

ANALISA TERBENTUKNYA KORONA PADA SALURAN KUBICLE TEGANGAN 20KV SERTA PENGARUHNYA TERHADAP RUGI-RUGI DAYA

Rusdi Syahbana

Universitas Pramita Indonesia Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro

Jl. Kampus Pramita Curug Tangerang

e-mail: masrusdi.syahbana@gmail.com

Abstrak

Korona merupakan sebuah fenomena yang sering terjadi pada peralatan tegangan tinggi. Penyebab timbulnya korona adalah medan yang memiliki tingkat ketidakseragaman tinggi. Keberadaan korona pada sistem transmisi tegangan tinggi sangat merugikan, karena korona menyebabkan rugi-rugi daya serta kekuatan bahan isolasi akan mengalami penurunan akibat tumbukan bertubi pada bahan isolasi dan reaksi kimia yang terbentuk akibat korona. Korona memiliki frekuensi yang tinggi sehingga tidak jarang korona dapat mengganggu sistem telekomunikasi radio. Pada saluran udara tegangan Menengah, tinggi dan ekstra tinggi masalah korona merupakan suatu masalah yang sudah harus diperhitungkan. Korona ditandai dengan timbulnya cahaya yang berwarna violet muda di sekitar permukaan kawat penghantar yang disertai dengan suara mendesis dan berbau ozone. Fenomena korona ini menyebabkan adanya rugi-rugi daya pada saluran transmisi. Rugi-rugi daya akibat korona tersebut dapat dipengaruhi oleh: luas penampang kawat penghantar, jarak antara kawat penghantar, keadaan permukaan kawat penghantar dan kondisi cuaca. Untuk mereduksi rugi-rugi daya akibat korona, dapat dilakukan dengan memperbesar jarak antara kawat penghantar, memperbesar luas penampang kawat penghantar dan transposisi jaringan transmisi.

Kata kunci: korona, penghantar, transmisi

Abstract

Corona is a phenomenon that often occurs in high voltage equipment. The cause of a corona is a terrain that has a high degree of non-uniformity. The existence of corona in high voltage transmission systems is very detrimental, because the corona causes power losses and the strength of the insulating material will decrease due to collision in the insulating material and chemical reactions formed by the corona. Corona has a high frequency so it is not uncommon for corona to interfere with the radio telecommunications system. In medium voltage airways, high and extra high corona problems are a problem that must be taken into account. Corona is characterized by the emergence of light in violet light around the surface of the conductive wire accompanied by a hissing sound and an ozone smell. This corona phenomenon causes power losses in the transmission line. The power losses due to the corona can be influenced by: the cross-sectional area of the lead wire, the distance between the lead wire, the surface condition of the lead wire and weather conditions. To reduce power losses due to corona, it can be done

by increasing the distance between the lead wire, increasing the cross-sectional area of the lead wire and transposing the transmission network.

Keyword: corona, conductor, transmission

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kubikel 20 kV adalah seperangkat peralatan listrik yang dipasang pada gardu distribusi yang mempunyai fungsi sebagai pembagi, pemutus, penghubung, pengontrol, dan proteksi sistem penyaluran tenaga listrik tegangan 20 kV. Kubikel biasa terpasang pada gardu distribusi atau gardu hubung. Penyaluran energi listrik dari pembangkit energi listrik ke beban membutuhkan saluran transmisi. Jauhnya jarak antara pembangkit energi listrik dengan pusat-pusat beban membutuhkan saluran transmisi energy listrik yang panjang. Namun semakin panjang saluran transmisi yang digunakan, maka semakin besar pula rugi daya pada saluran sehingga daya yang sampai pada tujuan telah banyak berkurang, sehingga menyebabkan efisiensi saluran transmisi rendah dan regulasi tegangan saluran transmisi menjadi tinggi. Untuk menghindari hal tersebut maka salah satu cara yang dilakukan adalah dengan menaikkan tegangan listrik pada saluran transmisi menjadi tegangan ekstra tinggi. Namun jika digunakan tingkat tegangan yang lebih tinggi akan berpotensi timbul peristiwa korona. Korona menyebabkan rugi korona dan dampak negatif terhadap lingkungan berupa Audible noise (AN) dan Radio interference (RI). Nilai AN dan nilai RI perlu diperhatikan dalam perencanaan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) karena dikhawatirkan dapat mengganggu lingkungan sekitar jalur saluran transmisi udara.

Jarak kawat antar fasa merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai rugi korona. Meningkatnya jarak konduktor antar fasa

berbanding terbalik dengan gradien tegangan permukaan konduktor sehingga mengurangi resiko terjadi korona. Semakin kecil rugi korona yang terjadi maka nilai AN dan RI juga dapat diperkecil.

Tujuan

Dimotivasi latar belakang di atas, tulisan ini melakukan analisa terbentuknya korona pada jaringan cubicle 20 kV serta rugi-rugi daya korona. Analisa ini sangat penting bagi pengguna jaringan transmisi tegangan tinggi 20 kV, sehingga bisa meminimalisir kerugian yang disebabkan oleh gejala korona tersebut. Selain rugi-rugi daya, korona dapat juga menyebabkan kerusakan pada panel cubicle 20 kV tentunya hal ini kalau dibiarkan terlalu lama akan menimbulkan kerugian yang lebih besar lagi bagi pengguna jaringan tersebut.

II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Mengamati system kerja panel kubikel 20 kV di area gardu induk 3 PT. Qualis Indonesia.
- Menganalisa terjadinya korona pada instalasi kubikel khusus jaringan input transformator 200 kVA.
- Menganalisa dampak terjadinya korona terhadap rugi-rugi daya
- Identifikasi dampak-dampak lain akibat gejala korona pada jaringan instalasi kubikel 20 kV.

Tempat penelitian ini dilakukan di area Shielding room Lab MV/HV, PT. Qualis Indonesia.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengertian Kubikel.

Kubikel 20 kV adalah seperangkat peralatan listrik yang dipasang pada gardu distribusi yang mempunyai fungsi sebagai pembagi, pemutus, penghubung, pengontrol, dan proteksi sistem penyaluran tenaga listrik tegangan 20 kV. Kubikel biasa terpasang pada gardu distribusi atau gardu hubung.



Gambar 1. Kubikel

Fungsi Kubikel

- Mengendalikan sirkuit yang dilakukan oleh saklar utama
- Melindungi sirkuit yang dilakukan oleh fase / pelebur
- Membagi sirkuit dilakukan oleh pembagian jurusan/kelompok (busbar)

Jenis-Jenis Kubikel

- Kubikel Incoming : berfungsi sebagai penghubung dari sisi sekunder trafo daya ke busbar 20 kV.
- Kubikel Outgoing : sebagai penghubung / penyalur dari busbar ke beban
- Kubikel Pemakaian sendiri (Trafo PS) : sebagai penghubung dari busbar ke beban pemakaian sendiri GI

Beberapa Peralatan di dalam Kubikel antara lain:

➤ Busbar

Busbar digunakan untuk mengumpulkan tenaga listrik dengan tegangan 20 kV serta

membaginya ke tempat-tempat yang diperlukan.



Gambar 2. Busbar

➤ Pemutus Daya

Pemutus tenaga (PMT) adalah saklar yang digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan arus/daya listrik sesuai ratingnya. Pada saat terjadi pemutusan maka akan terjadi busur api. Pemadam busur api listrik pada waktu pemutusan dapat dilakukan oleh beberapa macam bahan seperti minyak, udara atau gas.

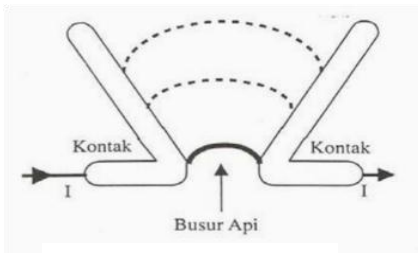
Berikut macam PMT :

Pemutus daya udara (Air Circuit Breaker)

- PMT jenis ini menggunakan metode yang paling sederhana, yaitu memperpanjang lintasan arc. Karena efek pemanjangan lintasan ini diharapkan arc dapat segera dipadamkan. Beberapa bentuk pemanjangan lintasan pada kontak PMT sebagai berikut :

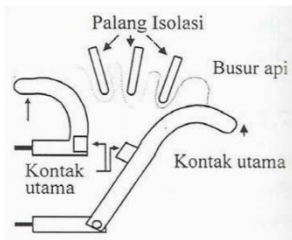
a. Kontak Sela Tanduk

Pada PMT ini arc dihilangkan dengan memperpanjang lintasan arc hingga ujung terjauh kontak. PMT jenis ini biasa digunakan ada instalasi listrik AC dan DC tegangan rendah dengan arus pemutusan hingga ratusan ampere.



b. K Gambar 3. Kontak

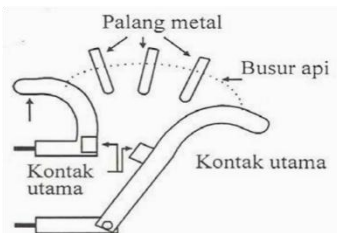
Pada PMT ini, konduktor metal yang terletak di antara kontak memotong arc yang muncul sehingga hasil pemotongan arc pada tiap tabir mengalami pemanjangan lintasan dan pendinginan dan arc dapat segera dipadamkan. PMT jenis ini dapat digunakan hingga tegangan beberapa ribu volt dan arus hingga beberapa ribu ampere.



Gambar 4. Kontak tabir konduktor

c. Kontak Tabir Isolator

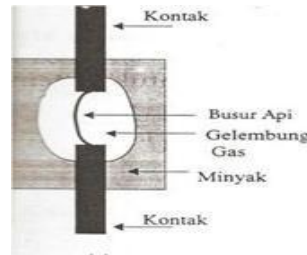
Pada PMT ini, tabir isolator yang terdapat di antara kontak membuat arc terpaksa permukaan tabir untuk bisamencapai kontak. PMT jenis ini dapat digunakan hingga tegangan 10kV dan arus hingga 50kA



Gambar 5. Air CB Tabir Isolator

d. Pemutus daya minyak (Oil Circuit Breaker)

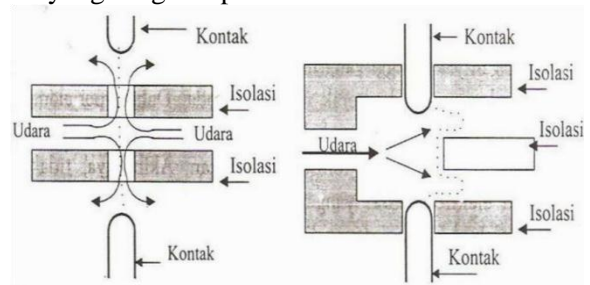
Prinsip kerjanya, kontak dipisahkan, busur api akan terjadi di dalam minyak, sehingga minyak menguap dan menimbulkan gelembung gas yang menyelubungi busur api.



Gambar 6. Oil CB

e. Pemutus daya udara tekan

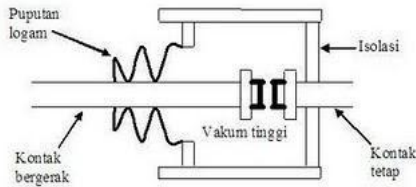
Pemutus daya ini dirancang untuk mengatasi kelemahan pada pemutus daya minyak, yaitu dengan membuat media isolator kontak dari bahan yang tidak mudah terbakar dan tidak menghalangi pemisahan kontak, sehingga pemisahan kontak dapat dilaksanakan dalam waktu yang sangat cepat.



Gambar 7. Air blast CB

Saat busur api timbul, udara bertekanan tinggi ditiupkan untuk mendinginkan busur api dan menyingkirkan partikel bermuatan dari sela kontak.

f. VCB (Vakum Circuit Breaker) VCB t Brker



Gambar 8. Kontak pemutus daya vakum.

Pada dasarnya kerja dari CB ini sama dengan jenis lainnya hanya ruang kontak dimana terjadi busur api merupakan ruang hampa udara yang tinggi sehingga peralatan dari CB jenis ini dilengkapi dengan *seal* penyekat udara untuk mencegah kebocoran.



Gambar 9. Vacuum CB Rating 12-24kV

g. SF6 CB (Sulfur Hexafluoride Circuit Breaker)

Sifat gas SF6 murni adalah tidak berwarna, tidak berbau, tidak beracun dan tidak mudah terbakar. Pada suhu diatas 150° C, gas SF6 mempunyai sifat tidak merusak metal, plastic serta memiliki kekuatan dielektrik yang tinggi (2,35 kali udara) dan kekuatan dielektrik ini bertambah dengan pertambahan tekanan. Prinsip pemadaman busur apinya adalah Gas SF6 ditiupkan sepanjang busur api,

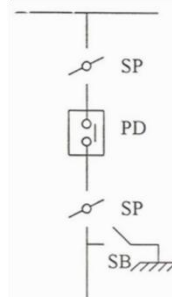
gas ini akan mengambil panas dari busur api tersebut dan akhirnya padam. Rating tegangan CB adalah antara 3.6 KV – 760 KV.



Gambar 10. SF6 CB (Sulfur Hexafluoride Circuit Breaker)

➤ Pemisah (PMS)

Disconnecting switch (DS) atau Pemisah (PMS) adalah peralatan pada sistem tenaga listrik yang berfungsi sebagai saklar pemisah yang dapat memutus dan menyambung rangkaian dengan arus yang rendah ($\pm 5A$), biasa dipakai ketika dilakukan, perawatan atau perbaikan. PMS terletak di antara sumber tenaga listrik dan PMT serta di antara PMT dan beban.



Gambar 11. Diagram Sistem PMS di mana, SP = Saklar Pemutus

PD = Pemutus Daya

SB = Saklar Bumi

Mekanisme interlocking tersebut adalah :

1. PMS tidak dapat ditutup ketika PMT dalam posisi tertutup.

2. Saklar pembumian (Earthing Switch) dapat ditutup hanya ketika PMS dalam keadaan terbuka.
3. PMS dapat ditutup hanya ketika PMT dan ES terbuka.
4. PMT dapat ditutup hanya ketika PMS dalam kondisi telah terbuka atau telah tertutup.

➤ Peralatan Pengaman Sekering

Pada kubikel terdapat suatu sekering tegangan menengah yang sering disebut sebagai solefuse. Rating tegangannya bisa mencapai 34 kV, dan mampu bekerja pada arus 31.5 kA. Solefuse ini digunakan untuk melindungi trafo tegangan dari gangguan.



Gambar 12. Solefuse dalam melindungi trafo tegangan

➤ Relay Arus Lebih (OCR)

Rele arus lebih adalah suatu rele yang bekerjanya didasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengamanan tertentu dan dalam waktu tertentu, sehingga rele ini dapat dipakai sebagai pola pengamanan arus lebih.

Keuntungan dan fungsi rele arus lebih:

- Sederhana dan murah
- Mudah menyetelnya
- Merupakan rele pengaman utama dan cadangan
- Mengamankan gangguan hubung pendek antara fasa maupun hubung pendek satu

fasa ke tanah dan dalam beberapa hal dapat digunakan sebagai pengaman beban lebih (overload).

- Pengamanan utama pada jaringan distribusi dan subtransmisi radial
- Pengaman cadangan untuk generator, trafo tenaga dan saluran transmisi

Efek Corona Pada Saluran kubikel

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.

Ketika tegangan pada saluran kubikel tersebut masih rendah, stres dielektrik yang dialami oleh udara disekeliling konduktor tersebut tidak cukup untuk mengionisasi udara disekitar konduktor. Tapi ketika tegangan pada saluran kubikel 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 konduktor tersebut dikenal sebagai efek corona dalam sistem tenaga listrik. Jika tegangan pada saluran kubikel 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 :

✓ 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.

✓ Jarak antar konduktor , harus cukup besar dibandingkan dengan diameter garis.

✓ 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.

✓ Tingginya tegangan pada saluran transmisi, Efek corona mulai timbul pada tegangan kritis 20 kV, dan terus meningkat seiring dengan tegangan yang diterapkan pada saluran transmisi tersebut.

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

Korona bisa menghasilkan derau/bising terdengarkan dan frekwensi radio, khususnya di dekat jaringan transmisi tenaga listrik. Selain merepresentasikan rugi daya, aksi lucutan korona di partikel-partikel atmosfer, bersama dengan produksi ozone dan nitrogen oksida yang berkaitan dengan lucutan korona, bisa merugikan kesehatan manusia yang beraktifitas di area tersebut. Dengan begitu, peralatan transmisi tenaga listrik didesain untuk meminimalisir terbentuknya lucutan korona. Lucutan korona pada jaringan listrik seperti kubikel menyebabkan:

- Rugi daya
- Bising terdengarkan

- Gangguan elektromagnetik
- Pijar ungu
- Produksi ozon
- Kerusakan pengisoliran

Kerugian tegangan dalam saluran listrik adalah berbanding lurus terhadap panjang saluran dan beban, namun berbanding terbalik terhadap penampang saluran. Kerugian ini harus tetap berada dalam batas-batas tertentu.

Dalam peraturan instalasi listrik, telah ditentukan bahwa rugi tegangan pada suatu titik dari suatu instalasi, tidak boleh melebihi 2% dari tegangan yang dipakai untuk instalasi penerangan dan 5% dari tegangan yang dipakai untuk instalasi tenaga seperti motor listrik dan lain-lain.

Perhitungan-perhitungan menggunakan notasi berikut :

- E = Tegangan antara 2 saluran (Volt)
- q = Penampang saluran dalam (mm²)
- N = Beban (watt)
- ev = Rugi tegangan (Volt)
- p = Rugi tegangan (%)
- L = Panjang saluran (m)
- ξ = Daya hantara Jenis saluran, yaitu
 - Tembaga (Cu) = 56
 - Aluminium (Al) = 32.7
 - Besi (Fe) = 7

Untuk saluran bolak-balik tanpa beban induksi, umpamanya untuk beban penerangan (1 phase), kita gunakan rumus-rumus berikut :

1. Bila Kerugian dinyatakan dalam prosen (p)

$$q = \frac{L \times N \times 200}{E \times E \times p \times \xi} \text{ mm}^2 \dots\dots\dots(1)$$

$$q = \frac{L \times N \times 200}{E \times ev \times \xi} \text{ mm}^2 \dots\dots\dots(2)$$

2. Bila Kerugian dinyatakan dalam volt (ev)

$$q = \frac{L \times i \times 2}{E \times \xi} \text{ mm}^2 \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$q = \frac{L \times i \times 200}{E \times p \times \xi} \text{ mm}^2 \quad \dots\dots\dots(4)$$

Untuk saluran bolak-balik 3 phase, kita gunakan rumus-rumus berikut :

1. Bila Kerugian dinyatakan dalam prosen (p)

$$ev = \frac{\sqrt{3} \times L \times i \times \cos \Phi}{\xi \times q} \text{ volt} \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$q = \frac{\sqrt{3} \times L \times i \times \cos \Phi}{\xi \times ev} \text{ mm}^2 \quad \dots\dots\dots(6)$$

2. Bila Kerugian dinyatakan dalam volt (ev)

$$ev = \frac{L \times N}{\xi \times q \times E} \text{ volt} \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$q = \frac{L \times N}{\xi \times ev \times E} \text{ mm}^2 \quad \dots\dots\dots(8)$$

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil observasi dan penelitian di atas, ada beberapa hal penting yang bisa ditarik menjadi suatu kesimpulan:

1. Terjadinya Efek Corona pada saluran transmisi dipengaruhi beberapa faktor sebagai berikut, yaitu
 - Kondisi Fisik Saluran Transmisi
 - Jarak antar konduktor , harus cukup besar dibandingkan dengan diameter garis.
 - Keadaan Atmosfir.
 - Tingginya tegangan pada saluran transmisi.
2. Rugi-rugi daya akibat korona tersebut dapat dipengaruhi oleh: luas penampang kawat penghantar, jarak antara kawat

penghantar, keadaan permukaan kawat penghantar dan kondisi cuaca.

3. Cara mengatasi rugi korona
 - Dengan membuat bundle atau disatukannya penghantar dalam satu ruang terisolasi, semakin banyak bundle yang dibuat semakin meminimalisir korona yang akan terjadi.
 - Menghilangkan komponen – komponen yang runcing.
 - Membersihkan komponen pada system transmisi tenaga listrik seperti switchgear dan transformer.
 - Pemasangan pemanas anti kondensasi untuk mengontrol ruang panel agar kelembaban tetap terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

Bonggas L. Tobing, “ Peralatan Tegangan Tinggi”, Jakarta : Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, 2003.

PT PLN, “Buku Petunjuk Operasi & Memelihara Peralatan Untuk Pemutus Tenaga”, Jakarta : PT PLN Pembangkitan dan Penyaluran Jawa Bagian Barat, 1993.

Groupe Schneider Electric, “Training Manual 150 kV System”, Jakarta : Groupe Schneider Electric, 1999

I Made Yulistya Negara. “Teknik Tegangan Tinggi : Prinsip dan Aplikasi Praktis”, Graha Ilmu, 2013.

Hardika, Iwan, ”Analisa Pengaruh Jarak Antar Kawat dan Panjang Cross Arm Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi 500 KV Terhadap Kuat Medan Listrik”, Penelitian Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang, 2012