



JURNAL SUTET

Volume 6 - Nomor 1

Januari - Mei 2016

ISSN : 2356-1505

SISTEM PROTEKSI GENERATOR DENGAN TAHANAN TINGGI PADA PLTU LABUHAN ANGIN TERHADAP GANGGUAN SATU FASA KE BUMI

Rinna Hariyati; Heri Suyanto; Marisa Dosma Sitanggang

STUDI GANGGUAN FASA KE TANAH PADA GI YANG MENDAPAT SUPLAI MELALUI KOMBINASI SUTT DAN KABEL TANAH

Wahyudi SN; Tony Koerniawan; Pramudani Wanda Saraswati

PERANCANGAN PENYULANG SPINDEL PADA MOTOR INDUKSI POMPA BANJIR

Irvan Buchari Tamam; Aas Wasri Hasanah; Raka Primipara

EVALUATION OF MEDIUM VOLTAGE PROTECTION NETWORK 20 KV IN PLTD MERAWANG BANGKA

Juara Mangapul Tambunan; Albert Gifson; Harry Saputra

EVALUASI PERENCANAAN KELISTRIKAN

Zalmadi Syamsudin; Andi Makkulau; Lutfian Nizar

STUDI RELE DIFFERENSIAL PADA TRAFU INTERBUS DI GARDU INDUK TEGANGAN EKSTRA TINGGI GANDUL

Agung Hariyanto; Oktaria Handayani; Daru Kurniawan

ANALISIS PENGARUH KABEL TANAH TERHADAP TRANSFER VOLTAGE DENGAN VARIASI LUAS PENAMPANG KABEL DAN JARAK GARDU

Budi Santoso; Muchamad Nur Qosim; Husnul Khatimah Azhari



9 772356 150005

SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN (STT-PLN)

JURNAL SUTET

VOL. 6

NO. 1

HAL.1 - 47

JANUARI - MEI 2016

ISSN : 2356-1505

EVALUATION OF MEDIUM VOLTAGE PROTECTION NETWORK 20 KV IN PLTD MERAWANG BANGKA

Juara Mangapul Tambunan¹, Albert Gifson², Harry Saputra³

Teknik Elektro, STT-PLN

¹juaramangapult_stmsi@yahoo.com

²albertdoang@yahoo.co.id

³harry.saputra@sttpln.ac.id

Abstract : *Medium voltage feeder is a media for distribute power electric from main stasion to the customer. But in the fact, the feeders almost have a disturbance, such as short circuit disturbance. So is needed protection system which is fulfill the qualification such as sensitivity, realibility, and speed, which all of that depend on the accuration of tool protection setting. In general it used for medium voltage feeder are Over Current Relay (OCR) and Ground Fault Relay (GFR), that is relay which has function to instruction the PMT for open the circuit, so SUTM/SKTM which has disturbance separate from nerwork. In this final project it will discuss about condition in the protection system for medium voltage 20 KV network in PLTD Merawang Bangka.*

Keywords : *Protection, short circuit, medium voltage*

Abstrak : *Penyulang tegangan menengah adalah sarana untuk pendistribusian tenaga listrik dari gardu induk ke konsumennya. Tetapi dalam kenyataannya penyulang tersebut sering mengalami gangguan, diantaranya adalah gangguan hubung singkat. Oleh karena itu untuk melokalisasi gangguan diperlukan sistem proteksi yang memenuhi persyaratan sensitifitas, keandalan, selektifitas dan kecepatan yang semuanya tergantung pada ketepatan setting peralatan proteksinya. Peralatan proteksi yang biasa digunakan untuk penyulang tegangan menengah adalah relai arus lebih (OCR) dan relai hubung tanah (GFR), yaitu relai yang berfungsi menginstruksikan PMT untuk membuka, sehingga SUTM/SKTM yang terganggu dipisahkan dari jaringan. Pada penelitian ini membahas tentang kondisi sistem proteksi jaringan tegangan menengah 20 KV di PLTD Merawang Bangka*

Kata Kunci : *proteksi, gangguan hubung singkat, tegangan menengah*

1. PENDAHULUAN

Sistem proteksi pada jaringan distribusi tenaga listrik sangat besar peranannya untuk menjamin ketersediaan energi listrik bagi setiap beban yang dihubungkan pada sistem tanpa adanya pemadaman. Karena proteksi selalu berurusan dengan gangguan, maka segala upaya perlu dilakukan, mulai dari mengurangi terjadinya gangguan, sampai mengurangi akibat gangguan. Proteksi juga bisa mengalami gagal kerja atau salah kerja, maka perlu dilakukan evaluasi unjuk kerjanya sampai ditemukan kesalahan atau penyimpangannya, sehingga dapat dilakukan koreksi atau perbaikannya.

Penelitian ini akan dibahas mengenai kajian sistem pengaman arus gangguan hubung singkat dan gangguan fasa tanah menggunakan rele arus lebih/*over current relay* (OCR) dan rele hubung tanah/*ground fault relay* (GFR) sebagai pengaman penyulang 20 kV.

Pada awalnya rele yang digunakan menggunakan tipe elektrostatis dan sekarang menggunakan teknologi rele *digital numeric*. Rele elektrostatis dan *digital numeric* digunakan dalam tegangan yang rendah, rele ini memiliki keuntungan dibanding jenis elektromekanik antara lain keakuratan waktu, kepekaan frekuensi dan sistem pemecahan terhadap masalah yang rumit. Sedangkan rele elektro-

mekanik memiliki kekurangan antara lain kurang akurat, sensitive dan sulit untuk dites dan dirawat.

Selain rele proteksi digunakan peralatan-peralatan pendukung yang dapat membebaskan sistem dari bagian yang terganggu, antara lain :

Trafo arus (CT) dan atau Trafo Tegangan (PT) yaitu untuk meneruskan arus dan atau tegangan dengan perbandingan tertentu dari kumparan primer ke kumparan sekunder.

Pemutus tenaga (PMT) yaitu sebagai pemutus arus gangguan didalam sirkuit tenaga atau untuk melepaskan bagian sistem yang terganggu (*fault clearing*). PMT menerima perintah untuk membuka (sinyal trip) dari rele proteksi.

Rele proteksi mempunyai fungsi antara lain :

1. Mendeteksi adanya gangguan atau keadaan abnormal lainnya pada bagian sistem yang diamankannya.
2. Memisahkan bagian yang terganggu dari bagian sistem yang masih beroperasi dengan cara memerintahkan trip kepada PMT yang bersangkutan.
3. Memberitahukan adanya gangguan pada operator, yaitu dengan cara menyembunyikan alarm dan menyalakan lampu tanda gangguan.
4. Rele proteksi mutakhir dapat memberi informasi jarak lokasi gangguan dan letak gangguan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk dapat mengetahui kondisi nilai teknis gangguan jaringan tegangan menengah 20 kV dan memahami cara setting rele dalam memproteksi jaringan tegangan menengah 20 kV di PLTD Merawang Bangka.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Rele Arus Lebih Sebagai Pengaman Gangguan Fasa Ke Bumi

Gangguan didalam trafo dapat berupa gangguan satu fasa ke bumi, gangguan antar fasa, gangguan antar belitan, gangguan sadapan, gangguan bushing. Gangguan yang terbanyak adalah gangguan satu fasa ke tanah, sedangkan gangguan antar fasa relative sedikit

karena kedudukan belitan setiap fasanya terpisah.

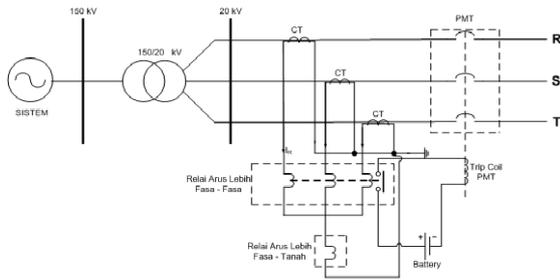
Gangguan tersebut kemungkinan akan menimbulkan kerusakan yang besar, disamping itu mempunyai resiko terjadinya kebakaran, sehingga gangguan tersebut harus dapat dihilangkan dalam waktu yang singkat. Sambungan dari trafo daya dan sistem pembumiannya memegang peranan penting yang menentukan besar arus gangguan yang akan mengerjakan rele.

Untuk mengatasi gangguan fasa ke bumi dapat digunakan rele arus lebih yang terletak di sirkit sekunder trafo arus dari ketiga fasanya. Jadi arus yang diukur adalah arus penjumlahan dari arus ketiga fasanya. Arus ini disebut arus sisa (*residual current*), atau arus urutan nol yang memang baru muncul ketika ada gangguan fasa ke bumi.

Karena rele ini mendeteksi arus urutan nol maka rele gangguan fasa ke bumi tidak dilalui arus beban baik yang seimbang maupun yang tidak seimbang, juga tidak dialiri arus gangguan hubung singkat antar fasa, dua fasa atau tiga fasa, karena rele fasa ke bumi tidak sensitive terhadap arus beban maupun arus hubung singkat antar fasa. Arus gangguan fasa ke bumi hampir selalu lebih kecil dari pada arus hubung singkat tiga fasa, bahkan lebih kecil dari arus beban nominalnya, oleh karena itu nilai settingnya bisa lebih kecil dari arus beban. Nilai setting yang kecil ini bisa disebabkan karena :

1. Gangguan satu fasa ke bumi hampir selalu melewati tahanan gangguan.
2. Titik netral sistem mungkin dibumikan melalui tahanan.

Arus gangguan fasa ke bumi pada sistem dengan pembumian langsung pada umumnya juga sedikit lebih kecil daripada arus hubung singkat tiga fasa sebab impedansi urutan nol saluran pada umumnya lebih besar daripada impedansi urutan positifnya, kecuali jika lokasi gangguannya dekat dengan pusat pembangkit.



Gambar 2: Rele Arus Lebih

2.2. Sistem Per-Unit (p.u)

Dalam sistem per-unit terdapat empat besaran dasar yaitu besaran daya dalam kilovolt-ampere (kVA) atau megavolt-ampere (MVA), besaran dasar tegangan dalam volt (V) atau kilovolt (kV), besaran dasar impedansi dalam ohm (Ω) dan besaran arus dalam ampere (A). hubungan antara dasar besaran per-unit dan besaran sebenarnya adalah :

$$\text{Besaran per-unit} = \frac{\text{besaran sebenarnya}}{\text{besaran dasar}}$$

$$\text{Besaran sebenarnya} = \text{besaran per-unit} \cdot \text{besaran dasar}$$

Pada dasarnya besaran daya dipilih lebih pertama, lalu salah satu tegangan dipilih sebagai tegangan dasar, tegangan sistem yang lainnya dapat ditentukan dengan menggunakan referensi dari rating primer dan sekunder trafo. Tegangan dasar biasanya menggunakan tegangan fasa-fasa dalam kilovolt. Persamaan untuk menghitung besaran dasar adalah :

$$I_b = \frac{kVA_b}{\sqrt{3} \cdot kV_b}$$

$$Z_b = \frac{kV_b \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot I_b} = \frac{(kV_b)^2 \cdot 1000}{kV V_b} = \frac{(kV_b)^2}{MVA_b}$$

Dimana :

- I_b = besaran dasar arus (A)
- kV_b = besaran dasar tegangan (kV)
- kVA_b = besaran dasar daya (kVA)
- MVA_b = besaran dasar daya (MVA)
- Z_b = besaran dasar impedansi (Ω /fasa)

Elemen impedansi biasanya dinyatakan dalam ohm atau milliohm atau dalam persen dalam suatu peralatan. Impedansi kabel secara umum dinyatakan dalam ohm dan impedansi trafo dalam

persen dengan rating kVA/MVA. Sebagai contoh 5% pada trafo 500 kVA. Besaran impedansi sebenarnya dapat dirubah kedalam besaran per-unit dengan rumus :

$$Z_{pu} = \frac{Z_e \cdot kVA_b}{1000 \cdot kV_b^2}$$

$$Z_{pu} = \frac{Z\% \cdot kVA_b}{100 \cdot kV A_e}$$

$$Z_{pu} = \frac{Z_{pu e} \cdot kVA_b}{kVA_e}$$

Jika resistansi diabaikan maka arus tersebut menggunakan nesaran reaktansi (X) sebagai pengangganti dari impedansi (Z).

2.3. Jenis Pengaman Beban Lebih

2.3.1 Pengaman Beban Lebih

Beban yang berlebihan dapat menyebabkan panas yang berlebihan pula. Dari jenis bahan isolasinya, suhu yang melebihi batas suhu kerja dari suatu peralatan tersebut dapat merusak isolasi atau setidaknya proses penuaan berlangsung lebih cepat, sehingga umurnya menjadi lebih pendek. Suatu alat listrik dapat dibebani tanpa melebihi batas suhu kerja isolasinya jika kondisi awalnya dibawah batas suhu kerja tersebut, sebab kenaikan suhu berlangsung relative lambat (fungsi eksponensial) tergantung dari konstanta waktu (*time constant*) dari peralatan tersebut.

Gangguan pada sistem pendingin dapat menyebabkan kenaikan suhu yang berlebihan meskipun bebannya masih dibawah nominalnya. Dalam hal demikian trafo akan mengalami perpendekan umur. Panas yang berlebihan pada beberapa kabel yang terpasang parallel dapat terjadi karena jaraknya satu sama lain terlalu dekat meskipun bebannya dibawah nominal. Akibatnya sama yaitu perpendekan umur atau cepat rusak

2.3.2 Pengaman Hubung Singkat

Gangguan yang bersifat permanen misalnya hubung singkat pasa kabel, belitan trafo atau generator karena tembusnya isolasi padat. Disini pada titik gangguan memang terjadi kerusakan yang permanen. Peralatan yang terganggu tersebut bisa dioperasikan kembali setelah bagian yang rusak diperbaiki atau diganti. Penyebab gangguan permanen antara lain penuaan

isolasi, kerusakan mekanis isolasi, tegangan lebih dan sebagainya.

Gangguan yang bersifat sementara tidak mempunyai kerusakan secara permanen dititik gangguan, misalnya flashover antara penghantar fasa dan tanah/tiang karena sambaran petir, dan pohon yang menyambar konduktor karena tertiuip angin, atau burung/binatang lain yang terbang/merayap mendekati konduktor fasa.

Pada gangguan ini yang tembus (*break down*) adalah isolasi udaranya, oleh karena itu tidak ada kerusakan yang permanen. Setelah arus gangguannya terputus, karena terbukanya PMT oleh rele pengamannya, peralatan atau saluran yang terganggu tersebut siap dioperasikan kembali

2.3.3. Pengaman Gangguan Fasa Ke Bumi

Rele fasa ke bumi terletak di rangkaian sekunder trafo arus di ketiga fasanya. Jadi arus yang diukur adalah arus penjumlahan dan arus ketiga fasanya. Arus ini disebut arus sisa (*residual current*), atau arus urutan nol yang memang baru muncul ketika ada gangguan tanah. Karena rele mendeteksi arus urutan nol maka rele fasa ke bumi tidak dilalui arus beban dan tidak dialiri arus gangguan hubung singkat antar fasa

3. METODE PENELITIAN

3.1. Penelitian Arus Hubung Singkat

Hubung singkat (yang mungkin terjadi pada setiap titik didalam sistem) yang dipelajari adalah besarnya kontribusi arus gangguan hubung singkat pada setiap cabang (bisa ditransmisi, distribusi, trafo maupun dari sumber pembangkit) disamping perlu diketahui pula besar tegangan pada tiap node. Besar arus dan tegangan hasil analisa inilah yang diperlukan untuk penyetelan proteksi, sehingga bila gangguan hubung singkat singkat itu benar-benar terjadi didalam sistem, peralatan proteksi dapat bekerja mengamankan bagian sistem yang terganggu sesuai yang diharapkan.

Gangguan yang mungkin terjadi dalam sistem adalah

1. Gangguan 3 fasa
2. Gangguan 2 fasa (antar fasa)
3. Gangguan 2 fasa ke bumi
4. Gangguan 1 fasa ke bumi.

Gangguan 3 fasa, kemungkinan terjadinya adalah dari sebab putusnya salah satu kawat fasa yang letaknya paling atas pada transmisi atau distribusi dengan konfigurasi kawat antar fasanya disusun secara vertical. Kemungkinan terjadinya memang sangat kecil, tetapi dalam analisisnya tetap harus diperhitungkan. Kemungkinan lain adalah akibat pohon yang tinggi berayun sewaktu tertiuip angin kencang sehingga menyentuh ketiga kawat fasa transmisi atau distribusi.

Gangguan 2 fasa, kemungkinan terjadinya bisa disebabkan oleh putusnya kawat fasa tengah pada transmisi atau distribusi dengan konfigurasi tersusun vertical. Kemungkinan lain adalah dari sebab rusaknya isolator di transmisi atau distribusi sekaligus 2 fasa. Gangguan seperti ini biasanya menjadi gangguan dua fasa ke bumi, atau bisa juga akibat *back flashover* antara tiang dan dua kawat fasa sekaligus sewaktu tiang transmisi atau distribusi yang mempunyai tahanan kaki tiang yang tinggi tersambar petir.

Gangguan satu fasa ke bumi, kemungkinan terjadinya adalah akibat *back flashover* antara tiang ke salah satu kawat fasa transmisi atau distribusi sesaat setelah tiang tersambar petir yang besar, walaupun tahanan kaki tiangnya cukup rendah. Bisa juga gangguan satu fasa ke bumi terjadi sewaktu salah satu kawat fasa transmisi atau distribusi tersentuh pohon yang cukup tinggi dan sebab lainnya.

Sesungguhnya hampir setiap macam gangguan hubung singkat (3 fasa, 2 fasa atau satu fasa ke bumi) melalui suatu nilai tahanan gangguan yang terbentuk oleh *arching* (R_{ARC}). Tetapi dalam analisa hubung singkat selalu perhitungan arus gangguan hubung singkat dengan menganggap tahanan gangguan = 0 (nol) untuk memudahkan perhitungan, karenan kesulitan untuk menentukan besarnya R_{ARC} yang setepatnya.

Oleh sebab itulah, dalam penyetelan - penyetelan rele proteksi atau karakteristik rele proteksi yang dibuat oleh sebuah

pabrik selalu memperhitungkan agar dapat menampung R_{ARC} terbesar yang mungkin terjadi untuk masing-masing macam gangguan.

3.2. Prinsip Penyetelan Rele Arus Lebih

Rele arus lebih memiliki beberapa karakteristik. Karakteristik yang umumnya digunakan untuk penyetelan rele adalah karakteristik jenis *invers time* (waktu terbalik). Dimana pada karakteristik ini semakin besar arus gangguan yang terjadi maka semakin cepat rele bekerja. Sesuai dengan persamaan berikut :

$$t_T = \frac{A}{(SKA)^{B-1}} \times TMS$$

Dimana :

- t_T = waktu pemutusan (*Time To Trip*)
- TMS = *Time Multiple Setting* / Skala Kelipatan Waktu (*Time Dial*)
- SKA = Skala Kelipatan Arus / *Multiples Of Pick Up*.
- A,B = Konstanta khusus untuk kurva

3.3. Skala Kelipatan Arus / *Multiples of Pickup*

Nilai *multiples Of Pickup* (MPU) / Skala Kelipatan Arus (SKA) adalah besarnya perbandingan arus gangguan pada kumparan rele yang terjadi dengan arus kerja rele (arus pick up), sesuai dengan rumus :

$$SKA = \frac{I_{F\ rele}}{I_{pick\ up}}$$

Dimana :

- $I_{F\ rele}$ = besarnya arus gangguan kumparan rele
- $I_{pick\ up}$ = nilai arus kerja rele
- Nilai I_F yang mengalir ke rele tergantung dari rasio perbandingan trafo arusnya, sesuai dengan rumus :

$$I_{F\ Rele} = I_F \frac{\text{nilai sekunder CT}}{\text{nilai primer CT}}$$

Untuk arus *pick-up* (arus kerja rele) pada suatu harga tertentu yang diinginkan atau sering dikenal sebagai penyetelan arus, biasanya dilakukan dengan menggunakan tap (sadapan) pada kumparan-kerja dari rele. Nilai-nilai dari setiap tap dinyatakan dalam persentase beban-penuh arus-pengenal (*rating*) dari trafo-arus dimana rele yang bersangkutan dihubungkan. Pada rele fasa ke bumi nilai setting yang digunakan sebesar 20 - 70% dari nilai tap arus rele.

Untuk rele arus lebih fasa nilai setting yang digunakan sebesar 130 - 150% dari nilai tap arus rele sehingga :

$$I_{pick\ up} = \text{nilai tap setelan arus} \times \text{nilai sekunder trafo CT}$$

Untuk mendapatkan selektivitas antara rele yang satu dengan rele yang lainnya maka harus ditambahkan waktu tunda sebesar (t).

3.4. Setelan Kelipatan Waktu / *Time Multiple Setting*

Suatu rele umumnya dilengkapi dengan kendali untuk mengatur lamanya waktu-kerja rele. Pengaturan ini dikenal sebagai **setelan kelipatan waktu atau *Time Multiple Setting*** (TMS). Pengaturan kelipatan waktu ini dikalibrasi dari 0 sampai 1. Angka-angka tersebut merupakan kelipatan-kelipatan yang digunakan untuk mengubah waktu yang diturunkan dari kurva waktu/SKW standard kedalam waktu kerja yang sebenarnya. Jadi bila setelan kelipatan waktunya 0,1 dan waktunya didapat dari kurva waktu/SKW standard adalah 3 detik, waktu kerja rele sebenarnya adalah = 3 x 0,1 = 0,3 detik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Arus Gangguan

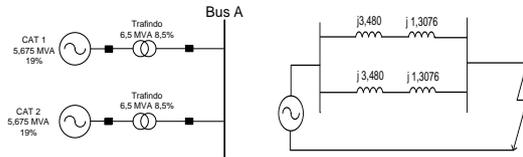
Dalam menentukan setelan rele arus lebih dan rele gangguan tanah pada penyulang PP-5 perlu menghitung arus gangguannya menggunakan sistem per unit (p.u). Adapun tahapan dalam menghitung arus gangguan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan besaran dasar seperti daya dasar, tegangan dasar, arus dasar dan impedansi dasar pada perhitungan per unit (p.u).
2. Sistem PLTD Merawang terdiri dari beberapa pembangkit, yaitu bus A – bus D.
 - Menghitung impedansi dari masing-masing komponen pembangkit dalam per unit.
3. Menghitung Daya Hubung Singkat (D_{hs}) total pembangkit.
4. Menghitung impedansi sumber dan impedansi saluran pada lokasi bus D, H4 dan L5 dalam per unit.

5. Menghitung I_{hs} 3 ϕ dan 1 ϕ pada penyulang PP-5

4.2. Perhitungan Daya Hubung Singkat

A. Daya Hubung Singkat Bus A



Gambar 3: Diagram Bus A dan Impedansi Bus A

Menghitung Impedansi Komponen Pembangkit Bus A

- Generator CAT 1 & 2
 - Generator ; 2 \times 5,675 MVA ; $X''_d = 19\%$
Impedansi pada basis 100 MVA:
 $0,19 \text{ pu} \times \frac{100 \text{ MVA}}{5,675 \text{ MVA}} = j3,3480 \text{ pu}$; $G1=G2$
 - Trafo Unindo 1 & 2
 - Trafo; 2 \times 6,50 MVA; $X_t = 8,5\%$
Impedansi pada basis 100 MVA :
 $0,085 \text{ pu} \times \frac{100 \text{ MVA}}{6,50 \text{ MVA}} = j1,3076 \text{ pu}$; $T1=T2$
- Hubungan seri impedansi untuk tiap generator dengan trafo :

$$Z_{seri} = Z_{Generator} + Z_{Trafo}$$

$$Z_{seri} = j3,3480 + j1,3076 = j4,6556$$

Oleh karena impedansi parallel seperti terlihat digambar 4.2 (b), maka impedansi penggantinya :

$$Z_{paralel} = \frac{j4,6556 \times j4,6556}{j4,6556 + j4,6556} = j2,3278 \text{ pu}$$

$$\text{Daya hubung singkat simetris rel 20 kV bus A} = \frac{100 \text{ MVA}}{2,3278} = 42,95 \text{ MVA}$$

B. Daya Hubung Singkat Bus B

Menghitung impedansi komponen pembangkit bus B

- Generator Allen 1, 2 & 3
- Generator 3 \times 6,121 MVA; $X''_d = 19\%$
Impedansi pada basis 100 MVA :
 $0,19 \times \frac{100 \text{ MVA}}{6,121 \text{ MVA}} = j3,1040 \text{ pu}$;
 $G1=G2=G3$
- Trafo Paulwells 1, 2 & 3
- Trafo 3 \times 6,3 MVA; $X''_d = 6,853\%$
Impedansi pada basis 100 MVA:
 $0,06853 \times \frac{100 \text{ MVA}}{6,5 \text{ MVA}} = j1,0877 \text{ pu}$;
 $T1=T2=T3$

Hubungan seri impedansi untuk tiap generator dengan trafo :

$$Z_{seri} = Z_{Generator} + Z_{Trafo}$$

$$Z_{seri} = j3,1040 + j1,0877 = j4,1917$$

Oleh karena impedansinya parallel seperti terlihat di gambar 4.3 (b), maka impedansi penggantinya :

$$\frac{1}{Z_{paralel}} = \frac{1}{j4,1917} + \frac{1}{j4,1917} + \frac{1}{j4,1917} = 0,7157 \text{ pu}$$

$$Z_{paralel} = j1,3972 \text{ pu}$$

$$\text{Daya hubung singkat simetris rel 20 kV bus B} = \frac{100 \text{ MVA}}{1,3970} = 71,57 \text{ MVA}$$

5. KESIMPULAN

1. Daya hubung singkat 293,87 MVA yang terjadi pada sistem PLTD Merawang Bangka masih dibawah batas kapasitas pemutus PMT sebesar 500 MVA.
2. Arus Gangguan Hubung singkat terbesar untuk gangguan tiga fasa pada penyulang PP5 PLTD Merawang Bangka adalah 8485,31 A, dan untuk gangguan satu fasa ke bumi adalah 288,65 A.
3. Settingan rele arus lebih pada penyulang PP5 di lapangan mendekati setelan rele arus lebih alternative 2.
4. Waktu kerja rele fasa ke bumi penyulang PP5 di lapangan untuk lokasi di Bus H4 dan Bus D melebihi batas aman (0,5 detik).

6. REFERENSI

1. Basri, Hasan Ir. (1997). Sistem Distribusi Listrik. Jakarta : Penerbit ISTN
2. Perusahaan Umum Listrik Negara : SPLN 59 : (1985). Keandalan pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV
3. Xie K., Zhou J., dan Bilinton R. (2008). Fast algorithm for the reliability evaluation of large scale electrical distribution networks using the section technique, IET Gener. Transm. Distrib., Vol. 2, No. 5 pp.701-707
4. Sirajuddin, Hasbi. (2006). Evaluasi Keandalan Jaringan Distribusi 20 kV Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Institut Teknologi Sepuluh Nopember