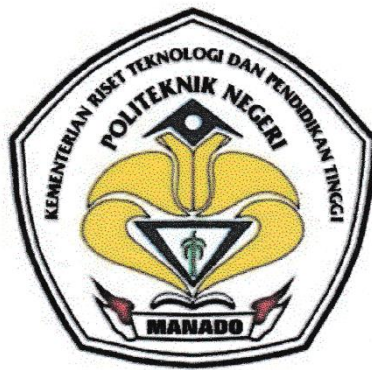


LAPORAN AKHIR
“RUGI-RUGI DAYA AKIBAT GEJALA KORONA PADA SISTEM
PENYALURAN TRANSMISI”



Oleh :

Ardi Ayub Siwy

NIM : 12-021-005

Dosen Pembimbing

TjeriePangemanan, ST

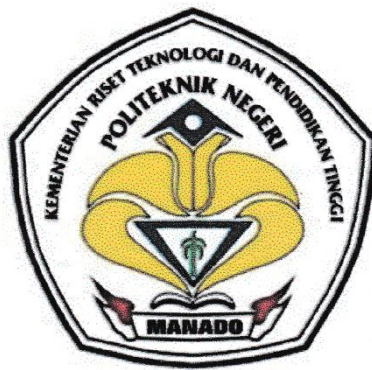
NIP. 1967 0924 199702 2 001

KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI
DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

2015

LAPORAN AKHIR

“RUGI-RUGI DAYA AKIBAT GEJALA KORONA PADA SISTEM PENYALURAN TRANSMISI DI PT. PLN (PERSERO) AP2B SISTEM MINAHASA”



Oleh :

Ardi Ayub Siwy

NIM : 12-021-005

Dosen Pembimbing

TjeriePangemanan, ST

NIP. 1967 0924 199702 2 001

KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI

DAN PENDIDIKAN TINGGI

POLITEKNIK NEGERI MANADO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

2015

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Dalam masa persaingan yang sedemikian ketatnya sekarang ini, menyadari sumber daya manusia merupakan model utama dalam suatu usaha, maka kualitas tenaga kerja harus dikembangkan dengan baik. Jadi perusahaan atau instansi diharapkan memberikan kesempatan pada mahasiswa/i untuk lebih mengenal dunia kerja dengancara menerima mahasiswa/i yang ingin mengadakan kegiatan praktek kerja lapangan. Praktek kerja lapangan adalah penerapan seorang mahasiswa/i pada dunia kerja nyata yang sesungguhnya, yang bertujuan untuk mengembangkan keterampilan dan etika pekerjaan, serta untuk mendapatkan kesempatan dalam menerapkan ilmu pengetahuan dan keterampilan yang ada kaitannya dengan kurikulum pendidikan.

Untuk itu sebagaimana dengan kegiatan praktek kerja lapangan penulis selaku mahasiswa dari Politeknik Negeri Manado ditempatkan di PT. PLN (persero) AP2B Sektor Minahasa. Dengan adanya praktek kerja lapangan ini penulis mencari tahu masalah yang ada dihadapi di PT. PLN (persero) AP2B. dari beberapa masalah yang ada penulis mendapati tentang adanya rugi-rugi akibat adanya gejala korona yang terdapat pada Penyaluran system transmisi.

Berdasarkan hal di atas maka penulis mengangkat judul **“RUGI-RUGI DAYA AKIBAT GEJALA KORONA PADA SISTEM PENYALURAN TRANSMISI”**. Adapun alasan mengangkat judul tersebut karena penulis merasa tertarik tentang gejala korona pada penyaluran system transmisi sampai pembentukan laporan. Hal ini mendorong bagi penulis untuk memilih judul tersebut.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah dalam Laporan Akhir ini, yaitu :

- Apa yang menyebabkan rugi-rugi daya akibat gejala korona pada system penyaluran transmisi?
- Timbulnya gejala korona apa efek pada system penyaluran transmisi ?

1.3 BATASAN MASALAH

Dalam pembahasan dan penulisan Laporan Akhir ini, penulis membatasi permasalahan seputar penyaluran system transmisi dan alat-alat pada system penyaluran transmisi.

1.4 TUJUAN PENULISAN

Yang menjadi tujuan dalam penulisan Laporan Akhir ini, yaitu untuk lebih mengetahui tentang Sistem bagaimana mengurangi kerugian pada penyaluran daya. Secara terperinci tujuan yang hendak dicapai dalam pembahasan ini adalah sebagai berikut :

- Untuk mengetahui penyebab kerugian pada system penyaluran transmisi.
- Untuk mengetahui cara mengatasi permasalahan pada system penyaluran transmisi.

1.5 MANFAAT PENULISAN

Laporan Akhir ini diharapkan bermanfaat untuk :

- Bagi penulis sendiri untuk menambah pengetahuan dan pengalaman.
- Bahan ajar bagi mahasiswa yang ingin membahas hal yang sama.
- Dapat digunakan sebagai dasar dalam mengambil tindakan untuk melakukan penanganan dalam menghadapi kasus-kasus kerugian daya pada system penyaluran PT. PLN (persero) AP2B Sistem Minahasa.
- Dapat mengidentifikasi gangguan lebih awal, sehingga dapat melakukan tindakan pencegahan kerusakan pada alat-alat penyaluran transmisi.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Laporan Akhir ini ditujukan untuk memaparkan hasil pengamatan kerugian daya akibat gejala korona, serta penanganannya. Untuk mempermudah pemahaman, maka penulis menyusun laporan akhir ini dalam beberapa bab, yang masing-masing mempunyai hubungan saling terkait dengan bab yang lain. Bab yang terkandung dalam bab ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisikan mengenai Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan, Manfaat, dan Sistematika Penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini berisikan teori singkat dan teori pendukung tentang penyaluran system transmisi yang mendukung penulisan Laporan Akhir ini, khususnya teori tentang gejala korona.

BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini berisi tentang data gejala korona, isolator saluran transmisi, konduktor, kapasitor.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari seluruh pembahasan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 GEJALA UMUM

Dengan semakin besarnya energi listrik yang disalurkan melalui kawat transmisi, maka makin tinggi pula kerugiannya, Namun hal ini dapat diminimalkan dengan menaikkan tegangan dari kawat tersebut. Akan tetapi dengan menaikkan tegangan kerja transmisi, akan timbul pula faktor-faktor lain yang dahulunya belum kelihatan dan masih diabaikan adapun faktor-faktor itu diantaranya:

- Adanya gejala korona yang semakin menonjol, yang berakibat adanya kerugian energi dan gangguan RI (radio interference) yang sifatnya merugikan.
- Dengan semakin tingginya tegangan maka timbul persoalan mengenai isolasi kawat, bentuk tower dan mungkin prosedur pengoperasiannya yang berbeda.
- Timbulnya masalah isolasi pada alat-alat yang menyebabkan perubahan konstruksi sehingga perlu menyelidiki lebih lanjut mengenai bahan-bahan isolasi.

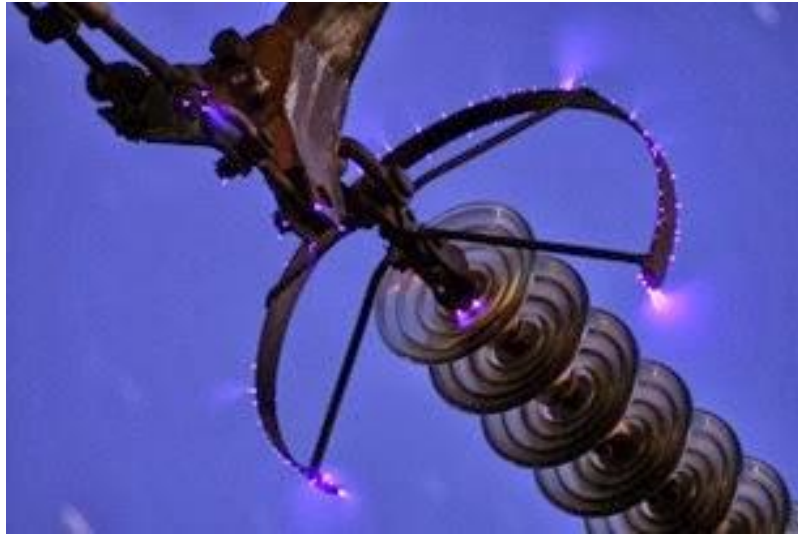
2.2 GEJALA KORONA

Elektron yang bebas bergerak diudara umumnya berasal dari radiasi radio-aktif yang terdapat di alam bebas dan juga dengan adanya sinar kosmik. Elektron-elektron yang posisinya dekat dengan kawat trasnmisi dipengaruhi oleh adanya medan listrik yang menuju ke atau menjauhi kawat tersebut. Selama gerakannya ini, elektron yang melewati gradient medan listrik akan bertubrukkan dengan molekul dari udara, yang kemudian terjadi ionisasi pada molekul tersebut. Karena adanya ionisasi tersebut, maka akan terdapat ion positif dan elektron yang bebas, yang akan akan mendorong terjadinya ionisasi lanjutan. Proses ini berkelanjutan yang kemudian membentuk banjir elektron (avalanche). Bilamana banjir

elektron ini melintasi dua kawat yang sejajar, maka ia akan menyebabkan terjadinya perubahan pembagian gradient tegangan-tegangan dari udara diantara kedua kawat tersebut dan penataan kembali dari gradient ini dapat menyebabkan harga tegangannya melampaui kekuatan (tegangan breakdown) dari udara. Ini akan menyebabkan terjadinya kegagalan dari sifat isolasi yang dimiliki oleh udara yang terletak disekitarnya. Bilamana penataan kembali ini hanya menyebabkan sebagian perubahan potensial gradient dari udara, misalnya hanya daerah sekitar kawat saja yang mengalami perubahan, maka perubahannya terbatas hanya pada satu kawat saja. Oleh karena itu **korona** disifatkan sebagai: *“Terjadinya suatu pelepasan muatan yang bermula pada permukaan dari suatu kawat bila nilai medan listrik pada permukaan kawat itu melampaui nilai tertentu”* Sedangkan nilai tertentu tersebut adalah harga medan listrik dimana pada saat itu mulai terjadinya pelepasan muatan ke udara sekitarnya. Gejala ini dapat terjadi pada segala macam kawat, tidak peduli seberapa besar diameter kawat tersebut, asalkan diberi tegangan yang cukup tinggi. Didalam prakteknya, hal ini akan terjadi bila tegangan antara kawat fasa melebihi 100 kV. Namun bisa saja pada tegangan dibawah itu dapat terjadi, korona asalkan syarat-syarat untuk terjadinya korona sudah terpenuhi.

2.3 EFEK TERJADINYA KORONA

Ketika arus bolak balik (AC) mengalir konduktor dari sebuah saluran transmisi dengan jarak antara konduktor ke konduktor yang lain lebih besar dibandingkan dengan diameter konduktor itu sendiri, maka udara disekitar konduktor yang terdiri dari ion-ion mengalami stres dielektrik.



Gambar 2.1 cahaya korona yang muncul

Ketika tegangan pada saluran transmisi tersebut masih rendah, stres dielektrik yang dialami oleh udara disekeliling konduktor tersebut tidak cukup untuk mengionisasi udara disekitar konduktor. Tapi ketika tegangan pada saluran transmisi ditingkatkan melebihi nilai ambang batas sekitar 30 kV yang dikenal sebagai titik **critical disruptive voltage**, maka udara disekitar konduktor mengalami stres cukup tinggi sehingga terjadi ionisasi terhadap ion-ion yang dikandung didalam udara tersebut. Terjadinya ionisasi pada ion-ion diudara disekitar konduktor akan menimbulkan cahaya redup bersamaan dengan suara mendesis disertai dengan pembebasan ozon, yang mudah diidentifikasi karena baunya yang khas. Fenomena yang terjadi pada saluran transmisi tersebut dikenal sebagai efek corona dalam sistem tenaga listrik. Jika tegangan pada saluran transmisi terus dinaikkan, intensitas cahaya akibat timbulnya corona menjadi lebih tinggi dan suara mendesis semakin jelas terdengar. Efek corona ini dapat mengurangi efisiensi pada saluran transmisi terutama pada saluran **EHV (Extra High Voltage)**.

Dari penjelasan diatas, terjadinya Efek Corona pada saluran transmisi dipengaruhi beberapa faktor sebagai berikut, yaitu:

1. Kondisi Fisik Saluran Transmisi Adanya kotoran atau kekasaran konduktor mengurangi tegangan rusaknya kritis, membuat konduktor lebih rentan terhadap

kerugian korona . Oleh karena itu di sebagian besar kota dan daerah industri yang memiliki polusi yang tinggi , faktor ini sangat penting wajar untuk melawan efek buruk itu pada sistem.

2. Jarak antar konduktor , harus cukup besar dibandingkan dengan diameter garis.
3. Keadaan Atmosfir Efek korona di saluran transmisi terjadi karena ionisasi udara atmosfer yang mengelilingi kabel , hal ini terutama dipengaruhi oleh kondisi kabel serta keadaan fisik atmosfer.
4. Tingginya tegangan pada saluran transmisi Efek corona mulai timbul pada tegangan kritis 30 kV, dan terus meningkat seiring dengan tegangan yang diterapkan pada saluran transmisi tersebut.

Untuk mengurangi rugi-rugi (inefisiensi) pada saluran transmisi akibat efek korona, maka suatu rancangan saluran transmisi harus mempertimbangkan keempat faktor diatas.

2.4 KORONA PADA SALURAN TRANSMISI

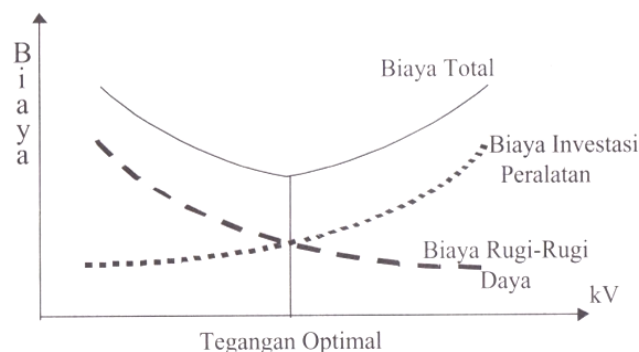
Meskipun peninggian tegangan transmisi akan mengurangi rugi-rugi daya, peninggian tegangan itu tetap ada batasnya karena tegangan tinggi menimbulkan beberapa masalah, antara lain:

1. Tegangan tinggi dapat menimbulkan korona pada kawat transmisi. Korona ini menimbulkan rugi-rugi daya dan dapat menimbulkan gangguan terhadap komunikasi radio.
2. Jika tegangan transmisi semakin tinggi, maka peralatan transmisi dan gardu induk membutuhkan isolasi yang volumenya semakin banyak agar peralatan mampu memikul tegangan tinggi tersebut. Hal ini mengakibatkan kenaikan biaya investasi.
3. Saat terjadi pemutusan dan penutupan rangkaian transmisi (*switching operation*), timbul tegangan lebih surja hubung sehingga peralatan sistem tenaga listrik harus dirancang mampu memikul tegangan lebih tersebut. Hal ini juga mengakibatkan kenaikan biaya investasi.

4. Jika tegangan transmisi ditinggikan, menara transmisi harus semakin tinggi untuk menjamin keselamatan makhluk hidup di sekitar transmisi. Peninggian menara transmisi mengakibatkan transmisi mudah disambar petir. Sambaran petir pada transmisi akan menimbulkan tegangan lebih surja petir pada sistem tenaga listrik, sehingga peralatan sistem tenaga listrik harus dirancang mampu memikul tegangan lebih tersebut.

5. Peralatan sistem perlu dilengkapi dengan peralatan proteksi untuk menghindarkan kerusakan akibat adanya tegangan lebih surja hubung dan surja petir. Penambahan peralatan proteksi ini menambah biaya investasi dan perawatan.

Kelima hal di atas memberikan kesimpulan, bahwa peninggian tegangan transmisi akan menambah biaya investasi dan perawatan. Sehingga perlu dipikirkan cara mengamankan dan mendayagunakan sistem. Kontinuitas penyaluran energi tergantung pada keandalan sistem, sedangkan keandalan sistem tergantung pada komponen-komponennya. Sehingga, komponen-komponen sistem tenaga listrik harus memiliki keandalan yang tinggi. Satu cara yang dapat dilakukan untuk mengetahui keandalan komponen tersebut dengan cara melakukan pengujian terhadap komponen-komponen sistem baik sebelum ataupun sesudah terpasang. Berbagai macam pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan karakteristik-karakteristik terhadap komponen tersebut.



Gambar 2.2 Kurva hubungan biaya dan tegangan transmisi

2.5 MEKANISME TERJADINYA KORONA

Bila dua kawat sejajar yang penampangnya kecil dibandingkan dengan jarak antar kawat tersebut diberi tegangan, maka akan terjadi korona. Pada tegangan yang cukup rendah tidak terlihat apa-apa, bila tegangan dinaikkan maka akan terjadi korona secara bertahap. Pertama kali, kawat kelihatan bercahaya yang berwarna ungu muda, mengeluarkan suara berdesis (*hissing*) dan berbau ozon. Jika tegangan dinaikkan terus, maka karakteristik diatas akan terlihat semakin jelas, terutama pada bagian yang kasar, runcing atau kotor serta cahaya bertambah besar dan terang. Bila tegangan masih terus dinaikkan akan terjadi busur api. Dalam keadaan udara lembab, korona menghasilkan asam nitrogen yang menyebabkan kawat menjadi berkarat bila kehilangan daya yang cukup besar. Apabila tegangansearah yang diberikan, maka pada kawat positif korona menampakkan diri dalam bentuk cahaya yang seragam pada permukaan kawat, sedangkan pada kawat negatifnya hanya pada tempat-tempat tertentu saja.

Korona terjadi karena adanya ionisasi dalam udara, yaitu adanya kehilangan elektron dari molekul udara. Oleh karena lepasnya elektron dan ion, maka jikadisekitarnyaterdapatmedan listrik, maka elektron-elektron bebas ini mengalami gaya yang mempercepat gerakannya, sehingga terjadilah tabrakan dengan molekul lainnya. Akibatnya timbul elektron dan ion yang baru. Proses ini berjalan terus-menerus bila gradien tegangan cukup besar, peristiwa ini dinamakan dengan korona. Jika gradien udara diantara dua kawat lebih besar dari gradien udara normal, maka akan terjadi lompatan api, bila hanya sebagian saja udaradiantara dua kawat terionisasikan, makakorona merupakan sampul mengelilingi kawat. Gradien tegangan seragam yang dapat menimbulkan ionisasi kumulatif di udara normal adalah 30 kV/cm. Korona bisa bermuatan positif atau negatif. Hal ini ditentukan oleh polaritas tegangan dielektroda yang kelengkungannya tinggi. Jika elektroda melengkung bermuatan positif berkenaan dengan elektroda rata terciptalah korona positif, tapi jika negatif yang tercipta adalah korona negatif. Keidaksamaan sifat korona positif dengan korona

negatif yang amat berbeda disebabkan oleh jauh berbedanya massa elektron dengan ion bermuatan positif, dengan hanya electron memiliki kemampuan mengalami tingkat benturan tak lenting pengan yang signifikan pada temperatur dan tekanan bersama. Fungsi lucutan korona yang utama adalah terciptanya ozon disekitar konduktor yang mengalami proses korona. Korona negatif menghasilkan ozon jauh lebih banyak daripada korona positif.

2.6 GANGGUAN RADIO

Gangguan radio (*Radio interference*, disingkat RI) adalah faktor yang membatasi pilihan penghantar untuk suatu tegangan tertentu. Gangguan radio sebagai fungsi dari tegangan mempunyai karakteristik yang naik secara lambat sampai tegangan sedikit kurang dari tegangan minimum di mana hilang korona dipengaruhi oleh permukaan dan jari-jari. Diatas suatu tegangan tertentu, besarnya RI menjadi konstan ini terlalu tinggi, sehingga bilamana RI adalah faktor yang menentukan, jaring harus direncanakan sehingga ia beroperasi pada tegangan lebih rendah daripada tegangan di mana Ri mulai naik dengan cepat.

2.7 NOISE

Noise adalah bunyi yang continue baik yang merata,tak teratur serta tidak nyaman didengar oleh rasa pendengaran manusia normal. Tingkat Noise diukur dalam satuan dB yang sesuai dengan satuan pendengaran manusia. Besar Noise sebanding dengan peningkatan tegangan saluran. Noise cenderung besar ketika cuaca buruk. Pada musim hujan, tetes air yang jatuh dipermukaan konduktor menghasilkan korona yang lebih besar sehingga terjadi noise. Beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya noise yaitu gradien tegangan permukaan konduktor, diameter konduktor, kondisi atmosfer.

2.8 BEBERAPA BAGIAN/ALAT YANG TERMASUK DALAM PROSES PENYALURAN

2.8.1 ISOLATOR

Pada sistem penyaluran daya listrik dari pembangkit listrik ke konsumen, perlu digunakan tegangan tinggi untuk mengurangi rugi-rugi daya di sepanjang saluran. Pada saluran transmisi dan distribusi, masalah isolasi harus lebih diperhatikan karena tegangan yang digunakan cukup tinggi. Isolator yang sering digunakan pada menara transmisi adalah isolator rantai yang terdiri dari beberapa isolator piring yang diserikan. Pada jaringan distribusi, isolator piring juga banyak digunakan. Karena terpasang di ruang terbuka, permukaan isolator akan dilapisi polutan-polutan yang dapat mengurangi kemampuan isolator tersebut. Polutan ini juga dipengaruhi oleh kondisi udara sekitar seperti kelembaban dan hujan yang membuat polutan menjadi basah.

2.8.2 ISOLATOR SALURAN TRANSMISI

Isolator mempunyai peranan penting untuk mencegah terjadinya aliran arus dari konduktor fasa ke bumi melalui menara pendukung. Dengan demikian, isolator merupakan bagian penting dalam sistem transmisi energy listrik.

Beberapa persyaratan penting yang harus dimiliki suatu isolator adalah Isolator harus mempunyai:

- Kekuatan mekanik yang tinggi.
- Memiliki kekuatan dielektrik yang tinggi.
- Mempunyai nilai resistivitas yang tinggi untuk memperkecil arus bocor yang terjadi.
- Tidak mudah keropos dan tahan terhadap masuknya gas-gas ataupun cairan-cairan ke dalam bahan isolator.
- Tidak dipengaruhi oleh perubahan suhu.

2.8.3 BAHAN-BAHAN ISOLATOR JARINGAN

Bahan-bahan yang baik untuk isolator adalah bahan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik. Walaupun ada yang sanggup menghantarkan arus listrik tetapi relatif sangat kecil, sehingga bisa diabaikan terhadap maksud penggunaan atau pemakaiannya. Pemakaian bahan isolasi ini diharapkan seekonomis mungkin tanpa mengurangi kemampuannya sebagai isolator. Sebab makin berat dan besar ukuran isolator tersebut akan mempengaruhi beban penyangga pada sebuah tiang listrik.

Bahan isolasi yang dipakai untuk isolator jaringan kebanyakan terbuat dari bahan padat, seperti bahan porselin, gelas, mika, ebonit, keramik, parafin, kuarsa, dan veld spat. Persyaratan bahan isolator adalah:

1. Bahan yang tidak dapat arus listrik.
2. Bahan isolasi yang ekonomis, tanpa mengurangi kemampuannya sebagai isolator. Sebab makin berat dan besar ukuran isolator tersebut akan mempengaruhi beban penyangga pada sebuah tiang listrik.
3. bahan yang terbuat dari bahan padat, seperti : porselin, gelas, mika, ebonit, keramik, parafin, kuarsa, dan veld spaat.

Kriteria Bahan Isolator Kriteria bahan yang baik digunakan sebagai isolator jaringan distribusi adalah:

1. Bahan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik
2. Bahan isolasi yang ekonomis, tanpa mengurangi kemampuannya sebagai isolator. Sebab makin berat dan besar ukuran isolator tersebut akan mempengaruhi beban penyangga pada sebuah tiang listrik.
3. Bahan yang terbuat dari bahan padat, dan memiliki kekuatan mekanis tinggi seperti : porselin, gelas, mika, ebonit, keramik, parafin, kuartz, dan veld spat.
4. Mempunyai tahanan jenis yang tinggi
5. Memiliki kekuatan mekanis yang tinggi
6. Memiliki sifat-sifat (dua hal diatas) tidak berubah oleh perubahan suhu, siraman air, kelembaban, sinar matahari, polaritas listrik.
7. Bila mengalami loncatan listrik (flash over) tidak akan meninggalkan jejak (cacat)

a. Isolator Porselen

Isolator porselin dibuat dari bahan campuran tanah porselin, kwarts, dan veld spaat, yang bagian luarnya dilapisi dengan bahan glazuur agar bahan isolator tersebut tidak berpori-pori. Dengan lapisan glazuur ini permukaan isolator menjadi licin dan berkilat, sehingga tidak dapat mengisap air. Oleh sebab itu isolator porselin ini dapat dipakai dalam ruangan yang lembab maupun di udara terbuka. Isolator porselin memiliki sifat tidak menghantar (nonconducting) listrik yang tinggi, dan memiliki kekuatan mekanis yang besar. Ia dapat menahan beban yang menekan serta tahan akan perubahan-perubahan suhu. Akan tetapi isolator porselin ini tidak tahan akan ke-kuatan yang menumbuk atau memukul. Ukuran isolator porselin ini tidak dapat dibuat lebih besar, karena pada saat pembuatannya terjadi penyusutan bahan. Walaupun ada yang berukuran lebih besar namun tidak seluruhnya dari bahan porselin, akan tetapi dibuat rongga di dalamnya, yang kemudian akan di isi dengan bahan besi atau baja tempaan sehingga kekuatan isolator porselin bertambah. Cara yang demikian ini akan menghemat bahan yang digunakan. Karena kualitas isolator porselin ini lebih tinggi dan tegangan tembusnya (voltage gradient) lebih besar maka banyak disukai pemakaiannya untuk jaringan distribusi primer. Walaupun harganya lebih mahal tetapi lebih memenuhi persyaratan yang diinginkan. Kadang-kadang kita jumpai juga isolator porselin ini pada jaringan distribusi sekunder, tetapi ukurannya lebih kecil.

➤ Keuntungannya :

1. Terbuat dari bahan campuran tanah porselin, kwarts, dan veld spat.
2. Bagian luarnya dilapisi dengan bahan glazuur agar bahan isolator tersebut tidak berpori-pori. Dengan lapisan glazuur ini permukaan isolator menjadi licin dan berkilat, sehingga tidak dapat mengisap air.
3. Dapat dipakai dalam ruangan yang lembab maupun di udara terbuka.
4. Memiliki sifat tidak menghantar (non conducting) listrik yang tinggi, dan memiliki kekuatan mekanis yang besar.

5. Dapat menahan beban yang menekan serta tahan akan perubahan-perubahan suhu.

6. Memiliki kualitas yang lebih tinggi dan tegangan tembusnya (voltage gradient) lebih besar, sehingga banyak disukai pemakaiannya untuk jaringan distribusi primer. Kadang-kadang kita jumpai isolator porselin ini pada jaringan distribusi sekunder, tetapi ukurannya lebih kecil.

➤ Kelemahannya :

1. Tidak tahan akan kekuatan yang menumbuk atau memukul.
2. Ukuran isolator porselin ini tidak dapat dibuat lebih besar, karena pada saat pembuatannya terjadi penyusutan bahan. Walaupun ada yang berukuran lebih besar namun tidak seluruhnya dari bahan porselin, akan tetapi dibuat rongga di dalamnya, yang kemudian akan diisi dengan bahan besi atau baja tempaan sehingga kekuatan isolator porselin bertambah. Cara yang demikian ini akan menghemat bahan yang digunakan.

b. Isolator Gelas

Isolator gelas pada umumnya terbuat dari bahan campuran antara pasir silikat, dolomit, dan fosfat. Komposisi dari bahan-bahan tersebut dan cara pengolahannya dapat menentukan sifat dari isolator gelas ini. Isolator gelas memiliki sifat mengkondensir (mengembun) kelembaban udara, sehingga lebih mudah debu melekat dipermukaan isolator tersebut. Makin tinggi tegangan sistem makin mudah pula terjadi peristiwa kebocoran arus listrik (leakage current) lewat isolator tersebut, yang berarti mengurangi fungsi isolasinya. Oleh karena itu isolator gelas ini lebih banyak dijumpai pemakaiannya pada jaringan distribusi sekunder. Kelemahan isolator gelas ini adalah memiliki kualitas tegangan tembus yang rendah, dan kekuatannya berubah dengan cepat sesuai dengan perubahan temperatur. Oleh sebab itu bila terjadi kenaikan dan penurunan suhu secara tiba-tiba, maka isolator gelas ini akan mudah retak pada permukaannya. Berarti isolator gelas ini bersifat mudah dipengaruhi oleh perubahan suhu disekelilingnya. Tetapi bila isolator gelas ini mengandung campuran dari bahan lain,

maka suhunya akan turun. Selain dari pada itu, isolator gelas ini harganya lebih murah bila dibandingkan dengan isolator porselin.

➤ Keuntungannya :

1. Terbuat dari bahan campuran antara pasir silikat, dolomit, dan fosfat. Komposisi bahan tersebut dan cara pengolahannya dapat menentukan sifat dari isolator gelas ini.
2. Lebih banyak dijumpai pemakaiannya pada jaringan distribusi sekunder.
3. Isolator gelas ini harganya lebih murah bila dibandingkan dengan isolator porselin.

➤ Kelemahannya :

4. Memiliki sifat mengkondensir (mengembun) kelembaban udara, sehingga lebih mudah debu melekat dipermukaan isolator tersebut.
5. Makin tinggi tegangan sistem makin mudah pula terjadi peristiwa kebocoran arus listrik (leakage current) lewat isolator tersebut, yang berarti mengurangi fungsi isolasinya.
6. Memiliki kualitas tegangan tembus yang rendah, dan kekuatannya berubah dengan cepat sesuai dengan perubahan temperatur.
7. Saat terjadi kenaikan dan penurunan suhu secara tiba-tiba, maka isolator gelas ini akan mudah retak pada permukaannya. Berarti isolator gelas ini bersifat mudah dipengaruhi oleh perubahan suhu disekelilingnya. Tetapi bila isolator gelas ini mengandung campuran dari bahan lain, maka suhunya akan turun.

c. Isolator Steatite

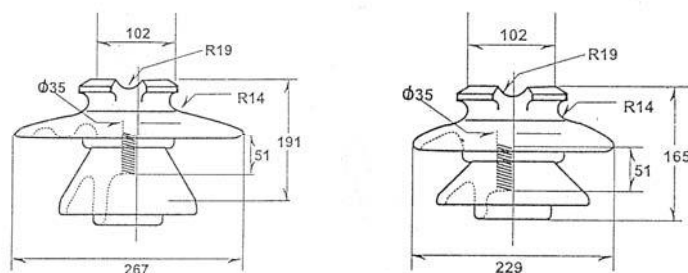
Steatite adalah magnesium silikat dan dijumpai pada berbagai bagian dari oksida magnesium dengan silikat. Daya rentang dari isolator steatite jauh lebih besar dibandingkan dengan isolator porselen, dan dapat menguntungkan jika digunakan pada keadaan dimana isolator mengalami regangan sempurna misalnya ketika jaringan saluran transmisi mengalami belokan tajam.

2.8.4 JENIS ISOLATOR JARINGAN

Isolator yang digunakan untuk saluran distribusi tenaga listrik berdasarkan fungsi dan konstruksinya dapat dibedakan dalam 4 macam, yaitu : Beberapa jenis isolator yang digunakan untuk jaringan distribusi primer maupun sekunder adalah:

1. Isolator Jenis Pasak (pin type insulator).

Isolator jenis pasak (pin type insulator), digunakan pada tiang-tiang lurus (tangent pole) dan tiang sudut (angle pole) untuk sudut 5° sampai 30° . Banyak terbuat dari bahan porselin maupun bahan gelas yang dibentuk dalam bentuk kepingan dan bagian bawahnya diberi suatu pasak (pin) yang terbuat dari bahan besi atau baja tempaan. Tiap kepingan diikatkan oleh suatu bahan semen yang berkualitas baik. Bentuk kepingan dibuat mengembang ke bawah seperti payung, untuk menghindarkan air hujan yang menimpa permukaan kepingan secara mudah. Banyaknya kepingan tergantung pada kekuatan listrik bahan kepingan. Biasanya jumlah kepingan ini maksimum lima buah. Isolator pasak yang mempunyai satu keping, biasanya digunakan untuk jaringan distribusi sekunder pada tegangan 6 kV ke bawah yang terbuat dari bahan gelas atau porselin. Untuk jaringan distribusi primer biasanya terdiri dari dua keping yang terbuat dari bahan porselin. Isolator jenis pasak ini banyak digunakan pada tiang-tiang lurus (tangent pole) dengan kekuatan tarikan sudut (angle tensile strength) hingga 10° . Kawat penghantar jaringan diletakkan di bagian atas untuk posisi jaringan lurus, sedangkan untuk jaringan dengan sudut di bawah 10° kawat penghantarnya diikatkan pada bagian samping agar dapat memikul tarikan kawat.



Gambar 2.3 isolator jenis pasak

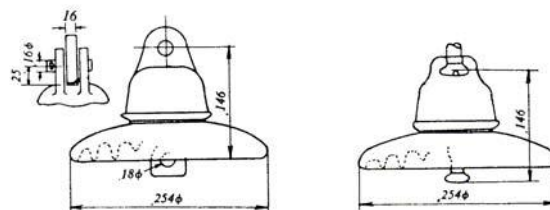
2. Isolator Jenis Pos (post type insulator).

17

Isolator jenis Pos Kekuatan mekanis isolator jenis pos ini lebih tinggi dibandingkan isolator jenis pasak dan penggunaannya hanya pada jaringan distribusi primer untuk tiang lurus (tangent pole) pada sudut 5° sampai 15° . Isolator jenis pos yang digunakan untuk jaringan distribusi 20 kV, memiliki tegangan tembus sebesar 35 kV dengan kekuatan tarik (tensile strenght) sebesar 5000 pon.

3. Isolator Jenis Gantung (suspension type insulator)

Isolator jenis gantung (suspension type insulator), digunakan pada tiang-tiang sudur (angle pole) untuk sudut 30° sampai 90° , tiang belokan tajam, dan tiang ujung (deadend pole). Isolator jenis clevis lebih banyak digunakan karena lebih kokoh dan kuat dalam penggandengannya, serta tidak ada kemungkinan lepas dari gandengannya, karena pada ujungnya digunakan mur baut untuk mengikatnya. Isolator gantung (suspension insulator) terdiri dari sebuah piringan yang terbuat dari bahan porselin, dengan tutup (cap) dari bahan besi tempaan (melleable iron) dan pasaknya terbuat dari bahan baja yang diikatkan dengan semen yang berkualitas, sehingga membentuk satu unit isolator yang berkualitas tinggi. Dibandingkan isolator jenis pasak, isolator gantung ini hanya mempunyai satu piringan yang terbuat dari bahan porselin atau bahan gelas biru kelabu (blue gray glaze). Dengan menggunakan bahan gelas biru kelabu ini harga isolator dapat ditekan lebih murah dan dapat digunakan untuk beberapa gandengan. Umumnya isolator gantung dengan bahan gelas ini digunakan untuk jaringan distribusi primer, sedangkan isolator gentung dari bahan porselin banyak digunakan untuk gandengan-gandengan pada jaringan transmisi tegangan tinggi.



Gambar 2.5 Isolator gantung jenis clevis dan jenis ball and socket

Dilihat dari konstruksinya, isolator gantung ini dikenal dalam dua jenis, yaitu jenis clevis dan jenis ball and socket. Jenis clevis ini memiliki bentuk tutup (cap) dan pasaknya (pin) berbentuk pipih dengan lubang ditengahnya, yang digunakan untuk keperluan penggandengan dari beberapa isolator gantung dengan mengikatnya dengan mur baut sehingga bisa lebih kuat penggan dengannya. Jenis ball and socket memiliki bentuk tutup (cap) berlubang (socket) untuk menyangkut-kan pasak (pin) yang berbentuk bulat (ball), sehingga penggandengan dari beberapa isolator gantung tidak menggunakan baut (bolt) lagi. Kedua jenis ini yang paling banyak dipakai adalah jenis clevis, karena dibandingkan dengan jenis ball and socket maka jenis clevis ini lebih kokoh dan kuat serta tidak ada kemungkinan lepas. Isolator gantung mempunyai kualitas tegangan isolasi tidak begitu tinggi dibandingkan isolator jenis pasak, karena isolator gantung hanya memiliki satu piringan untuk setiap unit isolator. Oleh sebab itu agar memenuhi kebutuhannya maka isolator gantung ini digandeng-gandengkan satu unit dengan unit yang lain agar memdapatkan kualitas tegangan isolasi yang tinggi. Bila digandengkan isolator gandeng mempunyai kualitas yang lebih tinggi dari isolator jenis pasak. Makin banyak gandengannya makin tinggi kualitas tegangan isolasinya. Saluran transmisi banyak sekali menggunakan isolator gantung ini. Karena kekuatan mekanis isolator gantung ini lebih tinggi bila digandengkan, maka banyak digunakan untuk menahan besarnya tarikan atau ketegangan kawat pada tiang-tiang sudut (angle pole), tiang belokan tajam, dan tiang ujung (deadend pole).

4. Isolator Jenis Cincin (spool type insulator)

Isolator jenis cincin (spool type insulator), digunakan pada tiang-tiang lurus (tangent pole) dengan sudut 0° sampai 10° , yang dipasang secara horizontal maupun vertikal. Isolator cincin bentuknya bulat berlubang ditengahnya seperti cincin yang hanya terdapat satu atau dua lekukan saja yang seluruhnya terbuat dari bahan porselin.



2.8.5 KARAKTERISTIK ISOLATOR JARINGAN

- Mempunyai kekuatan mekanis yang tinggi agar dapat menahan beban kawat penghantar.
- Memiliki konstanta dielektrikum (relative permittivity) yang tinggi, agar memberikan kekuatan dielektrik (dielectric strength) tinggi juga.
- Mempunyai tahanan isolasi (insulation resistance) yang tinggi agar dapat menghindari kebocoran arus ke tanah.
- Mempunyai perbandingan (ratio) yang tinggi antara kekuatan pecah dengan tegangan loncatan api (flashover voltage).
- Menggunakan bahan yang tidak berpori-pori dan tidak terpengaruh oleh perubahan temperature.
- Bebas dari kotoran dari luar dan tidak retak maupun tergores, agar dapat dilewati oleh air atau gas di atmosfer.

- Mempunyai kekuatan dielektrik (dielectric strenght) dan kekuatan mekanis (mechanis strenght) yang tinggi.
- Bahan yang mampu mengisolir atau menahan tegangan yang mengenainya.
- Harganya murah.
- Tidak terlalu berat

2.8.6 KARAKTERISTIK ELEKTRIS

Isolator memiliki dari dua elektroda yang terbuat dari bahan logam berupa besi atau baja campuran sebagai tutup (cap) dan pasak (pin) yang dipisahkan oleh bahan isolasi. Dimana tiap bahan isolasi mempunyai kemampuan untuk menahan tegangan yang mengenainya tanpa menjadi rusak, yang disebut dengan kekuatan dielektrikum. Apabila tegangan diterapkan pada isolator yang ideal di kedua elektroda tersebut, maka dalam waktu singkat arusnya yang mengalir terhenti dan didalam bahan isolasi terjadi suatu muatan (Q). Hal ini menunjukkan adanya perbedaan tegangan (V) diantara kedua elektroda. Besarnya muatan itu adalah :

$$Q = C.V$$

Dimana nilai kapasitas (C) tergantung pada nilai konstanta dielektrik dari suatu bahan yang terdapat diantara kedua elektroda tersebut. Makin tinggi nilai konstanta dielektrikum suatu bahan isolasi makin besar kapasitansi isolasi tersebut. Untuk bahan isolasi porselin dan gelas nilai konstante dielektriknya lebih tinggi dibandingkan dengan bahan-bahan isolasi yang lain. Bandingkan konstante dielektrik bahan-bahan di bawah ini.

Tabel 2.1
 Nilai Konstante Dielektrikum Beberapa Bahan

Macan Bahan	E	Macam Bahan	ε
Ebinit	2,8	Parafin	2,1 – 2,5
Fiber	2,5	Kertas	2,0 – 2,6
Gelas	5,4	Porselin	5,7 – 6,8
Mika	2,5	Air	2,0 – 3,5
Minyak	2,2	Kayu	2,5 – 7,7

Selain nilai konstante dielektrik yang mempengaruhi nilai kapasitansi, luas dan tebalnya suatu bahan mempengaruhi juga nilai kapitasi tersebut. Makin besar volume suatu bahan makin bertambah tinggi muatannya, dan makin besar nilai kapasitansinya yang ditentukan dengan persamaan.

$$C = \varepsilon \frac{A}{d4\pi}$$

Dimana :

C = kapasitansi suatu bahan (Farad)\

ε = konstanta dielektrikum

A = luas permukaan bahan (m²)

d = diameter atau tebal bahan (m)

Nilai kapasitansi ini akan diperbesar lagi karena kelembaban udara, debu, panas udara, kerusakan mekanis, proses kimia serta tegangan lebih yang mempengaruhi permukaan dari bahan isolasi tersebut. Oleh karena itu pendistribusian tegangan pada bahan isolasi tidak seragam, dan lebih besar pada bagian yang terkena tegangan. Hal ini disebabkan terjadinya arus kebocoran (leakage current) yang melalui permukaan bahan tersebut. Arus kebocoran ini kecil kalau dibandingkan dengan arus yang mengalir pada bahan isolasi tersebut, yang besarnya adalah :

$$I1 \frac{V}{Ri}$$

Dimana :

I_l = arus kebocoran dalam Ampere

V = tegangan yang melaluinya dalam Volt

R_i = tahanan isolasi dalam Ω

Hal tersebut diatas membuat isolator menjadi tidak ideal, yang seharusnya arus mengalir berhenti dalam waktu yang singkat, akan tetapi turun perlahan-lahan. Akan tidak ideal lagi isolator tersebut apabila terjadi tegangan yang diterapkan diantara kedua elektroda isolator tersebut mengalami tegangan loncatan api (flash over voltage) atau tegangan tembus pada isolator ini. Dalam sistim tenaga listrik tegangan loncatan api ini biasa dikatakan sebagai tegangan lebih (over voltage) yang ditimbulkan dari dua sumber. Pertama sumber berasal dari sistim itu sendiri yang berupa hubungan singkat (short circuit), sedang yang kedua sumber dari luar sistim biasa disebut gangguan sambaran petir. Tegangan tembus inilah yang terutama menentukan nilai suatu isolator sebagai penyekat dan menunjukkan kekuatan dielektrik dari isolator yang besarnya untuk tiap-tiap isolator berbeda-beda. Isolator terdiri dari bahan porselin yang diapit oleh elektroda-elektroda. Dengan demikian isolator terdiri dari sejumlah kapasistansi. Kapasistansi ini diperbesar oleh terjadinya lapisan yang menghantarkan listrik, karena kelembaban udara, debu dan bahan-bahan lainnya pada permukaan isolator tersebut. Karena kapasistansi ini maka distribusi tegangan pada saluran gantungan isolator tidak seragam. Potensial pada bagian yang terkena tegangan (ujung saluran) adalah paling besar dengan memasang tanduk busur api (arcing horn), maka distribusi tegangan diperbaiki. Tegangan lompatan api (flashover voltage) pada isolator terdiri atas tegangan-tegangan lompatan api frekuensi rendah (bolak-balik), impuls dan tembus dalam minyak (bolak-balik frekuensi rendah). Tegangan lompatan api frekuensi rendah kering adalah tegangan lompatan api yang terjadi bila tegangan diterapkan diantara kedua elektroda isolator yang bersih dan kering permukaannya, nilai konstanta serta nilai dasar karakteristik isolator. Tegangan lompatan api basah adalah tegangan lompatan api yang terjadi bila tegangan diterapkan diantara tegangan

kedua elektroda isolator yang basah karena hujan, atau dibasahi untuk menirukan hujan. Tegangan lompatan api impuls adalah tegangan lompatan api yang terjadi bila tegangan impuls dengan gelombang standar diterapkan. Karakteristik impuls terbagi atas polaritas positif dan negative. Biasanya tegangan dengan polaritas positif (yang memberikan nilai loncatan api yang rendah) yang dipakai. Untuk polaritas positif tegangan loncatan api basah dan kering sama.

Tegangan tembus (puncture) frekuensi rendah menunjukkan kekuatan dielektrik dari isolator, dan terjadi bila tegangan frekuensi rendah diterapkan antara kedua elektroda isolator yang dicelupkan pada minyak sampai isolator tembus. Untuk isolator dalam keadaan baik tegangan tembus ini lebih tinggi dari tegangan loncatan api frekuensi rendah, dan nilainya kira-kira 140 kV untuk isolator gantung 250 mm.

2.8.7 KARAKTERISTIK MEKANIS

Kecuali harus memenuhi persyaratan listrik, isolator harus memiliki kekuatan mekanis guna memikul beban mekanis penghantar yang diisolasiannya. Porselin sebagai bagian utama isolator, mempunyai sifat sebagai besi cor, dengan tekanan-tekanan yang besar dan kuat-tarik yang lebih kecil. Kuat tariknya biasanya 400-900 kg/cm², sedangkan kuat tekanannya 10 kali lebih besar. Porselin harus bebas dari lubang-lubang (blowholes) goresan-goresan, keretakan-keretakan, serta mempunyainya ketahanan terhadap perubahan suhu yang mendadak tumbukan-tumbukan dari luar. Gaya tarik isolator yang telah dipasang relatif besar, sehingga kekuatan porselin dan bagian-bagian yang disemenkan padanya harus dibuat besar dari kekuatan bagian-bagian logamnya. Kekuatan mekanis dari isolator gantung dan isolator batang panjang harus diuji untuk mengetahui kemampuan mekanis dan keseragamannya. Kekuatan jenis ini dan line post ditentukan oleh kekuatan pasaknya (pin) terhadap moment tekukan (bending momen) oleh penghantar. Pengkajian kekuatannya karena itu dilakukan dengan memberikan beban kawat secara lateral terhadap pasak. Dalam perencanaan saluran transmisi udara, tegangan lebih pada isolator merupakan factor penting. Ditempat-tempat dimana pengotoran udara tidak mengkhawatirkan, surja-hubung (switching-surge)

merupakan factor penting dalam penentuan jumlah isolator dan jarak isolator. Karakteristik lompatan api dari surja-hubung lain dari karakteristik frekuensi rendah dan impuls.

2.8.8 SIFAT ISOLATOR

1. Sifat Listrik

Isolator terdiri dari badan porselen yang diapit oleh elektroda-elektroda. Dengan demikian maka isolator terdiri dari sejumlah kapasitansi. Nilai kapasitansi ini akan semakin besar oleh timbulnya lapisan yang menghantarkan listrik karena kelembaban udara, debu dan bahan-bahan lainnya yang melekat pada permukaan isolator. Pada jaringan transmisi isolator yang paling dekat dengan konduktor tegangan tinggi akan memikul tegangan yang terbesar. Dengan memasang busur tanduk (*arching horn*), maka distribusi tegangan diperbaiki dan tegangan pada isolator yang paling dekat dengan kawat fasa akan berkurang. Kegagalan listrik pada isolator dapat disebabkan oleh adanya rongga-rongga kecil pada dielektrik padat (porselen) atau disebabkan terjadinya *flashover* di sepanjang permukaan isolator. Rongga-rongga kecil pada isolator ditimbulkan karena isolator dibuat kurang sempurna pada saat pembuatan, dengan demikian karakteristik listrik dari isolator tersebut kurang baik. Rongga kecil pada isolator lama-kelamaan akan menyebabkan kerusakan mekanik pada isolator. Terjadinya *flashover* menyebabkan kerusakan pada isolator oleh karena panas yang dihasilkan busur di sepanjang permukaan isolator. Oleh sebab itu isolator harus dibuat sedemikian rupa sehingga tegangan pada rongga kecil lebih tinggi dari pada tegangan yang menyebabkan *flashover*.

2. Sifat Thermal

Dalam peralatan dan instalasi pencatu listrik, panas terjadi karena adanya rugi-rugi ohmik pada konduktor, rugi-rugi dielektrik pada bahan isolasi, rugi-rugi magnetisasi dan rugi-rugi arus Eddy pada inti besi. Jika dibandingkan dengan bahan logam, bahan isolasi mempunyai stabilitas thermal yang sangat rendah,

sehingga kenaikan suhu yang diijinkan pada bahan isolasi menjadi patokan dalam menentukan batas suhu kerja dari peralatan. Selama tekanan terus berlangsung pada kondisi operasi statis, panas dibangkitkan akibat rugi-rugi yang seharusnya disebarkan ke medium sekitarnya. Ada tiga jenis mekanisme perpindahan panas, yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Untuk memindahkan rugi-rugi panas dengan cepat dari suatu peralatan dibutuhkan bahan yang mempunyai konduktivitas panas yang baik. Kebutuhan ini dapat dipenuhi dengan baik jika digunakan bahan isolasi kristal, karena susunan kisi-kisi atomnya teratur dan jarak antar atom yang kecil, sehingga perpindahan atom dapat berlangsung dengan baik.

3. Sifat Kimia

Jika ada zat asing dari luar menyusup ke dalam bahan isolasi, maka hal ini dapat menyebabkan perubahan sifat kimia bahan isolasi tersebut. Hanya bahan anorganik seperti gelas dan bahan keramik padat yang kedap terhadap zat-zat lain di sekitarnya. Bahan isolasi organik menyerap uap air secara difusi. Sehingga sifat dielektrik dan listriknnya memburuk. Kecepatan difusi tergantung kepada struktur bahan dan gaya tarik-menarik molekul bahan dengan molekul zat asing. Sebagai tambahan, penyerapan air menyebabkan perubahan dimensi (menggelembung) dan kerusakan elektroda. Sehingga diharapkan bahan isolasi pasangan luar harus memiliki kemampuan menyerap air yang rendah untuk mencegah pengurangan kekuatan dielektrik.

2.8.9 Pasangan Isolator

Dalam kategori pasangan isolator (*fittings*) termasuk pasangan-pasangan logam dan perlengkapan-perengkapan lainnya guna menghubungkan penghantar, isolator dan tiang transmisi. Pasangan isolator terbuat dari besi atau baja tempaan (*malleable*) yang ukurannya disesuaikan dengan tegangan, jenis dan ukuran penghantar, kekuatan mekanisnya, serta konstruksi penopangnya (*supporting structure*). Permukaan pasangan logam ini biasanya digalvanis.

1. Busur Tanduk

Bila terjadi lompatan api (*flashover*) pada gandengan isolator, maka isolatornya akan rusak karena busur apinya. Untuk menghindari kerusakan ini, maka pada gandengan isolator gantung dan isolator batang panjang (*long-rod*) dipasang busur tanduk (*arching-horns*). Busur tanduk ditempatkan pada bagian atas dan bawah dari gandengan isolator, serta dibentuk sedemikian sehingga busur api tidak akan mengenai isolator waktu lompatan api terjadi. Jarak antara tanduk atas dan bawah biasanya 75-85 % dari panjang gandengan. Tegangan lompatan api untuk gandengan isolator dengan busur tanduk ditentukan oleh jarak tanduk ini. Busur tanduk biasanya dipakai untuk saluran transmisi dengan tegangan diatas 110 kV, atau diatas 66 kV didaerah-daerah dengan tingkat isokronik yang tinggi. Efek pencegahan korona juga dimiliki oleh busur tanduk.

2. Jepitan

Untuk penghantar dipakai pengapit gantungan (*suspension clamps*) dan pengapit tarikan (*tension clamps*) sedang untuk kawat tanah dipakai pengapit sederhana. Ada dua jenis pengapit gantung, yang satu dengan batang pelindung dan yang lain tanpa batang pelindung (*armor rods*). Pengapit dipilih dengan memperhatikan macam dan ukuran kawat, kuat tarik maksimumnya, serta dibentuk sedemikian rupa sehingga tidak menimbulkan kerusakan dan kelelahan karena getaran (*vibration*) dan sudut andongan dari kawat.

2.8.10 Kegagalan pada Isolator

Beberapa hal yang menyebabkan kegagalan pada suatu isolator adalah :

a. Keretakan Isolator

Penyebab utama pecahnya atau retaknya suatu isolator adalah tekanan yang dihasilkan didalam bahan porselen yang diakibatkan oleh ketidakseragaman pemuaian dan penyusutan yang terdapat dalam bahan semen, baja, dan porselen yang disebabkan oleh musim panas, dingin, kekeringan dan kelembaban atau akibat adanya pemanasan pada isolator tersebut. Untuk menghindari keretakan

pada isolator tersebut, maka telah dilakukan beberapa perbaikan dalam desain pembuatannya, yakni dengan cara menempatkan sejenis pelindung yang kecil diantara lapisan terluar dari porselen dengan pasak baja sehingga pemuaiannya dapat terlaksana secara merata.

b. Ketidakmurnian Bahan Isolator

Jika bahan yang digunakan untuk pembuatan isolator tersebut amat buruk, hal ini akan menimbulkan kebocoran pada isolator sehingga isolator tidak baik untuk pemakaian yang kontiniu.

c. Sifat Penyerapan Bahan Yang Digunakan Dalam Pembuatan Isolator

Jika bahan porselen yang digunakan dalam pembuatan isolator dipabrikan pada suhu rendah, maka hal ini akan mengakibatkan kekeroposan pada isolator tersebut dan dengan alasan ini maka isolator akan menyerap embun dari lapisan udara atau semen. Kebocoran arus akan dimulai dari isolator tersebut yang akan menyebabkan kegagalan sebagai akibat dari pemakaian bahan yang digunakan dalam pembuatan isolator.

d. Bahan Pelapis Isolator Yang Kurang Baik

Bila bahan isolator tidak benar-benar dilapisi pelapis yang baik sebagaimana mestinya, maka air akan mudah merembes yang dapat menyebabkan menempelnya debu pada permukaan isolator tersebut yang dapat bersifat sebagai penghantar dan mereduksikan jarak lompatan bunga api listrik.

e. Lompatan Bunga Api Listrik (*Flashover*)

Bila terjadi lompatan bunga api listrik dari suatu kawat ke kawat yang lain maka hal ini akan menimbulkan pemanasan yang berlebihan pada isolator dan dapat menyebabkan pecahnya isolator tersebut.

f. Tekanan Mekanis

Pada saat penarikan kawat-kawat penghantar pada suatu pemasangan jaringan maka isolator akan mengalami tekanan mekanis, sehingga bila bahan digunakan kurang baik, maka hal ini dapat menyebabkan kerusakan atau pecahnya isolator.

g. Terjadinya Hubung Singkat

Terkadang gangguan alam seperti kumpulan burung yang hinggap atau pepohonan yang mengena pada kawat penghantar maupun isolator dapat mengakibatkan terjadinya arus hubung singkat, kondisi ini merupakan penyebab terjadinya kegagalan dari suatu isolator. Keadaan seperti ini hanya mungkin terjadi bila jarak antar konduktor lebih kecil dari standar yang telah ditentukan.

2.9 KONDUKTOR

Konduktor atau penghantar adalah zat atau bahan yang bersifat dapat menghantarkan energy, baik energy listrik maupun energy kalor, baik berupa zat padat, cair atau gas. Bahan-bahan yang bersifat konduktor ini biasanya digunakan untuk membuat alat-alat yang sifatnya membutuhkan kecepatan transfer energy, misalnya panci, setrika, kabel dan solder. Konduktor yang baik adalah yang memiliki tahanan jenis yang kecil. Pada umumnya logam bersifat konduktif. Emas, perak, tembaga, alumunium, zink, besi berturut-turut memiliki tahanan jenis semakin besar. Jadi sebagai penghantar emas adalah sangat baik, tetapi karena sangat mahal harganya, maka secara ekonomis tembaga dan alumunium paling banyak digunakan.

2.9.1 JENIS-JENIS KONDUKTOR

➤ Alumunium

Aluminium (atau aluminum, alumunium, almunium, alminium) ialah unsur kimia. Lambang aluminium ialah Al, dan nomor atomnya 13. Aluminium ialah logam paling berlimpah. Titik didih 2792 K (2519 °C, 4566 °F)

➤ PERAK

Perak adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Ag dan nomor atom 47. Lambangnya berasal dari bahasa Latin *Argentum*. Sebuah logam transisi lunak, putih, mengkilap, perak memiliki konduktivitas listrik dan panas tertinggi di seluruh logam dan terdapat di mineral dan dalam bentuk bebas. Logam ini digunakan dalam koin, perhiasan, peralatan meja, dan fotografi. Perak termasuk

logam mulia seperti emas. Titik didih 2435 K (2162 °C, 3924 °F) .

➤ EMAS

Emas adalah unsur kimia dlm tabel periodik yang memiliki simbol Au (bahasa Latin: 'aurum') dan nomor atom 79. Sebuah logam transisi (trivalen dan univalen) yang lembek, mengkilap, kuning, berat, "malleable", dan "ductile". Emas tidak bereaksi dengan zat kimia lainnya tapi terserang oleh klorin, fluorin dan aqua regia. Logam ini banyak terdapat di nugget emas atau serbuk di bebatuan dan di deposit alluvial dan salah satu logam coinage. Kode ISOnya adalah XAU. Emas melebur dalam bentuk cair pada suhu sekitar 1000 derajat celcius. Titik didih 3129 K (2856 °C, 5173 °F).

➤ Seng

Seng (bahasa Belanda: *zink*) adalah unsur kimia dengan lambang kimia Zn, nomor atom 30, dan massa atom relatif 65,39. Ia merupakan unsur pertama golongan 12 pada tabel periodik. Beberapa aspek kimiawi seng mirip dengan magnesium. Hal ini dikarenakan ion kedua unsur ini berukuran hampir sama. Selain itu, keduanya juga memiliki keadaan oksidasi +2. Seng merupakan unsur paling melimpah ke-24 di kerak Bumi dan memiliki lima isotop stabil. Bijih seng yang paling banyak ditambang adalah sfalerit (seng sulfida). Titik didih 1180 K (907 °C, 1665 °F)

➤ Tembaga

Tembaga adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cu dan nomor atom 29. Lambangnya berasal dari bahasa Latin *Cuprum*. Tembaga merupakan konduktor panas dan listrik yang baik. Selain itu unsur ini memiliki korosi yang cepat sekali. Tembaga murni sifatnya halus dan lunak, dengan permukaan berwarna jingga kemerahan. Tembaga dicampurkan dengan timah untuk membuat perunggu. Logam ini dan aloinya telah digunakan selama empat hari. Di era Roma, tembaga umumnya ditambang di Siprus, yang juga asal dari nama logam ini (*cyprium*, logam Siprus), nantinya disingkat jadi *cuprum*). Ikatan dari logam ini biasanya dinamai dengan tembaga(II). Ion Tembaga(II) dapat berlarut ke dalam air, dimana dimana dimana fungsi mereka dalam konsentrasi tinggi adalah

sebagai agen anti bakteri, fungisiddol, dan bahan tambahan kayu. Dalam konsentrasi tinggi maka tembaga akan bersifat racun, tapi dalam jumlah sedikit tembaga merupakan nutrien yang penting bagi kehidupan manusia dan tanaman tingkat rendah. Di dalam tubuh, tembaga biasanya ditemukan di bagian hati, otak, usus, jantung, dan ginjal. Titik didih 2835 K (2562 °C, 4643 °F).

➤ Logam

Logam pada umumnya mempunyai angka yang tinggi dalam konduktivitas listrik, konduktivitas termal, sifat luster dan massa jenis. Logam yang mempunyai massa jenis, tingkat kekerasan, dan titik lebur yang rendah (contohnya logam alkali dan logam alkali tanah) biasanya bersifat sangat reaktif. Jumlah elektron bebas yang tinggi di segala bentuk logam padat menyebabkan logam tidak pernah terlihat transparan. Mayoritas logam memiliki massa jenis yang lebih tinggi daripada nonlogam. Meski begitu, variasi massa jenis ini perbedaannya sangat besar, mulai dari litium sebagai logam dengan massa jenis paling kecil sampai osmium dengan logam dengan massa jenis paling besar.

➤ Platina

Platina adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Pt dan nomor atom 78. Sebuah logam transisi yang berat, "malleable", "ductile", berharga, berwarna putih-keabuan. Platinum tahan karat dan terdapa dalam beberapa bijih nikel dan copper. Platinum digunakan dalam perhiasan, peralatan laboratorium, gigi, dan peralatan kontrol emisi mobil.

➤ Besi

Besi adalah logam yang berasal dari bijih besi (tambang) yang banyak digunakan untuk kehidupan manusia sehari-hari. Dalam tabel periodik, besi mempunyai simbol Fe dan nomor atom 26. Besi juga mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Titik didih 3134 K (2861 °C, 5182 °F).

2.9.2 KONDUKTOR YANG DIGUNAKAN DALAM SALURAN UDARA TEGANGAN MENENGAH (SUTM)

Kawat dengan bahan konduktor untuk saluran transmisi tegangan tinggi selalu tanpa pelindung/isolasi kawat. Ini hanya kawat berbahan tembaga atau alumunium dengan inti baja (steel-reinforced alumunium cable/ACSR) telanjang besar yang terbentang untuk mengalirkan arus listrik. Jenis-jenis kawat penghantar yang biasa digunakan antara lain :

1. Tembaga dengan konduktivitas 100% (cu 100%)
2. Tembaga dengan konduktivitas 97,5% (cu 97,5%)
3. Alumunium dengan konduktivitas 61% (Al 61%)

Kawat tembaga mempunyai kelebihan dibandingkan dengan kawat penghantar alumunium, karena konduktivitas dan kuat tariknya lebih tinggi. Akan tetapi juga mempunyai kelemahan yaitu untuk besaran tahanan yang sama, tembaga lebih berat dan lebih mahal dari alumunium. Oleh karena itu kawat penghantar alumunium telah mulai menggantikan kedudukan kawat tembaga. Untuk memperbesar kuat tarik dari kawat alumunium, digunakan campuran alumunium (alumunium alloy). Untuk saluran transmisi tegangan tinggi, dimana jarak antara menara/tiang berjauhan, maka dibutuhkan kuat tarik yang lebih tinggi, oleh karena itu digunakan kawat penghantar ACSR. Kawat penghantar alumunium, terdiri dari berbagai jenis, dengan lambang sebagai berikut :

1. AAC (All-Alumunium Conductor), yaitu kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari alumunium.



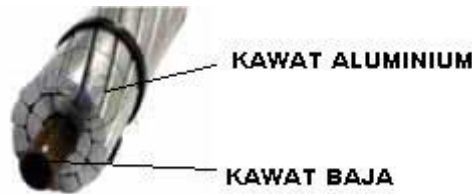
Gambar 2.7 konduktor jenis AAC

2. AAAC (All-Aluminium-Alloy Conductor), yaitu kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari campuran aluminium.



Gambar 2.8 konduktor jenis AAAC

3. ACSR (Aluminium Conductor, Steel-Reinforced), yaitu kawat penghantar aluminium berinti kawat baja.



Gambar 2.9 konduktor jenis ACSR

4. ACAR (Aluminium Conductor, Alloy-Reinforced), yaitu kawat penghantar aluminium yang diperkuat dengan logam campuran

2.10 KAPASITOR

Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan muatan arus listrik di dalam medan listrik sampai batas waktu tertentu dengan cara mengumpulkan ketidak seimbangan internal dari muatan arus listrik. Kapasitor ditemukan pertama kali oleh Michael Faraday (1791-1867). Satuan kapasitor disebut Farad (F). Satu Farad = $9 \times 10^{11} \text{ cm}^2$ yang artinya luas permukaan kepingan tersebut. Kapasitor disebut juga kondensator. Kata “kondensator” pertama kali disebut oleh Alessandro Volta seorang ilmuwan Italia pada tahun

1782 (dari bahasa Italia “condensatore”), yaitu kemampuan alat untuk menyimpan suatu muatan listrik.

2.10.1 FUNGSI KAPASITOR

Fungsi kapasitor adalah untuk menyimpan arus/tegangan listrik. Untuk arus DC kapasitor berfungsi sebagai isolator/penahan arus listrik, sedangkan untuk arus AC berfungsi sebagai konduktor/melewatkan arus listrik. Dalam penerapannya kapasitor digunakan sebagai filter/penyaring, perata tegangan DC pada pengubah AC to DC, pembangkit gelombang ac atau oscilator dsb.

2.10.2 JENIS KAPASITOR SISTEM TENAGA LISTRIK

➤ **Kapasitor daya**

Kapasitor daya terdiri dari 3 (tiga) jenis yaitu kapasitor shunt, seri dan penyadap.

- **Kapasitor shunt**

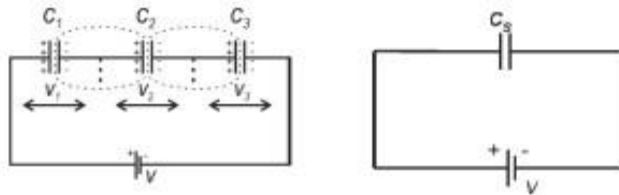
Kapasitor digunakan untuk kompensasi beban induktif dan untuk pengaturan tegangan ujung transmisi. Aplikasi kapasitor shunt akan memperbaiki faktor daya jaringan, mengurangi rugi-rugi (losses) jaringan, menetralkan/meniadakan jatuh tegangan dan memperbaiki stabilitas tegangan sehingga dengan kata lain suatu kapasitor shunt akan menaikkan angka efisiensi pada jaringan dengan memperbaiki faktor daya.



Gambar 2.10 kapasitor shunt

➤ **Kapasitor seri**

Kapasitor Seri digunakan pada transmisi daya yang sangat panjang untuk mengkompensasi reaktansi induktif transmisi.



Gambar 2.11 kapasitor seri

➤ **Kapasitor penyadap**

Kapasitor penyadap digunakan untuk menyadap daya dari jaringan tegangan tinggi untuk keperluan daya yang tidak begitu besar.

➤ **Kapasitor gandeng**

Kapasitor gandeng yaitu kapasitor yang digunakan untuk pembawa sinyal komunikasi antar gardu induk atau antar pusat pembangkit.

➤ **Kapasitor pembagi tegangan**

Kapasitor pembagi tegangan yaitu kapasitor yang digunakan untuk pengukuran tegangan transmisi dan rel daya.



Gambar 2.12 kapasitor pembagi tegangan

➤ **Kapasitor filter**

Kapasitor filter yaitu kapasitor yang digunakan untuk konverter, terutama pada sistem transmisi arus searah. Selain itu juga dapat digunakan sebagai filter harmonik yang akan mengurangi kandungan harmonik jaringan, memperbaiki faktor daya dan mengurangi rugi-rugi jaringan. Filter harmonik yang dipasang untuk mengurangi distorsi harmonik pada suatu jaringan memiliki kemampuan sebaik menyediakan daya reaktif yang dibutuhkan untuk kompensasi jaringan.



Gambar 2.13 Kapasitor Filter

➤ **Kapasitor perata**

Kapasitor perata yaitu kapasitor yang digunakan untuk meratakan distribusi tegangan pada peralatan tegangan tinggi seperti pada pemutus daya (circuit breaker).



Gambar 2.14 Kapasitor Perata

2.10.3 RUMUS KAPASITOR

Rumus Kapasitor terdiri dari beberapa rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya muatan listrik baik yang dihasilkan oleh kapasitor maupun muatan listrik yang masuk. Berikut ini adalah beberapa rumus tentang kapasitor dengan rangkaian paralel, rangkaian seri dan rangkaian kapasitor seri dan paralel yang satuan hitungnya adalah farad (F). Berikut ini adalah rumusan-rumusan yang disimpan dalam keping-keping kapasitor yang bermuatan listrik sebagai berikut :

$$Q = C V$$

Penjelasan:

Q = Muatan yang satuannya Coulomb

C = Kapasitas yang satuannya Farad

V = Tegangan yang satuannya Volt

Kapasitor bisa berfungsi sebagai baterai karena tegangan tetap berada di dalam kapasitor meskipun sudah tidak dihubungkan, lamanya tegangan yang tertinggal bergantung pada kapasitas kapasitor itu sendiri. Contoh rumus lain dalam rangkaian kapasitor :

- **Rumus untuk Kapasitor dengan Rangkaian Paralel**

$$C \text{ Total} = C1 + C2 + C3$$

Pada Rumus Kapasitor diatas dapat disimpulkan bahwa, pada rangkaian Kapasitor paralel tidak terjadi sama sekali pembagian untuk tegangan atau muatan listrik, semua tegangan akan memiliki jumlah yang sama pada setiap titik yang ada di rangkaian kapasitor paralel tersebut alasannya karena pada titik yang sama kapasitor paralel tersebut dihubungkan, sehingga tidak memiliki perubahan yang berarti.

- **Rumus untuk Kapasitor dengan Rangkaian Seri**

$$1/C \text{ Total} = 1/C1 + 1/C2 + 1/C3$$

Pada rumus untuk kapasitor dengan rangkaian seri diatas dapat disimpulkan bahwa, pada setiap pengukuran kapasitor seri ini terjadi pembagian tegangan dari sumber tegangan kepada setiap titik, yang pada akhirnya jika digabungkan dengan cara di jumlahkan tegangan-tegangannya dari setiap titik maka akan terlihat sama seperti jumlah tegangan dari sumber tegangan.

- **Rangkaian Rumus Kapasitor Seri dan Paralel**

$$C \text{ Total} = (C1 + C2) // C3$$

$$1/CA = 1/C1 + 1/C2 \text{ (seri)}$$

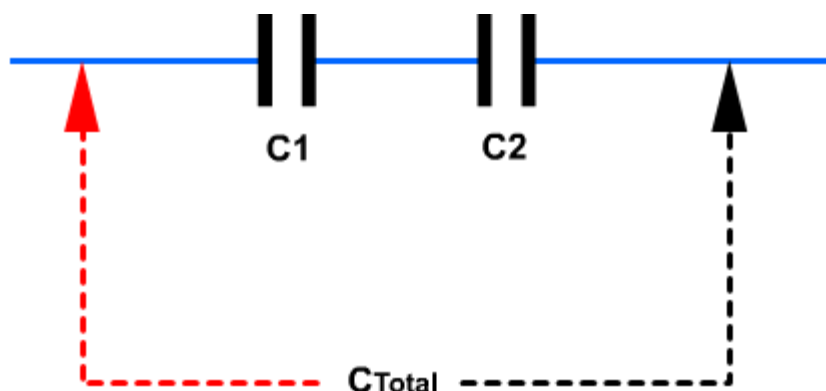
Pada Rumus Kapasitor dengan rangkaian seri dan paralel diatas dapat disimpulkan bahwa, rangkaian jenis ini dapat dihitung dengan cara mengkombinasikan dari beberapa persamaan yang terlihat dari kedua rumus

kapasitor tersebut, yaitu seri dan paralel. Sehingga kita dapat mengetahui jumlah keseluruhan dari gabungan antara 2 jenis kapasitor ini.

2.10.4 MENGHITUNG KAPASITOR

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengetahui nilai kapasitas sebuah kapasitor (capacitor/ condensator) di antaranya dengan melihat kode warna kapasitor, kode angka kapasitor, atau melalui pengukuran menggunakan alat ukur capacitance meter. Besarnya kapasitas dari kapasitor yang sudah dihubungkan dengan kapasitor lain dalam sebuah rangkaian akan tergantung dari jenis rangkaian yang dibangun. Jika kapasitor dirangkai secara seri maka akan berlaku rumus $1/C_{Total} = 1/C1 + 1/C2 + 1/Cn$, sedangkan jika kapasitor-kapasitor tersebut dirangkai secara paralel maka kapasitas totalnya akan merupakan penjumlahan dari kapasitor-kapasitor yang ada yakni $C_{Total} = C1 + C1 + Cn$. Rumus untuk menghitung kapasitor ini adalah kebalikan dari rumus untuk mencari total resistansi komponen resistor. Untuk menghitung kapasitas dari deretan condensator pada rangkaian seri, rangkaian paralel, atau kombinasi keduanya dapat dilihat pada contoh-contoh di bawah:

Contoh 1 (pada rangkaian seri)



Gambar di atas terdiri dari dua buah kapasitor (condensator) yang dirangkai seri. Jika $C1 = 100 \text{ nF}$ dan $C2 = 10 \text{ nF}$ maka untuk menghitung kapasitas totalnya adalah sebagai berikut:

$$1/C_{\text{Total}} = 1/C_1 + 1/C_2$$

$$1/C_{\text{Total}} = 1/100 + 1/10$$

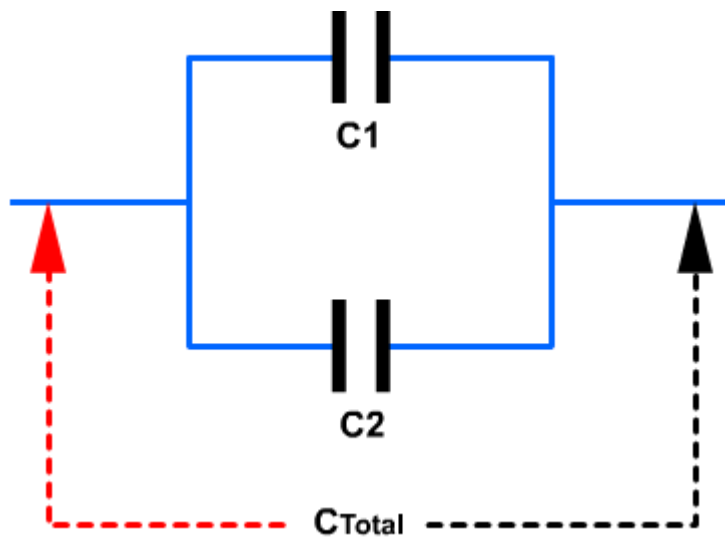
$$1/C_{\text{Total}} = 1/100 + 10/100 \text{ (samakan penyebutnya)}$$

$$1/C_{\text{Total}} = 11/100$$

$$C_{\text{Total}} = 100/11$$

$$C_{\text{Total}} = \pm 9.09 \text{ nF (nano Farad)}$$

Contoh 2 (pada rangkaian paralel)



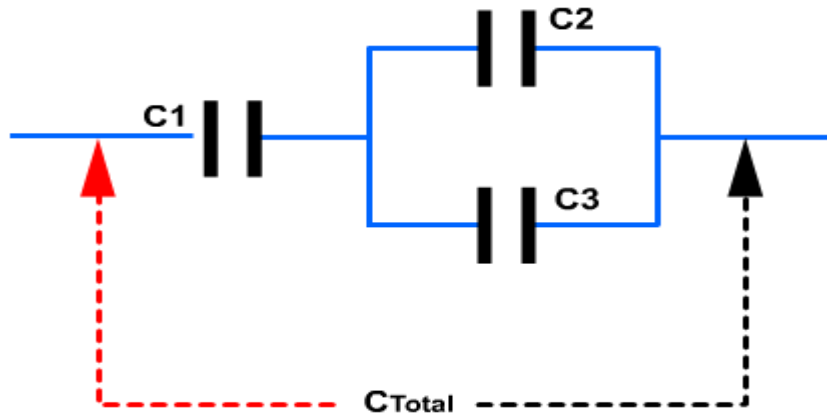
Gambar di atas adalah dua buah kapasitor yang dirangkai paralel. Jika $C_1 = 4700 \mu\text{F}$ dan $C_2 = 2200 \mu\text{F}$ maka untuk menghitung kapasitas totalnya adalah sebagai berikut:

$$C_{\text{Total}} = C_1 + C_2$$

$$C_{\text{Total}} = 4700 + 2200$$

$$C_{\text{Total}} = 6900 \mu\text{F (micro Farad)}$$

Contoh 3 (pada rangkaian seri-paralel)



Jika tiga buah kapasitor dirangkai secara seri-paralel seperti pada gambar di atas, maka untuk menghitung kapasitas totalnya harus menggunakan rumus seri dan rumus paralel seperti pada contoh 1 dan contoh 2. Jika $C_1 = 1000 \mu\text{F}$, $C_2 = 500 \mu\text{F}$, dan $C_3 = 500 \mu\text{F}$, maka:

$C_p = C_2 // C_3$ (gunakan rumus kapasitor paralel)

$$C_p = C_2 + C_3$$

$$C_p = 500 + 500$$

$$C_p = 1000 \mu\text{F}$$

$1/C_{\text{Total}} = 1/C_1 + 1/C_p$ (gunakan rumus kapasitor seri)

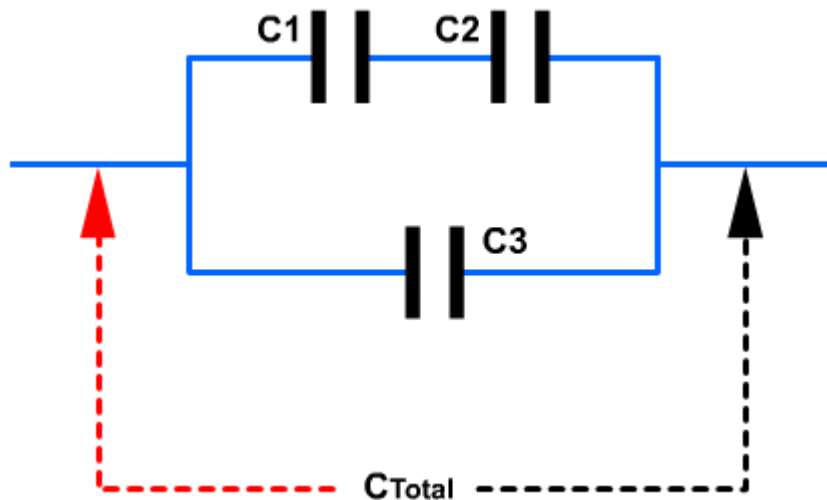
$$1/C_{\text{Total}} = 1/1000 + 1/1000$$

$$1/C_{\text{Total}} = 2/1000$$

$$C_{\text{Total}} = 1000/2$$

$$C_{\text{Total}} = 500 \mu\text{F}$$

Contoh 4 (pada rangkaian seri paralel)



Pada gambar di atas jika $C1 = 100 \mu F$, $C2 = 100 \mu F$, dan $C3 = 220 \mu F$ maka kapasitas totalnya adalah:

$$1/C_s = 1/C1 + 1/C2 \text{ (gunakan rumus kapasitor seri)}$$

$$1/C_s = 1/100 + 1/100$$

$$1/C_s = 2/100$$

$$C_s = 100/2$$

$$C_s = 50 \mu F$$

$$C_{Total} = C_s // C3 \text{ (gunakan rumus kapasitor paralel)}$$

$$C_{Total} = C_s + C3$$

$$C_{Total} = 50 + 220$$

$$C_{Total} = 270 \mu F \text{ (micro Farad)}$$

2.11 HUKUM OHM

Bunyi hukum Ohmyaitu:

Besarnya arus listrik yang mengalir sebanding dengan besarnya beda potensial (Tegangan). Untuk sementara tegangan dan beda potensial dianggap sama walau sebenarnya kedua secara konsep berbeda. Secara matematika di tuliskan $I \propto V$ atau $V \propto I$, Untuk menghilangkan kesebandingan ini maka perlu ditambahkan

sebuah konstanta yang kemudian di kenal dengan Hambatan (R) sehingga persamaannya menjadi $V = I.R$. Dimana V adalah tegangan (volt), I adalah kuat arus (A) dan R adalah hambatan (Ohm). Perbandingan antara tegangan dengan kuat arus merupakan suatu bilangan konstan yang disebut hambatan listrik. Secara matematika di tuliskan $V/I = R$ atau dituliskan $V = I.R$.

Keduanya menghasilkan persamaan yang sama, tinggal anda menyukai dan menyakini yang mana silakan pilih saja karena keduanya benar dan ada buku literturnya.

Fungsi utama hukum Ohm adalah digunakan untuk mengetahui hubungan tegangan dan kuat arus serta dapat digunakan untuk menentukan suatu hambatan beban listrik tanpa menggunakan Ohmmeter. Kesimpulan akhir hukum Ohm adalah semakin besar sumber tegangan maka semakin besar arus yang dihasilkan. Kemudian konsep yang sering salah pada siswa adalah hambatan listrik dipengaruhi oleh besar tegangan dan arus listrik. Konsep ini salah, besar kecilnya hambatan listrik tidak dipengaruhi oleh besar tegangan dan arus listrik tetapi dipengaruhi oleh panjang penampang, luas penampang dan jenis bahan.

- Tegangan 1 (satu) Volt ialah tegangan yang dapat mengalirkan arus satu amper melalui tahanan satu ohm. Hasil penyelidikan George Simon Ohm bahwa jika tegangan dinaikan 2x tahanan tetap, maka kuat arusnya juga akan naik 2x. sedangkan arus di dalam rangkaian, berubah sebanding lurus dengan tegangan yang dipakai. Jika tegangannya tetap, tetapi tahanannya diperbesar 2x maka arus diperkecil menjadi setengahnya dan jika tahanannya diperkecil menjadi setengahnya, maka arusnya naik menjadi 2x. arus dalam rangkaian naik apabila tahanannya turun, dan arus turun jika tahanannya naik.
- Hukum Ohm merupakan sebuah teori yang menjelaskan hubungan antara kuat arus, tegangan, dan resistansi. Berdasarkan hukum Ohm, semakin besar tegangan yang diberikan maka akan semakin besar kuat arus yang dihasilkan. Sebaliknya, jika resistansi atau nilai hambatan yang dimiliki kawat penghantar semakin besar, maka kuat arus yang dihasilkan akan semakin kecil. Secara matematis, hukum Ohm dapat ditulis sebagai berikut :

$$V = I \cdot R$$

Dengan :

V = besar tegangan (V)

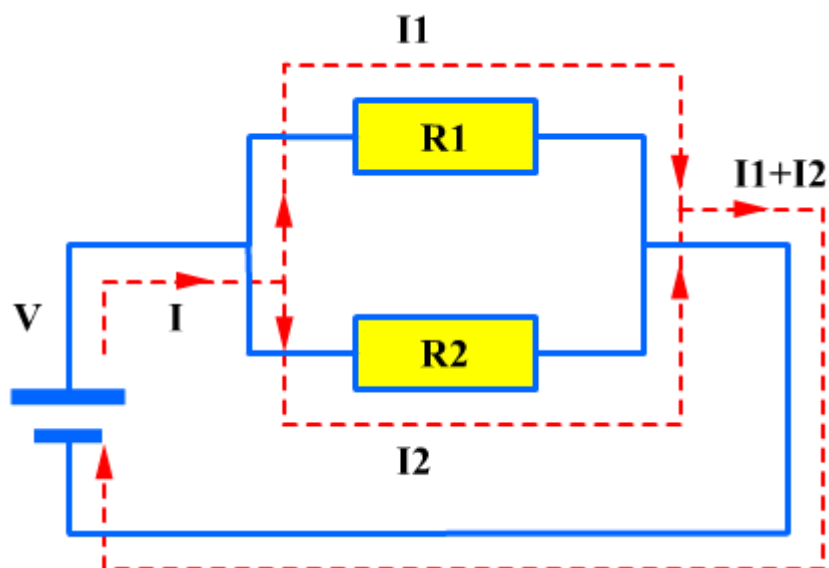
I = kuat arus yang mengalir (A)

R = besar hambatan (Ω)

Catatan: Simbol tegangan selain ditulis dengan huruf “V” dapat juga diganti dengan “E” atau “U”

➤ Contoh Penghitungan Arus, Tegangan, Daya, dan Resistansi pada Rangkaian Paralel

- Contoh Soal 1



Perhatikan contoh gambar di atas. Jika tegangan sumber (V) adalah 12 Volt, $R_1 = 2 \text{ K}\Omega$, dan $R_2 = 3 \text{ K}\Omega$, berapa arus yang mengalir di setiap resistor dan berapa daya masing-masing resistor tersebut?

Penyelesaian :

Diketahui

$$V = 12 \text{ Volt}$$

$$R_1 = 2 \text{ K}\Omega = 2.000 \Omega$$

$$R_2 = 3 \text{ K}\Omega = 3.000 \Omega$$

$$V = V_{R1} = V_{R2} = 12 \text{ V}$$

Menghitung Resistansi

$$1/R_{\text{Total}} = 1/R_1 + 1/R_2 \text{ (rumus resistor paralel)}$$

$$1/R_{\text{Total}} = 1/2.000 + 1/3.000$$

$$1/R_{\text{Total}} = 3/6.000 + 2/6.000 \text{ (samakan penyebutnya)}$$

$$1/R_{\text{Total}} = 5/6.000$$

$$R_{\text{Total}} = 6.000/5$$

$$R_{\text{Total}} = 1.200 \Omega \text{ atau } 1.2 \text{ K}\Omega$$

Menghitung Arus

$$V = I \times R \text{ (hukum Ohm)}$$

$$I = V / R$$

$$I_{\text{Total}} = V/R_{\text{Total}}$$

$$I_{\text{Total}} = 12 / 1.200$$

$$I_{\text{Total}} = 0.01 \text{ A atau } 10 \text{ mA}$$

Gunakan perbandingan terbalik untuk menghitung arus I_1 dan I_2 (ada 5 bagian yakni dari penyederhanaan $2 \text{ K}\Omega$ dan $3 \text{ K}\Omega$) jadi:

$$I_{\text{Total}} = I_1 + I_2$$

$$3/5 + 2/5 = 5/5 \text{ atau } 1$$

$$I_1 = \text{tiga bagian dari } 5$$

$$I_2 = \text{dua bagian dari } 5$$

$$I_1 = 3/5 \times I_{\text{Total}}$$

$$I_1 = 3/5 \times 0.01$$

$$I_1 = 0.006 \text{ A atau } 6 \text{ mA}$$

$$I_2 = 2/5 \times I_{\text{Total}}$$

$$I_2 = 2/5 \times 0.01$$

$$I_2 = 0.004 \text{ A atau } 4 \text{ mA}$$

$$I_{\text{Total}} = I_1 + I_2$$

$$I_{\text{Total}} = 0.006 + 0.004$$

$$I_{\text{Total}} = 0.01 \text{ A atau } 10 \text{ mA}$$

Menghitung Tegangan

$V = V_{R1} = V_{R2}$ (tegangan pada rangkaian paralel besarnya sama)

$V_{R1} = 12 \text{ Volt}$

$V_{R2} = 12 \text{ Volt}$

Menghitung Daya

$P = I \times V$

$P_1 = I_1 \times V_{R1}$

$P_1 = 0.006 \times 12$

$P_1 = 0.072 \text{ Watt atau } 72 \text{ mW}$

$P_2 = I_2 \times V_{R2}$

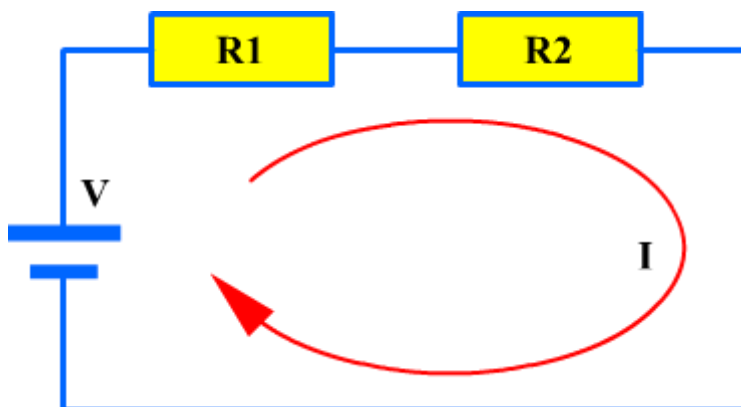
$P_2 = 0.004 \times 12$

$p_2 = 0.048 \text{ Watt atau } 48 \text{ mW}$

Kesimpulan

1. Besarnya arus total adalah 10 mili Ampere
2. Arus yang mengalir di R1 (I1) adalah 6 mili Watt
3. Arus yang mengalir di R2 (I2) adalah 4 mili Watt
4. Daya di R1 (P1) adalah 72 mili Watt
5. Daya di R2 (P2) adalah 48 mili Watt

➤ Contoh Penghitungan Arus, Tegangan, Daya, dan Resistansi pada Rangkaian Seri



Jika pada rangkaian di atas diketahui sumber tegangan DC = 12 Volt, $R_1 = 8 \text{ K}\Omega$, dan $R_2 = 4 \text{ K}\Omega$, berapa arus yang mengalir, tegangan, dan daya di setiap resistor (R_1 dan R_2).

Penyelesaian:

Diketahui

$$V = 12 \text{ Volt}$$

$$R_1 = 8 \text{ K}\Omega \text{ atau } 8.000 \Omega \text{ (harus dalam satuan Ohm)}$$

$$R_2 = 4 \text{ K}\Omega \text{ atau } 4.000 \Omega \text{ (harus dalam satuan Ohm)}$$

$$R_{\text{Total}} = R_1 + R_2 \text{ (karena rangkaian seri)}$$

$$R_{\text{Total}} = 8.000 + 4.000$$

$$R_{\text{Total}} = 12.000 \Omega \text{ atau } 12 \text{ K}\Omega$$

Menghitung Arus

$$V = I \times R \text{ (Hukum Ohm)}$$

$$I = V / R$$

$$I = 12 / 12.000$$

$$I = 0.001 \text{ Ampere atau } 1 \text{ mA (mili Ampere)}$$

Menghitung Tegangan

Untuk menghitung daya, harus diketahui tegangan di masing-masing resistor (VR1 dan VR2). Karena ini merupakan rangkaian seri, maka arus yang mengalir pada R1 dan R2 besarnya sama ($I_1=I_2$).

$$V = I \times R$$

$$V_{R1} = I_1 \times R_1$$

$$V_{R1} = 0.001 \times 8.000$$

$$V_{R1} = 8 \text{ Volt}$$

$$V_{R2} = I_2 \times R_2$$

$$V_{R2} = 0.001 \times 4.000$$

$$V_{R2} = 4 \text{ Volt}$$

$$V = V_{R1} + V_{R2}$$

$$12 \text{ V} = 8 \text{ V} + 4 \text{ V}$$

Menghitung Daya

$$P = I \times V$$

$$P_1 = I_1 \times V_{R1}$$

$$P_1 = 0.001 \times 8$$

$$P_1 = 0.008 \text{ Watt atau } 8 \text{ mW (mili Watt)}$$

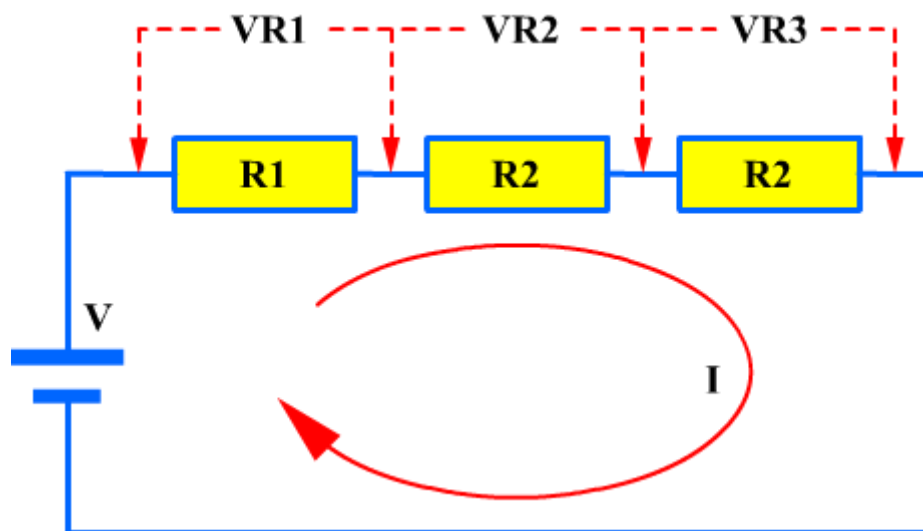
$$P_2 = I_2 \times V_{R2}$$

$$P_2 = 0.001 \times 4$$

$$P_2 = 0.004 \text{ Watt atau } 4 \text{ mW (mili Watt)}$$

Kesimpulan

1. Arus yang mengalir (I) adalah 1 mA
2. Tegangan di R1 (VR1) adalah 8 V
3. Tegangan di R2 (VR2) adalah 4 V
4. Daya di R1 (P1) adalah 8 mW
5. Daya di R2 (P2) adalah 4 mW



Perhatikan contoh lain untuk menghitung arus, tegangan, daya, dan resistansi pada rangkaian seri yang terdiri dari tiga buah resistor (R1, R2, dan R3) seperti pada gambar di atas. Jika diketahui tegangan sumber adalah 15 Volt, $R_1 = 500 \Omega$, $R_2 = 5 \text{ K}\Omega$, dan arus yang mengalir adalah 2 mA, berapa resistansi R3 dan daya di masing-masing resistor.

Penyelesaian:

Diketahui

$$R_1 = 500 \Omega$$

$$R_2 = 5.000 \Omega$$

$$V = 15 \text{ Volt}$$

$$I = 2 \text{ mA} = 0.002 \text{ A}$$

Menghitung Resistansi

$$R_{\text{Total}} = R_1 + R_2 + R_3 \text{ (Rumus resistor seri)}$$

$$R_{\text{Total}} = 500 \, \Omega + 5.000 \, \Omega + R_3$$

$$R_{\text{Total}} = 5.500 \, \Omega + R_3$$

$$V = I \times R \text{ (Hukum Ohm)}$$

$$R = V / I$$

$$R_{\text{Total}} = 15 / 0.002$$

$$R_{\text{Total}} = 7.500 \, \Omega = 7.5 \, \text{K}\Omega$$

$$R_{\text{Total}} = 5.500 \, \Omega + R_3$$

$$R_3 = R_{\text{Total}} - 5.500 \, \Omega$$

$$R_3 = 2.000 \, \Omega = 2 \, \text{K}\Omega$$

Menghitung Tegangan

$$V = I \times R$$

$$I = I_1 = I_2 = I_3 \text{ (Arus pada rangkaian seri besarnya sama)}$$

$$V_{R1} = I_1 \times R_1$$

$$V_{R1} = 0.002 \times 500$$

$$V_{R1} = 1 \text{ Volt}$$

$$V_{R2} = I_2 \times R_2$$

$$V_{R2} = 0.002 \times 5000$$

$$V_{R2} = 10 \text{ Volt}$$

$$V_{R3} = I_3 \times R_3$$

$$V_{R3} = 0.002 \times 2.000$$

$$V_{R3} = 4 \text{ Volt}$$

$$V = V_{R1} + V_{R2} + V_{R3}$$

$$15 \text{ V} = 1 \text{ V} + 10 \text{ V} + 4 \text{ V}$$

Menghitung Daya

$$P = I \times V$$

$$P_1 = I_1 \times V_{R1}$$

$$P_1 = 0.002 \times 1$$

$$P_1 = 0.002 \text{ W atau } 2 \text{ mW}$$

$$P_2 = I_2 \times V_{R2}$$

$$P_2 = 0.002 \times 10$$

$$P_2 = 0.02 \text{ W atau } 20 \text{ mW}$$

$$P_3 = I_3 \times V_{R3}$$

$$P_3 = 0.002 \times 4$$

$$P_3 = 0.008 \text{ W atau } 8 \text{ mW}$$

Kesimpulan

1. Resistansi di R3 adalah $2 \text{ K}\Omega$
2. Tegangan di R1 (V_{R1}) adalah 1 Volt
3. Tegangan di R2 (V_{R2}) adalah 10 Volt
4. Tegangan di R3 (V_{R3}) adalah 4 Volt
5. Daya di R1 (P_1) adalah 2 mW
6. Daya di R2 (P_2) adalah 20 mW
7. Daya di R3 (P_3) adalah 8 mW

BAB III

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 PERMASALAHAN

Masalah yang terjadi pada system penyaluran yaitu kerugian daya akibat gejala yang timbul sehingga mungurangi daya pada saat penyaluran. Seperti yang kita ketahui rugi-rugi daya sering terjadi dalam pendistribusian tenaga listrik. Untuk itu dalam mengatasi rugi-rugi daya perlu dilakukan pengecekan pada alat-alat pada system transmisi. Setelah dilakukan pengecekan pada alat alat yang membantu system penyaluran daya maka akan diketahui terjadinya error atau kerugian daya. Permasalahan ini dapat dicegah atau diatasi dengan 3 cara, meninggikan tegangan transmisi, memperkecil tahanan konduktor, memperbesar factor daya beban.

3.2 PELAKSANAAN DALAM MENGATASI KERUGIAN DAYA

3.2.1 PROSEDUR KERJA

1. Persiapan

- Menyiapkan surat Perintah Kerja dari atasan yang berwenang
- Menyiapkan peralatan kerja :
 - *Toolkit 1 set*
 - *Shackel Stock 20 kV*
 - *Fuse Puller*
 - *Tali Tambang*
 - *Katrol*
 - *Takel*
 - *Tirfor*
 - *Tangga*

➤ Menyiapkan Peralatan ukur :

- Multimeter
- Tang Amper

➤ Menyiapkan peralatan K3 :

- Helm Pengaman
- Sepatu
- Sarung tangan isolasi
- Pakaian kerja
- Tali Pengaman / Safety Belt
- P3K

2. Pelaksanaan

➤ Meningkatkan Tegangan Transmisi

Pertama menaikkan tegangan transmisi pada GI atau menaikkan tegangan pada trafo step up namun harus diingat bahwa dengan menaikkan tegangan maka dapat menimbulkan gejala korona dan dapat menimbulkan gangguan pada komunikasi pada radio, dengan menerapkan atau menaikkan tegangan maka membutuhkan biaya tambahan untuk isolasi pada gardu induk dan peralatan transmisi.

➤ Memperkecil Tahanan Konduktor

Kedua jika ingin memperkecil tahanan konduktor, maka luas penampang konduktor harus diperbesar. Sedangkan luas penampang konduktor ada batasnya.

➤ Memperbesar Faktor Daya Beban

Ketiga jika ingin memperbaiki faktor daya beban, maka perlu dipasang kapasitor kompensasi (shunt capacitor). Perbaiki faktor daya yang diperoleh dengan pemasangan kapasitor pun ada batasnya.

3.3 URAIAN MASALAH

Seperti yang kita ketahui rugi-rugi daya sering terjadi dalam pendistribusian tenaga listrik. Untuk itu dalam mengatasi rugi-rugi daya perlu dilakukan pengecekan pada alat-alat pada system transmisi. Pada proses penyaluran pada system transmisi sangat perlu dilakukan maintenance pada alat-alat yang ada, seperti pada isolator dan konduktor dan alat-alat yang lain. Karna dengan adanya maintenance proses penyaluran akan berjalan lancar. Setiap tahun jumlah pemakaian tenaga listrik semakin bertambah sehingga untuk menghindari kerugian yang sangat besar, sangat perlu dilakukan pergantian alat pada alat-alat yang sudah berumur. Kasus yang terjadi pada system penyaluran transmisi adalah sering terjadinya kerusakan pada isolator dan beberapa factor lain sehingga menimbulkan gejala korona yang mengakibatkan kerugian pada system penyaluran daya.

3.4 PEMECAHAN MASALAH

Seusai dengan uraian masalah diatas dan berdasarkan tinjauan industri dalam hal ini untuk melakukan perbaikan harus berkonsultasi dengan manager penyaluran dan maintenance, maka akan dilakukan tindakan perbaikan pada alat-alat yang berpengaruh mengurangi daya listrik.

BAB IV

PENUTUP

4.1 KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan pelaksanaan mengatasi rugi-rugi daya, dapat disimpulkan bahwa :

- Tidak seringnya melakukan pengecekan pada alat-alat pada system transmisi mengakibatkan kerugian pada penyaluran daya.
- Kerugian daya banyak terjadi akibat alat-alat pada penyaluran daya sudah perlu untuk diganti seperti isolator dan lain-lain.
- Monitoring yang tidak sering dapat menimbulkan kelalaian pada system penyaluran.
- Dengan dilakukannya maintenance pada system penyaluran maka kerugian yang akan timbul semakin berkurang walaupun rugi-rugi daya itu pasti akan selalu timbul pada system penyaluran daya.

4.2 SARAN

- Perlunya dilakukan pemeliharaan dan pergantian alat-alat tepat waktu sehingga tidak timbul masalah yang lebih besar pada system penyaluran.
- Petugas perlu lebih memperhatikan para trainer yang ada untuk turun di lapangan sehingga jumlah petugas lapangan bertambah

DAFTAR PUSTAKA

1. Daman Suswanto, (2012). Materi 5 isolator jaringandistribusi. Tersedia: <http://daman48.files.wordpress.com/2010/11/materi-5-isolator-jaringan-distribusi.html> (21Juni 2015)
2. Dini Amelia, (2011). Jenis-jeniskonduktor. Tersedia: <http://dinzamelia.blogspot.com/2012/03/jenis-jenis-konduktor-alumunium-perak.html> (24 Juni 2015)
3. DirektoriListrik, (2013). Efekkoronapadasalurantransmisi. Tersedia: <http://direktorilistrik.blogspot.com/efek-corona-pada-saluran-transmisi.html> (20Juni 2015)
4. DuniaListrik, (2009). Tersedia: <http://dunia-listrik.blogspot.com/gejala-korona-pada-sistem-tegangan.html> (20Juni 2015)
5. Elektronika123, (2013). /rangkaian-paralel/rangkaian-seri/rumus-kapasitorTersedia: <http://www.elektronika123.com> (16 Agustus 2015)
6. HarmunantoDwiwahyono, (2011). Macam-macamjeniskonduktor yang digunakandalam SUTM. Tersedia: [http://mo3mo3n.blogspot.com/2011/10/macam-macam-jenis-konduktor yang.html](http://mo3mo3n.blogspot.com/2011/10/macam-macam-jenis-konduktor-yang.html) (24 Juni 2015)
7. IlmuListrik,(2013). Kapasitorpada system tenagalistrik. Tersedia: <http://ilmulistrik.com/kapasitor-pada-sistem-tenaga-listrik.html> (26Juni 2015)
8. Simanungkalit, J.K (2013). Koronapadasalurantransmisi.tersedia: <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/37385/4/Chapter%20II.html> (20 Juni 2015)
9. Suryatmo, F (1996). Dasar-dasarTeknikListrik. Hukum Ohm. Surabaya. Terbitan: RinekeCipta

LAMPIRAN