



STUDY PENGGUNAAN NGR (NEGATIVE GROUND RESISTANCE) PADA TRANSFORMATOR DAYA (150/20 KV, 30 MVA) TERHADAP GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 KV DI PT. PLN (PERSERO) SEKTOR GLUGUR GARDU INDUK BINJAI

SKRIPSI

Oleh :

MUHAMMAD TUGIMAN

NPM : 97.812.0011

**Skripsi ini Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Study Pada Fakultas Teknik
Universitas Medan Area**



**FAKULTAS TEHNIK
JURUSAN TEHNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2002**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
- Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23

ABSTRAK

Sejalan dengan perkembangan zaman, maka kebutuhan pemakaian tenaga listrik makin berkembang pesat, sehingga perkembangan tenaga listrik juga harus terus dipacu.

Oleh karena itu, PT. PLN (Persero) harus cepat bisa mengikuti keinginan atau kebutuhan itu, yaitu :

- Berusaha memaksimalkan pembangkitan yang ada.
- Membuat terobosan-terobosan, untuk menambah Pembangkitan tenaga listrik.
- Berusaha memperkecil gangguan-gangguan yang ada .
Seperti gangguan di Pembangkitan tenaga listrik.
gangguan di Penyaluran (Gardu Induk).
gangguan di Pendistribusian.

Disini gangguan yang sering terjadi ialah di Pendistribusian yaitu dari Gardu Induk. Pada Gardu Induk tersebut tegangan yang tersedia pada sisi tegangan tinggi (150 KV) ke sisi tegangan menengah (20 KV). Ditransformasikan oleh transformator daya, dimana untuk keandalannya, selain sistem Pendistribusian untuk memback-up Trafo Daya tersebut dari gangguan tegangan lebih dipasanglah suatu Alat, yaitu NGR (Negative Ground Resistance). Oleh karena itu, penulis membuat Skripsinya dengan judul *Study Penggunaan NCR (Negative Ground Resistance) pada Transformator Daya (150/20 KV, 30 MVA) terhadap gangguan hubung singkat.*

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Tinjauan Umum Perusahaan.....	1
1.2. Latar Belakang Masalah	5
1.3. Permasalahan.....	6
1.4. Batasan Masalah	7
1.5. Tujuan Penulisan	8
1.6. Manfaat.....	8
1.7. Teknik Pengumpulan Data.....	8
1.8. Sistematika Penulisan Laporan.....	9
BAB 2 PEMBUMIAN DAN GANGGUAN PADA SISTEM TENAGA	10
2.1. Umum.....	10
2.2. Pembumian pada Sistem Tenaga	11
2.2.1. Sistem yang dibumikan	11
2.2.2. Jenis-jenis pembumian pada Sistem Tenaga	14
2.2.2.1. Pembumian tanpa Impedansi.....	14
2.2.2.2. Pembumian dengan Tahanan.....	16
2.2.2.3. Pembumian dengan Reaktansi	18
2.2.2.4. Pembumian dengan Kumparan	
Petersen	20

2.3. Komponen Simetris.....	21
2.4. Operator a.....	24
2.5. Rangkaian Urutan pada Generator	27
2.5.1. Rangkaian Urutan Positif	27
2.5.2. Rangkaian Urutan Negatif.....	27
2.5.3. Rangkaian Urutan Nol.....	28

BAB 3 PENGARUH NGR (NEGATIVE GROUND RESISTANCE)

PADA TRANSFORMATOR DAYA	30
3.1. Umum	30
3.2. Pembumian dengan Tahanan pembumian (NGR) pada Transformator untuk Sistem Distribusi 20 Kv.....	31
3.3. Penggunaan Pembumian Netral pada Sistem Tiga Fasa.....	35
3.4. Penggunaan NGR pada Gangguan Sistem Tenaga.....	36
3.4.1. Gangguan Satu Fasa ke tanah	37
3.4.2. Gangguan Fasa dengan Fasa.....	38
3.4.3. Gangguan Dua Fasa ke tanah	33
3.4.4. Gangguan Tiga Fasa ke tanah.....	39
3.5. Pengaruh Reaktansi Gangguan (X_F).....	39
3.6. Diagram Satu Garis	40
3.7. Diagram Urutan Nol	43

BAB 4	ANALISA HUBUNGAN SINGKAT YANG TERJADI PADA TRAFODAYA.....	45
4.1.	Analisis Perhitungan Gangguan pada Sistem Distribusi 20 kV Pembumian Transformator Daya dengan Penerapan Konstanta NGR 12 ohm Pada Gardu Induk Binjai	45
4.2	Analisis Perhitungan Gangguan Hubung Singkat Satu fasa ke Tanah pada Sistem Distribusi 20 kV	50
4.3	Analisis Perhitungan Gangguan Hubung Singkat Fasa ke Tanah pada Sistem Distribusi 20 kV.....	54
BAB 5	KESIMPULAN	59
	PESAN DAN SARAN	60
	DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN :		
Lampiran 1	Gambar Satu Garis TRAGI Binjai dan Gardu Induk Binjai	62
Lampiran 2	Pemilihan Base dan Harga Sebenarnya (Actual Value).....	63
Lampiran 3	Resistansi Penghantar (Kabel), Instalasi Tetap pada Suhu 20 ⁰ C (R ₂₀)	65
Lampiran 4	Perhitungan Gangguan Satu Fasa ke Tanah dengan Impedansi Pembumian.....	66
Lampiran 5	Riset di PT. PLN (Persero) KITLUR Sumatera Bagian Utara Sektor Glugur Tragi Binjai.....	70
Lampiran 6	: Data Peralatan dan Relay Terpasang di GI. Binjai	71

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Tinjauan Umum Perusahaan

1. Sejarah Singkat

PT. PLN (Persero) Sektor Glugur TRAGI Binjai Gardu Induk Binjai merupakan salah satu bagian dari PT. PLN (Persero) Pembangkit dan Penyalutan Sumatera Bagian Utara (Kitlur Sumbagut) Sektor Glugur Transmisi dan Gardu induk (Tragi) Binjai, yang berfungsi untuk melayani (mensuplai) beban di daerah Binjai sekitarnya. Khususnya PT. PLN (Persero) wilayah II Cabang Binjai, Ranting Stabat, Ranting Kuala, Rayon Binjai Barat dan Rayon Binjai Kota.

Pada dasarnya pembangunan (pendirian) Gardu Induk Binjai yang diresmikan pengoperasiannya pada tahun 1992, adalah karena sebelumnya supplay daya di daerah Binjai sekitarnya dilayani oleh GI P. Geli dan PLTD yang tersebar di daerah Binjai dengan daya terbatas dan jarak yang cukup jauh, sementara pertumbuhan (perkembangan) jumlah konsumen (pelanggan) di Binjai sekitarnya bertumbuh pesat sehingga diperlukan daya tambahan yang cukup besar.

Dari analisa yang dilakukan diperoleh bahwa, jika daya tambahan disupplay dari GI P. Geli dan PLTD yang tersebar di daerah Binjai tidak efektif (efisien) karena jaraknya yang cukup jauh, sehingga akan menimbulkan drop tegangan (tegangan jatuh) diujung jaringan yang sangat besar. Oleh karena itulah, maka diputuskan bahwa cara yang paling efisien

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23

untuk mensuplay daya ke daerah Binjai dan sekitarnya adalah dengan mendirikan sebuah Gardu Induk (GI) Binjai sebagai tambahan pusat daerah pendistribusian.

2. Lokasi

Gardu Induk (GI) Binjai berlokasi di Jl. MT. Haryono, Desa Jati Karya Pasar 5 Tandan Hulu Kotamadya Binjai.

3. Sistematika Operasi Gardu Induk Binjai

Gardu Induk Binjai;

* Mempunyai : 2 Transformator Daya

* Kapasitas : 90 MVA.

Pengawasan Transmissi

* Jumlah Segmen : 3 segmen

* Panjang segmen : 99.199 kms

* Jumlah Tower : 296 tower.

* Jumlah Penyulang/ Pendistribusian : 8 buah

Dari diagram Satu garis (one-line) Gardu Induk Binjai.

Dari Gambar lampiran dapat dijelaskan bahwa Gardu Induk Binjai menerima supply energi dari PLTU Sicanang Sektor Belawan melalui Jaringan Transmissi 150 KV. Dan melalui peralatan yang ada pada Gardu Induk kemudian melalui Transformator Daya Step Down yaitu tegangan 150 KV (Tegangan Tinggi) ke tegangan 20 KV (Tegangan Menengah) di Distribusikan ke Konsumen melalui Trafo Distribusi.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

Namun pada sisi tegangan tinggi 150 KV tersebut di GI Binjai terinterkoneksi ke Gardu Induk Payageli, ke Gardu Induk Pangkalan Brandan yang masing-masing mempunyai dua (2) sisi transmisi.

Dalam pencapaian tujuan organisasi diperlukan kerjasama dan saling pengertian serta hubungan timbal balik antar pimpinan dengan bawahan untuk terciptanya kerjasama yang baik perlu adanya struktur organisasi. Adapun struktur organisasi Gardu Induk Binjai adalah sebagai berikut :

4. Struktur Organisasi

Gardu Intuk Binjai merupakan salah satu bagian dari PT. PLN (Persero) Pembangkitan dan Penyaluran Sumatera Bagian Utara (Kitlur Sumbagut) Sektor Transmisi dan Gardu Induk (Tragi) Binjai. Dengan Demikian Gardu Induk Binjai bertanggung jawab penuh pada PT. PLN (Persero) Kitlur Sumbagut Sektor Glugur Tragi Binjai untuk melaksanakan kegiatan penyaluran dan pendistribusian serta pemeliharaan.

1. Koordinator GI, bertugas untuk :
 - a. Memantau pelaksanaan pengoperasian penyaluran tenaga listrik dengan berdasarkan parameter operasi yang telah ditentukan (SOP).
 - b. Membuat laporan keuangan, kerusakan dan data operasi yang diterima dari operator.
 - c. Membuat laporan emergency dan tindak lanjutnya.

- d. Melaksanakan pemeliharaan jalur transmisi (ROW, Pentanahan, Tapak Tower) dan gardu induk di bawah pengawasannya.
 - e. Membuat laporan kondisi transmisi (Row, pentanahan tower, tapak tower dan kondisi menara transmisi) dan gardu induk dibawah pengawasannya).
 - f. Wajib menggantikan petugas operator yang sedang mengalami pendidikan, cuti, sakit dan berhalangan hadir.
 - g. Melaksanakan tugas kedinasan lain sesuai dengan kewajiban dan tanggung jawab dalam bidangnya.
2. Operator bertugas untuk :
- a. Mengoperasikan instalasi transmisi, trafo daya, dan kubikal 20 KV beserta peralatan bantuanya secara optimal berdasarkan SOP.
 - b. Mengawasi secara terus menerus operasi peralatan bila ada kelainan dan kerusakan wajib melaporkan ke piket sektor atau pejabat yang berwenang dan ke sistem secara rinci dan benar.
 - c. Mencatat secara berkala data kegiatan peralatan listrik yang dioperasikan dengan mengikuti kertas kerja (Log Sheet) dan mencatat gangguan yang terjadi pada laporan harian dengan lancar.
 - d. Mengamati dan memperhatikan aktivitas peralatan selama beroperasi dan melaporkan adanya kelainan yang mungkin dapat menimbulkan kerusakan peralatan listrik pada atasan langsung dan mengambil keputusan bila hal tersebut sangat dibutuhkan (Emergensy).
 - e. Memperhatikan dan mengamati lingkungan kerja dan melaporkan adanya kelainan yang memungkinkan dapat menimbulkan bahaya/ kerugian terhadap peralatan maupun personil di lingkungan kerja

3. Petugas Keamanan, bertugas menjaga keamanan lingkungan kerja pada gardu induk.
4. Petugas kebersihan, bertugas menjaga kebersihan dan perawatan tanah yang ada pada lingkungan gardu induk.

**STRUKTUR ORGANISASI
PT. PLN (PERSERO) KITLUR SUMBAGUT SEKTOR GLUGUR
GARDU INDUK BINJAI**



B. Latar Belakang Masalah

Dari hirarkinya, jaringan distribusi berada dirangkaian terakhir dari sistem jaringan listrik yang besar sekali dan peranannya adalah

mendistribusikan tenaga listrik kepada konsumen. Kemudian pada Trafodaya sebagai sarana Transformasi dari tegangan tinggi ke tegangan menengah 20 KV adalah salah satu sarana penyaluran tenaga listrik ke konsumen (pelanggan) yang dalam pengoperasiannya dibebani arus listrik terus menerus. Agar penyaluran energi listrik dapat bekerja dengan baik (normal), maka untuk menambah keandalan Trafodaya diperlukan sarana pendukungnya, serta melengkapi sarana proteksi yang salah satunya dipakai Negatif Ground Resistance (NGR) diharapkan jumlah gangguan pada penyaluran (distribusi) energi listrik semakin berkurang (dihilangkan) sehingga penyaluran energi kepada konsumen tetap kontinu (tidak terjadi pemadaman dalam jangka waktu yang lama). Transformasi pada trafodaya yang handal diharapkan akan memberikan kepuasan dan meningkatkan kepercayaan konsumen (pelanggan) kepada PT. PLN (Persero) selaku pihak penyalur dan penyalur energi listrik, yang pada akhirnya diharapkan jumlah pelanggan PT. PLN (Persero) semakin bertambah dan menambah keuntungan bagi perusahaan, disamping keuntungan dari penjualan energi listrik, juga akan mengurangi kerusakan yang fatal pada peralatan-peralatan seperti trafodaya yang berhubungan dengan pendistribusian sehingga akan menghemat waktu dan biaya yang mahal.

C. Permasalahan

Dalam Penyaluran energi listrik kepada konsumen dari Gardu Induk (GI) dimana tegangan yang ada pada trafodaya 150 KV /20 KV dimana

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
- Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23

tegangan sisi primer 150 KV dan tegangan sisi sekunder 20 KV yang didistribusikan adalah tegangan menengah 20 KV yang seterusnya dengan menggunakan Transformator Distribusi, diturunkan menjadi tegangan rendah 380/220 V, yang merupakan tegangan nominal yang sesuai dengan kebutuhan konsumen listrik Indonesia pada umumnya, disamping konsumen listrik lainnya seperti industri yang langsung menerima tegangan menengah 20 KV yang kemudian mengolahnya sendiri.

Dalam operasi jaringan Distribusi Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 KV, sering terjadi gangguan yang mengakibatkan terputusnya penyaluran energi listrik (terjadi pemadaman) kepada konsumen yang umumnya merupakan akibat gangguan yang bersifat internal dan eksternal. Gangguan Eksternal merupakan gangguan yang paling sering terjadi, sehingga dibutuhkan sarana pendukung trafodaya yaitu NGR dan dibutuhkan alat proteksi yang lebih baik (andal, selektif, waktu kerja cepat, peka, sensitif, ekonomis dan sederhana).

D. Batasan Masalah

Mengingat ruang lingkup peralatan-peralatan yang ada di Gardu Induk (GI) cukup banyak untuk dikemukakan, maka permasalahan yang dibahas, dibatasi pada bidang sarana pendukung Trafodaya yaitu NGR juga merupakan pelengkap sarana proteksi dan kaitannya dengan gangguan hubung singkat yang ada pada trafodaya, karena dari data yang tercatat di

Gardu Induk (GI) jumlah gangguan yang paling sering terjadi adalah pada Jaringan Distribusi Saluran Udara Tegangan Menengah 20 KV.

E. Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan laporan ini adalah sebagai tugas akhir dalam menyelesaikan Program S-1 Universitas Medan Area. Juga sebagai hasil pelaksanaan riset di Gardu Induk Binjai serta untuk menambah wawasan mahasiswa tentang Jaringan Distribusi Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 KV.

F. Manfaat

Laporan tugas akhir ini diharapkan bermanfaat bagi :

1. Mahasiswa yang akan membahas hal yang sama
2. Penulis sendiri, untuk menambah pengetahuan dan pengalaman agar mampu melaksanakan kegiatan yang sama kelak setelah bekerja atau terjun ke lapangan, sebab langkah-langkah pengamatan dan data-data lain yang disajikan dalam laporan tugas akhir ini dapat berfungsi sebagai bahan masukan dan bahan bandingan kelak bila akan melakukan kegiatan yang sama.

G. Teknik Pengumpulan Data

Data mengenai Sarana Pendukung Trafodaya dan juga pelengkap sarana proteksi yaitu NGR yang hubungannya dengan Jaringan Distribusi

Saluran Udara Tegangan Menengah 20 KV diperoleh penulis dengan melakukan studi lapangan dan studi kepustakaan.

Studi lapangan dilakukan dengan mengikuti riset di Gardu Induk Binjai yang dilaksanakan di Gardu Induk (GI) Binjai dan secara langsung ke lokasi (lapangan) dan bertanya langsung kepada pembimbing lapangan.

Studi kepustakaan dilakukan dengan membahas buku-buku yang berkaitan dengan Proteksi dan mengenai NGR yang ada pada Trafodaya 30 MVA 150/20 KV di Gardu Induk Binjai.

H. Sistematika Penulisan Laporan

Laporan ini disusun menjadi lima bab, yang masing-masing terdiri dari beberapa sub-bab. Adapun penulisannya yaitu :

- BAB I** : Pendahuluan, yang berisi tentang gambaran umum GARDU INDUK BINJAI SEKTOR GLUGUR, latar belakang masalah, metode pengumpulan data, manfaat, tujuan serta sistematika penulisan.
- BAB II** : Landasan teori tentang Pembumian dan Gangguan pada Sistem Tenaga.
- BAB III** : Pengaruh Negatif Ground Resistance (NGR) pada Transformator Daya.
- BAB IV** : Analisa Hubungan Singkat yang Terjadi pada Trafo Daya
- BAB V** : Berupa penutup dari penulisan tugas akhir, yang berisikan kesimpulan dari bab-bab yang telah dibahas dan juga saran-saran dari penulis serta daftar pustaka dan lampiran.

BAB 2

PEMBUMIAN DAN GANGGUAN PADA SISTEM TENAGA

2.1. Umum

Sistem distribusi dan sistem tenaga pada industri biasanya digabung dalam satu kelompok karena mempunyai tegangan yang hampir sama, tegangan rendah sampai tegangan menengah (20 KV).

Pembumian adalah suatu cara penghubungan titik netral suatu sistem tenaga listrik ke tanah atau bumi. Sistem tenaga listrik pada awalnya tidak dibumikan, karena pada awalnya sistem tenaga listrik masih kecil dan biasanya arus gangguan fasa ke tanah masih kecil, oleh karena itu busur listriknya masih dapat padam dengan sendirinya. Dengan bertambah pesatnya perkembangan teknologi dimana perkembangan sisten tenaga listrik semakin meningkat, perkembangan ini diikuti dengan tingginya tegangan yang dibutuhkan serta jarak transmisi yang semakin panjang. Oleh karena itu sistem tenaga listrik tanpa pembumian titik netral tidak digunakan lagi tetapi titik netral sistem tersebut dibumikan.

Tidak lepas dari suatu aspek kualitas pelayanan kepada konsumen maka perlu ditinjau pengaruh pembumian dimaksud dengan stabilitas dari sistem itu, hal ini berhubungan erat dengan besarnya reaktansi urutan nol.

Salah satu sistem pembumian pada sistem tenaga listrik ialah pembumian dengan tahanan.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

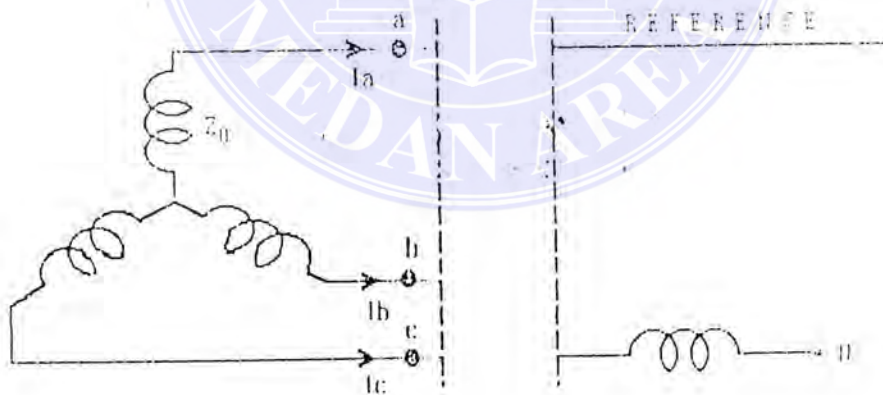
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

2.2. Pembumian Pada Sistem Tenaga

2.2.1. Sistem yang dibumikan

Untuk netral yang dibumikan pada suatu sistem tenaga secara garis besarnya, setiap metoda mempunyai kelebihan tersendiri dalam penyelesaian perlu dilengkapi dengan memperhatikan harga impedansi dari netral rangkaian ke tanah. Di bawah ini diberikan beberapa masam pengembangan yang biasa dipakai pada beberapa cara pembumian.



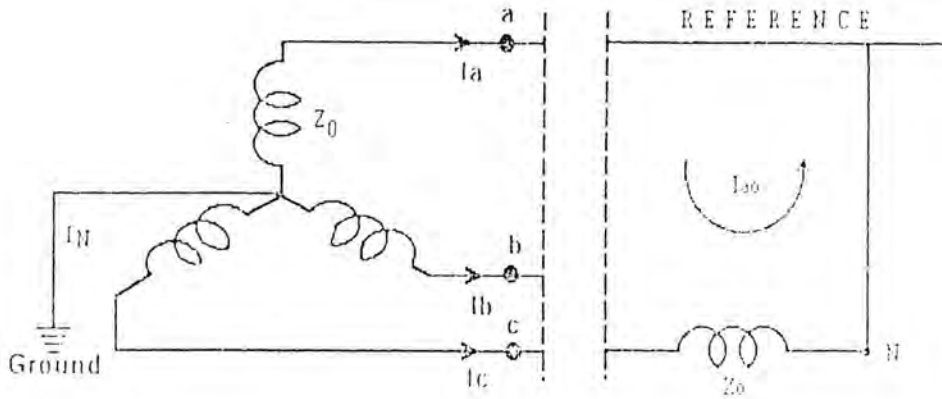
a. Tidak dibumikan

UNIVERSITAS MEDAN AREA

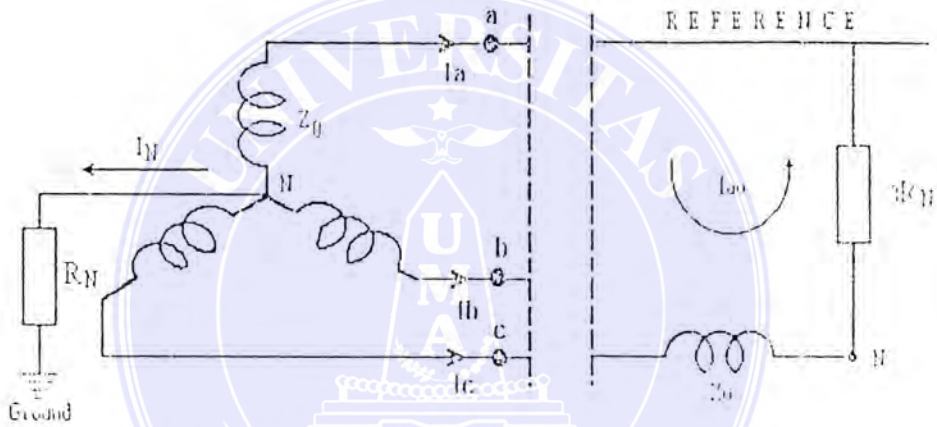
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

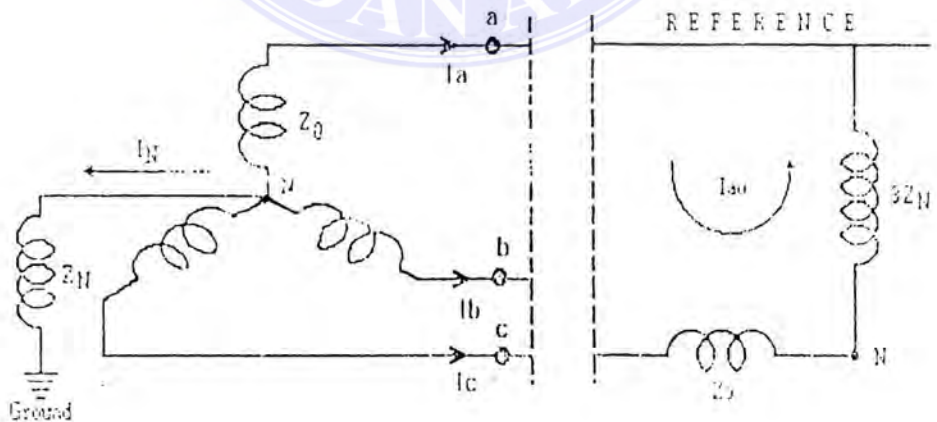
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
- Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23



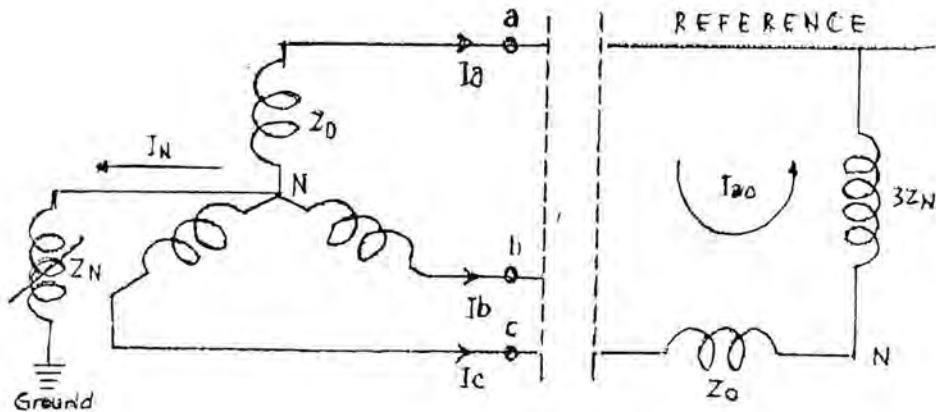
b. Dibumikan langsung



c. Dibumikan dengan tahanan



d. Dibumikan dengan reaktor



e. Dibumikan dengan Peterson Coil

Gambar 2.1. Rangkaian Ekuivalen Urutan Nol Transformator

Beberapa cara ini juga disebut dengan pembumian langsung (solid), pembumian dengan tahanan, pembumian dengan reaktor, dan pembumian dengan Peterson Coil. Dengan catatan untuk masing-masing metoda ini diberi nama sesuai dengan keadaan alam dimana sistem netralnya dibumikan. Pada keadaan ini impedansi dari generator atau trafo yang dibumikan dihubungkan seri dengan rangkaian luar (pembumiannya).

Batas-batas ini secara garis besar dapat ditunjukkan sebagai berikut :

1. Akibat dari besarnya proses transmisi pada keadaan tegangan lebih
2. Kerusakan pada tempat kegagalan dan besarnya arus hubung singkat.
3. Pemakaian dari relay-relay standart, pada perencanaan untuk gangguan hubung singkat ke tanah.
4. Pengaman arus surja

2.2.2. Jenis-jenis Pembumian pada Sistem Tenaga

Pada sistem tenaga ada empat metoda pembumian yang diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Pembumian tanpa impedansi (solid = langsung)
2. Pembumian dengan tahanan
3. Pembumian dengan reaktansi
4. Pembumian dengan Peterson Coil

1. Pembumian tanpa Impedansi (Solid = Langsung)

Pembumian tanpa impedansi pada suatu sistem tenaga adalah jika generator (trafonya) langsung kepusat pembumian atau langsung ke tanah, perhatikan gambar 2-2. Karena reaktansi generator atau trafo terhubung seri dengan pembumian maka pembumian tanpa impedansi keseluruhannya tidak dapat dianggap sebagai rangkaian yang mempunyai harga impedansi sama dengan nol.

Jika reaktansi dari generator atau trafonya sangat besar maka pada kenyataannya pada sistem ini yang terpenting adalah bebasnya dan proses tegangan lebih transien. Oleh karena itu dipandang perlu untuk meninjau kembali kemandapan jenis-jenis dengan alasan sebagai berikut :

- a. Arus gangguan tanah terlalu besar sehingga dapat merusak generator.
- b. Bila semua generator yang bekerja paralel dibumikan akan ada pertukaran arus harmonis ketiga yang akan mengalir ke feeder akan menimbulkan noise (gangguan) pada jala-jala komunikasi.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

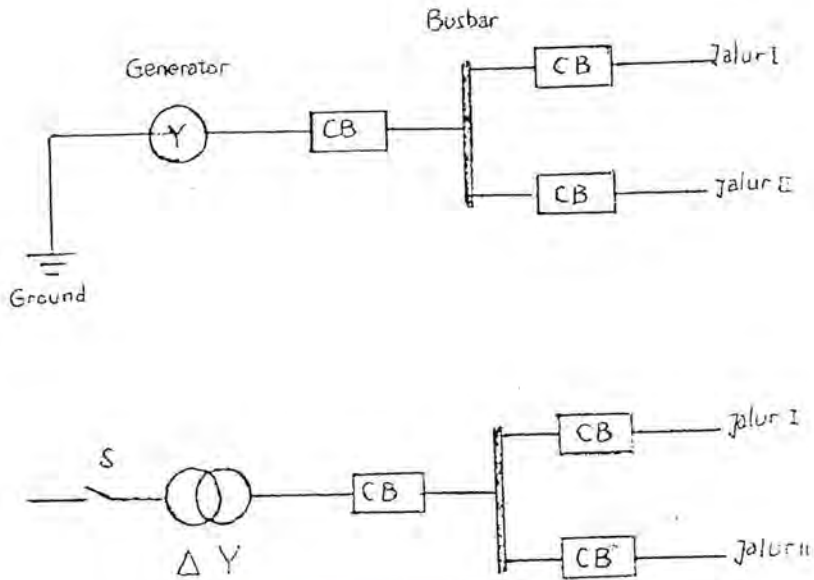
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23



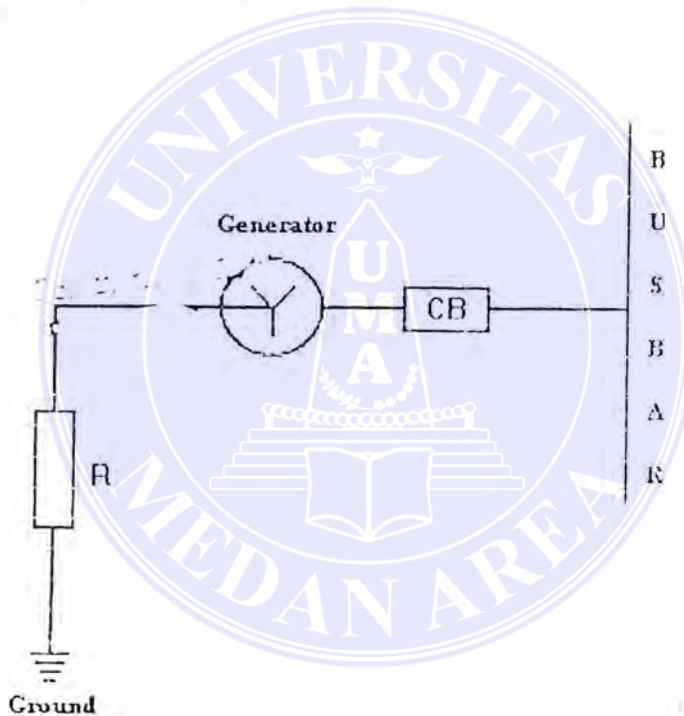
Gambar 2-2 Pembumian Tanpa Impedansi (Pembumian Langsung) Pada Generator Atau Trafo

1. Untuk meninjau lebih jauh kenyataan diatas adalah dengan membandingkan besarnya arus gangguan ke tanah dengan arus gangguan tiga fasa. Umumnya diambil ketetapan perbandingannya berkisar antara 25% sampai dengan 100% arus gangguan tiga fasa. Hal ini juga berlaku untuk pembumian dengan reaktor.

Pembumian langsung dari suatu generator tanpa impedansi pembantu dapat menyebabkan terjadinya arus hubung singkat dari generator yang bisa melebihi arus maksimum hubung singkat tiga fasa ke tanah, dan generator dapat meneruskan kegagalan arus hubung singkat terhadap belitannya. Konsikuensinya pada keadaan ini dimana solid grounding dari sistem menunjukkan bahwa generator akan dibumikan, melalui suatu reaktor yang bertahanan rendah, dengan batas besar arus hubung singkat tidak boleh lebih dari arus hubung singkat tiga fasa.

1. Pembumian dengan Tahanan

Pada pembumian dengan tahanan titik netralnya dihubungkan dengan tanah melalui satu atau lebih tahanan seperti pada gambar 2-3. Yang termasuk kategori ini ialah bila R_0 lebih besar dari X_1 . Bila $X_0 = X_1 = X_2$, tagangan maksimum pada fasa-fasa yang tidak terganggu dapat mencapai harga $1,82 E_{PH}$. Hal ini terjadi bila $R_g = 2,7 X_1$.



Gambar 2-3. Metode Pembumian dengan Tahanan pada Generator dan Trafo.

Pada metode ini dengan harga tahanan yang normal digunakan maka tegangan fasa dengan tanah pada sistem yang tidak dibumikan dengan tegangan fasa ke tanah pada sistem yang dibumikan bila terjadi gangguan satu fasa ke tanah, maka besar tegangannya hampir sama.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

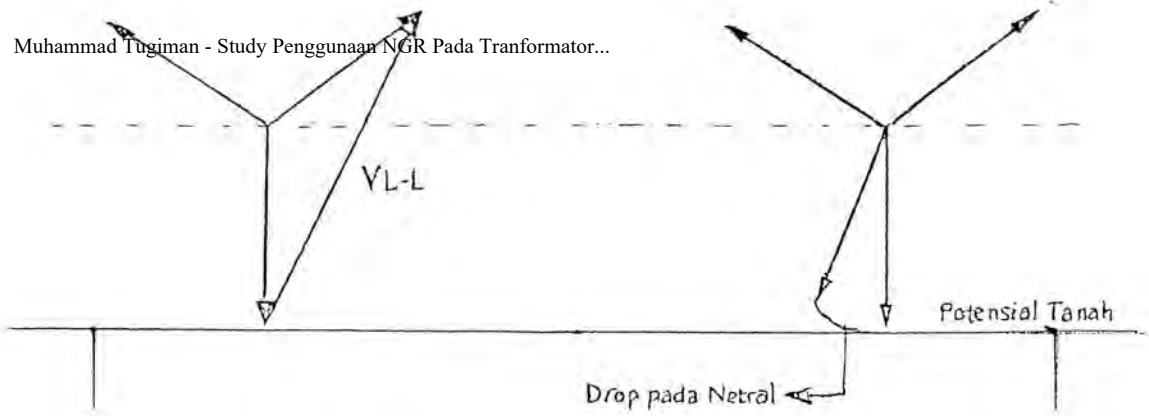
Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23



a. Sistem tidak Dibumikan

b. Sistem Dibumikan dengan Tahanan

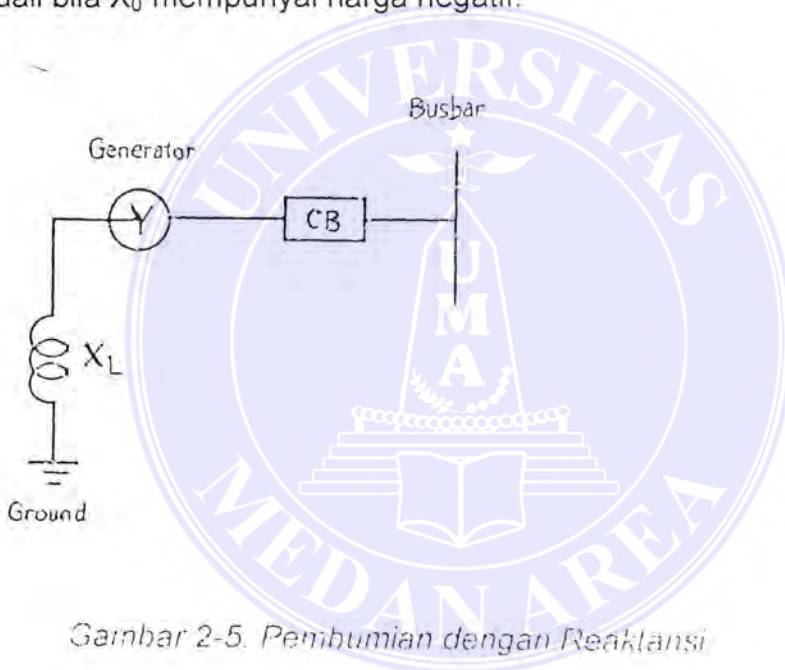
Gambar 2-4. Diagram tegangan selama gangguan satu fasa ketanah

Pada sistem pembumian dengan tahanan pada tegangan di bawah 15 KV tidak dapat menghilangkan proses transien tegangan lebih bila terjadi gangguan. Dengan demikian tegangan lebih tidak perlu diatur begitu serius. Jika tahanan tanah sekitarnya tidak terlalu tinggi dengan batasan arus hubung singkat cukup kecil kira-kira 1% dari arus hubung singkat tiga fasa. Dengan demikian arus ke tahanan cukup kecil maka sistem pembumian melalui tahanan dapat digunakan sekaligus juga dapat berfungsi sebagai berikut :

1. Dapat mencegah terbakarnya dan kerusakan akibat kegagalan (hubung singkat) pada perlengkapan seperti switching dari kegagalan arus.
2. Dapat menghindarkan proses penekanan mekanis pada jaringan dan menghindarkan peralatan dari kegagalan arus.
3. Dapat menghindarkan pekerja dari kejutan listrik karena gangguan hubung singkat.
4. Untuk mereduksi secepat mungkin tegangan fasa yang disebabkan terjadinya gangguan ke tanah.

2.2.2.3. Pembumian dengan Reaktansi

Pembumian dengan reaktansi dapat digambarkan seperti pada gambar 2-5, dimana reaktansi dihubungkan antara netral dari mesin dengan tanah. Yang termasuk dalam kategori ini ialah pembumian dengan reaktansi diluar pembumian efektif. Yaitu bila X_0 lebih besar dari $3X_1$ tetapi lebih kecil dari $10X_1$. Tegangan fasa-fasa yang terganggu terhadap tanah tidak melebihi $1,73 E_{PH}$ kecuali bila X_0 mempunyai harga negatif.



Gambar 2-5. Pembumian dengan Reaktansi

Besarnya reaktansi rangkaian netralnya dihitung terpadu dengan sistem pembumian dan bagaimana bentuk karakteristiknya akan diteliti lebih lanjut. Berhubung arus gangguan tanah yang mengalir dari pembumian reaktansi merupakan fungsi reaktansi netralnya, maka besar arus gangguan selalu digunakan sebagai salah satu kriteria sistem karakteristik yang berubah-ubah dibandingkan dengan reaktansi langsung. Para praktek

umumnya pembumian dengan reaktansi ini digunakan pada kejadian yang tersebut dibawah pembumian tanpa impedansi. Pada keadaan ini perlu menambah suatu reaktor yang kapasitasnya kecil dengan batasan arus gangguan tanah dari generator tidak boleh lebih besar dari arus gangguan tiga fasa yang diberikan oleh generator. Untuk membatasi tegangan lebih transien arus hubung singkat itu harus dibatasi pada harga 25% dari arus hubung singkat tiga fasa, jadi

$$\frac{X_0}{X_1} = 10$$

Reaktor pengetahanan untuk generator ditentukan sedemikian rupa sehingga arus tiap-tiap belitan jangan lebih dari arus hubung singkat tiga fasa.

Jadi $\frac{X_0}{X_1} = 1$. Kedua harga diatas menjadi batas-batas harga dari

Reaktor pembumian.

Untuk menentukan besar reaktansi dari reaktor dipergunakan reaktansi sub transien dari mesin itu. Jadi,

$$I = \frac{3E_{ph}}{X_1 + X_2 + X_0 + 3 X_N} \dots\dots\dots 2-1)$$

$$I (3PH) = \frac{3E_{ph}}{X_1} \dots\dots\dots 2-2)$$

Dimana :

- I_f = Besarnya arus gangguan (ampere)
- E_{ph} = Besarnya tegangan antar fasa (volt)
- X_1 = Reaktansi urutan positif (ohm)
- X_2 = Reaktansi urutan negatif (ohm)
- X_0 = Reaktansi urutan nol (ohm)
- X_N = Reaktansi netral ke ground (ohm)

Untuk generator

$$I_G = I_{(PH)}$$

Dimana X_1, X_2, X_0 adalah reaktansi-reaktansi urutan dari mesin.

Misalkan : $X_1 = X_2$

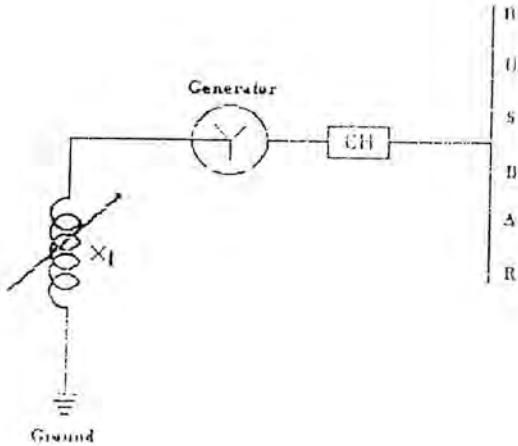
Maka :
$$\frac{3E_{ph}}{2X_1 + X_0 + 3X_N} = \frac{E_{ph}}{X_1}$$

Jadi :
$$X_N = \frac{X_1 - X_0}{3} \text{ (ohm)} \dots\dots\dots 2-3)$$

Untuk menghitung pengenal arus dan reaktor pembumian generator dipakai reaktansi transien dari mesin.

2.2.2.4. Pembumian dengan Kumputan Petersen

Pembumian dengan kumputan petersen atau sering disebut “resonant grounding” harga X_0 dapat diatur sampai tak terhingga. Bila harga X_0 tak terhingga, maka drop tegangan (jatuh) adalah $\Delta V = -E_{Ph}$. Jadi tegangan dari fasa-fasa yang tidak terganggu tidak lebih besar dari tegangan jala-jala.



Gambar2.6. Pembumian dengan Kumparan Peterson.

2.3. Komponen Simetris

Untuk gangguan-gangguan tak simetris (unsymmetrical fault) seperti gangguan satu fasa ke tanah, gangguan fasa ke fasa, gangguan dua fasa ke tanah, maka penampilan sederhana satu fasa tidak dapat digunakan. Dalam hal ini akan digunakan metode komponen simetris. Metode ini ditemukan oleh Dr. C.L. Fortesque pada tahun 1918. Prinsip dari komponen simetris adalah jika misalnya kita menangani suatu sistem tidak seimbang n vektor maka masing-masing vektor ini dibuat menjadi n sistem setimbang. Vektor-vektor yang setimbang ini disebut dengan komponen simetris dari komponen-komponen aslinya.

Jika sistem tidak setimbang dari tiga vektor (misalnya I_a , I_b , I_c , dan V_a , V_b , V_c) dapat diuraikan kedalam sistem yang setimbang. Dari vektor-vektornya maka akan diperoleh hal sebagai berikut :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

1. *Komponen urutan positif (Positive sequence componen)*

V_{a1}, V_{b1}, V_{c1} atau I_{a1}, I_{b1}, I_{c1}

Terdiri dari tiga vektor yang setimbang, terpisah satu dengan yang lain dalam fasa sebesar 120° dan mempunyai urutan fasa yang sama dengan vektor aslinya.

2. *Komponen urutan negatif (Negative sqence componen)*

V_{a2}, V_{b2}, V_{c2} atau I_{a2}, I_{b2}, I_{c2}

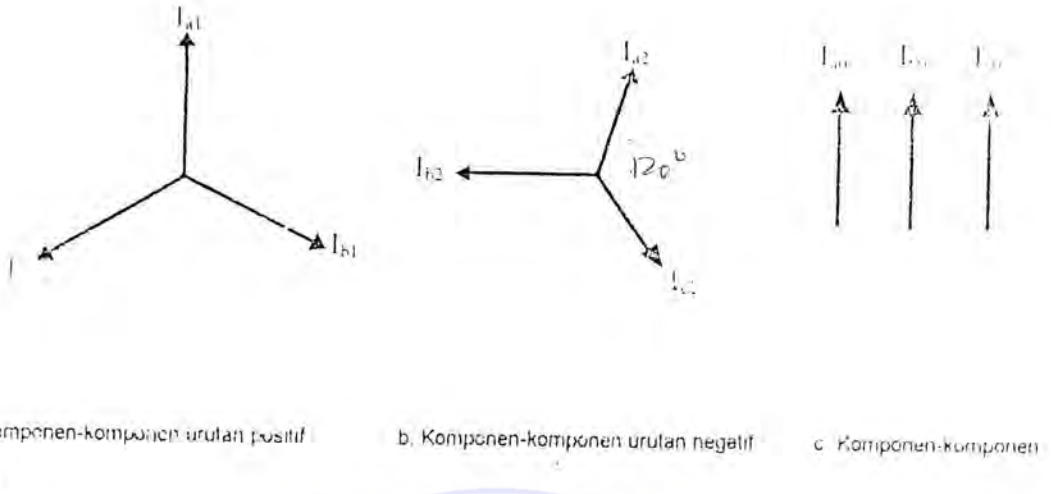
Terdiri dari tiga vektor yang setimbang terpisah satu dengan yang lain dalam fasa sebesar 120° dan mempunyai urutan fasanya berlawanan dengan sistem aslinya.

3. *Komponen urutan nol (Zero sqence componen)*

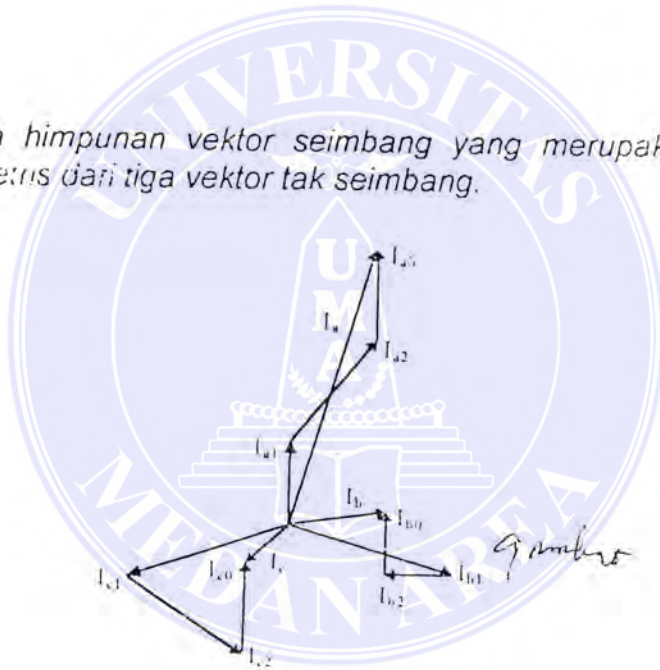
V_{a0}, V_{b0}, V_{c0} atau I_{a0}, I_{b0}, I_{c0}

Terdiri dari tiga vektor yang sama besar dan dengan pergeseran fasa nol antara vektor yang satu dengan yang lain.

Berikut ketiga vektor komponen simetris ditunjukkan seperti gambar 2.7 dan gambar 2.8 merupakan vektor penjumlahan ketiga komponen simetris.



Gambar 2.7. Tiga himpunan vektor seimbang yang merupakan komponen simetris dari tiga vektor tak seimbang.



Gambar 2.8. Penjumlahan secara grafis komponen-komponen simetris.

Sistem asli dari vektor yang tidak setimbang dapat diuraikan kekomponen simetrisnya atau komponen-komponen simetris dapat dijumlahkan untuk mendapatkan sistem asli dari vektor-vektornya.

Jadi :

$$V_a = V_{a0} + V_{a1} + V_{a2}$$

$$V_b = V_{b0} + V_{b1} + V_{b2} \dots\dots\dots 2-4)$$

$$V_c = V_{c0} + V_{c1} + V_{c2}$$

Dan

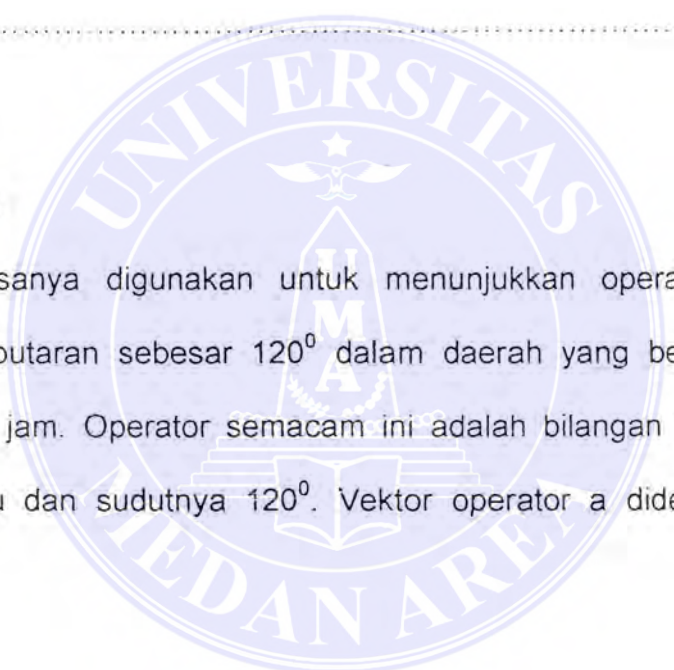
$$I_a = I_{a0} + I_{a1} + I_{a2}$$

$$I_b = I_{b0} + I_{b1} + I_{b2} \dots\dots\dots 2-5)$$

$$I_c = I_{c0} + I_{c1} + I_{c2}$$

2.4. Operator a

Huruf a biasanya digunakan untuk menunjukkan operator yang menyebabkan perputaran sebesar 120^0 dalam daerah yang berlawanan dengan arah jarum jam. Operator semacam ini adalah bilangan kompleks yang besarnya satu dan sudutnya 120^0 . Vektor operator a didefinisikan sebagai :



$$a = 1 \angle 120^0$$

$$a = 1 e^{+j(2\pi)/3}$$

$$a = \cos [(2\pi)/3] + j \sin [(2\pi)/3]$$

$$a = - 0,5 + j 0,866$$

Jika operator a dikenakan pada vektor dua kali berturut-turut, maka vektor itu akan diputar dengan sudut sebesar 240^0 . Untuk pengenaan tiga kali berturut-turut vektor akan diputar dengan sudut 360^0 .

$$a^2 = 1 \angle 240^0$$

$$a^2 = 1 e^{-j(4\pi)/3}$$

$$= \cos [(4\pi)/3] + j \sin [(4\pi)/3]$$

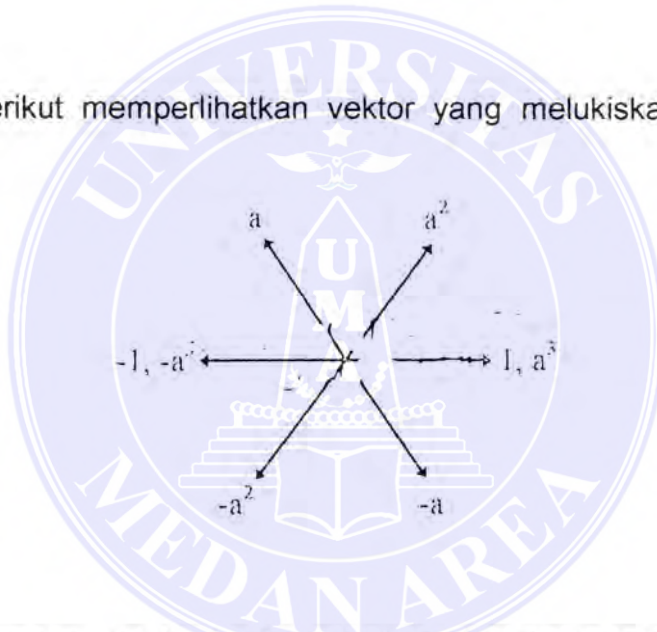
$$= -0,5 - j 0,866$$

$$a^3 = 1 \angle 360^0$$

$$a^3 = 1 e^{j2\pi}$$

$$= 1 + j 0$$

Gambar berikut memperlihatkan vektor yang melukiskan berbagai pangkat dari a.



Gambar 2. 9. Vektor berbagai pangkat dari operator a

Dari vektor asli kekomponen simetris sebagai berikut :

Urutan positif

$$V_{a1}$$

$$V_{b1} = a_2 V_{a1}$$

$$V_{c1} = a V_{a1}$$

Urutan Negatif

$$V_{a2}$$

$$V_{b2} = a_2 V_{a2}$$

$$V_{c2} = a^2 V_{a2}$$

Urutan nol

$$V_{a0}$$

$$V_{b0} = a_2 V_{a0}$$

$$V_{c0} = a V_{a0}$$

Maka dari persamaan 4) diperoleh :

$$V_a = V_{a0} + V_{a1} + V_{a2}$$

$$V_b = V_{b0} + a^2 V_{b1} + a V_{b2} \dots\dots\dots 2-6)$$

$$V_c = V_{a0} + V_{a1} + a^2 V_{a2}$$

Dalam bentuk matriks ditulis :

$$\begin{pmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{pmatrix}$$

Maka :

$$V_{a0} = 1/3 (V_a + V_b + V_c)$$

$$V_{a1} = 1/3 (V_a + a V_b + a^2 V_c) \dots\dots\dots 2-7)$$

$$V_{a2} = 1/3 (V_a + a^2 V_b + a V_c)$$

Berdasarkan persamaan 5) maka diperoleh :

$$I_{a0} = 1/3 (I_a + I_b + I_c)$$

$$I_{a1} = 1/3 (I_a + a I_b + a^2 I_c) \dots\dots\dots 2-8)$$

$$I_{a2} = 1/3 (I_a + a^2 I_b + a I_c)$$

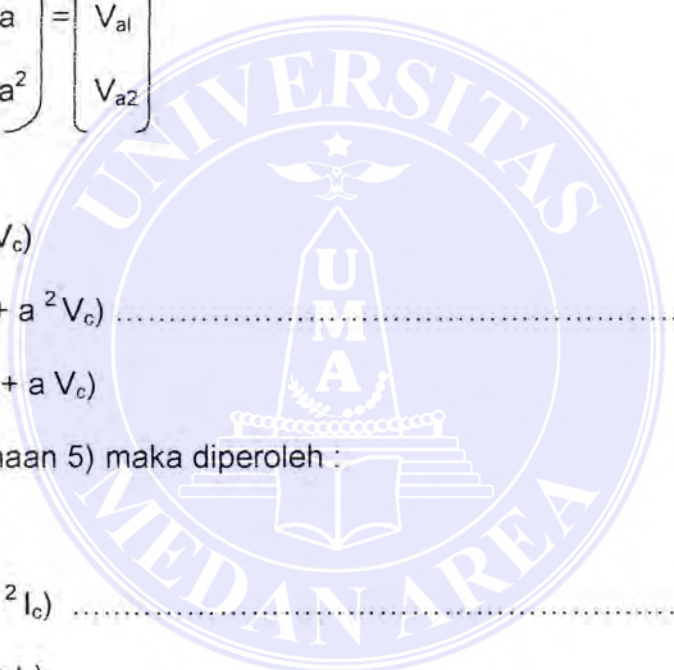
$$V_{a0} = V_{b0} = V_{c0}$$

$$I_n = I_a + I_b + I_c = 3 I_{a0} \dots\dots\dots 2-9)$$

$$V_a = 1/3 (V_a + V_b + V_c)$$

Pada sistem tiga fasa, jika ada netral sebagai jalur kembali maka

$$I_n = I_a + I_b + I_c \text{ diperoleh } I_n = I_a + I_b + I_c = 3 I_{a0}$$

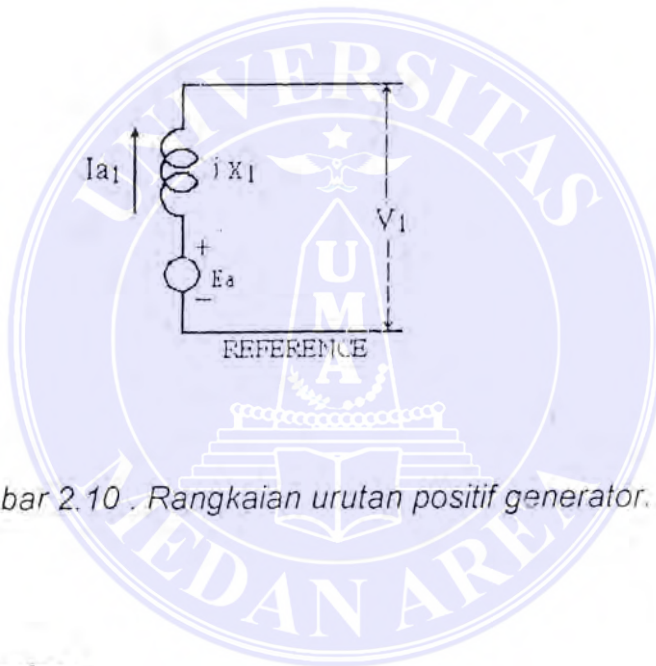


2.5. Rangkaian Urutan pada Generator

Rangkaian urutan pada generator terdiri dari :

2.5.1. Rangkaian Urutan Positif

Rangkaian urutan positif suatu generator 3 fasa (3ϕ) terdiri dari sumber E_a yang terhubung seri dengan impedansi urutan positif.



Gambar 2.10 . Rangkaian urutan positif generator.

Dimana :

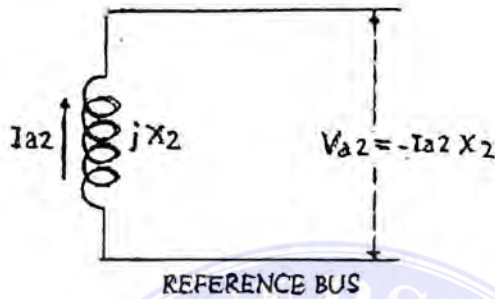
E_a = EMF induksi perfasa

X_1 = Reaktansi urutan positif

$$V_{a1} = E_{a1} - I_{a1} X_1 \dots\dots\dots 2-10)$$

2.5.2. Rangkaian Urutan Negatif

Rangkaian urutan negatif suatu generator lebih sederhana, hanya terdiri dari reaktansi urutan negatif jX_2 , tidak ada EMF induksi urutan negatif.



Gambar 2.11 . Rangkaian urutan negatif generator

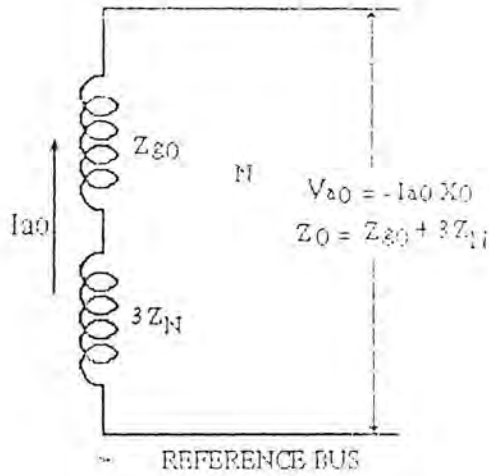
Dimana :

$$V_{a2} = -I_{a2} X_2 \text{ atau } -j I_{a2} X_2 \dots\dots\dots 2-11)$$

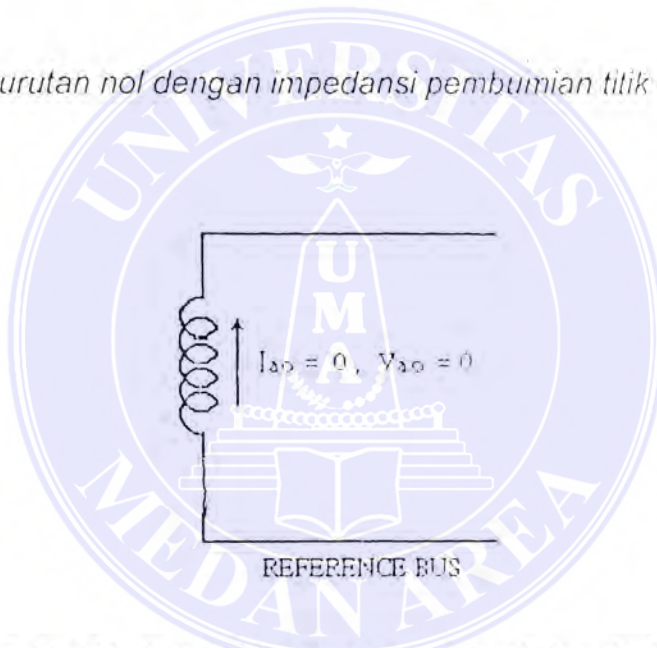
jX_2 = reaktansi urutan negatif generator

2.5.3. Rangkaian Urutan Nol

Rangkaian urutan nol dari suatu generator terdiri dari impedansi urutan nol perfasa ditambah dengan tiga kali impedansi netral ke ground ($3 Z_N$). Arus para rangkaian netral $I_n = I_{a0}$. Jadi tegangan drop sama dengan $3 I_{a0} Z_N$, dimana Z_N adalah reaktansi netral ke ground. Rangkaian urutan nol generator diperlihatkan pada gambar berikut :



a. Rangkaian urutan nol dengan impedansi pembumian titik netral generator



b. Rangkaian Urutan nol tanpa pembumian titik netral generator

Gambar 2. 12 . Rangkaian urutan nol generator

Dimana :

$$V_{a0} = - I_{a0} Z_0 \text{ atau } 0-j I_{a0} X_0 \dots\dots\dots 2-12)$$

$$Z_0 = Z_{g0} + 3Z_N \text{ atau } X_0 = X_{g0} + 3X_N \dots\dots\dots 2-1)$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
 Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23

BAB 3

PENGARUH NGR (NEGATIVE GROUND RESISTANCE) PADA TRANSFORMATOR TERHADAP GANGGUAN PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 KV

3.1. Umum

Metode pembumian sistem tenaga akan mengubah reaktansi urutan nol, pengaruh gangguan shunt dinyatakan dengan gangguan tanah, karenanya pengaruh-pengaruh gangguan tersebut harus dihilangkan. Pembumian sistem transmisi yang paling banyak adalah melalui transformator.

Reaktansi urutan nol dari sistem transmisi dipandang dari titik gangguan tergantung pada jumlah titik pembumian, dan juga besar reaktansi dari gangguan akan menghasilkan pengurangan dalam pemisahan gangguan. Pada gangguan-gangguan yang seimbang, arus pada reaktansi pembumian adalah nol. Jadi pengaruh pada stabilitas sistem dalam gangguan-gangguan jenis ini (tiga fasa) tidak ada. Selanjutnya karena pengaruh dari gangguan tiga fasa terhadap stabilitas dengan memakai tahanan pembumian tidak ada maka diambil gangguan 2 (dua) fasa ke tanah, karena gangguan ini termasuk nomor 2 (dua) yang terbesar sesudah gangguan 3 (tiga) fasa, disamping itu sering pula terjadi karena gangguan satu fasa hampir selalu berakhir dengan kejadian dua fasa ke tanah.

3.2. Penumbumian dengan Tahanan Penumbumian (NGR) Pada Transformator Untuk Sistem Distribusi 20 Kv

Pada sistem 20 kV yaitu pada umumnya berdekatan dengan pemakai listrik dan jaringan telekomunikasi, maka faktor keselamatan dan pengaruh induktif lebih penting lagi diperhatikan. Dengan memperhatikan pertimbangan-pertimbangan tersebut diatas maka pada sistem ini penumbumian netral transformator menggunakan metode penumbumian dengan tahanan (NGR). Penumbumian netral sistem 20 kV beserta pengaman ditetapkan sebagai berikut :

1. Penumbumian netral untuk sistem ini adalah penumbumian dengan tahanan
2. Pengaman sistem dilaksanakan sebagai berikut :
 - a. Bagi saluran udara maupun saluran dalam tanah dipakai pemutus dengan relay arus lebih untuk gangguan hubung singkat fasa ke fasa dan relay gangguan tanah untuk gangguan hubung singkat fasa ke tanah. Pada gardu distribusi dipasang penunjuk gangguan.
 - b. Bagi saluran udara dipakai pula penutup cepat atau lambat, sedangkan bagi saluran dalam tanah tidak dipakai penutup kembali.

Selanjutnya dalam SPLN 26 : 1980 telah ditetapkan besar tahanan penumbumian dan besar arus gangguan yang diijinkan untuk tiap macam tahanan penumbumian sebagai berikut :

- a. Tahanan rendah 12 ohm dan arus gangguan tanah maksimum 1000 amper.
- b. Tahanan rendah 40 ohm dan arus gangguan maksimum 300 amper dipakai pada jaringan saluran udara dan campuran saluran dengan kabel bawah tanah.
- c. Tahanan tinggi 500 ohm dan arus maksimum 25 amper dipakai pada saluran udara.

Pembumian netral sistem dengan tahanan adalah bahwa titik netral dari sistem itu dihubungkan ke tanah melalui tahanan, yang bertujuan untuk membatasi arus gangguan tanah, disamping sebagai pembatas arus juga tidak berubah menurut waktu sehingga perawatan dibutuhkan adalah sedikit.

Pada umumnya besar tahanan pembumian yang dipasang dalam suatu sistem tenaga lebih tinggi dari reaktansi sistem keadaan ini dimaksudkan supaya besar arus gangguan hubung singkat fasa ke tanah akan dibatasi oleh tahanan pembumian tersebut, karena untuk berhasilnya suatu pengaman dari relay gangguan fasa ke tanah sangat tergantung pada besarnya arus gangguan.

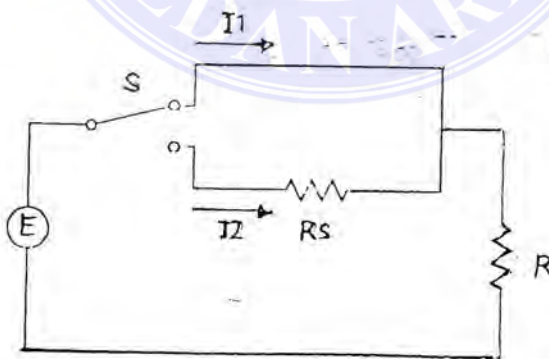
Pada sistem-sistem yang dibumikan dengan tahanan biasanya mempunyai arus gangguan satu fasa ke tanah antara 10%-25% dan arus gangguan hubung singkat tiga fasa

Batas minimum dimaksudkan agar arus gangguan fasa ke tanah masih mampu untuk mengerjakan relay gangguan tanah dan bila diperoleh

arus gangguan fasa ke tanah di bawah nilai itu maka kepekaan pengaman gangguan tanah meminta pertimbangan khusus. Sedangkan batas 25% dimaksudkan untuk mencegah kerugian daya yang berlebihan yaitu berupa panas pada tahanan selama gangguan.

Pada metode pembumian titik netral, resistansi yang diberi simbol R dan sering disebut dengan tahanan adalah merupakan komponen utama untuk dapat terlaksananya metode pembumian ini. Untuk itu perlu diketahui pengaruh tahanan yang dapat dimanfaatkan bagi keperluan suatu sistem tenaga listrik.

Suatu rangkaian listrik yang tertutup bila dihubungkan seri dengan sebuah tahanan (lihat gambar) akan mempengaruhi penciutan (pengecilan) sirkulasi arus didalam rangkaian.



Gambar 3-1. Rangkaian setara

Besar sirkulasi arus di dalam rangkaian :

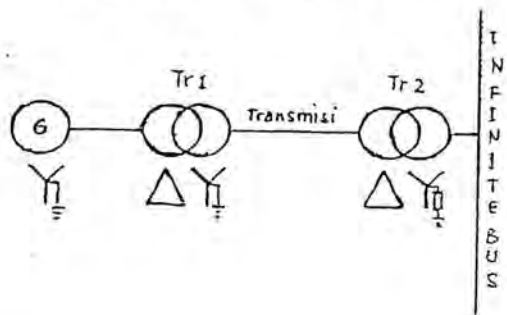
$$I_1 = \frac{E}{R} \dots\dots\dots 3-1)$$

$$I_1 = \frac{E}{R_s + R_3} \dots\dots\dots 3-2)$$

Persamaan 3-1) dan 3-2) menunjukkan besarnya arus yang mengalir didalam rangkaian sebelum dan sesudah menghubungkan tahanan seri (R_s) dimana I_2 lebih kecil dari I_1 ($I_2 < I_1$) dengan menganggap tegangan E.konstan. Jadi dapat diambil kesimpulan bahwa sifat dari tahanan adalah untuk menahan atau menghambat arus listrik seperti ditunjuk pada gambar diatas. Kemudian pengaruhnya terasa pada tahanan itu timbul panas sebesar I^2R .

Perlu tambahan bahwa pembumian titik netral dengan tahanan ini dipergunakan untuk tegangan sistem antara tegangan 3,3 kV dan 22 kV.

Tahanan pembumian (NGR) ditempatkan pada sisi sekunder transformator 20 kV. Dibawah ini diagram segaris dari sistem tenaga dimana tahanan pembumian (NGR) ditempatkan pada sisi sekunder transformator daya (Tr_2)



Gambar 3-2. Diagram segaris sistem tenaga dimana Tr_2 (trafo dua) sisi sekunder letak tahanan melalui tahanan (NGR).

UNIVERSITAS MEDAN AREA

3.3. Penggunaan Pembumian Netral pada Sistem Tiga Fasa

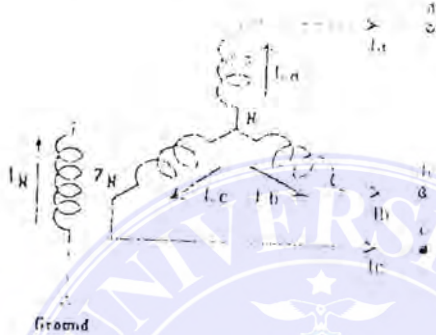
Jika tidak ada titik netral pada sistem tiga fasa yang dibumikan, maka tidak ada arus urutan nol yang mengalir, kecuali arus bocor yang disebabkan kapasitansi jaringan transmisi. Arus bocor kapasitansi biasanya terjadi pada tegangan yang tinggi didalam peralatan, setelah terjadi busur api akibat flash over dengan tanah. Dalam hal ini tegangan lebih yang terjadi membawa pada fasa yang sehat.

Tegangan lebih ini sering dari flash over antara kawat dengan kawat, dan selanjutnya menyebabkan gangguan dua fasa ke tanah. Untuk mencegah keadaan ini pada umumnya dengan jalan membumikan dari salah satu jaringan yang terendah pada sistem tersebut. Tetapi hal ini akan menimbulkan kerugian yang bersamaan dengan menambah besarnya arus gangguan dari sistem tersebut.

Dari hal itu timbul beberapa kemungkinan yang pantas dilakukan untuk mengecilkan arus gangguan tersebut. Diantaranya dengan menyisipkan tahanan atau reaktansi pada netral sistem tiga fasa dengan tanah. Dengan demikian reaktansi netralnya akan bertambah. Hal ini menyebabkan pengurangan arus gangguan yang terlihat dengan tanah.

3.4. Penggunaan NGR Pada Gangguan Sistem Tenaga

Gambar dibawah ini menunjukkan generator sinkron tiga fasa dengan hubungan bintang yang netralnya dibumikan melalui impedansi (Z_N).



Gambar 3.9. Generator tanpa beban dengan netral dibumikan melalui impedansi (Z_N)

Dalam persoalan gangguan satu fasa ke tanah arus gangguan I_a akan mengalir melalui reaktansi X_N . tegangan jatuh antara netral generator dengan tanah.

$$V_{an} = I_a X_N$$

$$I_a = 3 I_{a0}$$

Maka :

$$V_{an} = 3 I_{a0} X_N$$

$$= I_{a0} (X_0 + 3 X_N)$$

$$V_{a0} = I_{a0} X_0 + I_{a0} 3 X_N$$

Dimana X_0 = reaktansi urutan nol yang efektif

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

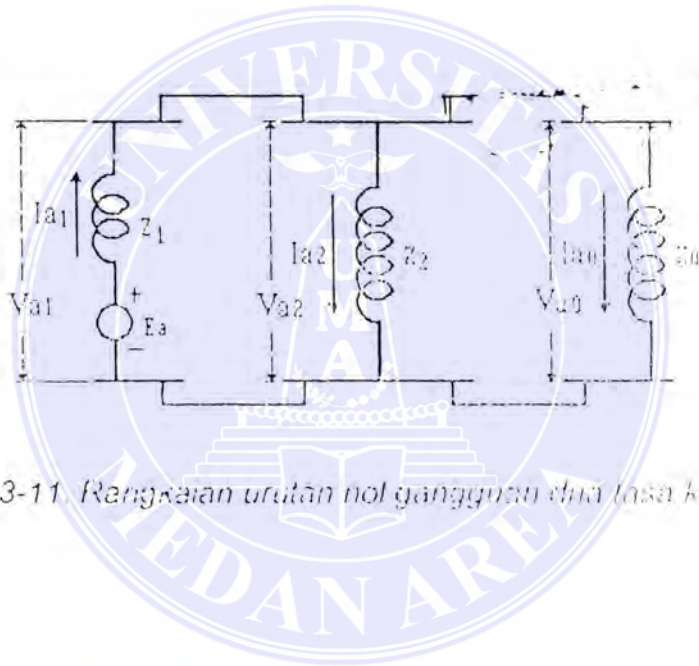
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23

Jadi jelas terlihat bahwa pengaruh impedansi pembumian akan menambah besar impedansi urutan nol dari generator.

3.4.1. Gangguan Satu Fasa ke Tanah



Gambar 3-11. Rangkaian urutan nol gangguan dua fasa ke tanah

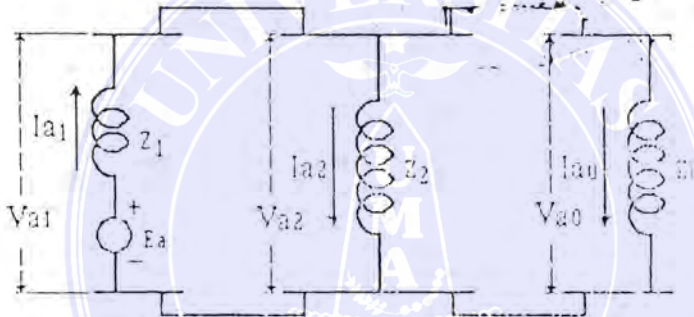
Berdasarkan rangkaian urutan pada gambar 3-10 diperoleh besar arus gangguan :

$$I = \frac{3E_{PH}}{X_1 + X_2 + X_0 + 3X_N}$$

3.4.2. Gangguan Fasa dengan Fasa

Gangguan ini sama halnya dengan gangguan fasa dengan fasa dengan netralnya dihubungkan langsung ke tanah karena reaktansi urutan nol tidak dipengaruhi.

3.4.3. Gangguan Dua Fasa ke Tanah



Gambar 3-11. Rangkaian urutan nol gangguan dua fasa ketanah

Dari rangkaian urutan diatas dapat dilihat besar arus untuk masing-

masing urutan, adalah sebagai berikut :

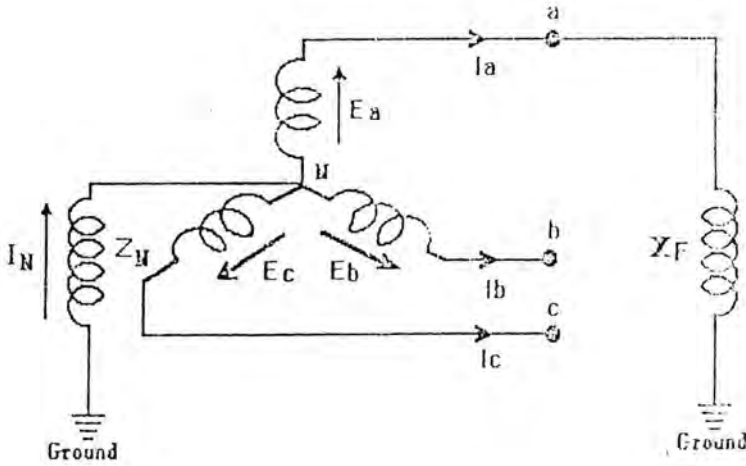
$$Z_2 + Z_{g0} + 3 X_N$$

$$I_{a1} = E_a \frac{1}{Z_2 + Z_{g0} + 3 X_N}$$

$$Z_2 + (Z_{g0} + X_N)$$

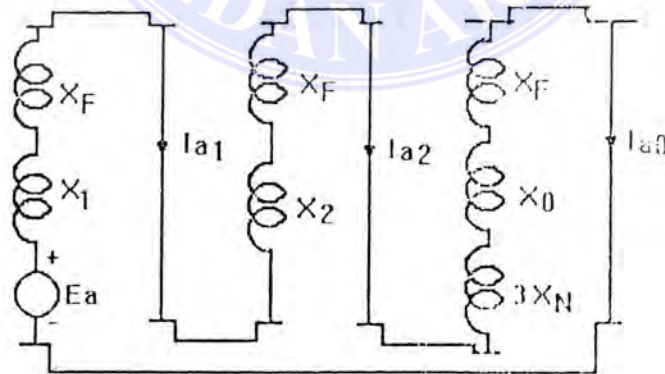
$$Z_1 + \frac{1}{Z_2 + (Z_{g0} + X_N)}$$

$$Z_2 + (Z_{g0} + X_N)$$



Gambar 3-12. Gangguan satu fasa ke tanah melalui rektansi

Dimana $E_a = E_g$



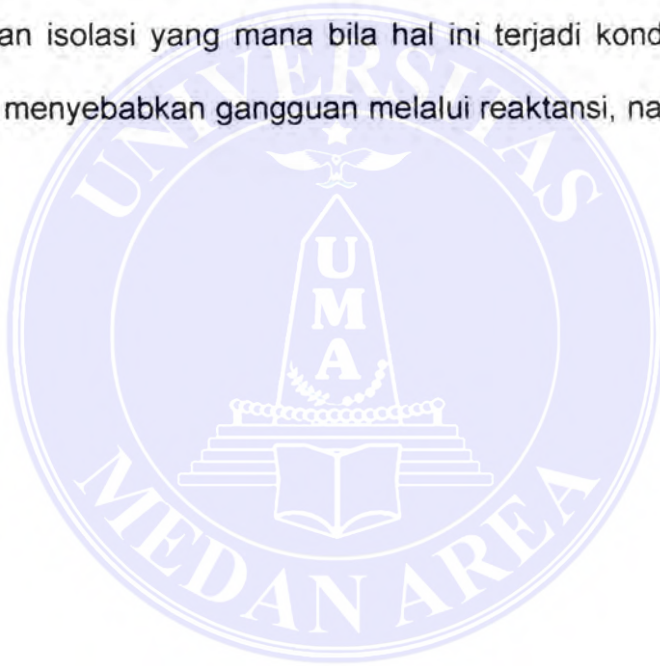
Gambar 3-13. Diagram reaktansi dengan penambahan reaktansi gangguan

3.4.4. Gangguan Tiga Fasa

Pada persoalan ini sama halnya dengan keadaan gangguan dua fasa, karena reaktansi urutan nolnya tidak menimbulkan pengaruh.

3.5. Pengaruh Reaktansi Gangguan (X_F)

Pada sistem tenaga listrik menjelang terjadinya gangguan mungkin saja timbul kegagalan isolasi yang mana bila hal ini terjadi konduktor yang menyinggung tanah menyebabkan gangguan melalui reaktansi, namun hal ini jarang terjadi.



Dapat dilihat urutan positif sebagai berikut :

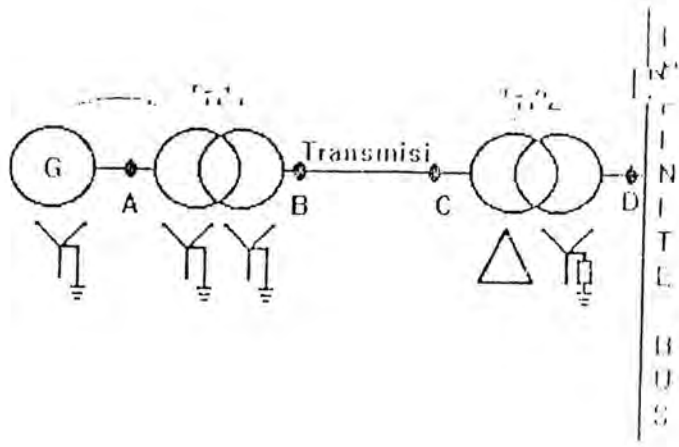
$$I_{a1} = \frac{E_g}{X_1 + X_2 + X_0 + 3X_N + 3X_F}$$

Bila rangkaian urutan dibandingkan dengan urutan sebelumnya nampak jelas penambahan reaktansi pada masing-masing reaktannya. Selanjutnya untuk gangguan fasa dengan fasa, penambahan reaktansi gangguan pada urutan positif dan negatif masing-masing adalah setengah dari harga reaktansi gangguan (X_F) tersebut.

Lain halnya pada gangguan dua fasa ke tanah, dimana penambahan reaktansi gangguan tersebut hanya berada pada urutan nolnya saja sebesar X_{F1} sedangkan pada gangguan tiga fasa, reaktansi gangguan berada pada urutan sebesar sepertiga X_F .

3.6. Diagram Satu Garis

Maksud diagram satu garis adalah untuk memberikan informasi dalam bentuk yang sederhana dan sesuai dengan sistem. Diagram satu garis sistem tenaga yang sederhana dapat dilihat pada gambar 3-14 dibawah ini.

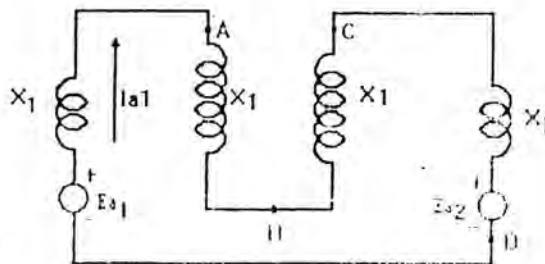


Gambar 3-14. Diagram satu garis-suatu sistem

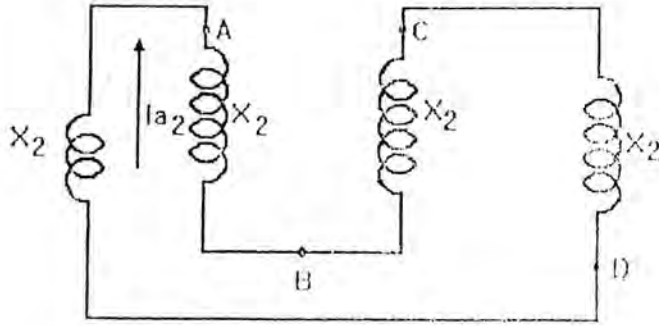
Dalam menentukan reaktansi ekuivalen dari sistem satu garis diatas, maka digaram tersebut harus dirubah menjadi diagram reaktansi, sebagai berikut :

1. Diagram reaktansi urutan positif
2. Diagram reaktansi urutan negatif
3. Diagram reaktansi urutan nol

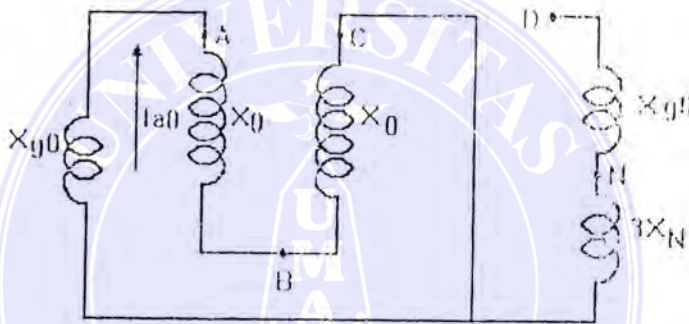
Diagram masing-masing urutan dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



a. Diagram urutan positif



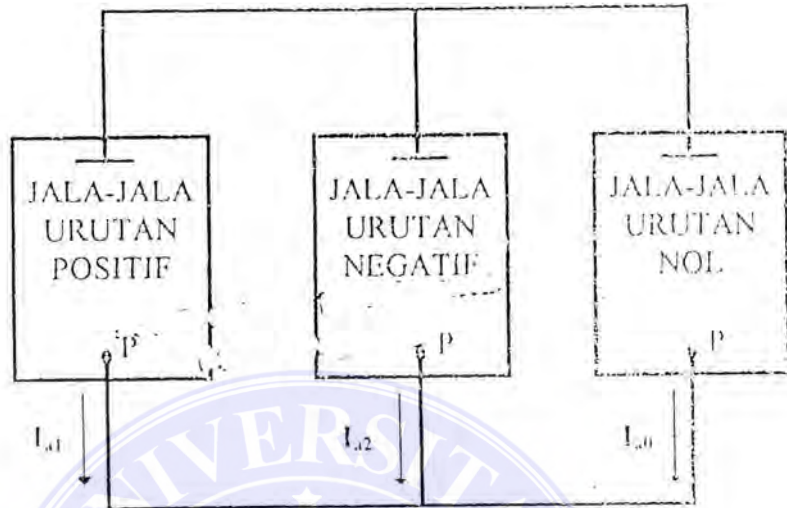
b. Diagram urutan negatif.



c. Diagram urutan nol

Gambar 3-15. Diagram masing-masing urutan pada suatu sistem.

Untuk menyelesaikan gangguan dua fasa ke tanah masing-masing urutan dihubungkan paralel pada titik gangguan seperti terlihat pada gambar 3-16 sebagai berikut :



Gambar 3-16. Block diagram gangguan dua fasa ke tanah titik terjadinya gangguan ialah P

3.8. Diagram urutan Nol

Pada gangguan jelas nampak ketergantungan dari reaktansi urutan nolnya menentukan sekali besar dari gangguan tersebut. Reaktansi urutan nol akan digunakan atau tidak pada pengaturan arus gangguan, misalnya pada dua fasa ke tanah. Disamping ketergantungan dari hubungan terminal, seperti hubungan bintang atau delta, dibumikan atau tidak dibumikan. Diagram urutan nol dari transformator dapat dilihat pada gambar 3-17,

sebagai berikut :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23

LAMBANG	DIAGRAM-DIAGRAM HUBUNGAN	RANGKAIAN EKIVALEN URUTAN-NCL
		 Rel pedoman
		 Rel pedoman
		 Rel pedoman
		 Rel pedoman
		 Rel pedoman

3-17. Diagram urutan nol dari transformator

BAB V

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan, maka pembumian bertujuan untuk pemadaman busur api listrik yang mungkin terjadi dan bahaya terbakar tanpa kehilangan fungsinya untuk menekan tegangan maksimum pada fasa yang sehat.

Dengan pembumian titik netral pada transformator dengan tahanan pembumian (NGR) dapat disimpulkan bahwa :

1. Pembumian dengan tahanan terdiri dari dua yaitu :
 - Tahanan rendah dengan syarat $R_N \geq 2X_0$
 - Tahanan tinggi $R_N \leq 1/3 X_0$
2. Pembumian dengan tahanan, tegangan maksimum pada fasa-fasa yang tidak terganggu dapat mencapai harga $1,82 E_{ph}$, bila $X_0 = X_1 = X_2$ dan $3 R_N = X_0$.
3. Akibat-akibat yang disebabkan gangguan adalah :
 - Menginterupsi kontinuitas pelayanan daya kepada para konsumen apabila gangguan itu sampai menyebabkan terputusnya suatu rangkaian (sirkuit) atau menyebabkan keluarnya suatu unit pembangkit).

- Penurunan tegangan yang cukup besar menyebabkan rendahnya kualitas tenaga listrik dan merintanginya kerja normal pada peralatan konsumen.
- Pengurangan stabilitas dan menyebabkan break downnya transformator (generator).

PESAN DAN SARAN

Setelah menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis dapat memberikan pesan dan kesan yakni selama melaksanakan Riset di PT. PLN (Persero) Sektor Glugur Gardu Induk Binjai, serta menulis tesis ini dengan bantuan bapak-bapak Pembimbing.

- Untuk PT. PLN (Persero) Gardu Induk Binjai, penulis mengharapkan agar kiranya memberikan kesempatan dan lebih meningkatkan bimbingan dan masukan kepada mahasiswa.
- Penulis mengharapkan kepada seluruh pegawai yang bersangkutan agar jangan segan-segan untuk memberi masukan teknis untuk mahasiswa mengenai ketenagalistrikan.
- Meningkatkan kerjasama dan etiket baik antara PLN dan institusi Pendidikan Perguruan Tinggi khususnya untuk Universitas Medan Area.
- Terima kasih kepada seluruh pegawai yang ada di GI Binjai atas kerjasamanya sehingga Skripsi ini dapat selesai.
- Terimakasih kepada Bapak-bapak Pembimbing untuk mengarahkan saya hingga skripsi ini berjalan lancar.
- Penulis menyadari masih banyak kekurangan-kekurangan, namun semua itu bukan disengaja, kritik dan saran sangat diharapkan.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23

DAFTAR PUSTAKA

Komari, *Pembumian Titik Netral*, Unit Diklat Teknologi Kelistrikan PT. PLN (Persero)

Sunil S. Rao, *Switchgear and Protection*, Khanna Publishers Delhi-6.

T.S. Hutaaruk, *Pengetahuan Netral Sistem Tenaga dan Pengetahuan Peralatan*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991.

T.S. Hutaaruk, *Pengantar Sistem Tenaga Listrik*, Penerbit Erlangga, Jakarta 1975.

William D. Stevenson. JR, *Analisa Sistem Tenaga Listrik*, Penerbit Airlangga, Jakarta, 1984.

