

p.ISSN 2303-212X
e.ISSN 2503-5398

Jurnal DESIMINASI TEKNOLOGI



Diterbitkan Oleh :
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TRIDINANTI PALEMBANG

JURNAL
DESIMINASI TEKNOLOGI

VOL. 11

NOMOR 1

HAL.: 1 - 69

JANUARI 2023

JURNAL DESIMINASI TEKNOLOGI

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TRIDINANTI PALEMBANG

VOLUME 11 NOMOR 1

p-ISSN 2303-212X

e-ISSN 2503-5398

JANUARI 2023

DAFTAR ISI

Halaman

**PERENCANAAN DIMENSI SALURAN KAWASAN PANTI PODOMORO
KABUPATEN BANYUASIN PROVINSI SUMATERA SELATAN**

Rizani Teguh, Rusbandi, Bahder Djohan (Dosen Universitas MDP).....1 – 5

**PENGARUH PERLAKUAN ANNEALING HARDENING
DENGAN PENDINGINAN VARIASI KEKENTALAN OLI TERHADAP
NILAI KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA AISI-1037**

R. Kohar, M. Amin Fauzie (Dosen Teknik Mesin UTP).....6 – 10

**ANALISIS KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR CAMPURAN BETON
DENGAN PENAMBAHAN SERBUK ARANG TEMPURUNG KELAPA**

Wartini, Indra Syahrul Fuad (Dosen Teknik Sipil UTP).....11 – 15

**PERANCANGAN MINIATUR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP
DENGAN SISTEM TORAK MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR SPIRITUS**

M. Amin Fauzie, Sofwan Hariady, Indrawani Sinoem, Rita M. V., Abdul Muin (Dosen Teknik Mesin UTP).....16 – 25

**PERANCANGAN ALAT ROLL BENDING PLAT STRIP DAN BESI BEHEL
DENGAN PENGGERAK MOTOR LISTRIK**

Zulkarnain Fatoni, Sukarmansyah, Octa Gelentio (Dosen Teknik Mesin UTP).....26 – 30

**ANALISIS POSTUR KERJA DAN REDESIGN PERALATAN KERJA
DENGAN METODE QUICK EXPOSURE CHECK (QEC)**

PADA PEKERJA PENCETAKAN GERABAH

(Studi Kasus : Sentra Industri Gerabah, Sei Selincih)

M. Agustiansyah, Mahmud Basuki, Hermanto MZ, Tolu Tamalika, Togar POS.(Dosen Teknik Industri UTP).....31 – 36

**PENERAPAN SISTEM K3 DENGAN PENDEKATAN FAILURE MODE
AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)**

Tolu Tamalika, Faizah Suryani, Rido Parlindungan (Dosen Teknik Industri UTP).....37 – 44

**PERHITUNGAN RELE JARAK SEBAGAI PROTEKSI PADA
PENGHANTAR SUTET 500 KV – MUARAENIM KE GITET 500KV
NEW AUR DURI PT. PLN (PERSERO) UIP SUMBAGSEL**

Herman Ahmad, Letifa Shintawaty, Salma Amatullah (Dosen Teknik Elektro UTP).....45 – 54

**ANALISIS PRODUKTIVITAS PERUSAHAAN INDUSTRI KARET
MENGGUNAKAN METODE OBJECTIVE MATRIX (OMAX)**

Fiere Ricardo Sumbayak, Irnanda Pratiwi, Winny Andalia (Dosen Teknik Industri UTP).....55 – 63

**PERENCANAAN RUANG DENGAN METODE PENERAPAN
MATERIAL ANTI RAYAP PADA LABORATORIUM BANK MINI
UNIVERSITAS TRIDINANTI PALEMBANG**

Andy Budiarto (Dosen Arsitektur UTP).....64 – 69

PRAKATA

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, atas berkah dan rahmat-Nya sehingga jurnal ilmiah *Desiminasi Teknologi* dapat dikenal pada lingkungan Fakultas Teknik dan civitas akademika teknik di seluruh Indonesia.

Jurnal *Desiminasi Teknologi* disusun dari berbagai penelitian dan kajian dosen dan atau mahasiswa internal Fakultas Teknik UTP dan dosen atau mahasiswa dari fakultas Teknik di luar Universitas Tridinanti Palembang yang memiliki penelitian untuk dipublikasikan. Jurnal ini terdiri dari berbagai rumpun ilmu teknik, diantaranya: Teknik Sipil, Teknik Mesin, Teknik Elektro, Teknik Industri, Arsitektur dan teknik lainnya.

Pada edisi kali ini, Jurnal Desiminasi Teknologi telah memasuki terbitan Volume 11 Nomor 1 edisi Januari 2023, dan kami beritahukan juga bahwa Jurnal Desiminasi Teknologi telah terdaftar secara elektronik dengan nomor e.ISSN 2503-5398.

Bersama ini juga diberitahukan bahwa pada Volume 11 Nomor 2 Juli 2023 Jurnal Desiminasi Teknologi berubah dari OJS 2 menjadi OJS 3 dan halaman website yang dapat diakses pada laman:

<https://ejournal.univ-tridinanti.ac.id/index.php/Desiminasi>

Segala kritik dan saran yang bersifat membangun, sangat kami harapkan untuk perbaikan penulisan jurnal ini di masa mendatang dan kepada semua pihak yang ikut terlibat dalam proses penerbitan jurnal ini, kami ucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya.

Palembang, Januari 2023

Redaksi

PERHITUNGAN RELE JARAK SEBAGAI PROTEKSI PADA PENGHANTAR SUTET 500 KV – MUARAENIM KE GITET 500KV NEW AUR DURI PT. PLN (Persero) UIP SUMBAGSEL

Herman Ahmad²⁴, Letifa Shintawaty²⁵, Salma Amatullah²⁶

Abstrak: Saluran Udara Tegangan Tinggi yang direncanakan akan dibangun di Sumatera Selatan adalah SUTET 500 kV Muara Enim ke GITET 500 kV New Aur Duri yang beroperasi menggunakan 2 Set Inter Bus Transformator (IBT) 2 x 500 MVA. Sebagai salah satu proteksi dalam pengoperasian maka akan dipasang Rele Distance pada GITET 500 kV Muara Enim tersebut. Dalam pengoperasian Rele Distance tersebut diperlukan perhitungan nilai setting Rele Distance agar tidak terjadi kegagalan proteksi pada Penghantar. Untuk melakukan settingan Rele distance dibutuhkan data-data untuk perhitungan seperti data penghantar, rasio CT dan PT. Transformator yang terpasang memiliki daya sebesar 500 MV A. Dengan data yang diperoleh kita dapat melakukan perhitungan guna mendapatkan nilai setting Rele Distance. Berdasarkan hasil perhitungan besarnya arus hubung singkat pada saluran transmisi SUTET 500 kV Muara Enim - New Aur Duri dengan panjang saluran 271,376 km didapatkan hubung singkat satu fasa ke tanah sebesar 7.374,96, arus hubung singkat dua fasa sebesar 4.382,767 A dan arus hubung singkat 3 fasa sebesar 4.456,71 A. Setting Rele distance/ jarak yang didapatkan dengan nilai arus hubung singkat satu fasa ke tanah setelah diturunkan dengan arus trafo didapatkan nilai 1,84 A. Dari hasil perhitungan nilai arus hubung singkat yang didapat dan spesifikasi Rele, maka Rele yang akan dipasang sebesar 5 A.

Kata kunci: *setting rele, rele distance, proteksi*

Abstract: *The High Voltage Air Line planned to be built in South Sumatra is the 500 kV Muara Enim SUTET to the 500 kV New Aur Duri GITET which operates using 2 Sets of Inter Bus Transformer (IBT) 2 x 500 MVA. As one of the protections in operation, a relay distance will be installed at the GITET 500 kV Muara Enim. In the operation of the relay distance, it is necessary to calculate the value of the relay distance setting so that protection failure does not occur on the conductor. To make relay distance settings, data is needed for calculations such as conductor data, CT and PT ratios. The installed transformer has a power of 500 MV A. With the data obtained we can perform calculations to get the Rele Distance setting value. Based on the calculation results of the magnitude of the short circuit current on the Muara Enim - New Aur Duri SUTET 500 kV transmission line with a line length of 271.376 km, a single phase to ground short circuit is obtained of 7,374.96, two phase short circuit current of 4,382.767 A and short circuit current 3 phases of 4,456.71 A. The relay distance setting is obtained by the value of the short circuit current one phase to ground after being lowered by the transformer current, the value is 1.84 A. From the calculation results of the short circuit current value obtained and relay specifications, then The relay to be installed is 5 A.*

Keywords: *rele settings, rele distance, protection*

^{24,25}Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tridianti Palembang.

²⁶Alumni Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tridianti Palembang.

PENDAHULUAN

Sistem transmisi adalah suatu sistem penyaluran energi listrik dari satu tempat ke tempat lain, seperti dari stasiun pembangkit ke substation (gardu induk). Pemakaian sistem transmisi didasarkan atas besarnya daya yang harus disalurkan dari pusat-pusat pembangkit ke pusat beban dan jarak penyaluran yang cukup jauh antara sistem pembangkit dengan pusat beban tersebut.

Proses penyaluran energi listrik yang sangat penting adalah sistem transmisi tenaga

listriknnya, sehingga diperlukan pengaman dalam saluran transmisi dan perlu diperhatikan saat perencanaannya. Dalam sistem transmisi terdapat alat pengaman yaitu Rele jarak (distance Rele) yang digunakan sebagai pengaman dalam saluran transmisi dikarenakan kemampuannya dalam mempermudah mencari titik saat terjadi gangguan. Untuk menunjang keandalan sistem kelistrikan Sumatera khususnya Sumatera Bagian Selatan, direncanakanlah SUTET 500 kV Muara Enim yang berlokasi di Desa Pagar Dewa, Simpang Metur Kabupaten Muara Enim dan GITET 500

kV New Aur Duri yang berlokasi di Desa Bertam Kecamatan Jambi Luar, Kabupaten Muaro Jambi, Kota Jambi yang saat ini masih dalam progress pekerjaan sipil dan erection peralatan switchyard. Panjang lintasan antara SUTET 500 kV ke GITET 500 kV New Aur Duri adalah sekitar lebih kurang 271.376,88 meter dan GITET ini mempunyai target penyelesaian yaitu di akhir tahun 2021.

Suatu sistem tenaga listrik harus memiliki sistem pengamanan eksternal maupun internal yang baik untuk menunjang keandalan dan kualitas yang baik pula dalam pendistribusian tenaga listrik. Rele proteksi penghantar, maka dalam pengoperasiannya diperlukan perhitungan nilai setting Rele Distance agar tidak terjadi kegagalan proteksi pada penghantar tersebut.

Sistem Proteksi Rele Jarak Gardu Induk

Gardu induk adalah suatu instalasi yang terdiri dari peralatan listrik yang berfungsi untuk:

- A. Mengubah tenaga listrik tegangan tinggi yang satu ke tegangan tinggi yang lainnya atau tegangan menengah.
- B. Pengukuran, pengawasan, operasi serta pengaturan pengamanan sistem tenaga listrik.
- C. Pengaturan daya ke Gardu-Gardu Induk lain melalui tegangan tinggi dan gardu -

Klasifikasi Gardu Induk

a. Klasifikasi Gardu Induk Menurut Isolasi yang digunakan :

Gardu Induk isolasi udara

ialah gardu induk yang menggunakan isolasi udara antara bagian yang bertegangan yang satu dengan bagian yang bertegangan lainnya. Gardu Induk ini berupa gardu induk konvensional yang memerlukan tempat terbuka yang cukup luas.

Gas Insulated Switchgear (GIS) I Gardu Induk Isolasi SF6

GIS adalah Gardu induk yang menggunakan gas SF6 sebagai isolasi antara bagian yang bertegangan yang satu dengan bagian lain yang bertegangan, maupun antara bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan. Gardu induk ini disebut Gas Insulated Substation atau Gas Insulated Switchgear (GIS).

b. Menurut Sistem Rel (Busbar)

- 1. Gardu Induk sistem ring busbar
- 2. Gardu Induk sistem single busbar
- 3. Gardu Induk sistem double busbar
- 4. Gardu Induk sistem satu setengah (on half) busbar

Gambaran Umum Proteksi Penghantar [5]

Sistem proteksi bay penghantar adalah suatu sistem yang berfungsi untuk mengamankan/mengisolir penghantar (saluran udara/saluran kabel) tegangan tinggi atau tegangan ekstra tinggi dari gangguan temporer dan gangguan permanen yang terjadi pada penghantar tersebut.

Komponen sistem proteksi terdiri dari transformator arus (CT), transformator tegangan (PT/CVT), Rele proteksi, pemutus tenaga (PMT), catu daya rangkaian pengawatannya (wiring) dan teleproteksi. Trafo Arus / Current Transformer (CT)

Pengertian Trafo Arus

Trafo Arus (Current Transformator - CT) yaitu peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran besaran arus pada instalasi tenaga listrik disisi primer (TET, TT dan TM) yang berskala besar dengan melakukan transformasi dari besaran arus yang besar menjadi besaran arus yang kecil secara akurat dan teliti untuk keperluan pengukuran dan proteksi.

Untuk trafo yang dihubungkan singkat :

$$I_1 \cdot N_1 = I_2 \cdot N_2 \dots\dots\dots$$

Untuk trafo pada kondisi tidak berbeban:

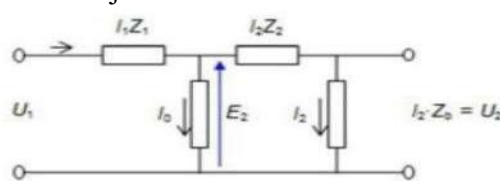
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \dots\dots\dots$$

Dimana:

$I_1 > I_2$ sehingga $N_1 > N_2$,

N_1 = jumlah lilitan primer, dan

N_2 = jumlah lilitan sekunder



Gambar 1. Rangkaian Ekuivalen

Tegangan induksi pada sisi sekunder adalah

$$E_2 = 4,44 \cdot B \cdot A \cdot f \cdot N_2 \text{ Volt} \dots\dots\dots$$

Tegangan jepit rangkaian sekunder adalah

$$E_2 = I_2 (Z_2 + Z_b) \text{ Volt} \dots\dots\dots$$

$$Z_b = z_{\text{awat}} + Z_i, \text{ nst volt-}$$

Dalam aplikasinya harus dipenuhi $U_1 > U_2$

Dimana:

B = Kerapatanfluksi (tesla)

A = Luas Penampang (m)

N 2 = jumlah lilitan sekunder

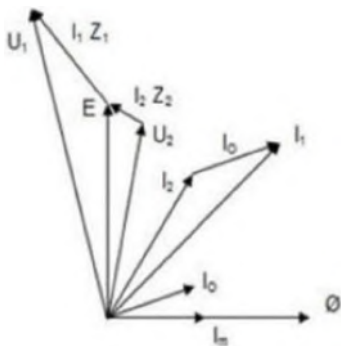
U 1 = tegangan sisi primer

U 2 = tegangan sisi sekunder

Z_b = impedansi/tahanan beban trafo arus

Z_{kawat} = impedansi/tahanan kawat dari terminasi CT ke instrumen

Z_{instr} = impedansi/tahanan internal instrumen, misalnya Rele proteksi atau



Gambar 2. Diagram Fasor Arus dan Tegangan pada Trafo

Trafo Tegangan/ Capacitive Voltage Transformer

Trafo tegangan untuk sistem proteksi EHV menggunakan jenis Capacitive voltage transformer yang mempunyai core untuk klas proteksi dan mempunyai kapasitas (burden) sesuai dengan kebutuhan sistem proteksi. Untuk kehandalan sistem proteksi maka CVT dipasang pada masing-masing bay penghantar.

Distance Rele

Distance Rele adalah salah satu jenis proteksi penghantar yang bekerja berdasarkan perbandingan nilai impedansi setelan terhadap impedansi pengukuran dari besaran arus dari CT dan tegangan dari PT/CVT. Rele ini mempunyai ketergantungan terhadap SIR dan keterbatasan sensitifitas untuk gangguan satu fasa ke tanah. Selain sebagai proteksi utama penghantar, Rele ini juga berfungsi sebagai proteksi cadangan jauh terhadap proteksi utama penghantar di depannya. Rele jarak mengukur tegangan pada titik Rele dan arus gangguan yang terlihat dari

Rele, dengan membagi besaran tegangan dan arus, maka impedansi sampai titik terjadinya gangguan dapat ditentukan Daerah kerja jarak pada umumnya dibagi menjadi tiga zona yang dikoordinasikan dengan zona proteksi saluran transmisi seksi berikutnya agar tidak terjadi kondisi overlapping sehingga dalam tiap zone juga telah ditentukan nilai faktor infeed nya. penambahan atau pengurangan arus yang melalui titik terminal terhadap arus yang melalui Rele yang ditinjau. Secara umum infeed dapat disebabkan adanya pembangkit antara Rele dengan titik gangguan atau dapat juga disebabkan adanya perubahan konfigurasi saluran dari saluran transmisi ganda ke tunggal atau sebaliknya.

Adanya pengaruh infeed ini akan membuat impedansi yang dilihat Rele menjadi lebih besar (overreaching) atau menjadi lebih kecil (underreaching). Dasar pemilihan zona pengamanan Rele jarak yang diaplikasikan adalah sebagai berikut:

1. Penyetelan Zone- I

Pemilihan daerah atau zona satu harus mencakup daerah sejauh mungkin dari saluran yang diamankan tetapi tidak boleh melampaui saluran di depannya. Setelan jangkauan yang digunakan adalah sebesar 80 % dari impedansi saluran transmisi yang diproteksinya.

Adanya margin sebesar 20 % dari saluran transmisi adalah untuk menjamin bahwa zona satu Rele tidak akan melebihi (over-reaching) saluran transmisi yang diproteksinya. Over reaching Rele dapat disebabkan kesalahan-kesalahan pengukuran dari CT, PT, data saluran dan lain-lain.

2. Penyetelan Zone-2

Daerah zona dua harus dapat menjangkau sisa saluran transmisi yang tidak dapat diamankan oleh zona satu, tetapi tidak boleh overlapping dengan jangkauan zona dua dari saluran transmisi seksi berikutnya. Zona dua harus di setel dengan waktu tunda atau time delayed agar dapat dikoordinasikan dengan Rele di ujung terminal yang lain. Waktu tunda ini diperlukan untuk menjaga agar Rele tidak trip secara langsung (instantaneous) untuk gangguan di luar saluran transmisi yang diproteksinya. Dengan mengasumsikan adanya kesalahan-kesalahan seperti pada penyetelan zona satu (CT error atau PT error), Prinsip peyetelan

Zone-2 adalah berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

1. Setelan zone 2 harus mempertimbangkan faktor kesalahan CT, PT, dan Rele proteksi dari zone- I sebesar 20%
2. Untuk keadaan jangkauan proteksinya dimana Z_{2max} harus lebih besar dari Z_{2min}
3. Jangkauan zone-2 harus mampu berfungsi sebagai Rele cadangan jauh (back up) Rele jarak didepannya.
4. Setelan zone-2 tidak boleh mendahului dengan setelan Rele jarak didepannya.

1. Penyetelan Zone-3

Zona tiga Rele dapat berfungsi sebagai pengaman cadangan untuk saluran transmisi seksi berikutnya, sehingga di set agar dapat meliputi seluruh saluran transmisi seksi berikutnya yang terpanjang. Zona tiga dipilih nilai terbesar antara Z_{3min} dan Z_{3max} . Jika pada gardu induk di depannya terdapat trafo daya, maka jangkauan zona-3 sebaiknya tidak melebihi impedansi trafo.

Proteksi Utama (Zona 1)

Proteksi utama pada distance Rele adalah proteksi yang bekerja tanpa waktu tunda dengan jangkauan terbatas pada seksi (section) penghantar itu sendiri. Dengan mempertimbangkan faktor kesalahan (percentage error) CT, PT/CVT, Rele proteksi, faktor keamanan (safety margin) dan parameter jaringan, maka zona 1 disetel menjangkau 80% dari impedansi saluran.

Proteksi Cadangan Jauh (Zona 2 dan Zona 3)

Proteksi cadangan jauh pada distance Rele adalah proteksi yang dicadangkan untuk bekerja apabila proteksi utama seksi di depannya gagal bekerja. Zona 2 umumnya disetel dengan jangkauan minimum mencapai impedansi saluran sampai dengan gardu induk di depannya dengan waktu tunda antara 300- 800 milidetik. Zona 3 disetel dengan jangkauan mencapai impedansi saluran sampai dengan 2 (dua) gardu induk di depannya atau (2 seksi penghantar berikut) dengan waktu tunda maksimum 1600 milidetik. Proteksi cadangan jauh tidak disetel sampai memasuki daerah impedansi transformator di depannya.

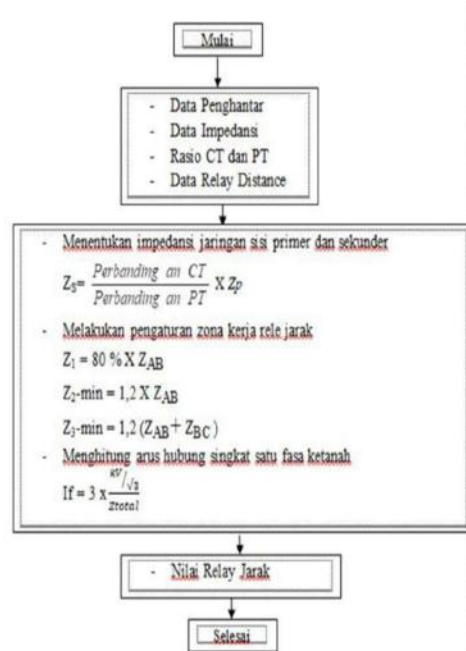
Teleproteksi

Agar dapat bekerja selektif dan seketika pada daerah unit proteksi, distance Rele dilengkapi dengan teleproteksi.

Teleproteksi merupakan rangkaian peralatan yang berfungsi untuk mengirim dan menerima sinyal dari gardu induk yang satu ke gardu induk lain di depannya atau yang berhadapan, untuk dapat memberikan perintah trip seketika. Pola teleproteksi yang umumnya digunakan adalah sebagai berikut.

Permissive Underreach Transfer Trip Scheme (PUTT). Pada pola ini peralatan TP akan mengirim sinyal (carrier send) ke peralatan TP pada gardu induk di depannya apabila distance Rele mendeteksi gangguan pada zona 1. Pada gardu induk yang menerima sinyal (carrier receive), apabila distance Rele mendeteksi gangguan pada zona 2 dan menerima sinyal TP, maka Rele akan memberikan perintah trip waktu zona 1.

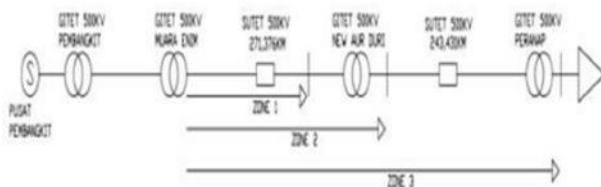
HASIL RELE JARAK PADA SUTET 500 kV MUARA ENIM - NEW AUR DURI



Gambar 3. Prosedur Perencanaan Setting Rele Distance

Diagram Segaris Sistem 500 kV Muara Enim - New Aur Duri

Pada setting Rele jarak ini penulis menggunakan 3 zona dalam menghitung nilai impedansi saluran dan jarak jangkauannya. Pembagian zona sebagai berikut:



Gambar 4. Sistem Pembagian Zona

Perhitungan Rele Jarak

Menentukan Perbandingan CT dan PT Untuk dapat menentukan impedansi yang diukur oleh Rele atau menentukan impedansi sisi sekunder (Z_s), Terlebih dahulu harus diketahui perbandingan antara Trafo Arus(CT) dan Trafo Tegangan (PT) dengan menggunakan:

$$\text{Perbandingan CT} = \frac{\text{Arus primer}}{\text{Arus Sekunder}}$$

$$\text{atau} = \frac{I_p}{I_s} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Perbandingan PT} = \frac{\text{Tegangan primer}}{\text{Tegangan Sekunder}}$$

$$\text{atau} = \frac{V_p}{V_s} \dots\dots\dots(2)$$

Menentukan nilai impedansi total :
 $Z_{total} = \text{panjang saluran} \times \text{impedansi positif} \dots\dots\dots(3)$

Untuk menentukan impedansi jaringan transmisi pada sisi primer dan sekunder dengan menggunakan rumus :

$$Z_s = \frac{\text{Perbandingan CT}}{\text{Perbandingan PT}} \times Z_p \dots\dots\dots(4)$$

b. Perhitungan Impedansi Urutan Positif, Negatif dan Nol

$$Z_1 = Z_2 = Z_{sebenarnya} \times l \dots\dots\dots(5)$$

$$Z_0 = Z_{sebenarnya} \times l \dots\dots\dots(6)$$

$$Z_{base} = \frac{KV^2 base}{MVAbase} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

Z_1 = Impedansi urutan positif (Ω)

Z_2 = Impedansi urutan negative (Ω)

Z_0 = Impedansi urutan nol (Ω)

Z_{base} = Impedansi dasar (Ω)

MVA_{base} = Daya dasar Transformator (MVA)

KV_{base} = Tegangan dasar Transformator (V)

c. Menghitung Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

$$I_{Ifasaketanah} = \frac{V_{fasa}}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots(8)$$

d. Menghitung Setelan Rele Jarak

Rele jarak yang akan dibahas pada penelitian ini adalah Rele jarak yang berada pada SUTET Muara Enim dengan bay penghantar 500 kV arah ke GITET New Aur Duri prinsip pengukuran jaraknya dengan membandingkan arus gangguan yang dirasakan oleh Rele terhadap tegangan dititik atau dimana lokasi Rele terpasang.dengan demikian impedansi saluran transmisi dari lokasi Rele sampai ketitik gangguan dapat di ukur.

1) Rele Jarak Zona 1

Dengan mempertimbangkan adanya kesalahan-kesalahan dari data 5 saluran, CT, PT, dan peralatan penunjang lain sebesar 10 % sampai 20% ,zonal, Rele disetel 80% dari panjang saluran yang diamankan. menghitung impedansi zona 1 menggunakan persamaan sebagai berikut:

2) Rele Jarak Zona 2

Zone-2 harus dapat menjangkau sisa saluran transmisi yang tidak dapat diamankan oleh zone-I. Zone-2 harus di setel dengan waktu tunda. Umumnya penundaan waktu Zona 2 adalah 0,2 s samai 0,3 s tetapi waktu yang lebih lama mungkin diperlukan jikan Zona 2 mencapai yang lebih lambat dari perlindungannya. Waktu tunda ini diperlukan untuk menjaga agar Rele tidak trip secara

menghitung impedansi zona 2 menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Z_{2min}=1,2XZAB \dots\dots\dots (10)$$

$$Z_{2-max} = 0,8 (ZAB+0,8 X Zsc)... (11)$$

$$Z_{rr} = 0,8 (ZAB+0,5 X Z_{rr})\dots\dots\dots (12)$$

Dimana:

$$Z_{2-min} = \text{Zona 2 minimum (0)}$$

$$Z_{2-max} = \text{Zona 2 maximum(O)}$$

$$ZAB = \text{Impedansi saluran yang diamankan (0)}$$

$$Z_{8c} = \text{Impedansi saluran berikutnya yang terpendek (0) } Z_{rr} = \text{Impedansi}$$

$$\text{Transformator (0)}$$

3) Rele Jarak Zona 3

Zona 3 dapat berfungsi sebagai pengaman cadangan untuk saluran transmisi seksi berikutnya, sehingga penyetelan zona 3 mencapai ujung seluruh saluran dan tidak overlapping. Jangkauan Zona 3 biasanya diatur ke 1,2 kali impedansi line menghitung impedansi zona 3 dengan persamaan sebagai berikut:

$$Z_{3-min} = 1,2 (ZAB+ Zsc) \dots\dots\dots (13)$$

$$Z_{3-max} = 0,8 (ZAB+ 1,2 X Zsc)\dots\dots(14)$$

Dimana:

$$Z_{3-min} = \text{Zona 3 minimum (0)}$$

$$Z_{3-max} = \text{Zona 3 maximum (0)}$$

$$ZAB = \text{Impedansi saluran yang diamankan (0)}$$

$$Z_{8c} = \text{Impedansi saluran berikutnya yang terpanjang (0)}$$

2. Menentukan Letak Gangguan Jarak gangguan

$$\text{impedansi yang dibaca Rele } x x L1... (18)$$

$$ZL1$$

5. Konversi Nilai Notasi Fasor

$$a+ jb = .Ja2 + b2 L \tan^{-1} ()\dots\dots (19)$$

Mengacu pada table beban hasil perhitungan yang sesuai dengan kebutuhan PLN dan setelah itu akan ditambahkan margin 10% dari kapasitas yang telah dihitung. Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka didapatkan kapasitas yang diperlukan untuk baterai 48V DC.

HASIL SETTING RELE DISTANCE DAN ANALISA

Data - Data Perhitungan

- Data Penghantar SUTET 500 kV Muara Enim - New Aur Duri

Jenis penghantar yang digunakan pada transmisi 500 kV Muara Enim - New Aur Duri ACSR/AS 450-AI/SAIA-54/7 dengan panjang saluran sepanjang 271,376 km. Berikut besar impedansi saluran jenis kabel tersebut: Tabel 1. Data jenis penghantar yang dipakai pada saluran transmisi SUTET Muara Enim - New Aur Duri

Tabel 1. Data jenis penghantar yang dipakai pada saluran transmisi SUTET Muara Enim – New Aur Duri

Penghantar Transmisi	Tipe Konduktor	Impedansi Saluran (Ω/km)	Panjang Saluran
SUTET 500 kV Muara Enim - GITET 500 kV New Aur Duri	4 x ACSR/AS 450-AI/SAIA-54/7	0,01803 - j 0,23832	271,376 km
GITET 500 kV New Aur Duri - Sumtel 8	2 x ACSR/AS 450-AI/SAIA-54/7	0,0142 - j 0,174	243,431 km

Tabel 2. Data Current Transformer

Ratio	4000/1 A
Rating Tegangan	500 kV

Tabel 3. Data Potensial Transformer

Ratio	500000/1 A
Rating Tegangan	500 kV

A. Hasil

1. Menghitung Nilai Rasio CT dan PT

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan (3.8) dengan data yang ada pada table 4.2 untuk rasio antara primer dan sekunder dari transformator arus ZL2 impedansi panjang saluran X dan table 4.3 untuk primer dan sekunder dari transformator tegangan. Berikut nilai dari rasio PT dan CT digunakan rumus pada sub bab 3.1 dan 3.2

$$\text{Perbandingan CT} = \frac{I_p}{I_s}$$

$$= \frac{4000}{1} = 4000 \text{ A}$$

$$\text{Perbandingan PT} = \frac{V_p}{V_s}$$

$$= \frac{500000}{100} = 5000 \text{ V}$$

Sebelum menghitung impedansi sisi sekunder dari perbandingan diatas terlebih dahulu

menentukan notasi fasor dengan menggunakan rumus pada sub bah 3.25 $0.01803 + j. 0.23832$

$$= \sqrt{0.01803^2 + j0.23832^2} \angle \tan^{-1} \left(\frac{0.23832}{0.01803} \right)$$

$$= \sqrt{0,0571215} \angle \tan^{-1} 13,21797$$

$$= 0,2390 \angle 85,674^{\circ}$$

Berdasarkan perbandingan di atas dan notasi fasomya telah didapatkan, maka nilai Impedansi $Z1 = Z2 = 0.01803 + j. 0.23832 \Omega/\text{km}$ impedansi sisi sekunder dapat menggunakan rumus pada persamaan 19 adalah

$$Z_s = \frac{\text{Perbandingan CT}}{\text{Perbandingan PT}} \times Z_p$$

$$Z_s = \frac{4000}{5000} \times (0.01803 + j.0.23832)$$

$$= 0.8 (0.01803 + j.0.23832)$$

$$= 0.8 (0,2390) \angle 85,674^{\circ} = 0.1912 \angle 81,294^{\circ}$$

2. Menghitung Nilai Impedansi Total

- a) SUTET 500 kV Muara Enim - New Aur Duri

Panjang saluran : 271,276 km
 Impedansi : $0,01803 + j 0,23832 \Omega/\text{km}$
 $ZL1 = \text{panjang saluran} \times \text{impedansi}$
 $ZL1 = 271,276 \text{ km} \times (0,01803 + j 0,23832 \Omega/\text{km})$
 $ZL1 = 4,89 + j 64,67 \Omega$
 $ZL1$

$$= \sqrt{4.206,121} \angle \tan^{-1} \left(\frac{64,67}{4,89} \right)$$

$$ZL1 = 64,85 \angle 85,67585^{\circ} (ZL1)$$

- b) SUTET 500 kV Muara Enim - Peranap

Panjang saluran : 243,431 km
 Impedansi : $0,0142 + j 0,2745 \Omega/\text{km}$

$ZL2 = \text{panjang saluran} \times \text{impedansi}$
 $ZL2 = 243,431 \text{ km} \times (0,0142 + j 0,2745 \Omega/\text{km})$
 $ZL2 = 3,457 + j 66,822 \Omega$
 $ZL2$

$$= \sqrt{4.477,255} \angle \tan^{-1} \left(\frac{66,822}{3,457} \right)$$

$$ZL2 = 66,91 \angle 87,03847^{\circ} (ZL2)$$

3. Menghitung Impedansi Urutan Positif, Negatif dan Nol

Jarak dari SUTET 500 kV Muara Enim ke arah New Aur Duri panjang penghantarnya sejauh 271,376 km, maka untuk menentukan impedansi saluran penghantar dapat menghitung impedansi urutan Positif, urutan Negatif, dan urutan Nol dengan menggunakan persamaan (5), (6). dengan memasukan data saluran penghantar Kayu Agung- Gumawang sebagai berikut : Panjang penghantar = 271,376 km Impedansi $Z1 = Z2 = 0.01803 + j. 0.23832 \Omega/\text{km}$ Impedansi $Z_0 = 0.40933 + j.1.39148 \Omega/\text{km}$ Menghitung impedansi urutan Positif

Dan urutan negatif dapat menggunakan persamaan pada sub bah 3.5 dan 3.6

$$Z_1 = Z_2 = Z_{\text{sebenarnya}} \times l$$

$$= (0.01803 + j.0.23832 \Omega/\text{km}) \cdot 271,376 \text{ km}$$

$$= 4,89290$$

$$+ j 64,6743283 \Omega$$

$$Z_0 = Z_{\text{sebenarnya}} \times l$$

$$Z_0 = (0.40933 + j.1.39148 \Omega/\text{km}) \cdot 271,376 \text{ km}$$

$$= 111,082338 + j 377,614276 \Omega$$

4. Menghitung Nilai Impedansi Saluran Perzona [2]

A. Zona 1

Nilai setting zona satu dihitung berdasarkan persamaan 3.14 dan data tabel 4.1, dimana untuk proteksi zona 1 pada Rele jarak harus mencakup sejauh 80 % panjang saluran yang akan dilindungi. Data yang digunakan dalam perhitungan adalah:

$$\text{Zona 1} = 80 \% \times \text{Panjang Saluran (L1)}$$

$$= 0,8 \times 271,276 \text{ km}$$

$$= 217,02 \text{ km}$$

$$\text{Impedansi primer Zona 1} = \text{Zona 1} \times ZL1$$

$$= 217,02 \text{ km} \times (0,01803 + j 0,23832) \Omega/\text{km}$$

$$= 3,9129 + j 51,72 \Omega$$

$$= 51,87 \angle 85,65^{\circ}$$

Zona 1 bekerja secara instan
 $T1 = 0$ detik

B. Zona 2

Zona ini menggunakan persamaan 3.15 dan tabel 4.1 untuk menghitung Zona 2 = minimum, dimana untuk proteksi zona 2 pada Rele jarak hams mencakup sejauh 120 % panjang saluran yang akan dilindungi. Data yang diperlukan dalam perhitungan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Zona 2} &= 1,2 \times L1 \\ &= 1,2 \times 271,276 \text{ km} \\ &= 325,53 \text{ km Impedansi primer Zona 2} = \text{Zona 2} \\ &\times Z1 \\ &= 325,53 \text{ km} \times (0,01803 + j 0,23832) \Omega/\text{km} = \\ &6,356 + j 84,015 \\ &= 84,25 + \angle 85,67^\circ \Omega \end{aligned}$$

Zona 2 bekerja sebagai back up zona 1 pada SUTET 500 kV Muara Enim - GITET 500 kV New Aur Duri, maka Rele akan bekerja lebih lama setelah zona 1 umumnya waktu kerja sekitar 0,3 detik.

C. Zona 3

Pada zona ini terdapat persamaan yang digunakan yaitu 3.18 dan tabel 4.1, untuk menghitung Zona 3 minimum, dimana untuk proteksi zona 3 pada Rele jarak harus mencakup sejauh panjang saluran yang akan dilindungi. Ditambah 120% dari panjang saluran berikutnya Data yang diperlukan dalam perhitungan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Zona 3} &= L1 + 1,2 L2 \\ \text{persamaan} &271,276 \text{ km} + 1,2 (243,431 \text{ km}) \\ &= 292,12 \text{ km} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Impedansi primer Zona 3} &= \text{Zona 3} \times Z2 \\ &= 292,12 \text{ km} \times (0,0142 + j 0,2745) \Omega/\text{km} \\ &= 4,148 + j 80,186 \Omega \\ &= 80,29 < 87,04^\circ \end{aligned}$$

Zona 3 bekerja dengan waktu yang paling lama dibanding zona 1 dan 2.
T3 = 1,2 detik.

5. Impedansi yang dilihat Rele

Nilai impedansi akan dilihat dnegan memperhitungkan dari rasio PT dan CT, berikut perhitungannya

$$\begin{aligned} Z_{rele} &= \frac{\text{rasio PT}}{\text{rasio CT}} \times Z_{zona} \\ \text{Ratio PT} &= 4000 : 1 \\ \text{Ratio CT} &= 500000 : 100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan CT} &= \frac{Ip}{Is} \\ &= \frac{4000}{1} = 4000 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan PT} &= \frac{Vp}{Vs} \\ &= \frac{500000}{100} = 5000 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{rasio PT}}{\text{rasio CT}} \\ &= \frac{5000}{4000} \\ &= 1,25 \end{aligned}$$

Zona 1

$$\begin{aligned} Z1 \text{ Sekunder} &= n \times \text{impedansi zona 1} \\ &= 1,25 \times (3,912 + j 51,736) \Omega \\ &= 4,89 + j 64,67 \Omega \\ &= \sqrt{4.206,121} \angle \tan^{-1} \left(\frac{64,67}{4,89} \right) \\ &= 64,85 < 13,22^\circ \Omega \end{aligned}$$

Zona 2

$$\begin{aligned} Z2 \text{ Sekunder} &= n \times \text{impedansi zona 2} \\ &= 1,25 \times (5,868 + j 77,604) \Omega \\ &= 7,335 + j 97,005 \Omega \\ &= \sqrt{9.463,77} \angle \tan^{-1} \left(\frac{7,335}{97,005} \right) \\ &= 97,28 < 4,32^\circ \Omega \end{aligned}$$

Zona 3

$$\begin{aligned} Z3 \text{ Sekunder} &= n \times \text{impedansi zona 3} \\ &= 1,25 \times (9,0384 + j 144,86) \Omega \\ &= 11,298 + j 181,075 \text{ Ohm} \\ &= \sqrt{32.915,8} \angle \tan^{-1} \left(\frac{181,075}{11,298} \right) \\ &= 181,42 < 86,42^\circ \Omega \end{aligned}$$

6. Gangguan pada Transmisi Saluran Transmisi

Rele akan bekerja dan mengamankan gangguan yang terjadi pada saluran transmisi. Nilai gangguan dapat dicari dengan menggunakan persamaan 3.20, 3.21 dan 3.22. Dimisalkan impedansi gangguan sebesar 20 Ohm. Nilai gangguan dapat dicari sebagai berikut:

- a) Menghitung Arus Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah

Tabel 4 Hasil Perhitungan Setting Relay Distance Perzona

Relay/ Zona	Rumus	Z sebenarnya (Ω.km)	Z impedansi Sekunder/ Z Hasil
1	80% x L1	0,01803 + j 0,23832	64,85 Ω
2	120% X L1	0,01803 + j 0,23832	97,28 Ω
3	L1 + 120% L2	0,0142 + j 0,2745	181,42 Ω

$$I_{f \min} = 3 \times \frac{\frac{kV}{\sqrt{3}}}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

$I_{f \min} =$

$3 \times$

$$\frac{\frac{500000}{\sqrt{3}}}{(0,69 + j13,3 \Omega) + (0,69 + j13,3 \Omega) + (111,082338 + j 377,614276 \Omega)}$$

$$I_{f \min} = 3 \times \frac{14.781,08 + j 571,62}{289.017,34}$$

$$I_{f \min} = 3 \times (19,56 + j 505,6)$$

$$I_{f \min} = 58,68 + j 1.516,8 \text{ A}$$

$$I_{f \min} = \sqrt{2.304.125,6} \angle \tan^{-1} \left(\frac{1.516,8}{58,68} \right)$$

$$I_{f \min} = 1.517,9 < 87^0 \text{ A}$$

Nilai Arus hubung singkat minimum yaitu:

$$= \frac{\text{arus hubung singkat ke tanah}}{\text{arus trafo}}$$

$$= \frac{1.517,9 \text{ A}}{4000 \text{ A}}$$

$$= 0,38 \text{ A}$$

$$I_{f \max} = 3 \times \frac{\frac{kV}{\sqrt{3}}}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

$I_{f \max} =$

$3 \times$

$$\frac{\frac{500000}{\sqrt{3}}}{(4,89 + j 64,67 \Omega) + (4,89 + j 64,67 \Omega) + (111,082338 + j 377,614276 \Omega)}$$

$$I_{f \max} = 3 \times \frac{120,86 + j 506,95}{289.017,34}$$

$$I_{f \max} = 3 \times (2.391,3 + j 570,11)$$

$$I_{f \max} = 7.173,9 + j 1.710,33 \text{ A}$$

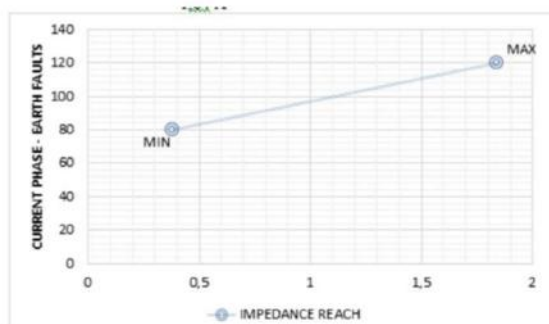
$$I_{f \max} = \sqrt{54.390.069,91} \angle \tan^{-1} \left(\frac{1.710,33}{7.173,9} \right)$$

$$I_{f \max} = 7.374,96 < 13,49^0 \text{ A}$$

Arus hubung singkat yang digunakan adalah nilai arus hubung singkat maksimum yaitu $= \frac{\text{arus hubung singkat ke tanah}}{\text{arus trafo}}$

$$= \frac{7.374,96 \text{ A}}{4000 \text{ A}}$$

$$= 1,84 \text{ A}$$



Gambar 4. Grafik Impedance Reach – Current Phase – Earth Faults

b) Menghitung Arus Hubung Singkat Dua Fasa

$$I_f = \frac{\frac{kV}{\sqrt{3}}}{Z_1 + Z_2 + 3Z_f}$$

$I_f =$

$$\frac{\frac{500000}{\sqrt{3}}}{(4,89 + j 64,67 \Omega) + (7,335 + j 97,005 \Omega) + (3 \times 20)}$$

$$I_f = \frac{289.017,34}{72.225 + j 161,675}$$

$$I_f = (4.001,624 + j 1.787,64) \text{ A}$$

$I_f =$

$$\sqrt{19.208.651,407} \angle \tan^{-1} \left(\frac{1.787,64}{4.001,624} \right)$$

$$I_f = 4.382,767 < 24,07^0 \text{ A}$$

Hasil diatas merupakan perhitungan arus gangguan yang terjadi bila terdapat gangguan sebesar 20 ohm.

c) Menghitung Arus Hubung Singkat Tiga Fasa

1. Arus gangguan (Zona 1)

$$I_f = \frac{\frac{kV}{\sqrt{3}}}{Z_1}$$

$$I_f = \frac{\frac{500000}{\sqrt{3}}}{(64,85 \Omega)}$$

$$I_f = \frac{289.017,34}{(64,85 \Omega)}$$

$$I_f = 4.456,71 \text{ A}$$

2. Arus gangguan (Zona 2)

$$I_f = \frac{\frac{kV}{\sqrt{3}}}{Z_2}$$

$$I_f = \frac{\frac{500000}{\sqrt{3}}}{(97,28 \Omega)}$$

$$I_f = \frac{289.017,34}{(97,28 \Omega)}$$

$$I_f = 2.970,98 \text{ A}$$

3. Arus gangguan (Zona 3)

$$I_f = \frac{\frac{kV}{\sqrt{3}}}{Z_3}$$

$$I_f = \frac{\frac{500000}{\sqrt{3}}}{(181,42 \Omega)}$$

$$I_f = \frac{289.017,34}{(181,42 \Omega)}$$

$$I_f = 1.593,08 \text{ A}$$

KESIMPULAN

1) Berdasarkan hasil perhitungan besarnya arus hubung singkat pada saluran transmisi SUTET 500 kV Muara Enim - New Aur Duri dengan panjang saluran 271,376 km didapatkan hubung singkat satu fasa ke tanah sebesar 7.374,96, arus hubung singkat dua fasa sebesar

4.382,767 A dan arus hubung singkat 3 fasa sebesar 4.456,71 A.

2) Setting Rele distance/ jarak yang didapatkan dengan nilai arus hubung singkat satu fasa ke tanah setelah diturunkan dengan arus trafo maksimum didapatkan nilai 1,84 A. Dari hasil perhitungan nilai arus hubung singkat yang didapat dan spesifikasi Rele, maka Rele yang akan dipasang sebesar 5 A.

DAFTAR PUSTAKA

Kemdiknas, Gardu Induk hlm 4. 2014. Jakarta.

PT. PLN (Persero). 2014. Buku Pedoman Proteksi dan Kontrol Penghantar. Pusat Pendidikan Latihan, Jakarta.

SPLN . 2010. TS 002 - 2- Pola Saluran Transmisi 275 & Proteksi 500 kV. Jakarta.

Trickey, Cliff. 1987. Protective Reles Application Guide Third Edition. England: GEA Measurement.

Yuda, Hendra Marta. 2008. Prinsip dan Aplikasi Rele Proteksi. Universitas Sriwijaya, Palembang.