menghadap ke dinding) karena ini dapat menghambat kinerja unit serta menyebabkan mengalirnya oli pelumas kompresor akan masuk ke sirkuit pendingin dan merusak AC. Pilih lokasi pemasangan outdoor yang terbuka, kering dan bebas dari banyak kotoran yang dapat tersangkut pada baling-baling kipas pembuangan. Ingat juga bahwa unit outdoor cukup berisik dan menghembuskan udara panas jadi jangan sampai mengganggu orang lain sekitar kamu. Pastikan juga jarak antara unit indoor dan outdoor tidak terlalu jauh untuk mempermudah kamu ataupun teknisi jika perlu melakukan perawatan pada kedua unit tersebut. Hindari pemasangan unit outdoor terlalu dekat dengan jendela karena akan menghasilkan suara dengungan yang cukup mengganggu.

## RANGKUMAN

1. Sistem Instalasi pada rumah tinggal 4400 VA menurut PUIL 2011 harus menggunakan kabel dengan warna coklat, biru dan loreng hijau kuning. dan menggunakan kabel jenis NYA atau NYM dengan KHA 24 A.
2. Jumlah titik beban yang diijinkan untuk rumah tinggal 4400 VA berdasarkan PUIL 2011 adalah sebanyak 30 titik beban.
3. PHB pada rumah tinggal 4400 VA sebaiknya memiliki pengaman berupa SPD, ELCB dan MCB dengan KHA 24 A.
4. Standar Pencahayaan Alami pada rumah tinggal 4400 VA dikatakan baik apabila terdapat pencahayaan yang baik dari pukul 08.00 sampai 16.00.
5. Lampu yang sebaiknya digunakan pada rumah tinggal 4400 VA adalah lampu LED karena memiliki efek luminus dan jangka waktu oprasional paling baik.
6. Armatur yang dapat digunakan pada rumah tinggal 4400 VA ada berbagai macam yaitu armatur tempel, tanam, standing lamp, dan kandelar.
7. Pemasangan kebutuhan AC pada rumah tinggal 4400 VA dapat dihitung dengan persamaan

$$\text{BTU/h} = (\text{Volume Ruangan} \times \text{nilai faktor ruangan} \times 37) + (\text{Jumlah Penghuni} \times \text{Nilai Faktor Ruangan})$$

8. Standar OTTV maksimum pada rumah tinggal 4400 VA dalam satu ruangan adalah 35 W/m<sup>2</sup>.
9. Tipe AC yang direkomendasikan pada rumah tinggal 4400 VA adalah tipe AC Split Wall karena tidak memakan banyak tempat.
10. Pemasangan unit indoor AC Split minimal berada 2,5 meter dari lantai sehingga tidak mudah di jahat oleh anak-anak.
11. Pemasangan unit Outdoor AC Split dipastikan tidak terbalik/ menghadap dinding. Pastikan juga unit outdoor dipasang tidak terlalu dekat dengan jendela. Hal ini akan menyebabkan panas yang terkonsentrasi ke dinding

## EVALUASI

1. KHA merupakan singkatan dari...
  - a. Kuat Hantar Arus
  - b. Kapasitas Hantar Arus
  - c. Kabel Hantar Arus
  - d. Konduktor Hantar arus
  - e. Kuat Hantaran Arus
2. Kode apa yang digunakan pada nama kabel yang menjelaskan kabel memiliki inti tembaga...
  - a. G
  - b. F
  - c. Gb
  - d. A
  - e. N
3. Berikut merupakan hal yang perlu dipertimbangkan saat memilih konduktor/kabel...
  - a. Luas bangunan
  - b. Nama koduktor
  - c. Drop tegangan
  - d. Besar bangunan
  - e. Jarak beban
4. Berikut merupakan jenis pengaman pemutus sirkuit pada rumah tinggal, *kecuali*...
  - a. Surge arrester
  - b. Earth leakage circuit breaker
  - c. Mini circuit breaker
  - d. Surge protective device
  - e. Current transformartor

5. Jarak minimum antar PHBK dalam ruang pelayanan yang benar adalah...
  - a. 0,75 m
  - b. 1 m
  - c. 1,5 m
  - d. 1,75 mm
  - e. 2 m
6. Kualitas pencahayaan pada pencahayaan alami berdasarkan kualitas pekerjaan sesuai standar. Kualitas C menunjukkan bahwa kualitas pekerjaan tersebut...
  - a. Kerja halus sekali
  - b. Kerja halus
  - c. Kerja sedang
  - d. Kerja kasar
  - e. Kerja kasar sekali
7. Koefisien depresiasi yang telah diatur SNI adalah...
  - a. 0.5
  - b. 0.6
  - c. 0.7
  - d. 0.8
  - e. 0.9
8. Tingkat pencahayaan minimum yang diperlukan pada kamar tidur pada rumah tinggal sebesar...
  - a. 60 lux
  - b. 100 lux
  - c. 120 lux
  - d. 250 lux
  - e. 120 ~ 250 lux

9. Daya pencahayaan maksimum pada kamar mandi pada rumah tinggal sebesar...
  - a. 7
  - b. 5
  - c. 6
  - d. 4
  - e. 8
10. CCT merupakan singkatan dari...
  - a. Correlated Color Temperature
  - b. Color Correlated Temperature
  - c. Correlated Color thermal
  - d. Color Correlated thermal
  - e. Creatinin Clearence Test

## STUDI KASUS

1. Suatu rumah tinggal dengan daya 4400 VA akan dipasang instalasi listrik. Jenis kabel yang digunakan adalah kabel NYA dengan suhu ambien  $35^{\circ}\text{C}$ . Tentukan luas penampang kabel yang sebaiknya digunakan pada rumah tersebut.
2. Diketahui pada sebuah rumah tinggal:
  - Tinggi lubang cahaya efektif: 1 m
  - Luas seluruh permukaan ruangan:  $40 \text{ m}^2$
  - Lebar lubang cahaya efektif: 0.3 m
  - Jarak titik ukur ke lubang cahaya: 0.75 mCarilah faktor langit pada ruangan tersebut.
3. Suatu rumah tinggal dengan daya 4400 VA berwarna hijau muda dengan transmitansi termal dan fenetrasi masing-masing sebesar  $15 \text{ W/m}^2\text{.K}$  dan  $25 \text{ W/m}^2\text{.K}$ . luas jendela pada kamar tidur di rumah tersebut adalah  $0.6 \text{ m}^2$  dengan luas dinding kamar  $12 \text{ m}^2$  menghadap barat dan beda temperatur diketahui sebesar  $12 \text{ K}$  dengan beda temperatur sebesar  $30$  derajat dan SC sebesar  $15$ . Tentukan nilai OTTV pada ruangan tersebut.

## KUNCI JAWABAN

### Evaluasi

1. B
2. E
3. C
4. E
5. C
6. C
7. D
8. E
9. A
10. A

### Studi Kasus

1. Diketahui : Daya = 4400 VA  
Tegangan = 220 V  
 $I = 4400/220 = 20 \text{ A}$   
Suhu ambien =  $35^\circ\text{C}$

Ditanya : Luas penampang kabel dengan jenis NYA = ?

Jawab : dengan suhu ambien  $35^\circ\text{C}$  maka harus memperhitungkan faktor koreksi kabel yaitu sebesar 94%. Maka

$$KHA = 20 \text{ A} \times 94\% = 18,8 \text{ A}$$

pada tabel luas penampang kabel untuk KHA sebesar 18,8 A dapat digunakan kabel NYA dengan luas penempang  $2,5 \text{ mm}^2$ .

2. Diketahui :   
 $H = 1 \text{ m}$   
 $L = 0.3 \text{ m}$   
 $D = 0.75 \text{ m}$

Ditanya : Faktor Langit (fl) =?

Jawab :

$$fl = \frac{1}{2\pi} \left\{ \arctan \frac{L}{D} - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{H}{D}\right)^2}} \arctan \frac{L/D}{\sqrt{1 + \left(\frac{H}{D}\right)^2}} \right\}$$

$$fl = \frac{1}{2\pi} \left\{ \arctan \frac{0.3}{0.75} - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{0.75}\right)^2}} \arctan \frac{0.3/0.75}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{0.75}\right)^2}} \right\}$$

$$fl = \frac{1}{2\pi} \{ 21.8 - 8.40 \}$$

$$fl = 21.4$$

3. Diketahui :   
 $U_w: 15$   
 $U_f: 25$   
 $SF: 243$   
 $\text{Luas jendela} : 0.36 \text{ m}^2$   
 $\text{Luas dinding} : 12 \text{ m}^2$   
 $WWR: 0,6/12 = 0.05$   
 $\Delta T : 30$   
 $TD_{Ek} : 12 \text{ K}$   
 $\alpha : 0,67$   
 $SC : 15$

Ditanya : OTTV = ?

Jawab :

$$OTTV = a [(U_w \times (1 - WWR) \times TD_{Ek}) + (U_f \times WWR \times \Delta T) + (SC \times WWR \times SF)]$$

$$OTTV = 0.67 [(15 \times (1 - 0.05) \times 12) + (25 \times 0.05 \times 30) + (15 \times 0.05 \times 243)]$$

$$OTTV = 261.8025$$

## **PENILAIAN**

Bobot Nilai :

Evaluasi : 60%

Studi Kasus : 40%

Perhitungan :

Evaluasi : Nilai maksimum 100 ( Bobot 1 Soal sama dengan 10)

Studi Kasus : Nilai maksimum 100

$$\boxed{\text{Nilai Utama} = (\text{Nilai Evaluasi} \times 60\%) + (\text{Nilai Studi Kasus} \times 40\%)}$$

Feedback :

1. Apabila nilai utama sama atau lebih dari 80 maka peserta diklat dianggap memahami standar mutu sistem proteksi petir.
2. Apabila nilai utama masih dibawah 80 maka peserta diklat dapat mengulang mempelajari standar mutu sistem proteksi petir.

## TES AKHIR

1. Berikut ini standar yang mengatur standar Sistem Proteksi Petir adalah....
  - a. SNI 03-6572-2001
  - b. SNI 03-7015-2004
  - c. IEC 60446
  - d. SNI 03-6575-2001
  - e. SNI 6390:2011
2. Sistem pembumian yang baik digunakan pada rumah tinggal 4400 VA adalah....
  - a. Sistem TN-C
  - b. Sistem TN-C-S
  - c. Sistem TN-S
  - d. Sistem IT
  - e. Sistem TT
3. Komponen utama pada sistem proteksi petir internal adalah...
  - a. Arrester
  - b. MCB
  - c. ELCB
  - d. MCCB
  - e. NFB
4. Konduktor Penyalur (Down Conductor) pada sistem proteksi petir rumah tinggal 4400 VA menggunakan konduktor jenis....
  - a. NYY
  - b. BC
  - c. NYA
  - d. NYM
  - e. NYAF
5. Tahanan Pembumian maksimal yang diizinkan pada sistem pembumian adalah....
  - a.  $25 \Omega$
  - b.  $20 \Omega$
  - c.  $15 \Omega$
  - d.  $1 \Omega$
  - e.  $5 \Omega$

6. Berikut ini merupakan warna kabel konduktor yang digunakan untuk menandakan fasa pada instalasi rumah tinggal 4400 VA yang benar adalah...
  - a. Merah
  - b. Kuning
  - c. Hijau
  - d. Hitam
  - e. Biru
7. Jumlah titik beban yang diizinkan pada rumah tinggal 4400 VA sesuai dengan PUIL 2011 adalah...
  - a. 15
  - b. 20
  - c. 30
  - d. 35
  - e. 25
8. Pengaman yang harus dipasang pada PHB Rumah tinggal 4400 VA adalah....
  - a. ELCB
  - b. CT
  - c. NYAF
  - d. MCCB
  - e. NYA
9. Standar manakah yang mengatur standar pencahayaan alami rumah tinggal...
  - a. SNI 03-2396-2001
  - b. SNI 6197-2011
  - c. SNI 03-6575-2001
  - d. SNI 03-6572-2001
  - e. SNI 03-7015-2004
10. Berapakah nilai efek luminus lampu LED....
  - a. 100 lumen/watt
  - b. 50 lumen/watt
  - c. 10 lumen/watt
  - d. 70 lumen/watt
  - e. 150 lumen/watt

11. Berikut merupakan armatur yang dapat digunakan pada rumah tinggal 4400 VA, kecuali....
  - a. Chanelier
  - b. Standing Lamp
  - c. Down Lihgt
  - d. Tanam
  - e. Gantung
12. Nilai Lux maksimal pada kamar tidur di rumah tinggal yang baik adalah...
  - a. 120
  - b. 150
  - c. 250
  - d. 120~250
  - e. 150~250
13. Daya pencahayaan maksimum yang diperbolehkan pada ruang makan di rumah tinggal adalah...
  - a. 3
  - b. 7
  - c. 5
  - d. 4
  - e. 2
14. Besarnya nilai faktor kamar tidur adalah...
  - a. 5
  - b. 6
  - c. 7
  - d. 4
  - e. 3
15. Besarnya nilai faktor orang dewasa adalah...
  - a. 200
  - b. 300
  - c. 400
  - d. 500
  - e. 600

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. Guide to BS EN/IEC 62305 Lightning Protection Standard. Nottingham
- Badan Standarisasi Nasional. (2001). SNI 03-2396-2001 tentang tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2001). SNI 03-6572-2001 tentang tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2001). SNI 03-6575-2001 tentang tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). SNI 0225:2011 tentang Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011). Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). SNI 6197:2011 tentang konservasi energi pada sistem pencahayaan. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). SNI 6197:2011 tentang konservasi energi sistem tata udara bangunan gedung. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). SNI 6389:2011 tentang konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). SNI 6390:2011 tentang konservasi energi sistem tata udara pada bangunan gedung. Jakarta.
- <http://revolusipetir.com/>
- <https://teknisik3listrik.blogspot.com/>
- <https://www.se.com/id/id/>
- <https://www.pakarpetir.com/>
- Pentair. (2009). Erico Lightning Protection Handbook.