TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH PENTANAHAN PADA GANGGUAN HUBUNG SINGKAT P-N SALURAN 1Φ

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program Studi Diploma IV Program studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Listrik



Oleh:

ALFREDO B. LEMBO
NIM 12 023 010

KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
2016

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi saat ini sangat pesat dan saling bersaing satu dengan yang lainnya. Baik dalam pengembangan sistim distribusi tenaga listrik atau peralatan-peralatan elektronika. Gangguan-gangguan yang terjadi biasanya diakibatkan oleh terjadinya hubung singkat dan gangguan ke tanah, atau sambaran petir. Gangguan-gangguan tersebut akan mengakibatkan penurunan tegangan atau kenaikan tegangan sehingga mengakibatkan penurunan stabilitas sistem yang dapat membahayakan jiwa orang serta dapat merusak peralatan elektronik. Oleh sebab itu dibutuhkan suatu sistem pentanahan untuk mengamankan peralatan-peralatan listrik.

Dalam sistem pentanahan, semakin kecil nilai resistansi pentanahan maka kemampuan mengalirkan arus ke tanah semakin besar sehingga arus gangguan tidak mengalir dan merusak peralatan, ini berarti semakin baik sistem pentanahan tersebut. Pentanahan yang ideal memiliki nilai resitansi hingga mendekati nol.

Dari permasalahan tersebut maka penulis membuat suatu penelitian yang berjudul : **"*Analisis Pengaruh Pentanahan Terhadap Gangguan Hubung Singkat P-N pada saluran 1ϕ*"**

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah :

1. Apa pengaruh pentanahan pada gangguan hubung singkat saluaran 1_{ϕ} ?
2. Berapa besar arus gangguan dengan atau tanpa pentanahan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh pentanahan terhadap gangguan hubung singkat.
2. Membandingkan adanya pentanahan dan tidak adanya pentanahan terhadap gangguan hubung singkat.

1.4 Batasan Masalah

Karena luasnya pembahasan ini maka penulis akan membatasi permasalahan :

1. Pentanahan hanya pada saluran distribusi 1_{ϕ}
2. Menganalisa arus gangguan pada saluran 1_{ϕ}

1.5 Metode Penulisan

Agar lebih memudahkan dalam menyelesaikan penelitian ini, maka digunakan beberapa metode sehingga kajian yang dilakukan akan mencapai hasil yang lebih baik, yaitu :

1. Percobaan /pengujian alat
2. Baca buku refrensi
3. Baca internet (refrensi)

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika dalam penulisan laporan ini dibagi dalam lima (5) bab dan setiap bab dirinci kedalam beberapa sub bab yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar Belakang, Perumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian, dan Manfaat Penelitian serta Sistematika Penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang teori-teori yang dapat dijadikan referensi untuk penelitian Sistem Pentanahan meliputi pengertian pentanahan, karakteristik sistem pentanahan, penggunaan pentanahan dalam aplkasi proteksi, bagian-bagian yang harus ditanahkan, syarat-syarat sistem pentanahan yang efektif, jenis sitem pentanahan, elektroda pentanahan, kontak tanah, faktor penyebab tegangan permukaan tanah, pengaruh uap lembah dalam tanah, pengaruh temperatur, perubahan resivitas tanah, Korosi, nilai tegangan pentanahan, rumus tahanan pentanahan untuk elektroda batang, rumus tahanan pentanahan untuk elektroda plat, pengaruh jenis tanah terhadap tahanan jenis tanah, usaha menurunkan tegangan permukaan tanah, perlakuan kimiawi tanah, dan perawatan rutin. Gangguan hubung singkat

BAB III PENELITIAN DAN PENGUKURAN

Berisi tentang tempat dan waktu penelitian, alat penelitian, bahan penelitian, metode penelitian, cara mengukur tahanan jenis tanah dengan menggunakan tiga titik, sistem pengukuran, dan flowchart proses pengukuran tahanan pentanahan.

BAB IV ANALISA DATA

Berisi tentang pembahasan apa pengaruh tanpa pentanahan terhadap hubung singkat dan apa pengaruh adanya pentanahan terhadap hubung singkat berapa besar arus gangguannya, serta nilai tahanan pentanahan yang di gunakan.

BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pentanahan

Sistem pentanahan atau biasa disebut sebagai *grounding system* adalah sistem pengamanan terhadap perangkat-perangkat yang mempergunakan listrik sebagai sumber tenaga, dari lonjakan listrik utamanya petir. Sistem pentanahan digambarkan sebagai hubungan antara suatu peralatan atau sirkit listrik dengan bumi.

Sistem pentanahan yang digunakan baik untuk pentanahan netral dari suatu sistem tenaga listrik , pentanahan sistem penangkal petir dan pentanahan untuk suatu peralatan khususnya dibidang telekomunikasi dan elektronik perlu mendapatkan perhatian yang serius , karena pada prinsipnya pentanahan tersebut merupakan dasar yang digunakan untuk suatu system proteksi. Tidak jarangorang umum/ awam maupun seorang teknisi masih ada kekurangan dalam memprediksikan nilai dari suatu hambatan pentanahan. Besaran yang sangatdominan untuk diperhatikan dari suatu sistem pentanahan adalah hambatansistem suatu sistem pentanahan tersebut.

Sampai dengan saat ini orang mengukur hambatan pentanahan hanya dengan menggunakan earth tester yang prinsipnya mengalirkan arus searah kedalam system pentanahan, sedang kenyataan yang terjadi suatu system pentanahan tersebut tidak pernah dialiri arus searah. Karena biasanya berupasinusoidal (AC) atau bahkan berupa impuls (petir) dengan frekuensi tingginyaatau berbentuk arus berubah waktu yang sangat tidak menentu bentuknya.

Perilaku tahanan system pentanahan sangattergantung pada frekuensi (dasar dan harmonisanya) dari arus yang mengalir ke system pentanahan

tersebut. Dalam suatu pentanahan baik penangkal petir atau pentanahan netral sistem tenaga adalah berapa besar impedansi system pentanahan tersebut.

Besar impedansi pentanahan tersebut sangat dipengaruhi oleh banyak faktor baik faktor internal atau eksternal. Yang dimaksud dengan faktor internal meliputi :

a. Dimensi konduktor pentanahan (diameter atau panjangnya).
b. Resistivitas relative tanah.
c. Konfigurasi system pentanahan.

Yang dimaksud dengan faktor eksternal meliputi :

a. Bentuk arusnya (pulsa, sinusoidal, searah)
b. Frekwensi yang mengalir kedalam sistem pentanahan

Untuk mengetahui nilai-nilai hambatan jenis tanah yang akurat harusdilakukan pengukuran secara langsung pada lokasi yang digunakan untuksystem pentanahan karena struktur tanah yang sesungguhnya tidaksesederhana yang diperkirakan, untuk setiap lokasi yang berbeda mempunyaihambatan jenis tanah yang tidak sama.

Tujuan utama pentanahan adalah menciptakan jalur yang *lowimpedance* (tahanan rendah) terhadap permukaan bumi untuk gelombang listrik dan *transient voltage*. Penerangan, arus listrik, *circuit switching* dan *electrostatic discharge* adalah penyebab umum dari adanya sentakan listrik atau *transient voltage*. Sistem pentanahan yang efektif akan meminimalkan efek tersebut.

Tujuan system pentanahan adalah:

a. Membatasi besarnya tegangan terhadap bumi agar berada dalam batasan yang diperbolehkan
b. Menyediakan jalur bagi aliran arus yang dapat memberikan deteksi terjadinya hubungan yang tidak dikehendaki antara konduktor system

dan bumi. Deteksi ini akan mengakibatkan beroperasinya peralatan otomatis yang memutuskan suplai tegangan dari konduktor tersebut.

2.2 Karakteristik Sistem Pentanahan

Karakteristik sistem pentanahan yang efektif antara lain adalah:

a. Terencana dengan baik, semua koneksi yang terdapat pada sistem harusmerupakan koneksi yang sudah direncanakan sebelumnya dengan kaidah-kaidah tertentu.
b. Verifikasi secara visual dapat dilakukan.
c. Menghindarkan gangguan yang terjadi pada arus listrik dari perangkat.
d. Semua komponen metal harus ditahan/diikat oleh sistem pentanahan,dengan tujuan untuk meminimalkan arus listrik melalui material yang bersifat konduktif pada potensial listrik yang sama.

2.2.1 Penggunaan Pentanahan Dalam Aplikasi Proteksi

Penggunaan pentanahan dalam aplikasi pengaman (proteksi) dapat di klasifikasikan sebagai berikut :

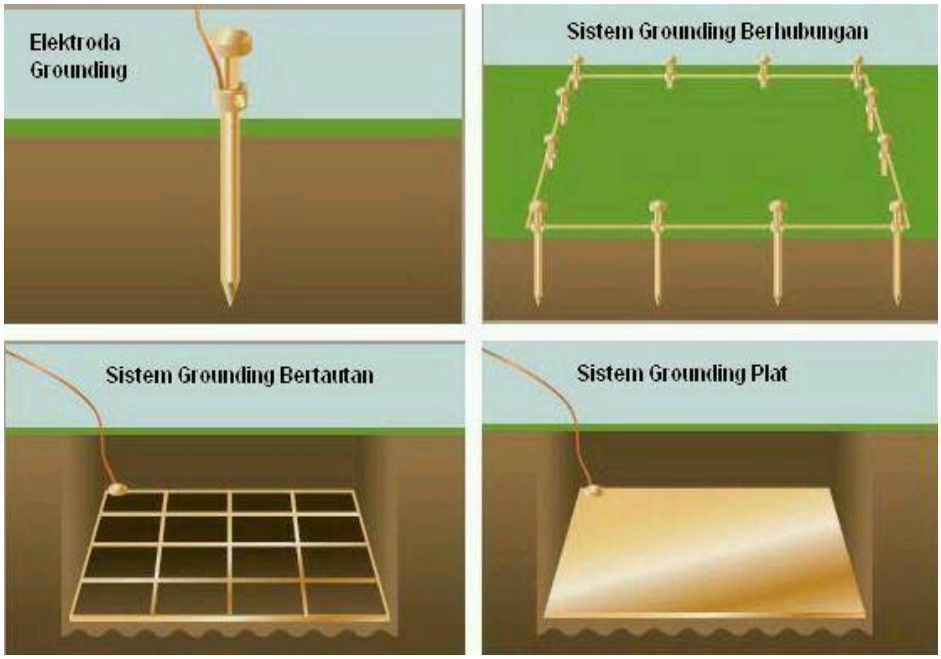
a. Karena gejala alami, seperti kilat, tanah digunakan untuk membebaskan sistem dari arus sebelum personil atau pelanggan dapat terluka atau komponen sistem yang peka dapat rusak karena adanya arus kejut yang ditimbulkan oleh petir.
b. Karena potensial dalam kaitan dengan kegagalan sistem tenaga listrik dengan kembalian tanah, tanah membantu dalam memastikan operasi yang cepat menyangkut relay proteksi sistem daya dengan menyediakan jalan arus gagal tahanan rendah tambahan. Jalan tahanan rendah menyediakan tujuan untuk mengeluarkan potensial secepat mungkin. Tanah harus mengalirkan potensial sebelum personil terluka atau sistem telepon rusak.

2.2.2 Bagian-Bagian Yang Harus Ditanahkan

Dalam sebuah instalasi listrik ada empat bagian yang harus ditanahkan atau sering juga disebut dibumikan. Empat bagian dari instalasi listrik ini adalah:

a. Semua bagian instalasi yang terbuat dari logam (menghantar listrik) dan dengan mudah bisa disentuh manusia. Hal ini perlu agar potensial dari logam yang mudah disentuh manusia selalu sama dengan potensial tanah (bumi) tempat manusia berpijak sehingga tidak berbahaya bagi manusia yang menyentuhnya.
b. Bagian pembuangan muatan listrik(bagian bawah) dari lightning arrester. Hal ini diperlukan agar lightning arrester dapat berfungsi dengan baik, yaitu membuang muatan listrik yang diterimanya dari petir ke tanah (bumi) dengan lancar.
c. Kawat petir yang ada pada bagian atas saluran transmisi. Kawat petir ini sesungguhnya juga berfungsi sebagai lightning arrester. Karena letaknya yang ada di sepanjang saluran transmisi, maka semua kaki tiang transmisi harus ditanahkan agar petir yang menyambar kawat petir dapat disalurkan ke tanah dengan lancar melalui kaki tiang saluran transmisi.
d. Titik netral dari transformator atau titik netral dari generator.Hal ini diperlukan dalam kaitan dengan keperluan proteksi khususnya yang menyangkut gangguan hubung tanah. Dalam praktik, diinginkan agar tahanan pentanahan dari titik-titik pentanahan tersebut di atas tidak melebihi 4 ohm. Secara teoretis, tahanan dari tanah atau bumi adalah nol karena luas penampang bumi tak terhingga. Tetapi kenyataannya tidak demikian, artinya tahanan pentanahan nilainya tidak nol. Hal ini terutama disebabkan oleh adanya tahanan kontak antara alat pentanahan dengan tanah di mana alat tersebut dipasang

(dalam tanah). Alat untuk melakukan pentanahan ditunjukkan pada gambar 2.1



Gambar 2.1. Macam- macam alat pentanahan

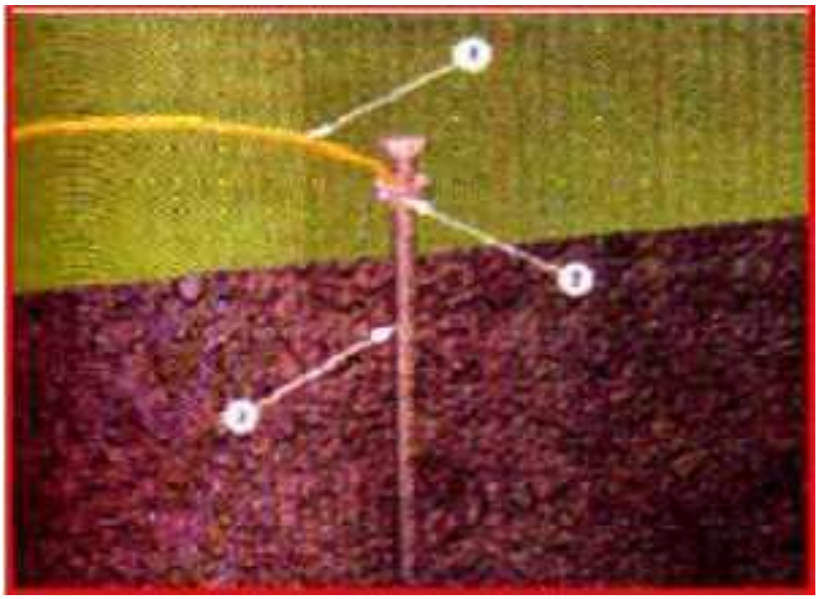
Dari gambar 2.1 terlihat jelas bahwa ada empat alat pentanahan, yaitu :

a. Batang pentanahan tunggal (*single grounding rod*).
b. Batang pentanahan ganda (*multiple grounding rod*). Terdiri dari beberapa batang tunggal yang dihubungkan paralel.
c. Anyaman pentanahan (*grounding mesh*), merupakan anyaman kawat tembaga.
d. Pelat pentanahan (*groundingplate*) ,yaitu pelat tembaga.

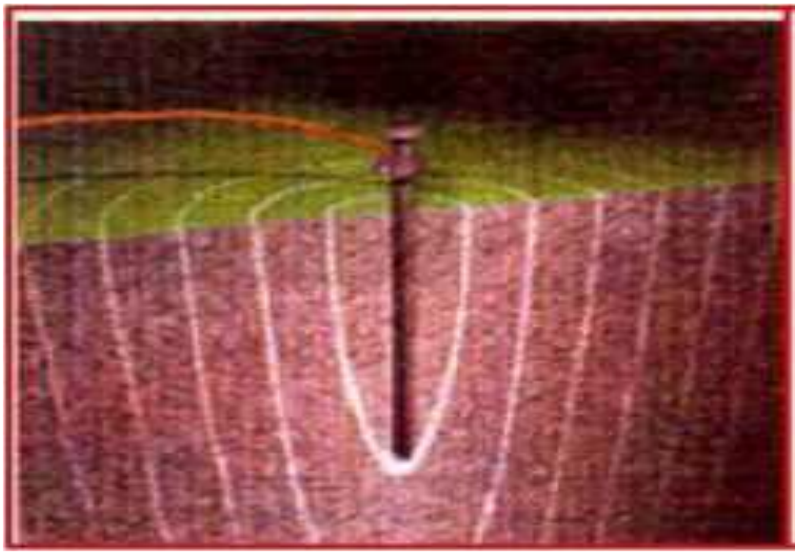
Tahanan pentanahan selain ditimbulkan oleh tahanan kontak tersebut diatas juga ditimbulkan oleh tahanan sambungan antara alat pentanahan dengan

kawat penghubungnya. Unsur lain yang menjadi bagian daritahanan pentanahan adalah tahanan dari tanah yang ada di sekitar alat pentanahan yang menghambat aliran muatan listrik (arus listrik) yang keluar dari alat pentanahan tersebut.

Arus listrik yang keluar dari alat pentanahan ini menghadapi bagian-bagian tanah yang berbeda tahanan jenisnya. Untuk jenis tanah yang sama, tahanan jenisnya dipengaruhi oleh kedalamannya. Makin dalam letaknya, umumnya makin kecil tahanan jenisnya, karena komposisinya makin padat dan umumnya jugalebih basah. Oleh karena itu, dalam memasang batang pentanahan, makin dalam pemasangannya akan makin baik hasilnya dalam arti akan didapat tahanan pentanahan yang makin rendah. Gambar 2.2 menunjukan batang pentanahan beserta aksesorisnya yang berupa konduktor tanah, penghubung antara konduktor dengan elektroda tanah, dan elektroda tanah.



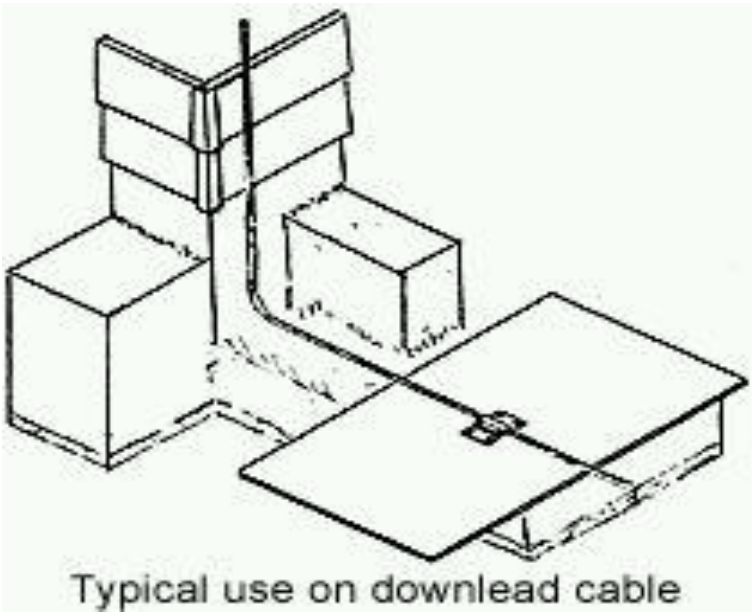
Gambar 2.2 Batang Pentanahan Beserta Aksesorisnya



Gambar 2.3 Batang pentanahan dan Lingkaran pengaruhnya *(sphere of influence)*

Gambar 2.3 menggambarkan batang pentanahan beserta lingkaran pengaruhnya (*sphere of influence*) didalam tanah. Tampak bahwa pengaruh batang pentanahan akan semakin dalam letaknya di dalam tanah dan pengaruh terkecil pada kedalaman yang sama dengan kedalaman batang pentanahan. Lingkaran pengaruh ini makin dekat dengan batang pentanahan.

Salah satu faktor utama dalam setiap usaha pengamanan rangkaian listrik adalah pentanahan. Apabila suatu tindakan pengamanan yang baik dilaksanakan maka harus ada system pentanahan yang dirancang dengan baik dan benar.



Gambar 2.4 Elektroda Plate Typical use on downlead cable



Gambar 2.5 Elektroda Plate Tembaga

Bentuk Elektroda Pelat biasanya empat persegi atau empat persegi panjang yang terbuat dari tembaga, timah atau pelat baja yang di tanam di dalam tanah. Cara penanamanya biasanya secara vertical, sebab dengan menanam secara horizontal hasilnya tidak berbeda jauh dengan vertical. Penanaman secara vertical adalah lebih praktis dan lebih ekonomi.

2.2.3 Syarat- syarat sistem pentanahan yang efektif

Syarat-syarat sistem pentanahan yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

a. Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengaman personildan peralatan dengan menggunakan rangkaian yang efektif.
b. Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibatsurya hubung.
c. Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawitanah, untuk memastikan kontinuitas penampilan sepanjang umurperalatan yang dilindungi.
d. Menggunakan system mekanik yang kuat namun mudah dalamperawatan dan perbaikan bila terjadi kerusakan.

Dalam system pentanahan semakin kecil nilai tahanan maka semakin baik terutama untuk pengamanan personal dan peralatan,beberapa patoakan standart yang telah disepakati adalah bahwa saluran tranmisi substasion harus direncanakan sedemikian rupa sehingga nilai tahanan pentanahan tidak melebihi 1Ω untuk digunakan pada aplikasi data dan maksimum harga tahanan yang diijinkan 5Ω pada gedung Kisi-kisi pentanahan tergantung pada kerja ganda dan pasak yang terhubung. Dari segi besarnya nilai tahanan bahan yang dipakai pasak tidak mengurangi besar tahanan pentanahan sistem namun mempunyai fungsi tersendiri yang penting. Bahannya sendiri mempunyai harga

impedansi awal beberapa kali lebih tinggi daripada harga tahanannya terhadap tanahpada frekuensi rendah.

Bahan pentanahan dimaksudkan untuk mengontrol dalam batas aman sesuai peralatan yang digunakan,sedangkan pasak adalah batang sederhana, hal ini penyebab utama jatuhnya tahanan tanah dalam gradient tegangan yang tinggi pada permukaan pasak. Sebagai akibat dari sifat ini maka pasak harus ditempatkan didekat atau sekitar bangunan stasion. Dalam saluran tegangan tinggi (132KV) tahanan maksimalnya 15 ohm masih dapat ditoleransi dan dalam saluran distribusi (33-0,4 KV) dipilih tahanan 25ohm. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menurunkan nilai tahanan pentanahan antara lain dengan :

a. Sistem batang pararel
b. Sistem pasak tanam dalam dengan beberapa pasak dan diperlakukan terhadap kondisi kimiawi tanah.
c. Dengan menggunakan pelat tanam, penghantar tanam, dan beton rangka baja yang secara listrik terhubung.

2.3 Jenis Sistem Pentanahan

Sistem tegangan listrik TN Mempunyai satu titik yang ditanahkan langsung, BKT dihubungkan langsung ke titik tersebut oleh penghantar pengaman, hal ini berfungsi apabila terjadi kegagalan isolasi tercegahlah bertahannya tegangan sentuh yang terlalu tinggi karena terjadi pemutusan suplai secara otomatis dengan bekerjanya dawai proteksi. Ada jenis TN sesuai dengan susunan penghantar netral penghantar netral dengan penghantar pengaman yaitu sebagai berikut :

a. Sistem TN-S

   Penghantar pengaman terpisah diseluruh sistem, sistem ini tidak digunakan pada jaringan PLN, mengingat harus ada jaringan kawat ke lima.

b. Sistem TN-C-S

Pada sistem ini fungsi netral dan fungsi proteksi tergantung dalam penghantar tunggal di sebagian sistem. Bisa digunakan GPAS maka titik pentanahan dengan netral padam konsumen di tempatkan sebelum GPAS.

c. Sistem TN-C

Fungsi netral dan fungsi proteksi tergantung dengan penghantar proteksi diseluruh sistem, Bila menggunakan GPAS maka pembumian dengan netral padam konsumen detempatkan sebelum GPAS.

d. Sistem IT

Sistem tegangan IT mempunyai semua bagian aktif yang diisolasi dari bumi atau satu titik dihubungkan ke bumi melalui suatu impendansi tinggi minimum 1000 ohm. BKT instalasi listrik dibumikan secara sendiri-sendiri atau secara kolektif atau kepembumian sistem.

2.4 Elektroda Pentanahan

Elektroda pentanahan adalah penghantar yang ditanam dalam tanah dengan kedalaman yang bervariasi dan membuat kontak langsung dengan tanah. Adanya kontak langsung tersebut bertujuan agar diperoleh aliran arus yang sebaik-baiknya apabila terjadi gangguan sehingga arus tersebut disalurkan ke tanah.

Menurut PUIL 2000 [3.18.11] , adalah elektroda yang ditanamkan ke dalam tanah yang membuat kontak langsung dengan tanah. Untuk bahan elektroda pentanahan biasanya digunakan bahan tembaga maupun baja yang bergalvanis atau di lapisi tembaga sepanjang kondisi setempat tidak mengharuskan memakai bahan lain misalnya pada perusahaan kimia.

Elektroda juga dapat di artikan sebagai penghantar yang ditanam dalam bumi dan membuat kontak langsung dengan bumi. Penghantar bumi yang tidak berisolasi yang di tanam dalam bumi dianggap sebagai bagian dari elektroda bumi.

Jenis-jenis elektroda yang sering di gunakan dalam pentanahan adalah sebagai berikut :

a. Elektroda Batang

Elektroda batang adalah elektroda dari pipa besi baja profil atau batangan logam lainnya yang di pancangkan ke dalam tanah secara dalam. Panjang elektroda yang di gunakan sesuai dengan pentanahan yang di perlukan.Setelah didapatkan nilai tahanan pentanahan dengan satu buah elektroda batang, dimana belum didapatkan nilai tahanan pentanahan dapat di perkecil dengan memperbanyak elektroda yang ditanamkan dan dihubungkan paralel. Elektroda batang seperti terlihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Elektroda Batang (*Copper Road)*

b. Elektroda berbentuk Plat

Elektroda plat adalah elektroda dari plat logam. Pada pemasangannya elektroda ini dapat ditanam tegak lurus atau mendatar tergantung dari tujuan penggunaannya. Bila digunakan sebagai elektroda pembumian pengaman maka cara pemasangannya adalah tegak lurus dengan kedalaman kira-kira 1 meter di bawah permukaan tanah di hitung dari sisi plat sebelah atas. Bila di gunakan sebagai elektroda penghantar

yaitu mengatur kecuraman gradien tegangan guna menghindari tegangan langkah yang besar dan berbahaya, maka elektroda plat tersebut ditanam mendatar.

c. Elektroda Bentuk pita

   Elektroda ini merupakan logam yang mempunyai penampang yang berbentuk pita atau dapat juga berbentuk bulat, pita yang dipilih atau juga dapat berbentuk kawat yang di pilin. Elektroda ini dapat di tanam secara dangkal dengan kedalaman antara 0.5 sampai 1 meter dari permukaan tanah, tergantung dari jenis dan kondisi tanah. Dalam pemasangannya elektroda pita ini dapat ditanam dalam bentuk memanjang, radial, melingkar atau kombinasi dari lingkaran dan radial.

d. Elektroda Lain

   Bila persyaratan di penuhi jaringan air minum dari logam dan selubung logam kabel yang tidak di isolasi yang langsung di tanamkan ke dalam tanah. Besi tulang beton atau konstruksi baja bawah tanah lainnya boleh di pakai untuk elektroda.

Dalam melakukan pemasangan pentanahan resistansi pentanahan sangatlah penting, resistansi pentanahan meliputi :

a. Resistansi pentanahan dari elektroda tanah tergantung pada jenis dan keadaan tanah atau nilai resistansi jenis.
b. Resistansi pentanahan suatu elektroda harus dapat diatur. Untuk keperluan tersebut pengantar yang menghubungkan setiap elektroda tanah atau susunan elektroda tanah harus dipasang sambungan yang dapat di lepas untuk keperluan pengujian resistansi pentanahan, pada tempat yang mudah tercapai dan sedapat mungkin memanfaatkan sambungan yang karena susunan instalasi memang harus ada.
c. Sambuangan penghantar tanah dengan elektroda tanah harus kuat secara mekanis dan menjamin hubungan listrik dengan baik, misalnya dengan

menggunakan las, klem atau baut kunci yang tidak mudah dilepas. Klem pada elektroda pipa harus menggunakan baut dengan diameter minimal 10 mm.

Jika keadaan tanah sangat korosif atau jika digunakan elektroda baja yang tidak digalvanisasi, di anjurkan untuk menggunakan luas penampang atau tebal sekurang-kurangnya 150 % dari ukuran diatas.

Logam ringan hanya bisa di tanam dalam satu jenis tanah jika lebih tahan korosi dari pada baja atau tembaga. Permukaan elektroda bumi harus berhubungan baik dengan tanah sekitarnya. Batu dan kerikil yang langsung mengenai elektroda bumi memperbesar resistansi pentanahan.

Elektroda batang di masukkan tegak lurus ke dalam tanah dan panjangnnya disesuikan. Dengan resistansi pentanahan yang diperlukan. Resistansi pentanahannya sebagian besar tergantung pada ukuran penampangnya. Jika elektroda tersebut minimum harus dua kali panjangnya. Jika elektroda tersebut tidak bekerja efektif pada seluruh panjangnya, maka jarak minimum antara elektroda harus dua kali panjang efektifnya.

2.5 Kontak Tanah

Bagian lain dari system hubungan pentanahan yaitu tanah itu sendiri dimana kontak antara tanah dengan pasak yang tertanam harus cukup luas sehingga nilai tahanan dari jalur arus yang masuk atau melewati tanah masih dalam batas yang diperkenankan untuk penggunaan tertentu. Hambatan jenis tanah yang akan menentukan tahanan pentanahan yang dipengaruhi oleh beberapa factor yang meliputi :

a. Temperatur tanah.
b. Besarnya arus yang melewati.
c. Kandungan air dan bahan kimia yang ada dalam tanah.
d. Kelembaban tanah dan cuaca.

Tahanan dari jalur tanah ini relative rendah dan tetap sepanjang tahun. Untuk memahami tahanan tanah harus rendah, dapat dengan menggunakan hukum Ohm yaitu :

$$E = I \times R \text{.....} (2.1)$$

Dimana : ***E*** adalah tegangan satuan volt
I adalah arus satuan ampere
R adalah tahanan satuan ohm

Hambatan arus melalui sistem elektroda tanah mempunyai 3 komponen :

a. Tahanan pasaknya sendiri dan sambungan-sambungannya.
b. Tahanan kontak antara pasak dengan tanah disekitar.
c. Tahanan tanah sekelilingnya

Pasak-pasak tanah, batang logam, struktur dan peralatan lain biasa digunakan untuk elektroda tanah selain itu umumnya ukurannya besar sehingga tahanannya dapat terabaikan terhadap tahanan keseluruhan sistem pentanahan. Apabila pasak ditanam lebih dalam ke tanah maka tahanan akanberkurang, namun bertambahnya diameter pasak secara material tidak akan mengurangi nilai tahanan karena nilai tahanan elektroda pengtanahan tidak hanya bergantung pada kedalaman dan luas permukaan elektroda tapi juga pada tahanan tanah.

Tahanan tanah merupakan kunci utama yang menentukan tahanan elektrode dan pada kedalaman berapa pasak harus dipasang agar diperoleh

tahanan yang rendah. Elektrode baja digunakan sebagai penghantar saluran distribusi dan pentanahan substasion.

Dalam memilih penghantar dapat mempertimbangkan hal berikut :

a. Untuk tanah yang bersifat korosi sangat lambat, dengan tahanan diatas100 ohm-m, tidak ada batas perkenan korosi (corosi allowance).
b. Untuk tanah yang bersifat korosi lambat, dengan tahanan 25-100 ohm-m,batas perkenan korosi adalah 15% dengan pemilihan penghantar sudah mempertimbangkan faktor stabilitas thermal.
c. Untuk tanah yang bersifat korosi cepat, dengan tahanan kurang dari 25
d. ohm-m, batas perkenan korosi adalah 30% dengan pemilihan penghantar sudah mempertimbangkan faktor stabilitas thermal.
e. Penghantar dapat dipilih dari ukuran standart seperti 10 x 6mm sampai 65x78mm.

2.6 Faktor Penyebab Tegangan Permukaan Tanah

2.6.1 Pengaruh uap lembab dalam tanah

Kandungan uap lembab dalam tanah merupakan faktor penentu nilai tegangan tanah. Variasi dari perubahan uap lembab akan membuat perbedaan yang menonjol dalam efektifitas hubungan elektroda pentanahan dengan tanah. Hal ini jelas telihat pada kandungan uap lembab di bawah 20%. Nilai di atas 20% resistivitas tanah tidak banyak terpengaruh, tetapi di bawah 20% resistivitas tanah meningkat drastic dengan penurunan kandungan uap lembab. Berkaitan dengan kandungan uap lembab, tes bidang menunjukkan bahwa dengan lapisan permukaan tanah 10 kali akan lebih baik ditahan oleh batas dasar. Elektroda yang dipasang dengan dasar batu biasanya memberikan kualitas pentanahan yang baik, hal ini disebabkan dasar-dasar batu sering tidak

dapat tembus air dan menyimpan uap lembab sehingga memberikan kandungan uap lembab yang tinggi.

2.6.2 Pengaruh tahanan jenis tanah

Tahanan tanah merupakan kunci utama yang menentukan tahanan elektroda dan pada kedalaman berapa elektroda harus ditanam agar diperoleh tahanan yang rendah. Tahanan tanah bervariasi di berbagai tempat dan cenderung berubah menurut cuaca. Tahanan tanah ditentukan juga oleh kandungan elektrolit di dalamnya, kandungan air, mineral-mineral dan garam-garam. Tanah yang kering biasanya mempunyai tahanan yang tinggi, namun demikian tanah yang basah juga dapat mempunyai tahanan yang tinggi apabila tidak mengandung garam-garam yang dapat larut.

Tahanan tanah berkaitan langsung dengan kandungan air dan suhu, dengan demikian dapat diasumsikan bahwa tahanan suatu sistem pentanahan akan berubah sesuai dengan perubahan iklim setiap tahunnya. Untuk memperoleh kestabilan resistansi pentanahan, elektroda pentanahan dipasang pada kedalaman optimal mencapai tingkat kandungan air yang tetap.

2.6.3 Pengaruh temperature

Temperatur akan berpengaruh langsung terhadap resistivitas tanah dengan demikian akan berpengaruh juga terhadap performa tegangan permukaan tanah. Pada musim dingin struktur fisik tanah menjadi sangat keras, dan tanah membeku pada kedalaman tertentu. Air di dalam tanah membeku pada suhu di bawah 0^0C dan hal inimenyebabkan peningkatan yang besar dalam koefisien temperature resistivitas tanah. Koefisien ini negatif, dan pada saat temperature menurun, resistivitas naik dan resistansi hubung tanah tinggi. Pengaruh temperatur terhadap resistivitas tanah dapat dijelaskan pada table 2.1 :

Tabel 2.1 Efek Temperatur Terhadap resistivitas Tanah

NO	TEMPERATUR (ºC)	RESISTIVITAS (ohm)
1	-5	70.000
2	0	30.000
3	0	10.000
4	10	8000
5	20	7000
6	30	6000
7	40	5000
8	50	4000

Sumber : IEE std 142-1991

Tabel 2.2 Resistivitas berbagai jenis tanah

NO	DESKRIPSI TANAH	TAHANAN JENIS TANAH (ohm-cm)
1	Mengandung kerikil tanah, campuran kerikil dan pasir kerapatan rendah dan tidak halus	60.000-100.000
2	Mengandung kerikil dan tandus, campuran kerikil dan pasir kerapatan rendah dan tidak halus	100.000-250.000
3	Berkerikil dan liat, tandus, campuran tanah liat dan pasir	20.000-40.000
4	Pasir berlumpur, campuran pasir dan tanah liat	10.000-50.000
5	Pasir liat, campuran pasir dan tanah	5000-20.000

	liat, tandus	
6	Pasir halus berlumpur, dan liat mengandung plastic berkonsentrasi rendah	3000-8000
7	Pasir halus atau tanah lumpur, lumpur elastic	8000-30.000
8	Tanah liat berkerikil, liat berpasir, liat berlumpur tidak liat	2500-6000**
9	Liat aborganic dengan kandungan plastic tinggi	1000-5.500**

Sumber : IEEE std 142-1991

2.6.4 Perubahan Resistivitas Tanah

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa resistivitas tanah sangat tergantung dengan material pendukung tanah, temperatur dan kelembaban. Daerah dengan struktur tanah berpasir, berbatu dan cenderung berstruktur tanah padas mempunyai resistivitas yang tinggi. Disinyalir kondisi tanah yang demikian diakibatkan kerusakan yang terjadi di permukaan tanah, berkurangnya tumbuhan-tumbuhan yang dapat mengikat air mengakibatkan kondisi tanah tandus dan berkurang kelembabannya.

2.6.5 Korosi

Komponen sistem pentanahan dipasang di atas dan di bawah permukaan tanah, keduanya menghadapi karakteristik lingkungan yang berlainan. Bagian yang berada di atas permukaan tanah, asap dan partikel debu dari proses industri serta partikel terlarut yang terkadung dalam air hujan akan mengakibatkan korosi pada konduktor. Bagian di

bawah tanah, kondisi tanah basah yang mengandung materi alamiah, bahan-bahan kimia yang terkontaminasi didalamnya juga dapat mengakibatkan korosi. Secara umum terdapat dua penyebab terjadinya korosi yaitu:

1. **Korosi bimetal (*bimetallic corrosion*)**

   Penyambungan logam yang tidak sejenis dan terdapat cairan konduktiv listrik ringan adalah situasi yang sangat banyak terjadi dibawah tanah. Logam yang mempunyai sifat lebih rentan akan lebih cepat mengalami korosi. Tabel 3 memperlihatkan klasifikasi logam berdasarkan daya tahan terhadap korosi.Jika logam terletak pada tanah dengan kandungan elektrolittinggi, logam dengan daya tahan lebih tinggi bersifat katodik sedangkan logam yang lebih rentan bersifat anodik. Logam yang bersifat anodik akan terkorosi. Metode untuk mencegah terjadinya korosi galvanis dengan menerapkan aturan daerah (*areas rule*). Arealogam anodik (khususnya untuk baja) dibagi dengan area logam katodik (khusus untuk tembaga). Perbandingan antara anodik dan katodik menurun, resiko kecepatan korosi naik dengan tajam.Masalah lain yang mungkin terjadi adalah sambungan antara logam yang berbeda seperti tembaga dan aluminium atau tembaga dengan baja dimana sambungannya tidak dilindungi dan mudah terpengaruh oleh kelembaban resiko terjadinya korosi sangat tinggi.

Tabel 2.3 efek karakteristik tanah dan cuaca terhadap korosi

NO	Tanah	Pertumbuhan korosi (inch x 10^{-3}/tahun					Karakter tanah & iklim				
		Tembaga	Kuningan	Timah	Baja	Besi tuang	Suhu	Curah hujan	Lembap (%)	pH	Rho (ohm.m)
1	Sisa arang	1,58	3,51	3,22	9067	>>20	46	30	11	8.0	455
2	Lumpur rawa	0,81	0,04	0,02	2013	2,51	52	43	55	3.1	60
3	Lumpur rawa	0,62	0,04	0,2	2031	1,09	66	45	47	2.9	84
4	Gambut	0,91	0,64	0,7	2,77	3,82	49	37	43	2.6	218
5	Gambut	0,17	0,25	-	1,81	2,47	46	30	73	4.8	800
6	Lumpur	0,29	0,49	0,64	2,61	3,59	69	57	58	4.0	712
7	Lumpur	0,16	0,39	0,36	2,27	3,90	69	57	34	4.2	1270
8	Basa	0,04	0,02	0,02	1,23	2,00	47	15	15	7.4	263
9	Liat	0,60	0,30	0,05	>>20	>>20	58	16	41	8.3	62
10	Liat	0,11	0,14	0,12	4,67	>>20	69	49	29	7.1	406
11	Liat bata	0,11	0,11	0,07	2,59	3,84	61	10	5	6.8	408
12	Liat bata	0,04	0,10	0,06	0,60	0,57	61	48	29	5.2	30000

2. Korosi kimia (*chemical corrosion*)

Berdasarkan skala pH, kondisi tanah dapat dibedakan menjadi kondisi asam, basa dan netral. Korosi kimia akan terjadi pada tanah asam ataupun basa. Kecepatan korosi akan dipengaruhi oleh daya tahan logam, jika logam bersifat rentan maka akan lebih cepat terkorosi. Sebagai pedoman, material yang berada di sekeliling elektroda sebaiknya relatif netral.

2.7 Nilai Tahanan pentanahan

2.7.1 Rumus Tahanan Pentanahan Untuk Elektroda Batang

Perhitungan nilai tahanan tanah dapat digunakan persamaan (2.2) untuk tahanan tanah dari berbagai sistem elektroda , semua pernyataan dalam persamaan-persamaan di peroleh hubungan $R = \rho L/A$ dan didasarkan pada asumsi bahwa tahanan tanah seragam pada seluruh volume tanah, kendali hal ini tidak mungkin atau sangat jarang ada. Persamaan yang biasa digunakan

untuk pasak tunggal yang dikembangkan oleh Profesor H.B. Dwight dari Institut Teknologi Massachusetts yaitu :

$$\boldsymbol{R = \frac{\rho}{2\pi L}\left(ln\frac{4L}{a} - 1\right)}\text{.....} \quad (2.2)$$

Dimana :

ρ = Tahanan rata-rata tanah (0hm-cm)

L = Panjang Pasak Tanah (Cm)

a = Jari-jari penampang pasak (cm)

R = Tahanan Pasak ketanah (ohm)

Rumus Dwight menunjukkan, bahwa tahanan tanah merupakan faktor kunci yang menentukan tahanan elektroda dan pada kedalaman pasak yang harus ditanam agar diperoleh tahanan yang rendah. Tahanan tanah sangat bervariasi di berbagai tempat, dan berubah menurut iklim, tahanan tanah tersebut dan selalu di tentukan oleh kandungan elektrolit di dalamnya, seperti air, mineral garam-garaman. Tanah kering dan berbatu mempunyai tahanan yang tinggi, tetapi tanah basah dapat juga mempunyai tahanan tinggi, apabila tidak mengandung garam-garaman yang dapat larut.

Karena kandungan air dan suhu lebih stabil pada kedalaman yang lebih besar, maka agar dapat bekerja efektif sepanjang waktu, sistem pentanahan dapat dikonstruksi dengan pasak tanah yang ditancapkan cukup dalam di bawah permukaan tanah. Hasil terbaik akan diperoleh apabila kedalaman elektroda mencapai tingkat kandungan air yang tetap. Tahanan tanah dapat di kurangi 15 % sampai dengan 90 % (tergantung kepada jenis dan tekstur dari tanah) atau dengan perlakukan kimiawi terhadap tanah Bahan yang digunakan adalah : Sodium chlorida, Magnesium sulfate, Copper Sulfate, dan calcium Chlorida. Bahan kimia tersebut di tempatkan melingkar di sekeliling elektroda,

sedemikian hingga tidak tidak menyentuh elektroda itu, Hasilnya tidak segera tampak dan tidak permanen sehingga perlu di ulang secara berkala.

Disekeliling elektroda, resistan tanah tersusun atas jumlah resistans seri dari piringan-piringan tanah virtual, bertumpuk-tumpuk makin keluar dengan jari-jari makin membesar, yang berarti resistansnya semakin mengecil karena resistans berbanding terbalik terhadap luas penampang

Tanah beberapa inci di luar elektroda adalah yang paling penting, untuk usaha memperkecil resistans pentanahan. Bila resistivitas tanahnya tinggi pada bagian inilah diberikan perhatian kimiawi (chemical treatment). Atau dengan menambahkan elektroda lain di dekat elektroda pertama.

2.7.2 Rumus Tahanan Pentanahan Untuk Elektroda Plat

Elektroda plat ialah elektroda dari bahan plat logam (utuh atau berlubang) atau dari kawat kasa, elektroda ini ditanam ditanah yang lebih kandalam dibanding dengan elektroda pita. Elektroda plat diinginkan nan pentanahan kecil dan sulit diperoleh dengan menggunakan jenis-jenis elektroda yang lain Perhitungan tahanan pentanahan untuk elektroda plat tunggal adalah seperti pada persamaan 2.3 :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left(ln\left(\frac{8W}{0.5W+T}\right) - 1\right) \quad \text{.....(2.3)}$$

Dimana :

R = Tahanan Pentanahan Elektroda Plat (Ohm)

ρ = Tahanan Jenis tanah (ohm-meter)

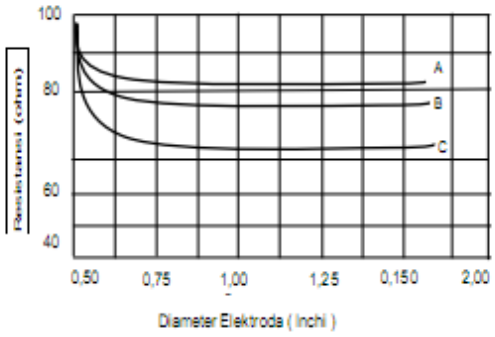
L = Panjang Plat (m)

W = Lebar Plat (m)

T = Tebal Plat (m)

2.8 Pengaruh Jenis Tanah Terhadap Tahanan Jenis tanah

Pengaruh jenis tanah akan mempengaruhi nilai resistansi tanah, hal ini disebabkan karena struktur tanah yang berbeda. Hal ini disebabkan karena struktur tanah berlainan antara jenis tanah yang satu dengan jenis tanah lainnya.Tanah lempung mempunyai nilai resistansi pentanahan yang rendah, disebabkan komposisinya yang mempunyai bentuk partikel halus sehingga lebih mudah menyerap air atau mineral-mineral lain dan kemudian menyimpannya. Sifat inilah menyebabkan tanah lempung mempunyai nilai tahanan jenis rendah dibandingkan dengan tanah lainnya seperti tanah pasir dan tanah berbatu.



Gambar 2.7 Pengaruh Diameter Elektroda Terhadap Resistansi Pentanahan

Lain dengan tanah berpasir, tanah berpasir mempunyai bentuk partikel yang besar dan sulit untuk menyimpan atau menyerap air, sehingga tanah jenis ini mempunyai tahanan jenis yang tinggi.

Tabel. 2.4 Resistansi Jenis Tanah

Jenis Tanah	**Resistansi Jenis (m)**
Tanah Rawa	30
Tanah liat dan Ladang	100
Pasir Basah	200
Kerikil Basah	500
Pasir dan kerikil Kering	1000
Tanah Berbatu	3000

Keterangan : Nilai resistansi jenis dalam tabel adalah nilai tipikal

Pengaruh ukuran elektroda yang sangat kecil dalam resistansi akan dapat diakibatkan oleh pengguna elektroda dengan diameter besar. Pada dasarnya tanah yang mengelilingi elektroda dan bukan diameter yang menentukan resistansi.

2.9 Usaha Menurunkan Tegangan Permukaan Tanah

2.9.1 Perlakuan Kimiawi Tanah

Metode konvensional untuk menurunkan tegangan permukaan tanah yang bernilai tinggi adalah dengan menurunkan tahanan jenis tanah. Beberapa zat aditif yang ditambahkan di dalam tanah terbukti mampu menurunkan tahanan jenis tanah dan secara langsung akan menurunkan tegangan permukaan tanah. Beberapa jenis garam yangsecara alamiah terkandung di dalam tanah cenderung bersifat konduktif dan menurunkan tahanan jenis tanahnya. Penambahan aditif harus diperhitungkan cermat karena beberapa aditif pada dosis tertentu cenderung bersifat korosif yang sangat dihindari dalam sistem pentanahan.

Buku-buku pentanahan kuno (1930-an), menyatakan bahwa tahanan elektroda dapat turun sampai dengan 90 % dengan perlakuan kimia. Bahan bahan yang digunakan adalah sodium klorid (garam), magnesium sulfat (garam

Inggris), tembaga sulfat, sodium karbonat (soda api), dan kalsium klorid. Bahan-bahan ini disebar disekitar elektroda melalui sebuah lubang di sekeliling elektroda. Resitivitas yang dihasilkan dapat turun 0,2 Ohm-m dengan menambahkan soda api dan 0,1 Ohm-m dengan penambahan garam dapur. Bahan-bahan terbaru yang digunakan untuk menurunkan tahanan jenis tanah antara lain sebagai berikut:

1. **Bentonite**

   Bentonite adalah bahan alami berupa tanah liat berwarna coklat muda sewarna minyak zaitun dengan tingkat keasaman rendah, mempunyai pH 10,5. Bentonite mampu menyerap air disekitarnya lima kali berat bentonite sendiri dan menahannya. Dimensinya dapat mengembang 13 kali volume keringnya. Nama kimia bentonite adalah sodium montmorillonite.

   Dalam kondisi tak jenuh zat ini mampu menyerap kelembaban tanah sekitar dan hal ini yang menjadikan bentonite digunakan. Zat ini mempunyai resistivitas rendah sekitar 5 Ohm dan bersifat non korosif. Bentonite berkarakter tiksotropik, berbentuk gel dan tidak mudah bereaksi sehingga sebaiknya disimpan dalam tempat tertutup. Bentonite biasa digunakan sebagai bahan pengisi untuk *drivenrod* dalam, zat ini cenderung menempel kuat pada rod tersebut. Kondisi tanah yang sangat kering dengan periode yang cukup panjang akan mengakibatkan bentonite pecah dengan sedikit kontak elektroda terhadapnya. Aplikasi bentonite di Inggris tidak terjadi hal yang demikian karena kondisi tanah yang sangat kering jarang terjadi.

2. **Marcionite**

   Marcionite adalah bahan yang bersifat konduktif dengan kandungan kristal karbon yang cukup tinggi pada fase normalnya, dan juga mengandung belerang dan klorida dengan konsentrasi rendah. Seperti halnya bentonite,

marcionite akan bereaksi korosif terhadap logam tertentu, dan memiliki tahanan jenis rendah.

Logam yang digunakan sebaiknya dilapisi bitumen atau cat bitumastik sebelum dihubungkan dengan marcionite. Aluminium, lapisan timah dan baja galvanis sebaiknya jangan dipasang pada marcionite. Marconite dapat mempertahankan kelembabannya dalam kondisi lingkungan sangat kering sehingga kelemahan bentonite dapat ditutup oleh marcionite. Marcionite juga digunakan sebagai bahan anti statik pada lantai dan tabir elektromagnetik. Marcionite terdaftar dalam merek dagang *Marconi Communication System United*.

3. Gypsum

Adakalanya kalsium sulfat (gypsum) digunakan sebagai bahan uruk, baik dalam fase sendiri maupun dicampur dengan bentonite atau dengan tanah alami berasal dari daerah tersebut. Gypsum mempunyai kelarutan yang rendah sehingga tidak mudah dihilangkan, tahanan jenisnya rendah berkisar 5-10 Ohm-m pada kondisi jenuh.

Dengan pH berkisar 6,2 -6,9, gypsum cenderung bersifat netral. Gypsum tidak mengkorosi tembaga, meskipun terkadang kandungan ringan SO3 menjadi masalah pada struktur dasar dan fondasi. Zat ini tidak mahal dan biasanya dicampur dengan tanah urukan sekitar elektroda. Diklaim zat ini membantu mempertahankan tahanan yang rendah dengan periode waktu yang relatif lama, pada daerah dengan kandungan garam disekitarnya dilarutkan oleh aliran air (hujan) Resistivitas tanah yang tinggi disinyalir sebagai sebab utama tingginya tahanan tanah.

4. Arang

Arang adalah residu yang berbentuk padat hasil pada pembakaran kayu pada kondisi terkontrol. Menurut Sudrajat (1983) dalam Sahwalita (2005)

proses pengarangan adalah pembakaran kayu dengan udara terbatas, dan dapat menghasilkan arang, ter, asam asetat, alkohol kayu, dan gas kayu (CO2, CH4, CO, dan H2).

Pada pembuatan arang tradisional, keluarnya asap selama pembakaran berlangsung perlu diawasi agar kayu tidak menjadi abu, asap yang keluar dilihat dari jumlah dan warna, jika asap yang tebal dan warna yang merah maka proses pengarangan berjalan dengan baik, sedangkan jika asap tipis menunjukkan pembakaran besar dan proses pengarangan kurang baik. Jenis arang kayu dapat di klasifikasikan menjadi

1. Arang kayu

   Arang kayu adalah arang yang terbuat dari bahan dasar kayu. Arang kayu paling banyak digunakan untuk keperluan memasak seperti yang dijelaskan sebelumnya. Sedangkan penggunaan arang kayu yang lainnya adalah sebagai penjernih air, penggunaan dalam bidang kesehatan, dan masih banyak lagi. Bahan kayu yang digunakan untuk dibuat arang kayu adalah kayu yang masih sehat, dalam hal ini kayu belun membusuk.

2. Arang serbuk gergaji

   Arang serbuk gergaji adalah arang yang terbuat dari serbuk gergaji yang dibakar. Serbuk gergaji biasanya mudah didapat ditempat-tempat penggergajian atau tempat pengrajin kayu. serbuk gergaji adalah bahan sisa produksi yang jarang dimanfaatkan lagi oleh pemilknya. Sehingga harganya bisa terbilang murah. selain dapat untuk bahan bakar, arang serbuk gergaji biasanya dimanfaatkan untuk campuran pupuk dan dapat diolah menjadi briket arang.

3. Arang sekam padi

Arang sekam padi biasa digunakan sebagai pupuk dan bahan baku briket arang. Sekam yang digunakan bisa diperoleh ditempat penggilingan padi. Selain digunakan untuk arang, sekam padi juga sering dijadikan bekatul untuk pekan ternak. Arang sekam juga bisa digunakan sebagai campuran pupuk dan media tanam di persemaian. Hal ini karena sekam padi memiliki kemampuan untuk menyerap dan menyimpan air sebagai cadangan makanan.

4. Arang tempurung kelapa

Arang tempurung kelapa adalah arang yang berbahan dasar tempurung kelapa. Pemanfaatan arang tempurung kelapa ini ternasuk cukup strategis sebagai sektor usaha. Hal ini karena jarang masyarakat yang memanfaatkan tempurung kelapanya. Selain dimanfaatkan dengan dibakar langsung, tempurung kelapa dapat dijadikan sabagai bahan dasar briket arang. Tempurung kelapa yang akan dijadikan arang harus dari kelapa yang sudah tua, karena lebih padat dan kandungan airnya lebih sedikit dibandingkan dari kelapa yang masih muda. Harga jual arang tempurung kelapa terbilang cukup tinggi. Karena selain berkualitas tinggi, untuk mendapatkan tempurung kelapanya juga terbilang sulit dan harganya cukup mahal.Arang tempurung kelapa memiliki sifat-sifat listrik yaitu resistivitas yakni, salah satu faktor yang menentukan resistansi suatu bahan. Untuk mengukur resistivitas tanah dapat dilakukan dengan perhitungan dari hasil pengukuran, dengan persamaan :

$$R = \frac{\rho.l}{A} \quad (ohm) \qquad \text{.....(2.4)}$$

Dimana :

R = nilai resistansi arang hasil pengukuran (ohm)
l = tinggi arang yang terisi dalam pipa (cm)
A = luas penampang pipa (cm^2)
R = jari-jari pipa (cm)
P = nilai resistivitas arang (ohm-cm)

5. Arang serasah

Arang serasah adalah arang yang terbuat dari serasah atau sampah dedaunan. Bila dibandingkan dengan bahan arang lain, serasah termasuk bahan yang paling mudah didapat. Arang serasah juga bisa dijadikan briket arang, karena mudah dihancurkan.

Arang dari sampah dedaunan ini adalah hasil penelitian dari Usman (26), guru SMAN 17 Palembang, Sumatera Selatan. Dia adalah lulusan sarjana Biologi dari Universitas Sri-Wajaya. Bapak Usman merupakan salah satu dari 10 peraih penghargaan dalam bidang pendidikan sains. Saat itu dia berfikir bahwa arang dapat terbuat dari berbagai bahan. Salah satunya yang belum pernah ada ialah dari sampah-sampah dedaunan.

6. Briket arang

Jenis arang yang terakhir dan sudah banyak terdapat dimasyarakat adalah Briket Arang. Briket arang adalah arang yang terbuat dari arang jenis lain yang dihaluskan terlebih dahulu kemudian dicetak sesuai kebutuhan dengan campuran tepung kanji. Tujuan pembuatan briket arang adalah untuk menambah jangka waktu bakar dan untuk menghemat biaya.

Arang yang sering dijadikan briket arang diantaranya adalah arang sekam, arang serbuk gergaji, dan arang serasah. Arang- arang tersebut terlalu kecil untuk digunakan langsung dan akan cepat habis. Sehingga akan lebih awet jika diubah menjadi briket arang. Untuk arang tempurung kelapa dapat dijadikan briket arang, tetapi hanya tempurung yang sudah remuk. Sedangkan tempurung yang masih utuh tidak perlu dijadikan briket arang.

7. Arang kulit buah mahoni

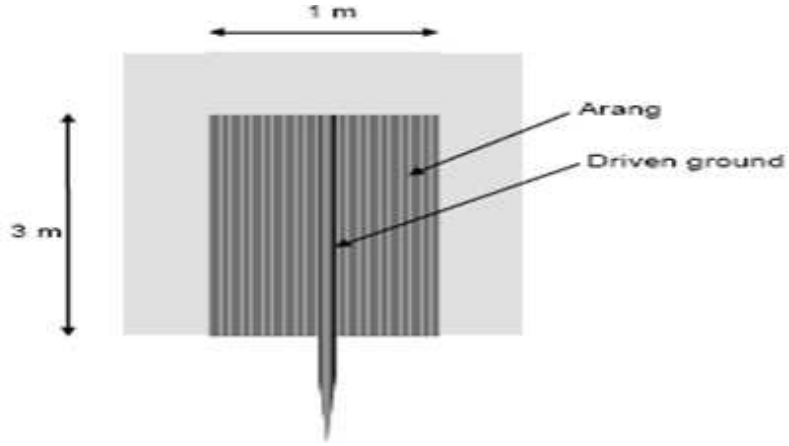
Arang kulit buah mahoni adalah arang dengan bahan dasar kulit buah mahoni. Bila dilihat secara kasat mata, kulit buah mahoni memiliki tekstur yang keras dan padat. Sayang jika hanya dibiarkan tertumpuk disekitar halaman. Arang kulit buah mahoni diproses menggunakan tungku drum, sama halnya dengan arang kayu. arang jenis ini juga dapat diolah menjadi briket arang. Arang yang dihasilkan dari kulit buah mahoni juga terbukti memiliki kualitas yang cukup baik. Jika dibakar hanya mengeluarkan sedikit asap. Nilai kalor yang dihasilkan saat dibakar sangat tinggi dan lebih tahan lama sehingga dapat menghemat biaya pengeluaran.

Arang kulit buah mahoni ini memang terdengar baru. Akan tetapi melihat kualitas arang yang dihasilkan, arang ini pasti akan banyak diminati dan dibutuhkan oleh masyarakat luas. Hal ini juga dapat dijadikan alternative produksi bagi para wirausaha arang.

Perlakuan kimiawi terhadap tanah dirasa cocok dan murah diterapkan sebagai solusi pemecahan terhadap tingginya tahanan tanah. Metode tersebut dilakukan dengan memberikan bahan urukan (*backfill*

material),yang digunakan adalah arang kayu untuk menurunkan resitivitas tanah.

Arang kayu dimasukkan dalam lubang yang dibuat di sekitar *driven ground* dengan dimensi diameter 1 m dan kedalaman 3 m. Abu stasiun pembangkit dan arang digunakan karena kandungan karbon yang tinggi cenderung bersifat kondusif. Namun demikian bahan ini mengandung oksida karbon, titanium, potassium, sodium, magnesium atau kalsium bercampur dengan silika dan karbon. Pada kondisi basah, beberapa zat tersebut tidak dapat dielakkan bereaksi dengan tembaga dan baja menyebabkan korosi. Dengan demikian penggunaan arang kayu sebagai *backfill material*perlu dievaluasi kembali atau mungkin perlunya lapisan pelindung pada elektroda seperti bitumen ditambahkan.



Gambar 2.8 Perawatan kimiawi elektroda pentanahan

2.9.2 Perawatan rutin

Perawatan dilakukan untuk mempertahankan kondisi optimal kinerja sistem pentanahan dilakukan rutin setiap 1 tahun/6 bulan untuk memantau kondisi fisik saluran transmisi berikut sistem pentanahannya. Tahanan pentanahan diukur dengan metode yang telah dijelaskan sebelumnya. Kerusakan yang terjadi pada sistem pentanahan biasanya diakibatkan sambungan kendur atau korosi antar bagian elektroda.

Perbaikan dilakukan dengan mengencangkan kembali baut-baut sambungan dan membersihkan bagian elektroda dari korosi. Telah diketahui bahwa logam, khususnya besi dan baja bila ditanam dalam tanah maka akan terjadi pengaratan (*korosif*). Tahanan jenis tanah yang rendah menunjukan kandungan larutan garam dan air yang tinggi. Tanah dengan daya hantar tinggi maka akan tinggi pula daya korosinya. Keadaan tanah dapat diklasifikasikan dalam 4 kategori mengacu pada tahanan tanah dan daya korosinya, seperti terlihat pada tabel 2.4

Tabel 2.5 Tahanan jenis tanah dan daya korosinya

NO	TAHANAN JENIS TANAH (ohm-meter)	DAYA KOROSI
1	0-25	TINGGI
2	25-50	MENENGAH
3	50-100	RENDAH
4	>100	SANGAT RENDAH

Suatu kajian yang pernah dilakukan menunjukan bahwa korosimenyebabkan logam berkurang sekitar 0,06 mm per tahun. Pemeliharaan terhadap daya korosi yang tinggi dapat dilakukan dengan cara menabur batu kecil-kecil didaerah pentanahan agar terjadi kenaikan tahanan jenis tanah sehingga daya korosi akan berkurang.

2.10 Gangguan hubung singkat

Hampir 40% dari gangguan yang diteliti, terjadi pada priode cuaca yang tidak menguntungkan seperti : cuaca hujan, dingin dan salju. Gangguan distribusi terjadi pada satu fase, dua fase atau ketiga fasenya. Hal ini sebabkan bahwa hampir sebagian besar dari panjang saluran distribusi adalah saluran satu fase, setiap gangguan satu fasa hanya mencakup bagian satu fase. Begitu juga bagian tiga fase, beberapa jenis gangguan cenderung terjadi dari fase ke tanah. Gangguan yang disebabkan oleh peralatan dan hewan cenderung terjadi dari fase ke tanah. Pohon juga dapat menyebabkan gangguan satu fase ke tanah pada sistem tiga fase, tetapi gangguan fase-fase lebih sering terjadi. Gangguan petir cenderung menyebabkan gangguan dua atau tiga fase ke tanah pada sistem tiga fase.

Gangguan-gangguan tersebut menyebabkan terjadinya :

1. Menginterupsi kontinuitas pelayanan daya kepada para konsumen apabi1a gangguan itu sampai menyebabkan terputusnya suatu rangkaian (sircuit) atau menyebabkan keluarnya satu unit pembangkit .
2. Penurunan tegangan yang cukup besar menyebabkan rendahnya kualitas tenaga listrik dan merintangi kerja normal pada peralatan konsumen
3. Pengurangan stabilitas sistim dan menyebabkan jatuhnya generator.
4. Merusak peralatan pada daerah terjadinya gangguan itu.

Gangguan terdiri dari gangguan temporer atau permanent, rata-rata jumlah gangguan temporer lebih tinggi dibandingkan gangguan permanent. Kebanyakan gangguan temporer di amankan dengan *circuit breaker* (CB) atau pengamanlainnya. Gangguan permanent adalah gangguan yang menyebabkan kerusakan permanent pada sistem. Seperti kegagalan isolator, kerusakan

penghantar, kerusakan pada peralatan seperti transformator atau kapasitor. Pada saluran bawah tanah hampir semua gangguan adalah gangguan permanen. Kebanyakan gangguan peralatan akan menyebabkan hubung singkat. Gangguan permanen hampir semuanya menyebabkan pemutusan/gangguan pada konsumen. Untuk melindungi jaringan dari gangguan digunakan fuse, *recloser* atau CB.

2.11 Jenis gangguan

Klasifikasi gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi *(Hutauruk, 1987 : 4)* adalah :

a. Dari jenis gangguannya :.

1) Gangguan dua fasa atau tiga fasa melalui hubungan tanah

2) Gangguan fasa ke fasa

3) Gangguan dua fasa ke tanah

4) Gangguan satu fasa ke tanah atau gangguan tanah

b. Dari lamanya gangguan

1) Gangguan permanen

2) Gangguan temporer

a. Gangguan yang bersifat temporer

Gangguan yang bersifat temporer ini apabila terjadi gangguan, maka gangguan tersebut tidak akan lama dan dapat normal kembali. Gangguan ini dapat hilang dengan sendirinya atau dengan memutus sesaat bagian yang terganggu dari sumber tegangannya. Kemudian disusul dengan penutupan kembali

peralatan hubungnya. Apabila ganggguan temporer sering terjadi dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan dan akhirnya menimbulkan gangguan yang bersifat permanen. Salah satu contoh gangguan yang bersifat temporer adalah gangguan akibat sentuhan pohon yang tumbuh disekitar jaringan, akibat binatang seperti burung kelelawar, ular dan layangan. Gangguan ini dapat hilang dengan sendirinya yang disusul dengan penutupan kembali peralatan hubungnya. Apabila ganggguan temporer sering terjadi maka hal tersebut akan menimbulkan kerusakan pada peralatan dan akhirnya menimbulkan gangguan yang bersifat permanen.

b. Gangguan yang bersifat permanen

Gangguan permanen tidak akan dapat hilang sebelum penyebab gangguan dihilangkan terlebih dahulu. Gangguan yang bersifat permanen dapat disebabkan oleh kerusakan peralatan, sehinggga gangguan ini baru hilang setelah kerusakan ini diperbaiki atau karena ada sesuatu yang mengganggu secara permanen. Untuk membebaskannya diperlukan tindakan perbaikan atau menyingkirkan penyebab gangguan tersebut. Terjadinya gangguan ditandai dengan jatuhnya pemutus tenaga, untuk mengatasinya operator memasukkan tenaga secara manual. Contoh gangguan ini yaitu adanya kawat yang putus, terjadinya

gangguan hubung singkat, dahan yang menimpa kawat phasa dari saluran udara, adanya kawat yang putus, dan terjadinya gangguan hubung singkat.

c. Penyebab gangguan

Gangguan biasanya diakibatkan oleh kegagalan isolasi di antara penghantar phasa atau antara penghantar phasa dangan tanah. Secara nyata kegagalan isolasi dapat menghasilkan beberapa efek pada sistem yaitu menghasilkan arus yang cukup besar, atau mengakibatkan adanya impedansi diantara konduktor phasa atau antara penghantar phasa dan tanah. Penyebab terjadinya gangguan pada jaringan distribusi disebabkan karena *(Hutauruk, 1987 : 3)*:

a. kesalahan mekanis

b. kesalahan thermis

c. karena tegangan lebih

d. karena material yang cacat atau rusak

e. gangguan hubung singkat

f. konduktor putus

Faktor-faktor penyebab terjadinya gangguan pada jaringan distribusi adalah karena *(Hutauruk, 1987 : 4)*:

a. Surja petir atau surja hubung

b. Burung atau daun-daun

c. Polusi debu

d. Pohon-pohon yang tumbuh di dekat jaringan

e. Keretakan pada isolator

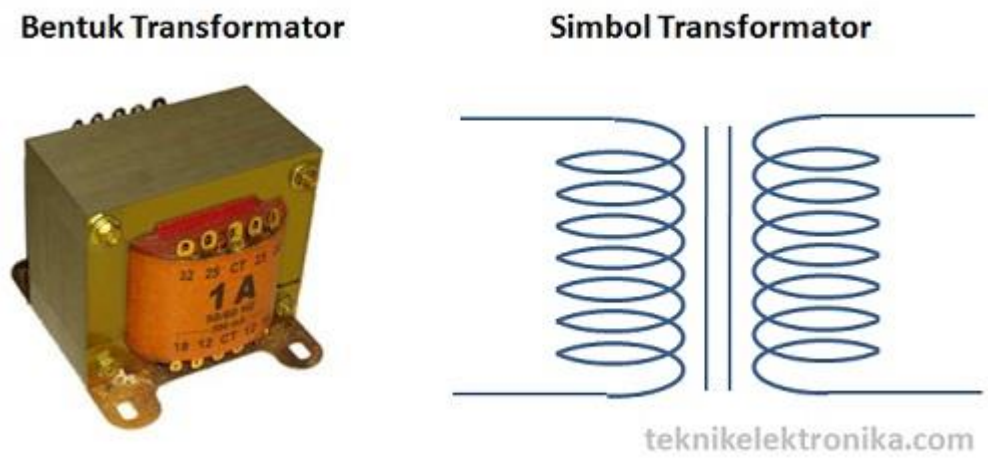
f. Andongan yang terlalu kendor

2.12 Transformator

Transformator atau sering disingkat dengan istilah **Trafo** adalah suatu alat listrik yang dapat mengubah taraf suatu tegangan AC ke taraf yang lain. Maksud dari pengubahan taraf tersebut diantaranya seperti menurunkan Tegangan AC dari 220VAC ke 12 VAC ataupun menaikkan Tegangan dari 110VAC ke 220 VAC. Transformator atau Trafo ini bekerja berdasarkan prinsip Induksi Elektromagnet dan hanya dapat bekerja pada tegangan yang berarus bolak balik (AC).Transformator (Trafo) memegang peranan yang sangat penting dalam pendistribusian tenaga listrik. Transformator menaikan listrik yang berasal dari pembangkit listrik PLN hingga ratusan kilo Volt untuk di distribusikan, dan kemudian Transformator lainnya menurunkan tegangan listrik tersebut ke tegangan yang diperlukan oleh setiap rumah tangga maupun perkantoran yang pada umumnya menggunakan Tegangan AC 220Volt.

a. Bentuk dan Simbol Transformator (Trafo)

Berikut ini adalah gambar bentuk dan simbol Transformator :



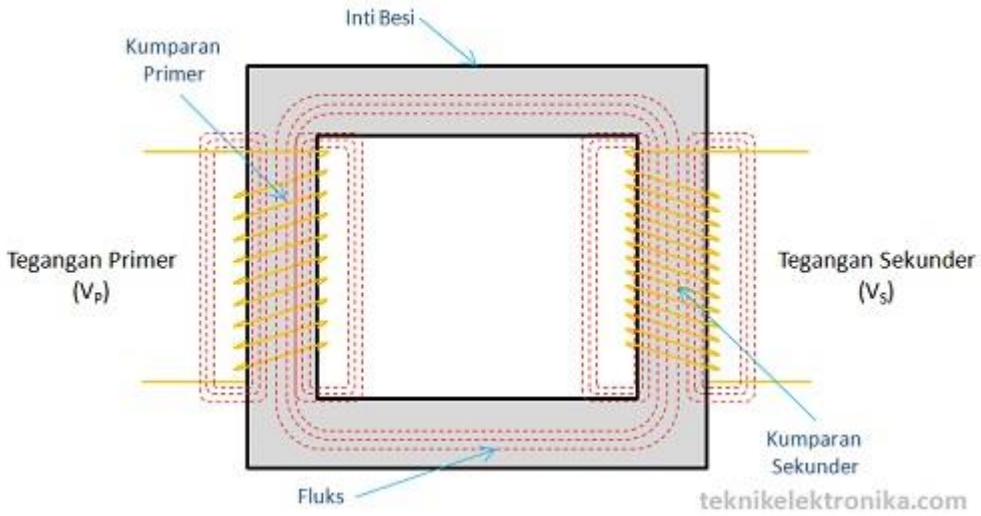
Gambar 2.9 Transformator

b. Prinsip kerja transformator

Sebuah Transformator yang sederhana pada dasarnya terdiri dari 2 lilitan atau kumparan kawat yang terisolasi yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Pada kebanyakan Transformator, kumparan kawat terisolasi ini dililitkan pada sebuah besi yang dinamakan dengan Inti Besi (Core). Ketika kumparan primer dialiri arus AC (bolak-balik) maka akan menimbulkan medan magnet atau fluks magnetik disekitarnya. Kekuatan Medan magnet (densitas Fluks Magnet) tersebut dipengaruhi oleh besarnya arus listrik yang dialirinya. Semakin besar arus listriknya semakin besar pula medan magnetnya. Fluktuasi medan magnet yang terjadi di sekitar kumparan pertama (primer) akan menginduksi GGL (Gaya Gerak Listrik) dalam kumparan kedua (sekunder) dan akan terjadi pelimpahan daya dari kumparan primer ke kumparan sekunder. Dengan demikian, terjadilah pengubahan taraf tegangan listrik baik dari tegangan rendah menjadi tegangan yang lebih tinggi maupun dari tegangan tinggi menjadi tegangan yang rendah.

Sedangkan Inti besi pada Transformator atau Trafo pada umumnya adalah kumpulan lempengan-lempengan besi tipis yang terisolasi dan ditempel berlapis-lapis dengan kegunaanya untuk mempermudah jalannya Fluks Magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik kumparan serta untuk mengurangi suhu panas yang ditimbulkan.

Dibawah ini adalah Fluks pada Transformator :



Gambar 2.10 Fluks pada Transformator

Rasio lilitan pada kumparan sekunder terhadap kumparan primer menentukan rasio tegangan pada kedua kumparan tersebut. Sebagai contoh, 1 lilitan pada kumparan primer dan 10 lilitan pada kumparan sekunder akan menghasilkan tegangan 10 kali lipat dari tegangan input pada kumparan primer. Jenis Transformator ini biasanya disebut dengan Transformator Step Up. Sebaliknya, jika terdapat 10 lilitan pada kumparan primer dan 1 lilitan pada kumparan sekunder, maka tegangan

yang dihasilkan oleh Kumparan Sekunder adalah 1/10 dari tegangan input pada Kumparan Primer. Transformator jenis ini disebut dengan Transformator Step Down.

c. Rumus perbandingan trafo

Perbandingan antara tegangan primer dan tegangan sekunder sama dengan perbandingan antara jumlah lilitan primer dan jumlah lilitan sekunder. Hubungan tersebut dapat secara matematis dituliskan sebagai berikut.

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{I_P}{I_S} = \frac{N_P}{N_S} \qquad \text{..... 2.8}$$