

**ANALISIS PENGAMAN GANGGUAN SATU FASA KETANAH
SALURAN TRANSFORMATOR TENAGA
PT. PLN (Persero) UPP SUMBAGSEL 2**



SKRIPSI

**Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Palembang**

Disusun oleh :

RIMBUN PARMONANGAN MANALU

NIM : 17420027

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PALEMBANG

2021

ANALISIS PENGAMAN GANGGUAN SATU FASA KETANAH

SALURAN TRANSFORMATOR TENAGA

PT. PLN (Persero) UPP SUMBAGSEL 2



SKRIPSI

**Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Palembang**

Disusun oleh :

RIMBUN PARMONANGAN MANALU

NIM : 17420027

Disetujui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Raden Ahmad Yani,ST.,MT

R.M. Edy Suherman,ST.,MT

NIDN : 0203067601

NIDN : 0230096701

**ANALISIS PENGAMAN GANGGUAN SATU FASA KETANAH
SALURAN TRANSFORMATOR TENAGA
PT. PLN (Persero) UPP SUMBAGSEL 2**



SKRIPSI

**Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Palembang**

Disusun oleh :

RIMBUN PARMONANGAN MANALU

NIM : 17420027

Mengetahui :

**Dekan Fakultas Teknik
Universitas Palembang**

**Ketua Program Studi
Fakultas Teknik Elektro**

**Marliyus Sunarhati,ST.,MT
NIDN : 0224076201**

**Marliyus Sunarhati,ST.,MT
NIDN : 0224076201**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Nama : Rimbun Parmonangan Manalu
NIM : 17420027
Program Studi : S1 Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisis Pengaman Gangguan Satu Fasa Ketanah Saluran
Transformator Tenaga PT. PLN (Persero) UPP
SUMBAGSEL 2

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana baik di lingkungan Universitas Palembang maupun suatu Perguruan Tinggi, dan Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab serta bersedia memikul segala resiko jika ternyata pernyataan ini tidak benar.

Palembang, Juli 2021

Rimbun Parmonangan Manalu

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

- Perjuangan merupakan bukti bahwa engkau belum menyerah. Perperangan selalu menyertai lahirnya suatu mujizat.
- Manusia dapat menimbang-nimbang dalam hati, tetapi jawaban lidah berasal dari Tuhan. Hati manusia memikir-mikirkan jalanya, tetapi Tuhanlah yang menentukan arah langkahnya.
- Serahkanlah hidupmu kepada Tuhan dan Percayalah kepada-Nya, dan ia akan bertindak.

Persembahan :

- Kepada Bapak, Mama, Kakak, dan Adek yang selalu memberikan kasih sayang, dukungan doa, dan semangat tiada terhingga.
- Kepada Bapak Raden Ahmad Yani,ST.,MT selaku dosen Pembimbing 1 dan Bapak Edy Suherman,ST.MT selaku Pembimbing 2.
- Dosen Jurusan Teknik Elektro.
- Teman-teman seperjuangan yang selalu memberikan semangat dan dukungan serta doa-doanya untukku.

ABSTRAK

Transformator tenaga merupakan suatu alat listrik yang dapat mengkonversi dan mengubah energy listrik dari suatu rangkaian kerangkaian listrik lainnya melalui gandengan magnet bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, dan berfungsi untuk menyalurkan daya atau tenaga dari tegangan menengah ketegangan rendah atau sebaliknya. Transformator tenaga menggunakan prinsip hukum induksi faraday dan hukum Lorentz dalam menyalurkan tenaga, dimana arus bolak balik yang mengalir mengelilingi suatu inti besi maka inti besi itu akan berubah menjadi magnet. Dan apabila magnet tersebut dikelilingi oleh suatu belitan maka pada kedua ujung belitan tersebut akan menjadi beda potensial. Dalam bidang teknik elektro transformator tenaga digunakan sebagai gandengan impedansi antara sumber dan beban. Kebutuhan beban yang semakin meningkat menyebabkan kebutuhan tenaga listrik semakin besar salah satu faktor yang perlu di perhatikan adalah gangguan pada transformator tenaga baik gangguan satu fasa, dua fasa ataupun tiga fasa. Pada tugas akhir ini dilakukan suatu evaluasi system pentanahan, gangguan satu fasa ketanah, tegangan sentuh satu fasa ketanah, serta setting rele arus lebih pada transformator tenaga gardu induk.

Kata kunci : Gangguan satu fasa ketanah, tegangan sentuh, setting rele arus lebih, pada saluran transformator tenaga.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadiran Tuhan YME atas segala limpahan berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Analisis Pengaman Gangguan Satu Fasa Ketanah Saluran Transformator Tenaga PT. PLN (Persero) UPP SUMBAGSEL 2”.

Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk dapat mencapai Gelar Sarjana pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Palembang.

Penyusunan skripsi ini tidak akan berhasil tanpa adanya bantuan dan kerjasama dari pihak lain. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan mendorong terhujutnya skripsi ini.

Segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Zulkifli S Mukti,SH.,MH selaku Rektor Universitas Palembang.
2. Bapak Marliyus Sunarhati,ST.,MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palembang.
3. Bapak Marliyus Sunarhati,ST.,MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Palembang.
4. Bapak Dian Eka Putra,ST.,MT selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Palembang.
5. Bapak Raden Ahmad Yani,ST.,MT dan Bapak Edy Suherman,ST.MT selaku Dosen Pembimbing I dan II yang telah benar-benar penulisan rasakan penuh dedikasi membantu untuk penyelesaian skripsi ini.

6. Bapak Fahmi Kuncoro selaku Manager PT. PLN (Persero) UPP SUMBAGSEL 2 dan Karyawan-karyawan PT. PLN (Persero) UPP SUMBAGSEL 2 yang telah memberikan izin untuk mengikuti program skripsi.
7. Kepada Bapak, Mama, Kakak, dan Adek yang selalu memberikan kasih sayang, dukungan doa, dan semangat tiada terhingga.
8. Fajrin Harlian Prakarsa terimakasih telah menjadi sahabat terbaik yang selalu memberikan dukungan, semangat, bantuan, serta doa dalam menyelesaikan perkuliahan ini dengan baik.
9. Teman-teman dan pihak-pihak lain yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu yang telah memberikan dukungan baik moril dan materil dalam menyelesaikan skripsi.

Saya menyadari akan adanya kekurangan-kekurangan dalam penulisan skripsi ini karena keterbatasan wawasan dan pengetahuan. Untuk itu saya mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak agar dapat menjadi lebih baik di masa yang akan datang.

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi para pembaca dan memberikan kontribusi yang baik untuk segala bentuk kasus yang terkait dengan bahan tersebut.

Palembang, Juni 2021

Rimbun Parmonangan Manalu

DAFTAR ISI

Daftar	Halaman
HALAMAN PERSETUJUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	2
1.3.1 Tujuan Penelitian.....	2
1.3.2 Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Hubungan Transformator	6

2.2.1	Transformator Hubungan Segitiga-Segitiga	6
2.2.2	Transformator Hubungan Segitiga Bintang	6
2.2.3	Transformator Hubungan Bintang Segitiga	7
2.2.4	Transformator Hubungan Bintang-Bintang	8
2.3	Prinsip Dasar Kerja Transformator	8
2.4	Inti Besi	9
2.5	Current Carrying Circuit (Winding)	10
2.6	Bushing	11
2.7	Pendingin	11
2.8	Konservator	12
2.9	Rangkaian Ekuivalen Transformator	14
2.10	Eksitasi Pada Transformator	16
2.11	Faktor Kerja Transformator	17
2.11.1	Menentukan Parameter Transformator	17
2.12	Hubungan Transformator Tenaga 10 MVA di GI	19
2.12.1	Hubungan Bintang-Bintang	19
2.13	Pengaman Transformator Tenaga di Gardu Induk	19
2.13.1	Relai Diferensial	19
2.14	Gangguan Pada Transformator Tenaga	20
2.14.1	Gangguan Internal	20
2.14.2	Gangguan Eksternal	21
2.15	Gangguan Hubung Singkat	22
2.16	Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Kitanah	24

2.17	Impedansi Ekivalen Urutan Nol	26
2.18	Rele Arus Lebih (OCR)	27
2.19	Prinsip Kerja OCR	27
BAB III	METODE PENELITIAN	29
3.1	Umum	29
3.2	Sumber Data	30
3.3	Teknik Pengambilan Data	30
3.4	Langkah-Langkah Penelitian	31
3.5	Perhitungan Arus Gangguan.....	31
3.6	Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Satu fasa Ketanah	32
3.7	Perhitungan Resistansi Pentanahan	33
3.8	Perhitungan Tegangan Sentuh Satu Fasa Ketanah	33
3.9	Perhitungan Setting Rele Arus Lebih	34
3.9.1	Setting OCR	34
BAB IV	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	36
4.1	Data Spesifikasi Peralatan di PT. PLN (Persero) UPP Sumbagsel 2	36
4.1.1	Spesifikasi Transformator 10 MVA di PT. PLN (Persero) UPP Sumbagsel 2	36
4.2	Perhitungan Impedansi Transformator	38

4.3	Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ketanah	39
4.4	Perhitungan Resistansi Pentanahan	39
4.5	Perhitungan Tegangan Sentuh Satu Fasa Ketanah	40
4.6	Perhitungan Setting Rele Arus Lebih	41
4.6.1	Rele Arus Lebih Sisi 70 KV	41
4.6.2	Rele Arus Lebih Sisi 20 KV	41
4.7	Analisa	42
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1	Kesimpulan	44
5.2	Saran	44
	DAFTAR PUSTAKA	46
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Macam – Macam Pendingin Pada Transformator	12
4.1 Data Transformator Unindo	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Transformator Tiga Fasa	5
2.2 Transformator Hubungan Delta – Delta	6
2.3 Transformator Hubungan Delta Bintang	7
2.4 Transformator Hubungan Bintang Delta	7
2.5 Transformator Hubungan Bintang – Bintang	8
2.6 Prinsip Kerja Transformator	9
2.7 Inti Besi	10
2.8 Belitan Transformator	10
2.9 Bushing	11
2.10 Konservator	13
2.11 Konstruksi Konservator	13
2.12 Pemodelan Transformator Ke Bentuk Rangkaian Listrik	14
2.13 Rangkaian Ekuivalen Secara Eksak	15
2.14 Eksitasi Pada Transformator	16
2.15 Rangkaian Pengukuran Transformator Tanpa Beban	17
2.16 Rangkaian Pengukuran Transformator Berbeban	18
2.17 Transformator Hubungan Bintang – Bintang	19
2.18 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Kitanah	24
2.19 Gangguan Satu Fasa Kitanah	25
2.20 Rangkaian Pengawatan OCR dan GFR	27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

- A. Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Palembang
- B. Lembar Konsultasi Bimbingan Skripsi
- C. Surat Persetujuan Seminar Skripsi
- D. Surat Persetujuan Sidang Skripsi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Gangguan pada transformator tenaga 10 MVA dalam operasi suatu transformator dapat dibedakan menjadi dua yaitu gangguan internal dan gangguan eksternal. Gangguan internal yaitu gangguan yang terjadi di dalam transformator tenaga itu sendiri, sedangkan gangguan eksternal yaitu gangguan yang terjadi di luar transformator tenaga (pada system tenaga listrik) tetapi dapat menimbulkan gangguan pada transformator yang bersangkutan.

Transformator tenaga 10 MVA merupakan peralatan yang sangat vital dalam penyaluran system tenaga listrik karena transformator tenaga 10 MVA merupakan peralatan yang dipergunakan untuk menyalurkan energy listrik langsung kekonsumen, tegangan menengah maupun tegangan rendah. Gangguan yang sering terjadi antara lain gangguan arus lebih yang dapat menyebabkan pelayanan arus listrik terganggu, gangguan arus lebih pada transformator tenaga 10 MVA ialah besarnya gangguan satu fasa ketanah, untuk mengatasi besar arus gangguan pada transformator tenaga 10 MVA harus memperoleh impedansi yang sesuai pada arus hubung singkat satu fasa ketanah dan setelan rele secepat mungkin, rele dapat bekerja sehingga transformator dapat diamankan.

Untuk melindungi transformator tenaga 10 MVA dari bahaya gangguan yang terjadi. Maka dibutuhkan system pengaman, yang harus dapat mendeteksi terjadinya gangguan tersebut, sehingga transformator aman.

Sehubungan dengan hal tersebut di atas maka penulis tertarik untuk meneliti masalah tersebut diangkat dalam penulisan Skripsi ini.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan dengan latar belakang, penulis merumuskan permasalahan yaitu, perhitungan tegangan sentuh satu fasa ketanah, besar arus gangguan satu fasa ketanah dan setting rele arus lebih pada saluran transformator tenaga 10 MVA di PT. PLN (Persero) UPP SUMBAGSEL 2

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulisan skripsi ini adalah :

- a. Menghitung nilai tegangan sentuh satu fasa ketanah pada saluran transformator tenaga 10 MVA di PT. PLN (Persero) UPP Sumbagsel 2 Pangkal Pinang Bangka Belitung.
- b. Menghitung besar arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah pada saluran transformator tenaga 10 MVA di PT. PLN (Persero) UPP Sumbagsel 2.
- c. Menghitung nilai setting rele arus lebih pada transformator tenaga 10 MVA tersebut.

1.3.2 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penulisan skripsi ini adalah :

- a. Dapat mengetahui nilai tegangan sentuh satu fasa ketanah pada saluran transformator tenaga 10 MVA di PT. PLN (Persero) UPP Sumbagsel 2

- b. Dapat mengetahui nilai arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah pada saluran transformator tenaga 10 MVA di PT. PLN (Persero) UPP Sumbagsel 2
- c. Dapat mengetahui nilai setting rele arus lebih pada saluran transformator tenaga 10 MVA tersebut.

1.4 Pembatasan Masalah

Pembahasan mengenai gangguan satu fasa ketanah dan setting rele pada saluran transformator tenaga 10 MVA di PT. PLN (Persero) UPP Sumbagsel 2

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan tentang latar belakang permasalahan, ruanglingkup permasalahan, tujuan dan manfaat, serta sistematika penulisan skripsi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan membahas tentang uraian umum mengenai bagian utama transformator.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas subjek dan objek penelitian, sumber data, analisis data, dan langkah-langkah penelitian.

Bab IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab berisi tentang inti pembahasan skripsi, di mana pada bab ini dibahas mengenai hasil perhitungan dan menganalisa permasalahan

gangguan satu fasa ketanah setting rele arus lebih dan tegangan sentuh pada saluran transformator 10 MVA.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari penulisan Skripsi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Transformator tenaga merupakan peralatan yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lainnya, melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet. Transformator tenaga 10 MVA digunakan secara luas, baik dalam bidang listrik maupun elektronika. Transformator tenaga 10 MVA digunakan sebagai gandingan imperansi antara sumber dan beban, untuk memisahkan satu rangkaian dari rangkaian yang lain.

Transformator tenaga 10 MVA merupakan peralatan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga dari tegangan menengah maupun tegangan rendah. Transformator tenaga 10 MVA pada umumnya ditanahkan pada titik netral, sesuai dengan kebutuhan untuk sistem pengamanan atau proteksi.

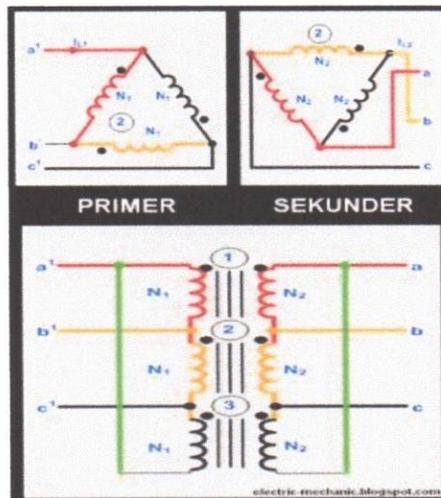


Gambar 2.1 Transformator 3 Fasa

2.2 Hubungan Transformator

2.2.1 Transformator Hubungan Segitiga-Segitiga (Δ - Δ)

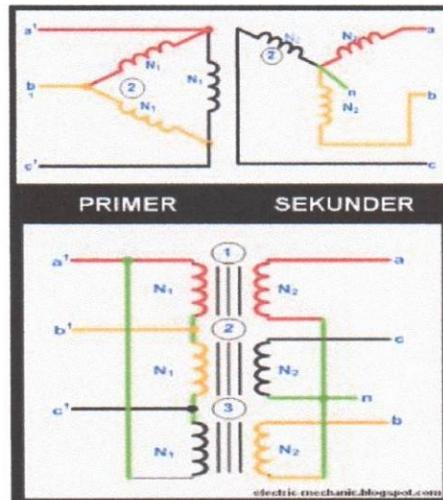
Pada jenis ini ujung fasa dihubungkan dengan ujung netral kumparan lain yang secara keseluruhan akan terbentuk hubungan delta/segitiga. Hubungan ini umumnya digunakan pada sistem yang menyalurkan arus besar pada tegangan rendah dan yang paling utama saat keberlangsungan dari pelayanan harus dipelihara meskipun salah satu fasa mengalami kegagalan.



Gambar 2.2 Transformator Hubungan Delta-Delta

2.2.2 Transformator Hubungan Segitiga Bintang (Δ -Y)

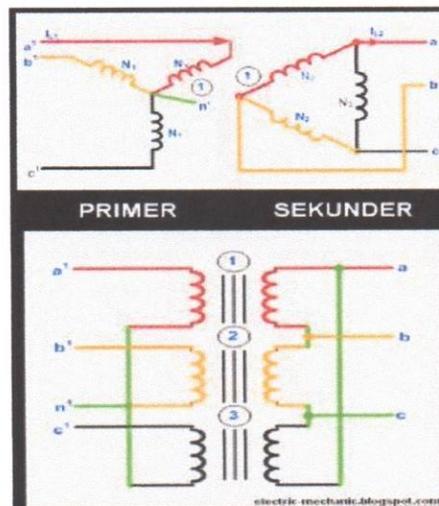
Pada hubungan ini, sisi primer transformator dirangkai secara delta sedangkan pada sisi sekundernya merupakan rangkaian bintang sehingga pada sisi sekundernya terdapat titik netral. Biasanya digunakan untuk menaikkan tegangan (Step-up) pada awal sistem transmisi tegangan tinggi. Dalam hubungan ini perbandingan tegangan 3 kali perbandingan lilitan transformator dan tegangan sekunder mendahului sebesar 30° dari tegangan primernya.



Gambar 2.3 Transformator Hubungan Delta Bintang

2.2.3 Transformator Hubungan Bintang Segitiga (Y- Δ)

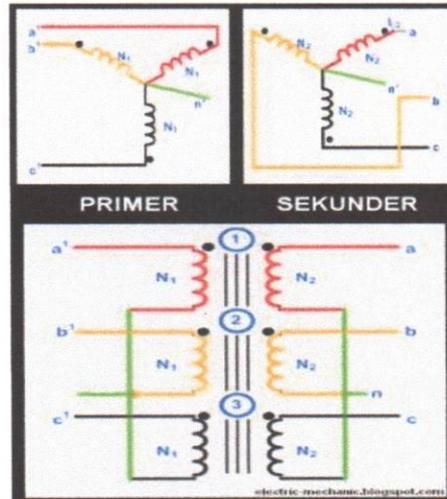
Pada hubungan ini, kumparan pada sisi primer dirangkai secara bintang (wye) dan sisi sekundernya dirangkai delta. Umumnya digunakan pada transformator untuk jaringan transmisi dimana tegangan nantinya akan diturunkan (Step-Down).



Gambar 2.4 Transformator Hubungan Bintang Delta

2.2.4 Transformator Hubungan Bintang-Bintang (Y-Y)

Pada jenis ini ujung masing-masing terminal dihubungkan secara bintang. Titik netral dijadikan menjadi satu. Hubungan dari tipe ini lebih ekonomis untuk arus nominal yang kecil pada transformator tegangan tinggi.



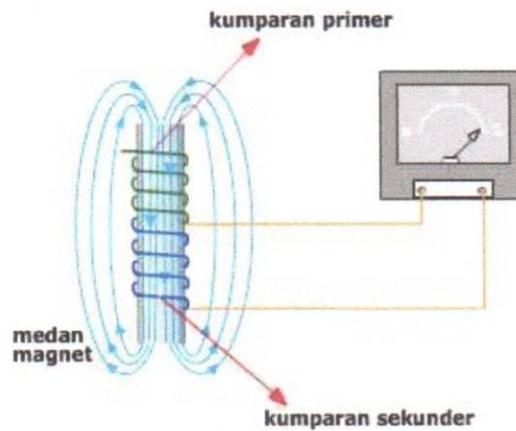
Gambar 2.5 Transformator Hubungan Bintang-Bintang

2.3 Prinsip Dasar Kerja Transformator

Prinsip kerja dari sebuah transformator tenaga 10 MVA adalah ketika kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, perubahan arus listrik pada kumparan primer menimbulkan medan magnet yang berubah. Medan magnet yang berubah diperkuat oleh adanya inti besi dan dihantarkan inti besi ke kumparan sekunder, sehingga pada ujung-ujung kumparan sekunder akan timbul Gerak Gaya Listrik (GGL) induksi. Efek ini dinamakan induktansi timbal-balik (mutual inductance).

Ketika arus listrik dari sumber tegangan yang mengalir pada kumparan primer berbalik arah (berubah polaritasnya) medan magnet yang dihasilkan akan

berubah arah sehingga arus listrik yang dihasilkan pada kumparan sekunder akan berubah polaritasnya.



Gambar 2.6 Prinsip Kerja Transformator

Berdasarkan perbandingan antara jumlah lilitan primer dan jumlah lilitan sekunder transformator ada dua jenis yaitu :

1. Transformator step up yaitu transformator yang mengubah tegangan bolak-balik rendah menjadi tinggi, transformator ini mempunyai jumlah lilitan kumparan sekunder lebih banyak dari pada jumlah lilitan primer ($N_s > N_p$).
2. Transformator step down yaitu transformator yang mengubah tegangan bolak-balik tinggi menjadi rendah, transformator ini mempunyai jumlah lilitan kumparan primer lebih banyak dari pada jumlah lilitan sekunder ($N_p > N_s$).

2.4 Inti Besi

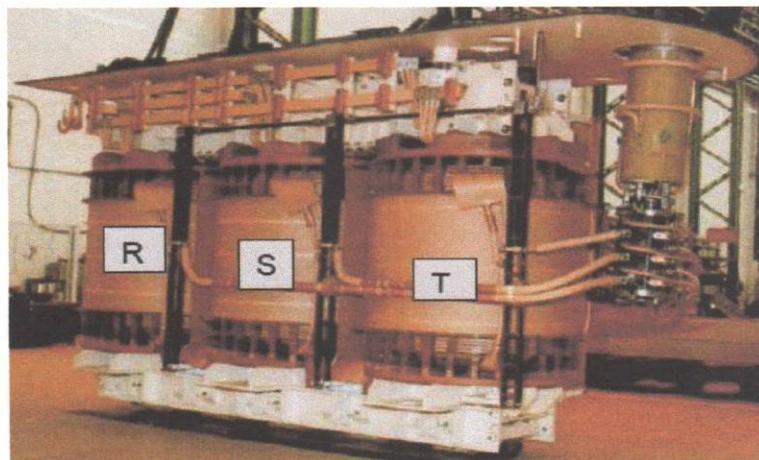
Inti besi digunakan sebagai media jalannya flux yang timbul akibat induksi arus bolak balik pada kumparan yang mengelilingi inti besi sehingga dapat menginduksi kembali ke kumparan yang lain. Dibentuk dari lempengan-lempengan besi tipis berisolasi yang disusun sedemikian rupa.



Gambar 2.7 Inti Besi

2.5 Current Carrying Circuit (Winding)

Belitan terdiri dari batang tembaga berisolasi yang mengelilingi inti besi, di mana saat arus bolak balik mengalir pada belitan tembaga tersebut, inti besi akan terinduksi dan menimbulkan flux magnetik.



Gambar 2.8 Belitan Transformator

2.6 Bushing

Bushing merupakan sarana penghubung antara belitan dengan jaringan luar. Bushing terdiri dari sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator. Isolator tersebut berfungsi sebagai penyekat antara konduktor bushing dengan body main tank transformator.



Gambar 2.9 Bushing

2.7 Pendingin

Suhu pada transformator yang sedang beroperasi akan dipengaruhi oleh kualitas tegangan jaringan, losses pada transformator itu sendiri dan suhu lingkungan. Suhu operasi yang tinggi akan mengakibatkan rusaknya isolasi kertas pada transformator. Oleh karena itu pendinginan yang efektif sangat diperlukan.

Minyak isolasi transformator selain merupakan media isolasi juga berfungsi sebagai pendingin. Pada saat minyak bersirkulasi, panas yang berasal dari belitan akan dibawa oleh minyak sesuai jalur sirkulasinya dan akan didinginkan pada sirip – sirip radiator. Adapun proses pendinginan ini dapat dibantu oleh adanya kipas dan pompa sirkulasi guna meningkatkan efisiensi pendinginan.

Tabel 2.1 Macam-Macam Pendingin Pada Transformator

No.	Macam Sistem Pendingin *)	Media			
		Dalam Transformator		Diluar Transformator	
		Sirkulasi Alamiah	Sirkulasi Paksa	Sirkulasi Alamiah	Sirkulasi Paksa
1.	AN	-	-	Udara	-
2.	AF	-	-	-	Udara
3.	ONAN	Minyak	-	Udara	-
4.	ONAF	Minyak	-	-	Udara
5.	OFAN	-	Minyak	Udara	-
6.	OFAF	-	Minyak	-	Udara
7.	AFWF	-	Minyak	-	Air
8.	ONAN/ONAF	Kombinasi 3 dan 4			
9.	ONAN/OFAN	Kombinasi 3 dan 5			
10.	ONAN/OFAF	Kombinasi 3 dan 6			
11.	ONAN/OFWF	Kombinasi 3 dan 7			

Sumber data : IEC tahun 1976

2.8 Konservator

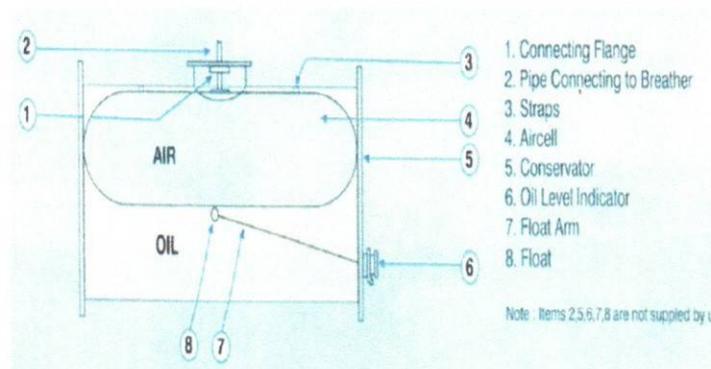
Saat terjadi kenaikan suhu operasi pada transformator, minyak isolasi akan memuai sehingga volumenya bertambah. Sebaliknya saat terjadi penurunan suhu operasi, maka minyak akan menyusut dan volume minyak akan turun. Konservator digunakan untuk menampung minyak pada saat transformator mengalami kenaikan suhu.

Seiring dengan naik turunnya volume minyak di konservator akibat pemuain dan penyusutan minyak, volume udara di dalam konservator pun akan bertambah dan berkurang. Penambahan atau pembuangan udara didalam konservator akan berhubungan dengan udara luar. Agar minyak isolasi transformator tidak terkontaminasi oleh kelembaban dan oksigen dari luar, maka udara yang akan masuk kedalam konservator akan difilter melalui silicagel.



Gambar 2.10 Konservator

Untuk menghindari agar minyak transformator tidak berhubungan langsung dengan udara luar, maka saat ini konservator dirancang dengan menggunakan brether bag/rubber bag, yaitu sejenis balon karet yang dipasang di dalam tangki konservator.



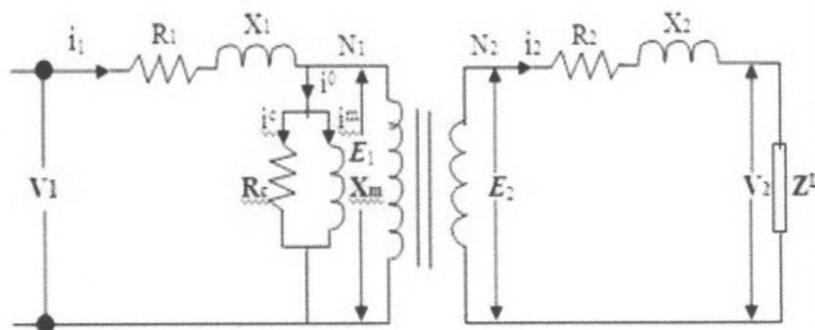
Gambar 2.11 Konstruksi Konservator

2.9 Rangkaian Ekivalen Transformator

Rangkaian ekivalen adalah pemodelan bentuk fisik transformator ke bentuk rangkaian listrik. Untuk menentukan rangkaian ekivalen suatu transformator, terlebih dahulu harus ditentukan faktor perbandingan belitan kumparan transformator kumparan sekunder seperti persamaan berikut :

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = a \dots\dots\dots(2.1)$$

Selanjutnya diasumsikan bahwa tidak seluruh fluksi yang dihasilkan oleh kumparan primer pada inti besi merupakan fluksi bersama, tetapi sebagian akan mencakup kumparan primer dan sekunder, berupa fluksi bocor disisi primer (Φ_1) dan (Φ_2) yang dinyatakan sebagai reaktansi sisi primer (X_1) dan sekunder (X_2), sedangkan reisitansi untuk sisi primer dan sekunder dinyatakan oleh R_1 dan R_2 . Dengan demikian pemodelan rangkaian ekivalen transformator dapat dilukiskan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.12 Pemodelan Transformator Ke Bentuk Rangkaian Listrik

Dimana,

R_1 = Hambatan primer

R_2 = Hambatan sekunder

R_c = Hambatan tembaga

X_1 = Hambatan primer

X_2 = Hambatan sekunder

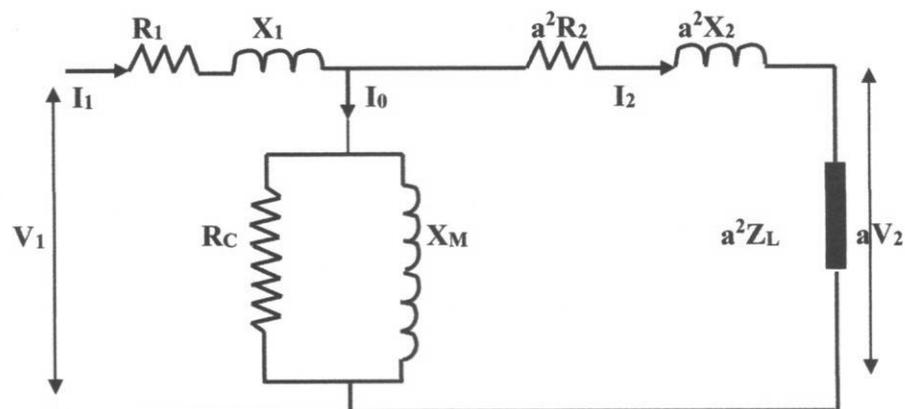
X_M = Hambatan tembaga

Dari pedoman pada gambar 2.12 didapat hubungan sebagai berikut :

$$V_1 = E_1 + I_1.R_1 + I_1 X_1$$

$$E_1 = V_2 + I_1.R_2 + I_1 X_2 \dots\dots\dots(2.2)$$

Pemodelan rangkaian pada gambar 2.12 tersebut dapat disederhanakan menjadi rangkaian eksak yang dilukiskan pada gambar dibawah ini.

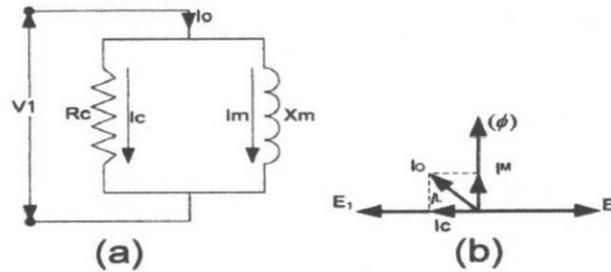


Gambar 2.13 Rangkaian Ekivalen Secara Eksak

Untuk mempermudah analisis rangkaian, maka kita dapat mengubah gambar (2.12) menjadi rangkaian ekivalen pendekatan dengan memindahkan rangkaian eksintansi ke sebelah kiri dengan asumsi bahwa arus tanpa beban adalah tetap.

2.10 Eksitasi Pada Transformator

Eksitasi adalah penguatan pada transformator yang disebabkan oleh adanya arus yang mengalir pada kumparan primer. Untuk keadaan tanpa beban, kita dapat mengamati besarnya arus eksitasi, pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.14 Eksitasi Pada Transformator

Keterangan :

- Rangkaian ekivalen eksitasi.
- Diagram vektor arus eksitasi.

Arus yang mengalir kerangkaian eksitasi terdiri dari dua komponen arus yaitu :

- Komponen arus pemagnetan (I_m), yang menghasilkan fluksi pada inti.
- Komponen arus besi (I_c), yang mengakibatkan adanya rugi-rugi atau daya yang hilang pada inti besi.

Kedua komponen arus tersebut bergabung secara vektoris dan membentuk arus I_o , seperti pada gambar 2.14 (b).

Fluksi pada inti haruslah tetap (konstan), agar tegangan yang dibangkitkan sisi sekunder juga konstan, sehingga proses pemindahan daya dari sisi primer ke sisi sekunder tidak terganggu. Bila terjadi kenaikan arus pada sisi sekunder akibat

pembebanan, maka arus sisi primer akan naik sesuai dengan kenaikan arus sekunder tersebut, tanpa mengurangi besarnya fluksi.

2.11 Faktor Kerja Transformator

Faktor kerja transformator ($\cos \theta$) adalah perbandingan antara daya aktif terhadap daya semu. Dalam hal ini adalah perbandingan antara faktor real dan impedansi, yang dinyatakan sebagai berikut :

$$\cos \theta = \frac{R}{Z'_2}$$

Atau :

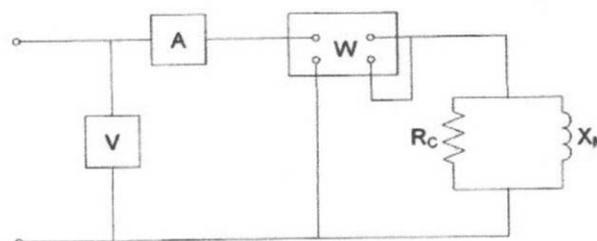
$$\cos \theta = \frac{R_1 + R'_2}{\sqrt{(R_1 + R'_2)^2 + (X_1 + X'_2)^2}}$$

2.11.1 Menentukan Parameter Transformator

Parameter transformator yang terdapat pada model rangkaian (rangkaiannya ekuivalen) R_c , X_m , R_{ek} , dan X_{ek} , dapat ditentukan besarnya dengan dua macam pengukuran (test) berikut :

a. Pengukuran transformator tanpa beban

Dalam keadaan tanpa beban bila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan V_1 , maka hanya I_0 yang mengalir. Dari pengukuran daya yang masuk (P_1), arus (I_0) dan tegangan (V_1), akan diperoleh harga.



Gambar 2.15 Rangkaian Pengukuran Transformator Tanpa Beban

$$R_C = \frac{V_1^2}{P_1}$$

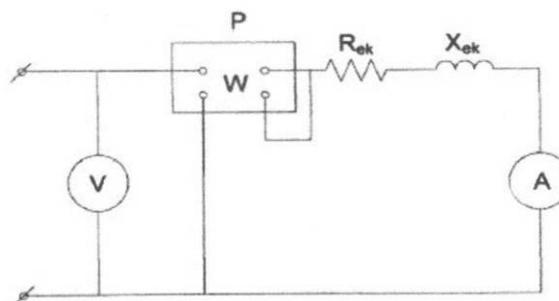
$$Z_O = \frac{V_1}{I_0} = \frac{jX_m R_C}{R_C + jX_m} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan demikian dari pengukuran beban nol dapat diketahui harga R_C dan X_M

b. Pengukuran transformator hubung singkat

Hubungan singkat berarti impedansi beban Z_L diperkecil menjadi nol, sehingga hanya impedansi $Z_{ek} = R_{ek} + jX_{ek}$ yang membatasi arus. Karena harga R_{ek} dan X_{ek} ini relative kecil, harus dijaga agar tegangan yang masuk ($V_{h.s}$) cukup kecil sehingga arus yang dihasilkan tidak melebihi arus nominal.

Harga I_0 akan relative kecil bila dibandingkan dengan arus nominal, sehingga pada pengukuran ini dapat diabaikan. Dengan mengukur tegangan ($V_{h.s}$), arus ($I_{h.s}$) dan daya ($P_{h.s}$) akan dapat dihitung parameter :



Gambar 2.16 Rangkaian Pengukuran Transformator Berbeban

$$R_{ek} = \frac{P_{h.s}}{(I_{h.s})^2}$$

$$Z_{ek} = \frac{V_{h.s}}{I_{h.s}} = R_{ek} + jX_{ek}$$

$$X_{ek} = \sqrt{Z_{ek}^2 - R_{ek}^2}$$

diperhatikan nilai setelan akan memblok kerja diferensial ketika terjadi gangguan.

5. *5th harmonic restraint*, merupakan nilai minimal harmonisa ke-5 yang akan memblok kerja diferensial relai. Harmonisa ke-5 ini merupakan parameter ada tidaknya *over* eksitasi pada transformator.

2.14 Gangguan Pada Transformator Tenaga 10 MVA Di Gardu induk

2.14.1 Gangguan Internal

Gangguan internal adalah gangguan yang terjadi di dalam transformator tenaga itu sendiri. Gangguan kecil yang apabila tidak segera terdeteksi akan membesar dan akan menyebabkan yang lebih serius seperti :

1. Terjadinya busur api yang kecil dan pemanasan lokal yang akan disebabkan oleh:
 - Cara penyambungan kumparan yang kurang baik.
 - Kerusakan isolasi dari penjepit inti.
2. Gangguan pada sistem pendingin

Semua gangguan tersebut di atas akan menyebabkan terjadinya pemanasan lokal tetapi tidak mempengaruhi suhu transformator secara keseluruhan. Gangguan ini tidak dapat terdeteksi dari terminal transformator karena keseimbangan arus tegangan tidak berbeda dengan kondisi normal.

3. Gangguan hubung singkat

Pada umumnya gangguan ini dapat segera terdeteksi karena akan selalu timbul arus/tegangan yang tidak normal.

Jenis gangguan ini antara lain :

- Hubung singkat fasa ke tanah.
- Hubung singkat antar fasa pada kumparan yang sama.
- Gangguan pada terminal transformator.

2.14.2 Gangguan Eksternal

Gangguan eksternal yaitu gangguan yang terjadi diluar transformator tenaga (pada sistem tenaga listrik) tetapi dapat menimbulkan gangguan pada transformator yang bersangkutan. Gangguan-gangguan yang dapat digolongkan dalam gangguan eksternal ini adalah sebagai berikut :

1. Gangguan hubung singkat

Gangguan hubung singkat di luar transformator ini biasanya dapat segera dideteksi karena timbulnya arus yang sangat besar, dapat mencapai beberapa kali arus nominalnya, seperti: Hubung singkat di rel, hubung singkat pada penyulang, hubung singkat pada incoming feeder transformator tersebut.

2. Beban lebih (Overload)

Transformator tenaga dapat beroperasi secara terus menerus pada arus beban nominalnya. Apabila beban yang dilayani lebih besar dari 100%, maka akan terjadi pembebanan lebih. Hal ini dapat menimbulkan pemanasan yang berlebih. Kondisi ini mungkin tidak akan menimbulkan kerusakan, tetapi apabila berlangsung secara terus menerus akan memperpendek umur isolasi.

3. Gelombang surja

Gelombang surja dapat terjadi karena cuaca, yaitu petir yang menyambar jaringan transmisi dan kemudian akan merambat ke gardu terdekat dimana transformator tenaga terpasang. Walaupun hanya terjadi dalam kurun waktu sangat

singkat (beberapa puluh mikrodetik), akan tetapi karena tegangan puncak yang dimiliki cukup tinggi dan energi yang dikandungnya besar, maka ini dapat menyebabkan kerusakan pada transformator tenaga. Bentuk gelombang dari petir yang dicatat dengan sebuah asilograf sinar katoda (berupa tegangan sebagai fungsi waktu).

Disamping dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan, gangguan tersebut dapat juga membahayakan manusia atau operator yang ada disekitarnya. Akibat-akibat yang terjadi pada manusia atau operator adalah seperti terkejut, pingsan bahkan sampai meninggal.

Keadaan yang membahayakan tersebut dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu:

- Seseorang yang berada di suatu tempat di mana badan atau anggota tubuhnya menghubungkan dua tempat yang mempunyai perbedaan tegangan yang tinggi.
- Besar dan lamanya arus mengalir ke tubuh.

2.15 Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi dalam jaringan (sistem kelistrikan), yaitu :

- Gangguan hubung singkat tiga fasa
- Gangguan hubung singkat dua fasa
- Gangguan hubung singkat satu fasa ketanah

Semua gangguan hubung singkat di atas, arus gangguannya dihitung dengan menggunakan rumus dasar, yaitu :

$$I = \frac{V}{Z} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

$I =$ Arus yang mengalir pada hambatan Z (A)

$V =$ Tegangan sumber (V)

$Z =$ Impedansi jaringan, nilai ekivalen dari saluran impedansi di dalam jaringan dari sumber tegangan sampai titik gangguan (ohm)

Dengan mengetahui besarnya tegangan sumber dan besarnya nilai impedansi setiap komponen jaringan serta bentuk konfigurasi jaringan di dalam sistem maka besarnya gangguan hubung singkat dapat dihitung dengan rumus di atas.

Lebih lanjut besarnya arus yang mengalir pada tiap komponen jaringan juga dapat dihitung dengan bantuan rumas di atas.

Yang membedakan antara hubung singkat 3 fasa, 2 fasa, dan 1 fasa ketanah adalah impedansi yang terbentuk sesuai dengan macam gangguan itu sendiri, dan tegangan yang memasok arus ke titik gangguan, impedansi yang terbentuk dapat ditunjukkan seperti berikut :

Z untuk gangguan 3 fasa dimana $Z = Z_1$

Z untuk gangguan 2 fasa dimana $Z = Z_1 + Z_2$

Z untuk gangguan 1 fasa dimana $Z = Z_1 + Z_2 + Z_0 \dots\dots\dots(2.5)$

Dimana :

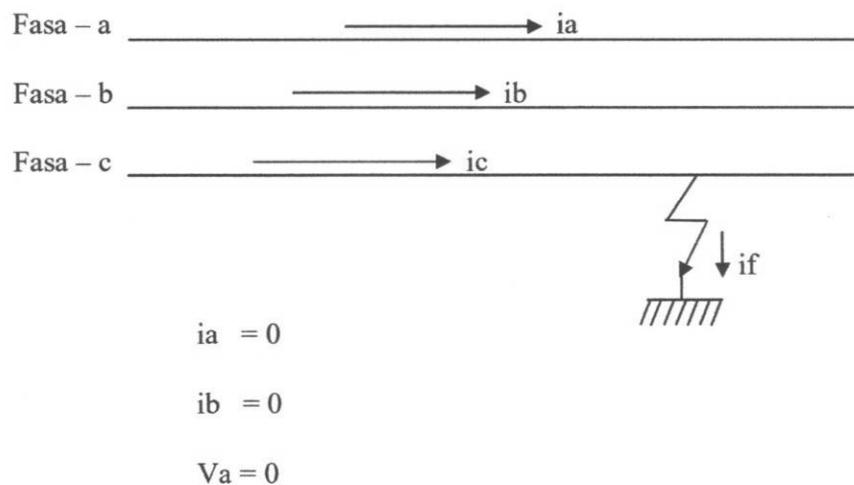
$Z_1 =$ Impedansi urutan positif.

$Z_2 =$ Impedansi urutan negatif.

$Z_0 =$ Impedansi urutan nol.

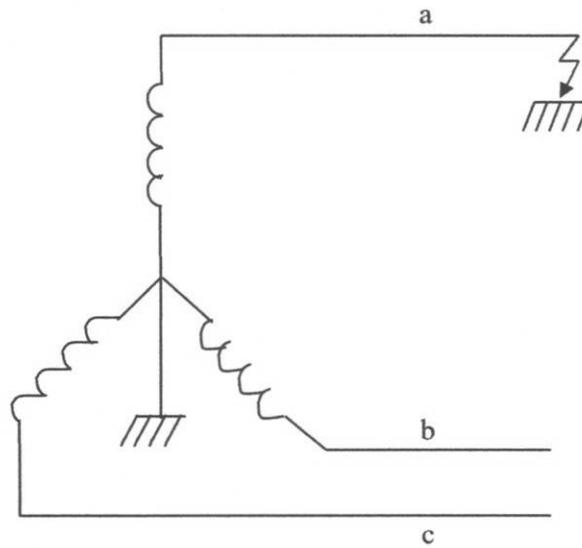
2.16 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ketanah

Gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik merupakan gangguan asimetris sehingga memerlukan metode komponen simetris menganalisa tegangan dan arus pada saat terjadi gangguan. Gangguan yang terjadi dapat dianalisa dengan menghubungkan singkat semua sumber tegangan yang ada pada sistem dan mengganti titik (*node*) gangguan dengan sebuah sumber tegangan yang besarnya sama dengan tegangan sesaat sebelum terjadinya gangguan dititik gangguan tersebut. Dengan menggunakan metode ini sistem tiga fasa tidak seimbang dapat dipresentasikan dengan menggunakan teori komponen simetris yaitu berdasarkan komponen urutan positif, komponen urutan negatif dan komponen urutan nol.



Gambar 2.18 Gangguan hubung singkat satu fasa ketanah

Gangguan satu fasa ketanah terjadi ketika sebuah fasa dan sistem tenaga listrik terhubung singkat dengan tanah.



Gambar 2.19 Gangguan satu fasa ketanah

Persamaan ketika gangguan ini terjadi adalah :

$$V_a = 0$$

$$I_b = 0$$

$$I_c = 0$$

Didapatkan :

$$I_{A0} = \frac{1}{3}(I_A + 0 + 0)$$

$$I_{A1} = \frac{1}{3}(I_A + a(0) + a^2(0)) \dots\dots\dots(2.6)$$

$$I_{A2} = \frac{1}{3}(I_A + a^2(0) + a(0)) \dots\dots\dots(2.7)$$

$$I_{A0} = I_{A1} = I_{A2} = \frac{1}{3}I_A \dots\dots\dots(2.8)$$

Pada fasa A misalnya, jika kita mengaplikasikan hukum Kirchoff akan

berlaku :

$$V_{AV} = V_f - I_{A1}Z_1 \dots\dots\dots(2.9)$$

$$V_{A2} = - I_{A2}Z_2 \dots\dots\dots(2.10)$$

$$V_A = V_{A0} + V_{A1} + V_{A2} = -I_{A0}Z_0 + E_{A1} - I_{A1}Z_1 - I_{A2}Z_2 = 0 \dots\dots\dots(2.11)$$

Besarnya arus gangguan sebesar :

$$I_{f1} = \frac{3V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

V_f = Tegangan dititik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan.

Z_0 = Impedansi urutan nol dilihat dari titik gangguan.

Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan.

Z_2 = Impedansi urutan negatif dilihat dari titik gangguan.

2.17 Impedansi Ekvivalen Urutan Nol

Untuk menghitung ekvivalen urutan nol (Z_{t0}) terlebih dahulu harus diketahui data transformator itu sendiri yaitu dari kapasitas belitan delta yang ada dalam transformator :

1. Untuk transformator dengan belitan Δ/Y dimana kapasitas belitan delta sama besar dengan kapasitas belitan Y, maka $Z_{t0} = Z_{t1}$.
2. Untuk transformator dengan hubungan belitan Yyd di mana kapasitas belitan delta (d) biasanya adalah sepertiga dari kapasitas belitan Y (belitan yang dipakai untuk menyalurkan tenaga, sedangkan belitan delta untuk ditanahkan), maka nilai $Z_{t0} = 3 Z_{t1}$
3. Untuk transformator dengan hubungan belitan YY dan tidak mempunyai belitan delta didalamnya, maka untuk menghitung besarnya Z_{t0} berkisar antara 9 s/d 14. Z_{t1} , dalam perhitungan ini di ambil nilai Z_{t0} lebih kurang $10.Z_{t1}$.

$$Z_{t0} = 10.Z_{t1} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

Z_{t0} = Impedansi transformator urutan nol

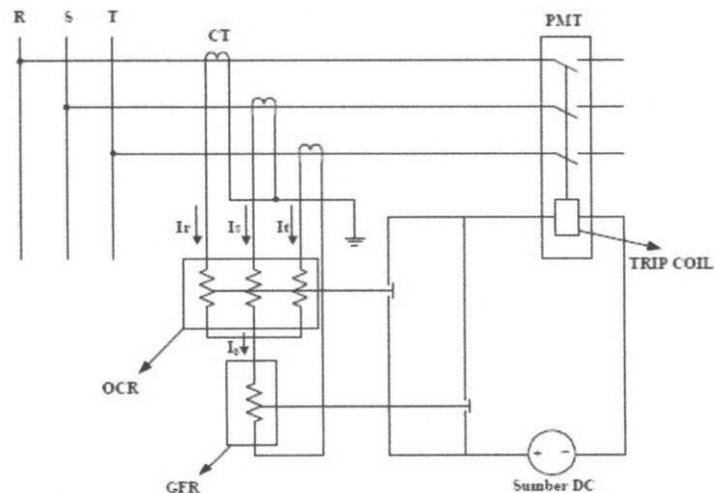
Z_{t1} = Impedansi transformator urutan positif

2.18 Rele Arus Lebih (OCR)

Rele arus lebih atau yang lebih dikenal dengan OCR (Over Current Relay) merupakan peralatan yang dapat merasakan adanya arus lebih yang disebabkan karena adanya gangguan hubung singkat maupun adanya beban lebih atau (Overload) yang dapat merusak peralatan yang berada di wilayah proteksinya.

2.19 Prinsip Kerja OCR

Prinsip kerja rele OCR adalah berdasarkan adanya arus lebih yang dirasakan relai, baik disebabkan adanya gangguan hubung singkat antar overload (beban lebih) untuk kemudian memberikan perintah trip ke PMT sesuai dengan karakteristik waktunya.



Gambar 2.20 Rangkaian Pengawatan OCR dan GFR

Dimana :

PMT = Pemutus tenaga

CT = Current transformer

I_b = Arus beban

I_c = Arus Gangguan

I_{s1}, I_{s2} = Arus pendeteksi gangguan

TC = Trip coil (penggerak pemutus tenaga)

Batere = Sumber tegangan pemutus

Cara kerjanya dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Pada kondisi normal arus beban (I_b) mengalir pada SUTM/SKTM dan oleh transformator arus besaran arus ini di transformasikan kebesaran sekunder (I_r) arus (I_r) mengalir pada kumparan rele tetapi karena arus ini masih lebih kecil dari pada suatu harga yang di tetapkan (waktu/setting) maka rele tidak bekerja.
2. Bila terjadi gangguan hubung singkat, arus (I_b) akan naik dan menyebabkan arus (I_r) naik pula apabila arus (I_r) naik melebihi suatu harga yang telah di tetapkan (diatas waktu/setting), maka rele akan bekerja dan memberikan perintah trip PMT, sehingga SUTM/SKMT yang tergangguan dipisahkan dari jaringan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Dalam metode penelitian secara umum menjelaskan :

a. Subjek dan Objek Penelitian

Berdasarkan penelitian di PT. PLN (Persero) UPP Sumbagsel 2 dapat empat transformator beroperasi satu transformator 10 MVA dua transformator 15 MVA tiga transformator 15 MVA dan empat transformator 10 MVA. Penelitian ini di laksanakan pada transformator tenaga 10 MVA Gardu Induk. Pembahasan-pembahasan untuk menentukan besar arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah dan untuk mengetahui tegangan sentuh satu fasa ketanah pada saluran transformator tenaga 10 MVA Gardu Induk serta setting rele arus lebih.

Penelitian ini dilakukan untuk mempermudah dan untuk mengetahui apabila nantinya terjadi gangguan pada transformator tenaga 10 MVA gardu induk tersebut. Adapun system pentanahan pada transformator tenaga 10 MVA gardu induk NGR (Netral Grounding Resistansi) sedangkan titik yang di tanahkan pada transformator tenaga 10 MVA gardu induk adalah titik netral dari transformator tenaga tersebut.

b. Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT. PLN (Persero) UPP Sumbagsel 2.

c. Waktu Pelaksanaan Penelitian

Adapun pelaksanaan penelitian dimulai dari bulan April sampai bulan Mei 2021 di PT. PLN (Persero) UPP Sumbagsel 2.

3.2 Sumber Data

Sumber data merupakan pendukung untuk mengerjakan dan menentukan suatu pokok permasalahan dalam suatu laporan. Berdasarkan teknik pengambilan data terbagi atas dua jenis yaitu data primer dan data sekunder.

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari objek penelitian, data primer dapat diperoleh melalui observasi.

Dalam penelitian ini digunakan data sekunder, data sekunder adalah data yang sudah tersedia yang dikumpulkan oleh pihak lain yang berkaitan dengan permasalahan penelitian. Data sekunder dapat diperoleh melalui studi kepustakaan, sehingga kita hanya mencari dan mengumpulkan data, adapun data-data yang didapat adalah data-data tentang transformator tenaga 10 MVA.

3.3 Teknik Pengambilan Data

Adapun teknik pengambilan data-data ini dilakukan dengan beberapa cara yaitu :

a. Teknik Wawancara

Teknik ini di laksanakan tanya jawab secara langsung melalui narasumber yang menangani dan menguasai bidangnya masing-masing untuk mencari data-data tentang alat dan bahan apa saja yang digunakan di PT. PLN (Persero) UPP Sumbagsel 2

b. Teknik Observasi

Teknik pengambilan data-data ini dilakukan dengan cara mengadakan penelitian langsung kelapangan untuk melihat secara langsung peralatan-peralatan yang di PT. PLN (Persero) UPP Sumbagsel 2

c. Teknik Dokumen

Metode ini dilakukan dengan memperhatikan dari buku-buku manual operasional di gardu induk yang dianggap dapat memberikan informasi yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

3.4 Langkah-Langkah Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. PLN (Persero) UPP Sumbagsel 2. Dari penelitian tersebut di dapatkan data-data transformator tenaga 10 MVA yaitu tegangan 70/20 KV, 3 fasa, frekuensi 50 Hz dan impedansi 9,5 %.

3.5 Perhitungan Arus Gangguan

Dalam perhitungan arus gangguan harus lebih dahulu diketahui nilai impedansi total pada system tersebut. Berapa tahanan yang harus dilakukan untuk menentukan impedansi gangguan antar alain, yaitu :

Impedansi transformator tenaga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Z_{t1} = Z_{t2} = Z \times \frac{KV^2}{MVA} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$\frac{Z_{t1}(\rho u)}{MVA} = \frac{Z_{t2}}{(V_P \times \frac{V_S}{V_P})^2} \dots\dots\dots(3.2)$$

Sebelum menghitung impedansi urutan nol (Z_{t0}) terlebih dahulu harus diketahui data transformator itu sendiri yaitu dari kapasitas belitan delta yang ada dalam transformator, Untuk transformator dengan hubungan belitan YY dan tidak mempunyai belitan delta didalamnya, maka untuk menghitung besarnya Z_{t0} berkisar antara 9 s/d 14. Z_{t1} (Irfanaffandi 2009:23)

$$Z_{t0} = 10 \cdot Z_{t1} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana :

Z = Impedansi transformator (%)

Z_{t1} = Impedansi transformator urutan positif (ohm)

Z_{t2} = Impedansi transformator urutan negatif (ohm)

KV = Kilo Volt Amper

MVA = Mega Volt Amper

Untuk perhitungan arus nominal transformator dapat menggunakan persamaan :

$$I_{NP} = \frac{KVA}{V_p \cdot \sqrt{3}} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$I_{NS} = \frac{KVA}{V_S \cdot \sqrt{3}} \dots\dots\dots(3.5)$$

3.6 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa K tanah

Gangguan hubung singkat satu fasa ketanah merupakan gangguan yang sering terjadi

$$I_{f1} = \frac{3V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \dots\dots\dots(3.6)$$

Dimana :

I_{f1} = Arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah

V_f = Tegangan dilihat dari titik gangguan

Z_1 = Impedansi urutan positif

Z_2 = impedansi urutan negatif

Z_0 = impedansi urutan nol

3.7 Perhitungan Resistansi Pentanahan

Untuk menghitung resistansi tanah dari berbagai system elektroda, Semua pernyataan itu diperoleh dari hubungan $R = \rho.L/A$ dan di dasarkan pada asumsi bahwa resistansi tanah seragam pada seluruh tanah, untuk satu batang elektroda yang ditanamkan tegak lurus makadapat ditentukan dengan rumus :

$$R = \frac{\rho}{2.\pi.L} \left[\ln \left(\frac{4L}{d} \right) - 1 \right] \dots\dots\dots(3.7)$$

Dimana :

R = Tahanan pentanahan elektroda batang (ohm)

ρ = Tahanan jenis tanah (ohm - m)

L = Kedalaman penanaman (m)

d = Diameter pentanahan (m)

3.8 Perhitungan Tegangan Sentuh Satu Fasa Ketanah

Tegangan sentuh adalah tegangan yang terdapat diantara suatu abjek yang disentuh dihubungkan dengan kisi-kisi pentanahan yang ada dibawahnya. Besar arus gangguan dibatasi oleh resistansi orang dan resistansi kontak ketanah dari kaki orang tersebut.

Menurut "pierre laurent" besar tegangan sentuh adalah 50 % dari tegangan jatuh pada elektroda pentanahan dengan jarak antara orang dengan elektroda pentanahan lebih pendek dari pada elektroda pentanahan. (Hutaaruk :131)

$$U_e = I.R_{st} \dots\dots\dots(3.8)$$

Dimana :

U_e = Tegangan jatuh pada elektroda pentanahan

I = Arus hubung singkat

R_{st} = Besar resistansi elektroda pentanahan

$$E_{sentuh} = 50 \% \times U_e \dots\dots\dots(3.9)$$

Dimana :

E_{sentuh} = Besarnya tegangan sentuh

Mencari perhitungan lama gangguan tegangan sentuh menggunakan persamaan :

$$E_{sentuh} = (1000 + \rho_s) 0,116 / \sqrt{t} \dots\dots\dots(3.10)$$

Dimana :

E_{sentuh} = besarnya tegangan sentuh

T = lama gangguan

ρ_s = Pentanahan jenis tanah disekitar permukaan tanah (ohm-meter)=
3000-meter untuk permukaan tanah yang dilapisi koral 10cm.

3.9 Perhitungan Setting Rele Arus Lebih

3.9.1 Setting OCR

Penyetelan rele arus lebih atau OCR pada sisi primer dan sisi sekunder transformator tenaga 10 MVA gardu induk dan dapat dihitung arus nominal transformator tenaga.

Untuk menghitung setelan arus lebih dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

$$I_{set} (primer) = 1,1 \times \text{Arus nominal transformator}$$

$$I_{set} (primer) = 1,1 \times \text{Arus nominal transformator}$$

Dimana :

1,1 dan 1,0 = rele inverse

I_{beban} = Arus nominal transformator

Nilai tersebut adalah nilai primer, untuk mendapatkan nilai setelan sekunder yang dapat disetkan pada rele OCR, maka harus dihitung dengan menggunakan transformator arus (CT) yang terpasang pada sisi primer maupun sisi sekunder transformator tenaga 10 MVA

$$I_{set} (sekunder) = I_{set} (primer) \times \frac{I}{Ratio_{CT}} \dots\dots\dots(3.11)$$

Dimana :

$I_{set} (sekunder)$ = Arus setting sisi sekunder

$I_{set} (primer)$ = Arus setting sisi primer

Ratio CT = Ratio transformator tenaga

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Spesifikasi Peralatan PT. PLN (Persero) UPP Sumbagsel 2

Adapun spesifikasi peralatan PT. PLN (Persero) UPP Sumbagsel 2 :

1. Transformator 10 MVA Energoinvest: Tegangan 70/20 kV - ONAN Yyn0 - Imp 9,5%
2. Transformator 15 MVA Energoinvest: Tegangan 70/20 kV - ONAN Yyn0 - Imp 7,13%
3. Transformator 10 MVA Energoinvest: Tegangan 70/20 kV - ONAN Yyn0 - Imp 9,5%
4. Transformator 15 MVA Energoinvest: Tegangan 70/20 kV - ONAN Yyn0 - Imp 7,13%

Metode pengambilan data dilakukan dengan observasi langsung kelapangan di PT. PLN (Persero) UPP Sumbagsel 2. Untuk keperluan koordinasi tegangan sentuh pada transformator maka perlu dilakukan perhitungan atau pengolahan data untuk mendapatkan nilai impedansi dan arus hubungan singkat, setting rele arus lebih.

Dari penelitian tersebut didapatkan data-data transformator 10 MVA yaitu, Tegangan 70/20 atau 68/19, Fasa 3 \square , frekwensi 50 Hz dan Impedansi 9,5 %.

4.1.1 Spesifikasi Transformator 10 MVA di PT. PLN (Persero) UPP Sumbagsel 2

Data-data transformator 10 MVA lihat pada table di bawah ini :

Tabel 4.1 Data Transformator Unindo

NO	Data	Keterangan
1	Merk	Osaka
2	Type	As – 585
3	Try Quency GLRTZ	50
5	Serial Number	5A2281005
6	Coling System	ONAN
7	Fasa	3
8	Temp Rise Oil	53c
9	Manufactured	1979
10	Ambient Temp Max	40c
11	Standard	JEC 168-1966
12	Temp Rise Winding	58⁰C
13	Hubungan	Y-Y
14	Vector group	YNYn0
15	Oil Type	Diala e
16	Tank	3700 kg
17	Oil	7800 kg
18	Made in	Indonesia
19	Kapasitas	10 MVA
20	Impedansi (Z%)	9,5%

Sumber data : Name Plate Trafo

4.2 Perhitungan Impedansi Transformator

$$\begin{aligned}
 Z_{t1} = Z_{t2} &= Z \times \frac{(\text{kV})^2}{\text{MVA}} \\
 &= 9,5 \% \times \frac{70 \text{ kV}^2}{10 \text{ MVA}} \\
 &= 0,095 \\
 &= 46,55 \Omega
 \end{aligned}$$

Impedansi transformator urutan positif dan urutan negative tersebut selanjutnya diubah dengan menggunakan persamaan (3.2).

$$\begin{aligned}
 \frac{Z_{t1}(\rho u)}{\text{MVA}} &= \frac{46,55}{(20 \text{ kv} \times \frac{70 \text{ kv}}{20 \text{ kv}})^2} \\
 \frac{Z_{t1}(\rho u)}{10 \text{ MVA}} &= \frac{46,55}{(20 \text{ kv} \times \frac{70 \text{ kv}}{20 \text{ kv}})^2} \\
 Z_{t1}(\rho u) &= 0,095 \rho u
 \end{aligned}$$

Untuk Impedansi urutan nol dapat menggunakan persamaan (3.3) sehingga didapat hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Z_{t0} &= 10 \times Z_{t1} \\
 &= 10 \times 0,095 \\
 &= 0,95 \rho u
 \end{aligned}$$

Untuk menghitung arus nominal primer dan sekunder transformator dapat menggunakan persamaan (3.4) dan (3.5).

$$\begin{aligned}
 I_{NP} &= \frac{\text{KVA}}{V_p \cdot \sqrt{3}} \\
 &= \frac{10.000 \text{ KVA}}{V_p \cdot \sqrt{3}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{10.000 \text{ KVA}}{121,243} \\
 &= 82,4789 \text{ A} \\
 I_{NS} &= \frac{KVA}{V_s \cdot \sqrt{3}} \\
 &= \frac{10.000 \text{ KVA}}{V_s \cdot \sqrt{3}} \\
 &= \frac{10.000 \text{ KVA}}{34,641} \\
 &= 288,67 \text{ A}
 \end{aligned}$$

4.3 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ketanah

$$\begin{aligned}
 I_{f1}(\text{pu}) &= \frac{3v_f}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \\
 &= \frac{3.1}{0,95 + 0,095 + 0,095} \\
 &= \frac{3}{1,14} \\
 &= 2,6315 \text{ pu}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{\text{sebenarnya}} &= I_f \times I_{NP} \\
 &= 2,6315 \times 82,4789 \\
 &= 217,0432 \text{ A}
 \end{aligned}$$

4.4 Perhitungan Resistansi Pentanahan

Untuk melakukan perhitungan tahanan pentanahan dengan menggunakan elektroda batang tunggal yang ditanamkan tegak lurus dengan menggunakan persamaan (3.7) :

$$R = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \left[\ln \left(\frac{4L}{d} \right) - 1 \right]$$

Dimana :

ρ = Tahanan jenis tanah 40 Ohm – m

L = Kedalaman penanaman 8 m

d = Diameter pasak elektroda 0,019 m

hasil perhitungan yaitu :

$$\begin{aligned} R &= \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \left[\ln \left(\frac{4L}{d} \right) - 1 \right] \\ &= \frac{40}{2 \times 3,14 \times 8} \left[\ln \left(\frac{4 \times 8}{0,019} \right) - 1 \right] \\ &= \frac{40}{50,24} \left[\ln \left(\frac{32}{0,019} \right) - 1 \right] \\ &= 0,79 \left[\ln(1684,21) - 1 \right] \\ &= 0,79 [6,42] \\ &= 5,07 \Omega \end{aligned}$$

4.5 Perhitungan Tegangan Sentuh Satu Fasa Kitanah

Menghitung gangguan tegangan sentuh satu fasa kitanah menggunakan persamaan (3.8) dan (3.9).

$$\begin{aligned} U_e &= I \cdot R_{st} \\ &= 217,0432 \times 5,07 \\ &= 1100,40 \text{ V} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} E_{\text{sentuh}} &= 50\% \times U_e \\ &= 50\% \times 1100,40 \\ &= 550,2 \text{ V} \end{aligned}$$

Lalu mencari lamanya gangguan menggunakan persamaan (3.10)

$$\begin{aligned} E_{\text{sentuh}} &= (1000 + 1.5 I_s) 0,116 / \sqrt{t} \\ 345,103 &= (1000 + 1.5 (3000)) 0,116 / \sqrt{t} \\ 345,103 &= (5500) 0,116 \sqrt{t} \\ \sqrt{t} &= 0,8 \text{ detik} \\ t &= (0,8)^2 \end{aligned}$$

4.6 Perhitungan Setting Rele Arus Lebih

4.6.1 Setting rele arus lebih sisi 70 KV

Arus nominal transformator sisi 70 KV : 82,4789 Ampere

Ratio CT 150 / 5 Ampere

$$\begin{aligned} \text{Primer} &= 1,1 \times 82,4789 \\ &= 90,7267 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sekunder} &= 90,7267 \times \frac{1}{150/5 \text{ A}} \\ &= 3,02 \text{ A} \end{aligned}$$

4.6.2 Setting rele arus lebih sisi 20 KV

Arus nominal transformator sisi 20 KV : 288,67 Ampere

Ratio CT 600 / 5 Ampere

$$\begin{aligned}
 \text{Primer} &= 1,1 \times 288,67 \\
 &= 317,53 \text{ A} \\
 \text{Sekunder} &= 317,53 \times \frac{1}{600/5} \text{ A} \\
 &= 2,64 \text{ A}
 \end{aligned}$$

4.7 Analisa

Dari analisa perhitungan diatas, maka didapatkan nilai tahanan pentanahan menggunakan satu batang elektroda sebesar 5,07 Ohm, Berdasarkan hasil perhitungann nilai tahanan pentanahan lebih besar dari pada yang diinginkan karena melebihi kapasitas PLN. Sedangkan di PT. PLN (Persero) UPP Sumbagsel 2 dalam keadaan baik ≤ 1 Ohm.

Sedangkan untuk hasil perhitungan besar arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah sebesar $I_f = 217,0432$ Ampere. Besar tegangan sentuh pada gangguan satu fasa ketanah adalah 550,2 Volt dan lama gangguanya 0,8 detik dalam keadaan baik, maka tegangan sentuh dapat diizinkan. Untuk setting rele arus lebih pada sisi 70 KV yaitu sebesar 90,7267 Ampere untuk sisi primer, 3,02 Ampere sisi sekunder. Berdasarkan hasil perhitungan nilai setting rele pada sisi 70 kv lebih kecil dari pada yang terpasang di PLN. Sedangkan setting rele yang terpasang di PT. PLN (Persero) UPP Sumbagsel 2 sebesar 95 Ampere. Maka nilai setting rele yang dihitung dalam keadaan baik. Untuk setting rele arus lebih pada sisi 20 KV sebesar 317,53 Ampere untuk sisi primer, 2,64 Ampere sisi sekunder. Berdasarkan hasil perhitungan nilai setting rele pada sisi 20 KV lebih kecil dari pada yang terpasang di PLN. Sedangkan setting rele yang terpasang di PT. PLN (Persero) UPP

Sumbagsel 2 sebesar 320 Ampere. Maka nilai setting rele yang dihitung dalam keadaan baik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari analisa perhitungan di atas, maka didapatkan nilai tahanan pentanahan menggunakan satu batang elektroda sebesar 5,07 Ohm. Berdasarkan hasil perhitungan nilai tahanan pentanahan lebih besar dari pada yang di inginkan karena melebihi kapasitas PLN. Sedangkan di PT. PLN (Persero) UPP Sumbagsel 2 tahanan pentanahan yang terpasang \leq 1 Ohm.
2. Sedangkan untuk hasil perhitungan besar arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah sebesar $I_f = 217,0432$ Ampere. Besar tegangan sentuh pada gangguan satu fasa ketanah adalah 550,2 Volt dan lama gangguanya 0,8 detik dalam keadaan baik. Untuk setting rele arus lebih pada sisi 70 KV yaitu sebesar 90,7267 Ampere sedangkan arus setting rele yang terpasang sebesar 95 Ampere. untuk setting rele arus lebih pada sisi 20 KV sebesar 317,53 Ampere sedangkan arus setting rele yang terpasang sebesar 320 Ampere.

5.2 Saran

1. Dalam suatu sistem pentanahan pemasangan elektroda pentanahan diharuskan dalam pada penanamannya, semakin dalam penanaman elektroda maka akan semakin kecil tahananannya, begitu pula dengan

semakin jauh jarak penanaman elektroda maka akan semakin kecil pula tahanannya.

2. Berdasarkan hasil perhitungan, maka besarnya arus gangguan satu fasa ketanah sangat berpengaruh untuk menentukan kerja setting rele, oleh karena itu perlu diperhatikan waktu penyetingan rele yang tepat agar pengaman dapat bekerja dengan baik, sehingga tidak terjadi kerusakan pada peralatan yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Hutauruk, T.S. 1986** “*Transmisi Daya Listrik*” Jakarta, Erlangga.
- Hutauruk, T.S. 1999** “*Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*” Jakarta, Erlangga.
- Irfan affandi. 2009** “Analisa Setting Relai arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah Pada Penyulang Sedewa di GI Cawang” FT. UI
- Pandjaitan, Bonar. 2012** “*Proteksi Sistem Tenaga Listrik*” Yogyakarta CV. ANDI OFFSET
- Setiadji, sentosa julius. 4 januari 2014.** Analisa Gangguan Satu fasa Ketanah yang Mengakibatkan Sympathetic. Jurnal. [http://www.google.co.id/search?q=Analisa Gangguan Satu Fasa Ketanah Yang Mengakibatkan Sympathetic&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla:en-US:official&client=firefox-a](http://www.google.co.id/search?q=Analisa+Gangguan+Satu+Fasa+Ketanah+Yang+Mengakibatkan+Sympathetic&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla:en-US:official&client=firefox-a)
- Stevenson, Williana, 1996** “*Analisa Sistem Tenaga Listrik*” Jakarta, Erlangga.
- Zuhal, 1977** “*Dasar Tenaga Listrik*” Bandung, ITB



UNIVERSITAS PALEMBANG FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

TERAKREDITASI Nomor SK. 6922/SK/BAN-PT/Akred/S/XI/2020

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

TERAKREDITASI Nomor SK. 4575/SK/BAN-PT/Akred/S/XII/2017

Jln. Dharmapala No. 1A Bukit Besar Palembang (30139) ☎ (0711) 442670-440650 Fax. (0711)442670

SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PALEMBANG Nomor : 139/433.04/Q/I/2021

Tentang PENGANGKATAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI DAN PENGESAHAN JUDUL SKRIPSI PADA PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PALEMBANG

- MEMBACA** :
- Surat Saudara **RIMBUN PARMONANGAN MANALU** tanggal 18 Januari 2021 Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Palembang tentang Permohonan Persetujuan Skripsi
 - Surat dari Dosen Fakultas Teknik Universitas Palembang tanggal 24 Januari 2021, Tentang Persetujuan Judul Skripsi Mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro
- MEMPERHATIKAN** :
- Akte Yayasan Perguruan Tinggi Palembang No.16 Tahun 1981
 - Surat Keputusan Mendikbud RI No. 139/DIKTI/SK/V/1992
 - Surat Keputusan Mendikbud RI No. 599/DIKTI/SK/V/1993
 - Peraturan Pemerintah No. 60 Tahun 1999
 - Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional
 - Statuta Universitas Palembang Tahun 2008
 - Surat Keputusan BAN-PT No. 4575/SK/BAN-PT/Akred/S/XII/2017 tanggal 05 Desember 2017
 - Surat Keputusan BAN-PT No. 6922/SK/BAN-PT/Akred/S/XI/2020 tanggal 03 November 2020
 - Surat Keputusan Yayasan Perguruan Tinggi Palembang No. 003/SK/YPTP/I/2016 tanggal 22 Januari 2016

MEMUTUSKAN

- MENETAPKAN PERTAMA** :
- Mengangkat Dosen Fakultas Teknik Universitas Palembang masing-masing :
- RADEN AHMAD YANI,ST.,MT.** PEMBIMBING I
 - R.M. EDY SUHERMAN,ST.MT.** PEMBIMBING II
- KEDUA** :
- Mengesahkan Judul Skripsi :
- "ANALISIS PENGAMAN GANGGUAN SATU FASA KE TANAH SALURAN TRANSFORMATOR TENAGA PT. PLN (Persero) UPP SUMBAGSEL 2".**
- Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Palembang :
- Nama Lengkap : **RIMBUN PARMONANGAN MANALU**
NIM : 17 42 0027
Jurusan : Teknik Elektro
- KETIGA** :
- Surat Keputusan ini berlaku sejak ditetapkan sampai mahasiswa yang bersangkutan mengikuti Ujian Skripsi. Dengan catatan apabila dikemudian hari terdapat kekeliruan dalam penetapan ini akan diadakan perubahan / perbaikan sebagaimana mestinya. Surat Keputusan ini disampaikan kepada yang berkepentingan untuk diketahui dan dilaksanakan

Ditetapkan di Palembang
Pada Tanggal 25 Januari 2021
Dekan,

Ir. SS. Purwanto, M.T.

Tembusan :

- Pembantu Dekan II Fak. Teknik
- Pembimbing I dan Pembimbing II
- Yang Bersangkutan
- Arsip



UNIVERSITAS PALEMBANG

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

TERAKREDITASI Nomor : 6922/SK/BAN-PT/Akred/S/XI/2020

JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

TERAKREDITASI SK Nomor : 4575/SK/BAN-PT/Akred/S/XII/2017

Jln. Dharmapala No.1A Bukit Besar Palembang (30139) Telp (0711)442670 – 440650 Fax (0711)442670

LEMBAR KONSULTASI BIMBINGAN SKRIPSI DENGAN DOSEN PEMBIMBING PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PALEMBANG

Nama Lengkap : Rimbun Parmonangan Manalu
N I M : 17420027
Program Studi : Teknik Elektro
Pembimbing I : Raden Ahmad Yani,ST.,MT
Pembimbing II : R.M. Edy Suherman,ST.,MT
Judul Skripsi : Analisis Pengaman Gangguan Satu Fasa Ketanah Saluran Transformator Tenaga PT. PLN (Persero) UPP SUMBAGSEL 2

NO	TANGGAL KONSULTASI	MATERI PEMBAHASAN	PARAF PEMBIMBING		KETERANGAN
			I	II	
1	05/02/21	Diskusi Judul Skripsi			
2	13/02/21	Latar Belakang, Rumusan Masalah			
3	19/02/21	Revisi Bab 1			
4	06/03/21	Landasan teori, Daftar Pustaka			
5	13/03/21	Revisi Bab 2			
6	20/03/21	Metodologi Penelitian			
7	03/04/21	Revisi Bab 3			
8	09/04/21	Pembahasan, Analisa			
9	23/04/21	Revisi Bab 4			
10	08/05/21	Kesimpulan, Saran			
11	22/05/21	Perbaikan Penulisan Skripsi			

Mahasiswa diatas telah melakukan bimbingan dengan jumlah yang telah mencukupi untuk diseminarkan/disidangkan.

Palembang,
Dosen Pembimbing

Raden Ahmad Yani,ST.,MT
NIDN : 0203067601

SURAT PERSETUJUAN SEMINAR SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini adalah Dosen Pembimbing Skripsi Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Palembang memberikan persetujuan kepada :

N a m a : Rimbun Parmonangan Manalu

N I M : 17420027

Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaman Gangguan Satu Fasa Ketanah Saluran Transformator Tenaga PT. PLN (Persero) UPP SUMBAGSEL 2

Untuk mengikuti : Seminar Skripsi

Demikian Surat Persetujuan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Menyetujui :

Palembang, 4 Juni 2021

Pembimbing I



Raden Ahmad Yani,ST.,MT
NIDN : 0203067601

Pembimbing II



R.M. Edy Suherman,ST.,MT
NIDN : 0230096701

SURAT PERSETUJUAN SIDANG SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini adalah Dosen Pembimbing Skripsi Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Palembang memberikan persetujuan kepada :

N a m a : Rimbun Parmonangan Manalu

N I M : 17420027

Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaman Gangguan Satu Fasa Ketanah Saluran Transformator Tenaga PT. PLN (Persero) UPP SUMBAGSEL 2

Untuk mengikuti : Sidang Skripsi

Demikian Surat Persetujuan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Menyetujui :

Palembang, 9 Juli 2021

Pembimbing I



Raden Ahmad Yani,ST.,MT
NIDN : 0203067601

Pembimbing II



R.M. Edy Suherman,ST.,MT
NIDN : 0230096701