

STUDI PENGARUH TEGANGAN KEDIP AKIBAT KEGAGALAN SISTEM PADA PERALATAN OPERASIONAL GARDU INDUK DI GARDU INDUK SOLOBARU, SUKOHARJO

Didi Kurniawan, Slamet Hani, Subandi

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Jl. Kalisahak 28 Komplek Balapan Tromol Pos 45 Yogyakarta 55222

Telp.(0274)563029 E-mail: Diidot20@gmail.com

ABSTRACT

Voltage sag is a phenomena that appear from short circuit phase to phase and phase to ground in the electric power system, which is one aspect of a decline in the quality of the voltage that affect the performance of electrical equipment that sensitive to voltage variations.

Those problem are very interesting to be used as research studies. Here will be simulated voltage flicker that happens to know the range of voltage drop that occurs and as an analysis of whether there is a failure in the work of operational equipment substation because the substation is one part of the electric power system that transmits electrical energy from the generator to the load

After the simulation that the results of the largest drop in voltage is 24-26 volts per phase in TB6A, TB6B, and TB6C disorders load terminals 6 and to the terminal before the point of disturbance only decreased by 13-16 volt that called medium drop. Medium decrease occurred in the secondary side of the transformer for own use has disturbance with the average decrease of 13-16 volts per phase occurs in the entire terminal load. Mild decrease occurred in disturbances in the primary side of the transformer PS for 10-11 volts, the voltage drop is the third variation, operating equipment can still tolerate a voltage drop that occurs and there is no operational failures in substations

Keywords: *voltage drop, failure, operating equipment, substation*

INTISARI

Tegangan kedip merupakan suatu fenomena yang timbul akibat gangguan hubung singkat phasa ke phasa dan phasa ke tanah dalam sistem tenaga listrik yang merupakan salah satu aspek terjadinya penurunan kualitas tegangan yang mempengaruhi kinerja peralatan listrik yang sensitif terhadap variasi tegangan.

Permasalahan tersebut sangat menarik untuk dijadikan studi penelitian. Disini akan dilakukan simulasi tegangan kedip yang terjadi untuk mengetahui kisaran penurunan tegangan yang terjadi dan sebagai bahan analisa apakah terjadi kegagalan kerja pada peralatan operasional gardu induk karena gardu induk merupakan salah satu bagian dari sistem tenaga listrik yang menyalurkan energi listrik dari pembangkit ke beban.

Setelah dilakukan simulasi bahwa hasil penurunan tegangan yang terbesar yaitu 24-26 volt per phasa pada TB6A, TB6B, dan TB6C dengan gangguan teminal beban 6 dan untuk terminal sebelum titik gangguan hanya mengalami penurunan medium sebesar 13-16 volt. Penurunan medium terjadi pada gangguan sisi sekunder trafo pemakaian sendiri dengan rata-rata 13-16 volt per phasa terjadi pada seluruh terminal beban. Penurunan ringan terjadi pada gangguan sisi primer sebesar 10-11 volt, dengan ketiga variasi penurunan tegangan ini, peralatan operasional masih bisa menoleransi penurunan tegangan yang terjadi dan tidak terjadi kegagalan operasional pada gardu induk.

Kata kunci: penurunan tegangan, kegagalan, peralatan operasional, gardu induk

PENDAHULUAN

Kemajuan perkembangan tersebut juga diiringi meningkatnya kebutuhan akan energi, terutama energi listrik, hal ini ditandai dengan banyaknya usaha pembangkitan listrik dan bertambahnya gardu induk serta bertambahnya trafo distribusi yang ada di gardu induk. Gardu induk merupakan bangunan penting dalam sistem distribusi tenaga listrik dari pembangkit ke konsumen, dan memegang peranan penting dalam mengontrol aliran daya listrik tersebut, sehingga gardu induk juga memerlukan tenaga listrik agar bisa beroperasi mengendalikan aliran listrik.

Dari wacana di atas penulis melakukan simulasi gangguan dalam penyuplaian tenaga untuk operasional dari gardu distribusi/gardu induk, apakah efek yang ditimbulkan dari gangguan aliran tenaga ke gardu induk pada trafo pemakaian sendiri (trafo ps) dapat menyebabkan kualitas daya pada sistem distribusi dapat berkurang yang mengakibatkan tegangan kedip. Pada umumnya variasi tegangan dapat sangat dominan mempengaruhi kerja peralatan listrik yang sensitif terhadap variasi tegangan.

Tegangan kedip dapat terjadi pada suatu sistem distribusi tenaga listrik akibat gangguan satu fasa ke tanah. melihat pula semua peralatan operasional dari gardu induk merupakan alat kendali dan pemantau terdiri peralatan elektronik yang sensitif terhadap variasi tegangan.

Berdasarkan hal tersebut diatas masalah dibatasi pada:

1. Perhitungan beban konstan dalam keadaan normal dengan asumsi tidak ada perubahan konfigurasi sistem karena penambahan beban.
2. Penggambaran diagram satu garis pada pendistribusian suplai tenaga dari trafo pemakaian sendiri pada gardu induk solobaru, Jawa Tengah
3. Jaringan operasional sifatnya seimbang.
4. Beban dalam transformator setimbang.
5. Penentuan ukuran jenis trafo pemakaian dan peralatan operasional yang ada di lapangan menggunakan data sebenarnya di lapangan, jika data kurang lengkap atau jenis peralatan tersebut tidak terdapat dalam program ATP EMTD maka dipilih data peralatan yang telah disediakan oleh program tersebut dengan ketentuan mendekati nilai dan sifat dari data yang ada.

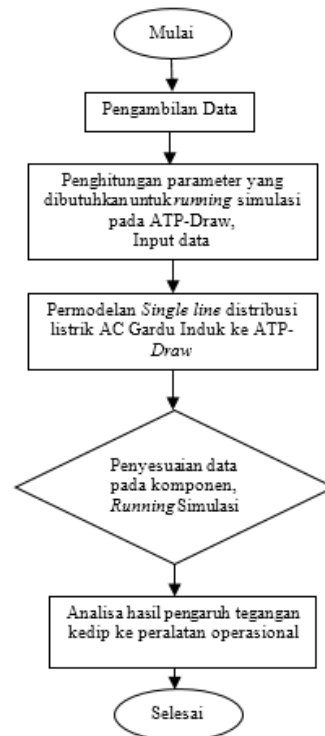
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besar penurunan tegangan

tegangan pada sistem suplai listrik AC yang menyuplai beban peralatan operasional pada gardu induk dan menganalisa apakah penurunan tegangan akibat gangguan dapat menyebabkan kegagalan dari peralatan operasional gardu induk.

METODE

Dalam penelitian ini, penulis melakukan metode secara simulasi dalam menganalisa penurunan tegangan dan kemudian dilakukan perhitungan secara manual dari hasil simulasi untuk mengetahui simpangan/eror.

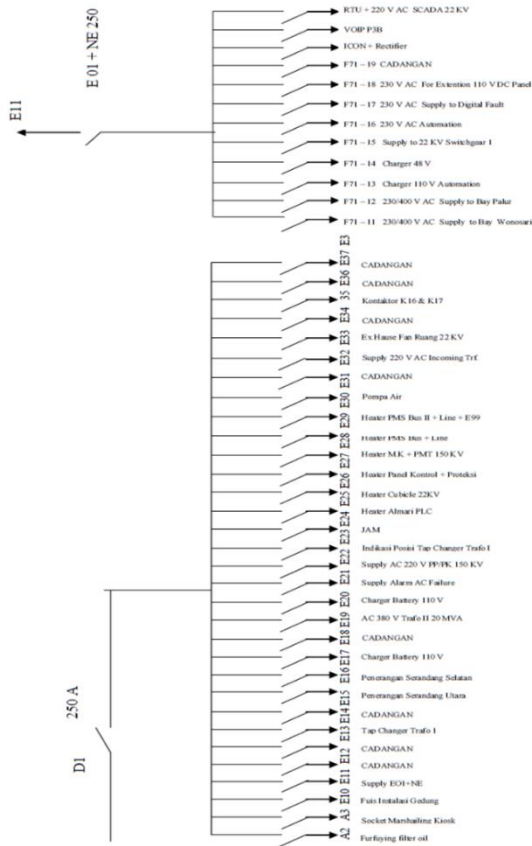
Metode simulasi gangguan hubung singkat fasa ke fasa dan fasa ke *ground* dilakukan dengan menggunakan rangkaian distribusi listrik AC pada Gardu Induk Solobaru dan nilai-nilai data sesuai dengan keadaan lapangan yang sebenarnya serta sebagian menggunakan data standar yang telah ada pada program ATP-EMTP sebagai program simulasi penurunan tegangan. Selanjutnya adalah representasi terjadinya penurunan tegangan selama pada waktu gangguan yang terjadi pada sistem distribusi listrik AC maupun pada penyulang paralel dengan trafo pemakaian sendiri.



Gambar 1. Diagram alur penelitian

Simulasi

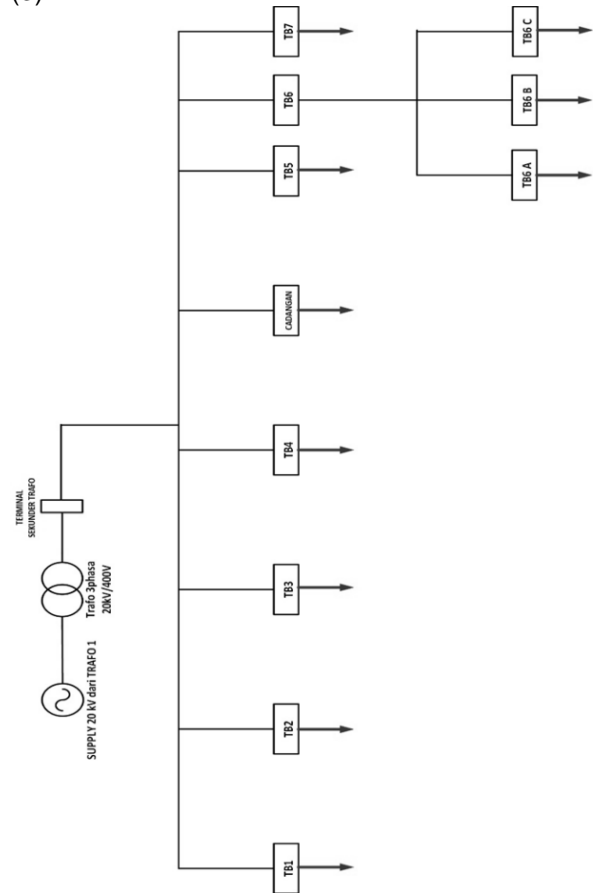
Untuk mensimulasikan penurunan tegangan pada gardu induk dengan program ATP-EMTP maka dibutuhkan diagram sistem distribusi listrik AC yang ditunjang oleh transformator pemakaian sendiri.



Gambar 2. Sistem distribusi pembagian suplai listrik AC ke beban

Gambar (2) untuk permodelan maka skema diatas dikelompokkan menjadi per bagian terminal beban sesuai dengan *grouping* pada

Gardu Induk Solobaru sesuai dengan Gambar (3).



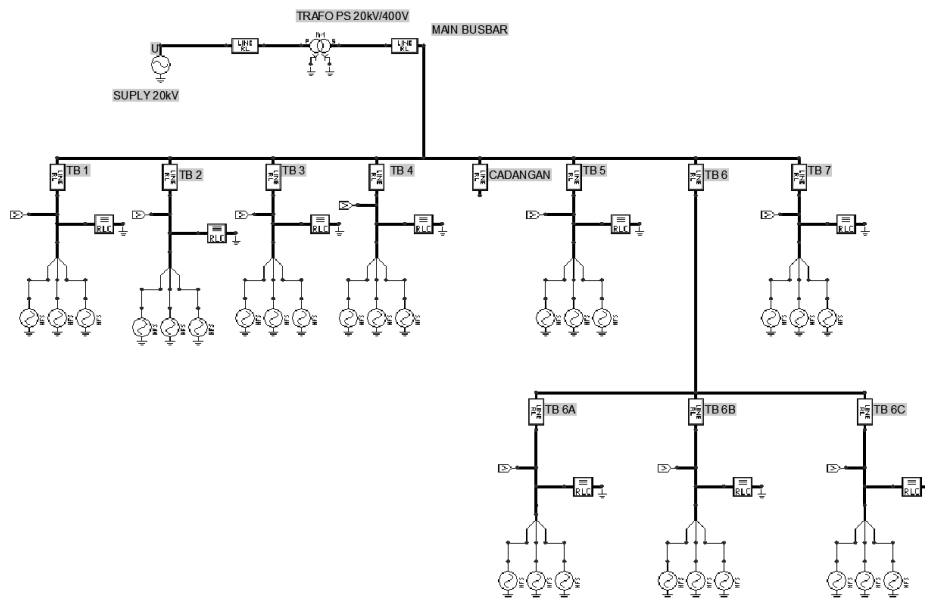
Gambar 3. Line diagram sistem AC distribution per terminal beban

Tabel 1 Peralatan penunjang operasi gardu induk pada terminal beban

| TERMINAL BEBAN | PERALATAN PENUNJANG OPERASI GI SOLOBARU |
|----------------|--|
| TB 1 | Printer , lampu, lampu led, lampu pijar, komputer <i>office</i> , fuse instalasi gedung, pompa air |
| TB 2 | Exhauste fan, lampu, magnetik kontaktor, heater cubicle 22Kv |
| TB3 | Heater almari plc, lampu, ac supply to digital fault |
| TB4 | Radio komunikasi, printer, suplai <i>fire</i> alarm, suplai AC <i>failure</i> alarm, PC kendali operasi GI, Lampu, heater panel kontrol dan proteksi |
| TB5 | Charger AC to 110VDC, Charger AC to 48 VDC lampu, Voip P3B, <i>Rectifier</i> |
| TB 6A | <i>Heater</i> PMS bus, <i>Heater</i> PMT+M.K, <i>Heater</i> |
| TB 6B | <i>Motor tap changer</i> , <i>supply to swichgear</i> 22 kV, <i>Motor</i> PMS, suplai bay palur dan wonosari, motor filter oli, |
| TB 6C | Penerangan serandang yang terdiri lampu led dan HID |
| TB 7 | Air conditioner semua ruang |

Pembagian jalur dari rangkaian sistem distribusi listrik ac untuk menyuplai pasokan energi listrik dari trafo pemakaian sendiri ke sampai ke peralatan operasional gardu induk, untuk menganalisa maka Gambar (3) dimodelkan ke dalam program ATP-Draw,

berikut merupakan tampilan permodelan diagram distribusi AC pada program ATP-Draw, Gambar (4) dimodelkan ke dalam program ATP-Draw, berikut merupakan tampilan permodelan diagram distribusi AC pada program ATP-Draw:



Gambar 4. Permodelan skema distribusi AC gardu induk pada ATP-Draw

Dalam simulasi ini peralatan pada gardu induk dimodelkan sebagai berikut:

a. Sumber

Rangkaian model sistem distribusi dihubungkan dengan model sumber tegangan konstan. Dalam pemodelan sumber trafo daya 150kV/20kV digunakan sumber AC tiga fasa yang ditanahkan sesuai dengan sumber yang digunakan.

b. Transformator

Transformator pemakaian sendiri menggunakan model transformator 3 fasa dengan pentanahan pada sisi primer dan sisi sekunder. Semua resistansi dan induktansi tergantung dengan frekuensi. Kejenuhan inti diabaikan dengan anggapan transformator tidak dibebani dengan beban penuh, perbedaan fasa antara belitan primer dan belitan sekunder juga diabaikan karena hanya satu transformator yang digunakan.

c. Kabel

Kabel yang digunakan dalam sistem keistrikan dimodelkan dengan Line RL,

nilai R didapat dari data pengukuran dari gardu induk dan perhitungan berdasar parameter-parameter dari data yang diambil. Admitansi dan induktansi diabaikan karena panjang saluran kurang dari 100 meter.

d. Beban

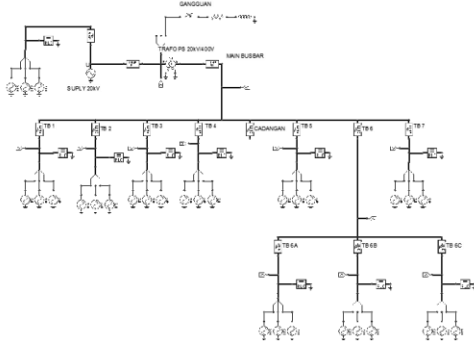
Beban terbagi dua, yaitu beban linier dan beban tak linier. Beban linier disimulasikan dengan paralel elemen R dan L. Sedangkan untuk beban tak linier seperti komponen elektronik pada komputer, lampu fluorescent disimulasikan dengan sumber arus harmonik konstan.

Penempatan Gangguan

Jenis gangguan yang dianalisa merupakan kategori temporary atau sifatnya sementara. Penempatan gangguan satu fasa ke tanah dipilih pada saat observasi di lapangan yaitu sebagai berikut:

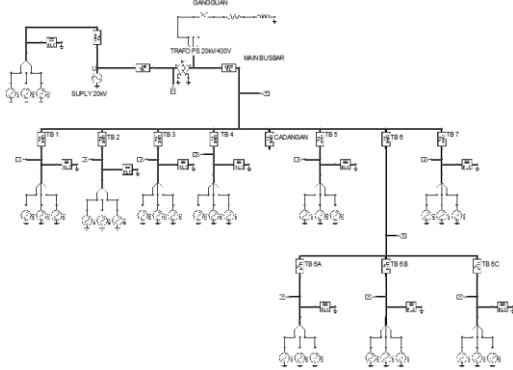
1. Sisi primer trafo pemakaian sendiri dan dipilih salah satu fasa, yaitu

phasa R, untuk selanjutnya gangguan ini dinamakan primer TPS.



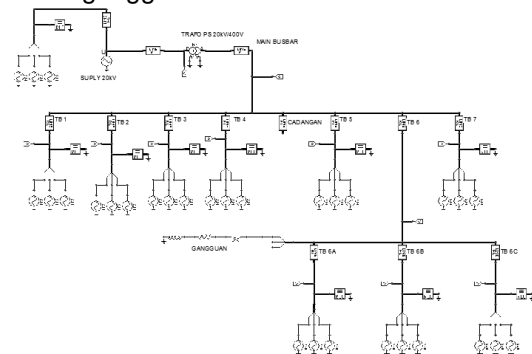
Gambar 5. Penempatan gangguan pada sisi primer trafo PS

2. Sisi sekunder trafo pemakaian sendiri pada salah phasa R, S, dan T untuk selanjutnya gangguan ini dinamakan sekunder TPS.



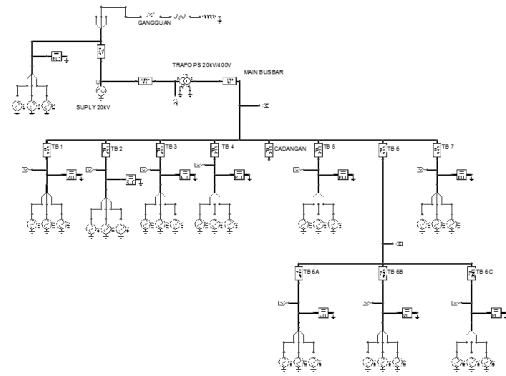
Gambar 6. Penempatan gangguan pada sisi sekunder trafo PS

3. Terminal beban TB 6 dengan salah satu phasa, untuk selanjutnya gangguan ini dinamakan TB 6



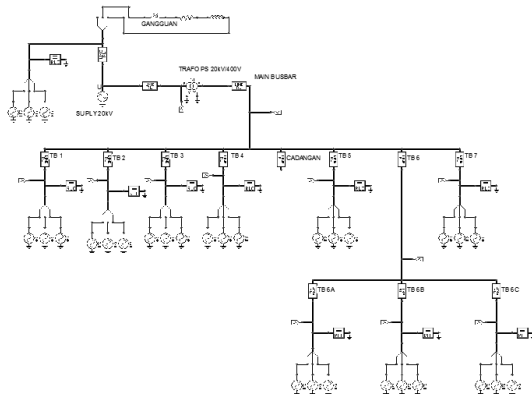
Gambar 7. Penempatan gangguan pada TB6

4. Pada penyulang distribusi yang paralel dengan trafo pemakaian sendiri dengan salah satu phasa yaitu S, untuk selanjutnya gangguan ini dinamakan Pe.Paralel PT.



Gambar 8. Penempatan gangguan pada penyulang paralel

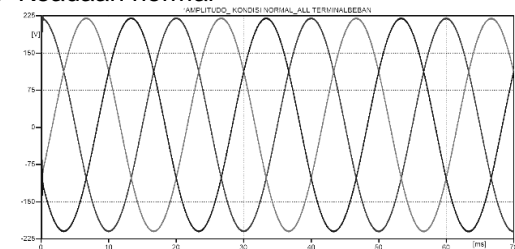
5. Penempatan gangguan hubung singkat antar phasa dipilih pada Penyulang distribusi yang paralel dengan trafo PS, untuk selanjutnya gangguan ini dinamakan Pe.Paralel PP.



1. HASIL DAN PEMBAHASAN

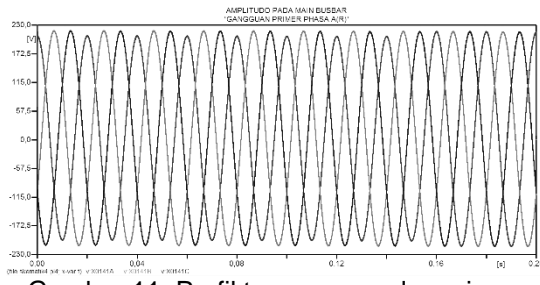
Profil tegangan dari hasil simulasi program ATP Draw saat kondisi normal, dan pada keadaan terjadi gangguan:

- a. Keadaan normal

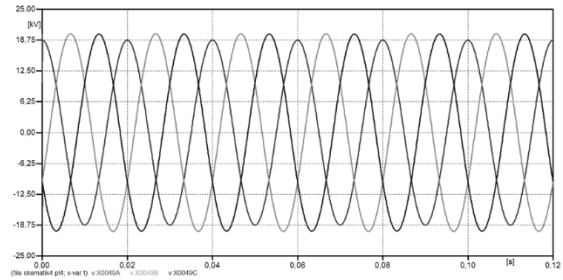


Gambar 10. Profil tegangan dalam keadaan normal pada main busbar

- b. Gangguan pada sisi primer trafo pemakaian sendiri

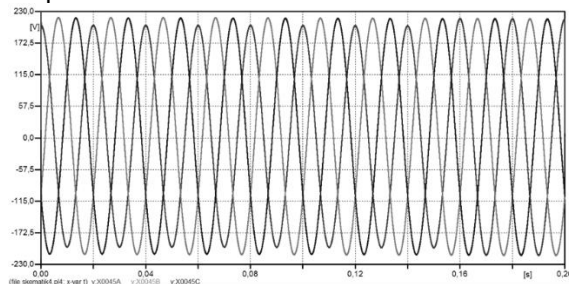


Gambar 11. Profil tegangan pada main busbar dengan gangguan sisi primer



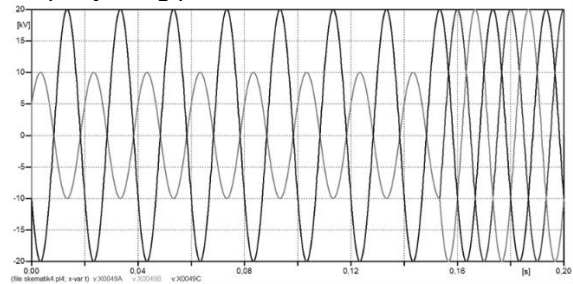
Gambar 14. Profil tegangan gangguan fase ke tanah pada penyulang paralel

c. Gangguan pada sekunder trafo pemakaian sendiri



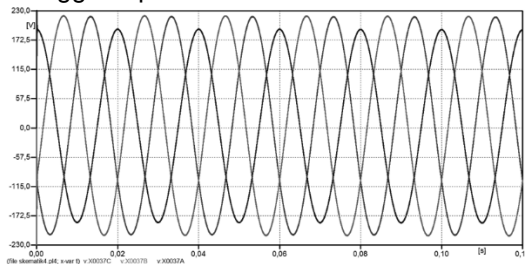
Gambar 12. Profil tegangan pada main busbar dengan gangguan sisi sekunder

f. Gangguan fase ke fase pada penyulang paralel



Gambar 15. Profil tegangan pada gangguan antar fase pada penyulang paralel

d. Gangguan pada terminal beban 6



Gambar 13. Profil gangguan pada sisi terminal beban 6

e. Gangguan fase ke tanah pada penyulang paralel

Tabel 2. Pengaruh gangguan terhadap tegangan suplai pada gardu induk

| Tempat gangguan Terminal Beban | | Arus (A) | (VOLT) | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|----------|---------|-------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|---------------|
| | | | Nor-mal | Pri-mer TPS | SekunderTPS | | | TB 6 | | | Pe.Pa-ralel PT | Pe.Paralel PP |
| | | | | | R | S | T | R | S | T | | |
| TB 1 | R | 30 | 219.5 | 209 | 206.1 | 219,1 | 219,3 | 206.7 | 219,5 | 219,8 | 219.9 | 219.3 |
| | S | 27 | 219.5 | 219.6 | 219.6 | 205,3 | 219,4 | 219.8 | 206,6 | 219,6 | 219.4 | 219.3 |
| | T | 29 | 219.5 | 219.2 | 219.5 | 219,3 | 205,7 | 219.1 | 219,8 | 206,5 | 219.4 | 219.4 |
| TB 2 | R | 30 | 219.5 | 209 | 206.3 | 219,3 | 219,6 | 206.7 | 219,7 | 219,6 | 219.3 | 219.3 |
| | S | 27 | 219.5 | 219.7 | 219.2 | 206 | 219,3 | 219.6 | 206,3 | 219,5 | 219.4 | 219.2 |
| | T | 29 | 219.5 | 219.1 | 218.8 | 219,2 | 205,9 | 219 | 219,8 | 206,2 | 219.3 | 219.4 |
| TB 3 | R | 30 | 219.5 | 208.9 | 206.1 | 219,2 | 219,5 | 206.7 | 219,6 | 219,7 | 219.4 | 219.2 |
| | S | 27 | 219.5 | 219.7 | 218.9 | 206,1 | 219,3 | 219.7 | 206,6 | 219,7 | 219.4 | 219.2 |
| | T | 29 | 219.5 | 219.2 | 219.1 | 219,2 | 205,7 | 219.1 | 219,5 | 206,2 | 219.3 | 219.3 |
| TB 4 | R | 30 | 219.5 | 209.1 | 206 | 219,2 | 219,3 | 206.5 | 219,6 | 219,7 | 219.4 | 219.2 |
| | S | 27 | 219.5 | 219.7 | 219.3 | 206,1 | 219,1 | 219.8 | 206,5 | 219,6 | 219.4 | 219.2 |
| | T | 29 | 219.5 | 219.2 | 219.6 | 219,1 | 206 | 219.7 | 219,5 | 206,1 | 219.4 | 219.4 |
| TB 5 | R | 30 | 219.5 | 209 | 206.7 | 219,1 | 219,3 | 206,2 | 219,5 | 219,4 | 219.3 | 219.1 |
| | S | 27 | 219.5 | 218.8 | 218.9 | 206,2 | 219,1 | 218.4 | 206,1 | 219,1 | 219.1 | 219.1 |
| | T | 29 | 219.5 | 218.8 | 219.3 | 219,2 | 205,9 | 218.8 | 219,1 | 206,2 | 219.4 | 219.2 |
| TB 6A | R | 30 | 219.8 | 209.4 | 205.9 | 219 | 219,4 | 194.2 | 219,1 | 2198 | 219.2 | 219.2 |
| | S | 27 | 219.6 | 217.9 | 219.7 | 206 | 219,6 | 218.7 | 195 | 219,5 | 219.2 | 218.9 |
| | T | 29 | 219.7 | 218.2 | 219.7 | 219,1 | 206 | 219.8 | 219,3 | 195,1 | 219.2 | 219.1 |
| TB 6B | R | 30 | 219.8 | 209.1 | 205.8 | 219,3 | 219,5 | 195 | 219,2 | 219,8 | 219.1 | 219.2 |
| | S | 27 | 219.7 | 218.1 | 219.7 | 206,1 | 219,7 | 218.9 | 194,7 | 219,7 | 218.9 | 218.9 |
| | T | 29 | 219.8 | 218.3 | 219.6 | 219,2 | 206,1 | 220 | 219,3 | 195 | 219.1 | 219.1 |
| TB 6C | R | 30 | 219.7 | 209.9 | 205.9 | 219,1 | 219,7 | 194.8 | 219,1 | 219,8 | 219.1 | 219 |
| | S | 27 | 219.4 | 219 | 219.8 | 206,2 | 219,7 | 219.1 | 194,4 | 219,6 | 219 | 219 |
| | T | 29 | 219.5 | 218,8 | 219 | 219,2 | 206,1 | 218.2 | 219,3 | 195 | 219 | 219.2 |
| TB 7 | R | 30 | 219.5 | 209 | 205.3 | 219 | 219,5 | 206,7 | 219,1 | 219,6 | 219.2 | 219.5 |
| | S | 27 | 219.5 | 219,1 | 219.5 | 206 | 219,5 | 219.3 | 206,3 | 219,5 | 219.3 | 219.4 |
| | T | 29 | 219.5 | 219 | 219.6 | 219,5 | 206,1 | 219.3 | 219,3 | 206,7 | 219.3 | 219.5 |

Perhitungan Error

Perhitungan ini untuk pembandingan dengan hasil simulasi, maka dari data yang hasil yang ada pada Tabel 1 diambil 2 hasil terendah dari 2 kategori penurunan yaitu penurunan medium dan terbesar sebagai

pembandingan untuk mengetahui prosentase error. Arus pada hubung singkat fasa ke tanah:

$$I_{sch} = V / R \text{ tahanan tanah} = 220 / 19,46 = 11,021$$

- V_{kedip} pada TB6A dengan gangguan TB6
Fasa R

$$\begin{aligned} V_{\text{kedip}} &= V \text{ normal pada busbar} - I_{sch} \cdot Z_{\text{sumber ke titik gangguan}} \\ &= 219,6 - 11,021 \cdot 2,2 \\ &= 219,4 - 24,3 = 195,5 \text{ V} \end{aligned}$$

-V_{kedip} pada TB1 dengan gangguan pada
Trafo primer fasa R dan S

$$\begin{aligned} V_{\text{kedip}} &= V \text{ normal pada busbar} - I_{sch} \cdot Z_{\text{sumber ke titik gangguan}} \\ &= 219,5 - 11,021 \cdot 1,27 \\ &= 219,5 - 13,97 = 205,3 \text{ V} \end{aligned}$$

Tabel 3 Persentase *error*

| Nilai Simulasi | Nilai Perhitungan | Simpangan | Error |
|----------------|-------------------|-----------|-------|
| 205,2 V | 205,5 V | 0,3 V | 0,15% |
| 194,2 V | 195,5 V | 1,3 V | 0,66% |

Analisa Pengaruh Tegangan Kedip Pada Peralatan Operasional Gardu Induk

a. Terminal beban 1

Terminal beban satu menyuplai ruang office, gudang, WC, dan lobby dari besar penurunan tegangan yang ada pada tabel 3 penurunan terbesar yaitu pada gangguan fasa ke tanah pada sisi sekunder trafo pemakaian sendiri sebesar 6%. Tegangan kedip dalam terminal ini yaitu 96% dari tegangan normal, maka berdasar karakteristik kepekaan peralatan yang ada pada beban 1 masih bisa beroperasi secara normal dan lampu mengalami kedipan cahayanya.

b. Terminal beban 2

Terminal beban dua menunjang ruang cubicle 22kV dengan variasi peralatan beban sesuai dengan tabel 3 dan penurunan tegangan dari bermacam gangguan yang paling besar adalah pada sisi sekunder trafo pemakaian sendiri sebesar 6%, maka peralatan masih bisa menolerir penurunan tegangan tersebut, efek yang terjadi adalah terjadi kedipan lampu sementara.

c. Terminal beban 3

Terminal beban ini mengalami penurunan tegangan terbesar yaitu sebesar 6% yaitu dari 219.5V menjadi 206,1V peralatan

operasi masih beroperasi normal, lampu sedikit kedip.

d. Terminal beban 4

Terminal beban ini mengalami penurunan tegangan terbesar dari 219.5 V menjadi 206V atau sebesar 6% sehingga sesuai karakteristik peralatan dengan penurunan tegangan tersebut masih bisa beroperasi.

e. Terminal beban 5

Penurunan yang terjadi pada terminal beban 5 ini terjadi saat gangguan terjadi pada terminal beban 6 yang paralel, dengan penurunan dari 219.5V menjadi 201.5V atau sebesar 8.2% penurunan, dalam hal ini semua charger beroperasi, namun apabila dalam tegangan kedip ini berlangsung melebihi dari 0.12 detik, maka akan mengalami kegagalan *charger*, dan harus direset manual, untuk pengaruh operasional kegagalan *charger* bersifat sementara dan beban yang disuplai dari *rectifier* masih bisa ditunjang dari baterai.

f. Terminal beban 6A, 6B, dan 6C

Penurunan tegangan terbesar pada ketiga terminal ini adalah sewaktu gangguan pada titik busbar terminal 6, mengalami penurunan sebesar 11%, dalam hal ini hanya penerangan yang mengalami gangguan, yaitu timbulnya kedip lampu, namun tidak mengalami lampu padam.

g. Terminal beban 7

Terminal ini mengalami penurunan tegangan dari 219.5V menjadi 205.2 V, atau sebesar 6,5% untuk *air conditioner* mengalami penurunan tegangan tersebut masih bisa beroperasi secara normal sehingga sistem pendinginan pada baterai dan relai tidak terganggu

KESIMPULAN

Dengan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh tegangan kedip terhadap peralatan operasional GI Solobaru, dapat disimpulkan:

1. Perubahan tegangan terbesar yaitu ketika gangguan berada pada letak dalam jaringan distribusi suplai listrik AC yaitu pada gangguan di sisi primer trafo pemakaian sendiri mempunyai rataan sebesar 8% penurunan, lalu untuk gangguan yang terletak pada sisi sekunder mempunyai rataan penurunan

- signifikan tegangan sebesar 6% di tiap terminal beban yang ada pada gardu induk. Penurunan terbesar pada penghantar TB6 yang merupakan penghantar dari main busbar ke serandang dengan penurunan tegangan sebesar 11% pada sisi setelah gangguan dan sisi sebelum gangguan mengalami penurunan sebesar 6%.
2. Gangguan pada penyulang paralel dengan transformator pemakaian akan menimbulkan efek tegangan kedip apabila gangguan tersebut dekat dengan gardu induk.
 3. Tegangan kedip yang terjadi tidak mempengaruhi dari kegagalan kinerja peralatan operasional yang ada pada gardu induk karena tegangan kedip yang terjadi masih disekitar batas toleransi peralatan gardu induk, yaitu pada 85%-99% tegangan normal dan masih kategori kualitas tegangan masih dalam kategori baik untuk peralatan listrik yang sensitif terhadap perubahan tegangan sehingga peralatan penunjang operasional gardu induk tidak mengalami gangguan akibat adanya gangguan yang terjadi pada sistem distribusi trafo pemakain sendiri
 4. Penurunan hasil perhitungan dengan hasil simulasi tidak berbeda secara signifikan, dalam persen selisih hasil berkisar antara 0,1% - 1 % dengan simpangan dibawah 10% maka software ini valid untuk dijadikan sebagai alat pemroses data.
 5. Peralatan pada gardu induk tidak mengalami kegagalan operasi karena penurunan terbesar 8,2% dari tegangan nominal 219,8 V karenan penurunan ini terjadi pada terminal beban yang menyuplai outdoor atau pada serandang dengan peralatan sebagai utility bukan sebagai kontrol dan proteksi.

Saran

Penelitian ini masih dalam lingkup tegangan rendah, dan beberapa tegangan menengah, untuk penelitian selanjutnya bisa dilanjutkan dalam skala tegangan menengah yaitu pada jaringan distribusi maupun transmisi.

Gardu Induk dipasang pengaman dari tegangan kedip yaitu *Dynamic Voltage Restorer* (DVR) dan UPS karena gardu induk rentan terkena efek dari gangguan yang ada pada jaringan distribusi yang disuplainya.

Daftar Pustaka

- [1] Dugan R.C., McGranaghan M.F., Beaty H.W., (1996) *Electrical Power Systems Quality*, The McGraw Hill Companies.
- [2] Dwi Sulisty Handoyo, *Simulasi Tegangan Dip Pada Sistem Distribusi Tegangan Rendah Menggunakan Model EMTP*, Teknik Elektro UNDIP, 2005
- [3] Fallon C.M., McDermott B.A., (1996) *Development and Testing of a Real-Time Digital Voltage Flickermeter*, IEEE.
- [4] IEEE std 1159-1995, *IEEE recomended Practice for Monitoring Electric Power Quality*, IEEE Standards Board.
- [5] László Prikler, Hans Kristian Høidalen, 2009, *ATP Draw User Manual*, ATP-EMTP
- [6] Satria, Hari A. 2005. *Penentuan Lokasi Voltage sag Source Menggunakan Komponen Arus Riil pada Pabrik Semen Tuban III*. Jurnal ITS Teknik Elektro. Surabaya.
- [7] Suwanto, Daman. 2009. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Padang
- [8] Teguh Aryo Nugroho, *Studi Pengaruh Backflashover pada Sistem Pentanahan Menara Saluran Transmisi Tegangan Tinggi Terkonsentrasi Menggunakan ATPDraw*, Teknik Elektro ITS, 2012
- [9] Zuhail, *Dasar Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1992
- [10] <https://ehendra.files.wordpress.com/2011/06/stl-llll3.jpg> diakses pada 03/08/2015 21:21