

PENGARUH TEGANGAN KEDIP AKIBAT KEGAGALAN SISTEM PADA PERALATAN OPERASIONAL GARDU INDUK 150 KV

Slamet Hani

Jurusan Teknik Elektro Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Kampus ISTA Jl. Kalisahak No. 28 Kompleks Balapan Yogyakarta
Email: shan.akprind@gmail.com

INTISARI

Tegangan kedip merupakan suatu fenomena yang timbul akibat gangguan hubung singkat fasa ke fasa dan fasa 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 fasa pada TB6A, TB6B, dan TB6C dengan gangguan terminal 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 fasa 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: tegangan kedip, kegagalan, gardu induk

1. PENDAHULUAN.

Perkembangan teknologi dalam bidang ketenagalistrikan, salah satunya teknologi untuk sistem distribusi tenaga listrik. Saluran distribusi atau jaringan distribusi merupakan bagian utama sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan konsumen. Baik konsumen tingkat besar seperti industri, perhotelan, dan konsumen kecil yaitu perumahan penduduk dan industri rumah tangga. Kualitas daya pada sistem distribusi dapat berkurang akibat 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 dan fasa ke fasa. Tegangan kedip merupakan penurunan tegangan RMS sebesar 0,1-0,9 pu dalam durasi antara 0,5 cycle sampai dengan 1 menit (IEEE Standard 1159,1995).

Gangguan hubung singkat disatu feeder dapat menyebabkan gangguan kedip tegangandi feeder lain, namun kuantitas dari kedip tegangan ini tergantung pada konfigurasi jaringan sistem distribusi tenaga listrik serta jenis gangguan yang terjadi (Satria Hari, 2009)

Tegangan kedip secara umum disebabkan oleh kegagalan sistem daya yang terjadi pada lokasi yang jauh, kegagalan pada salah satu dari feeder paralel, dan starting motor dengan kapasitas besar. Kegagalan sistem daya yang sering terjadi berupa gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah. Kedip tegangan pada sistem yang mengalami gangguan biasanya dengan waktu berkisar 5 sampai 6 cycle, dimana merupakan total waktu untuk mendeteksi gangguan dan CB akan bekerja untuk menghilangkan gangguan. Tegangan kedip dapat mempengaruhi operasi beban listrik sebelum CB bekerja untuk memadamkan gangguan. dalam hal saluran yang dilengkapi dengan recloser, maka dapat terjadi beberapa kali kedip tegangan sesuai waktu setting. Sedangkan durasi waktu kedip tegangan yang disebabkan oleh pengasutan motorkapasitas besar biasanya lebih lama, tetapi amplitudo tegangan kedip tidak terlalu besar.

2. METODOLOGI

Materi penelitian berupa data transformator tenaga, data transformator pemakaian sendiri, data diagram satu garis distribusi tenaga dan data lain yang mendukung untuk analisa pengaruh

tegangan kedip terhadap alat operasional gardu induk. Data penelitian yang diperlukan sebagai berikut:

1. Data transformator tenaga dan transformator pemakaian sendiri, data ini diperlukan untuk perhitungan hubung singkat (hubung singkat fasa ke tanah dan hubung singkat antar fasa) sebagai penyebab utama tegangan kedip yang nantinya akan disimulasikan ke program ATP EMTP sebagai gangguan
2. Data diagram satu garis distribusi tegangan AC
Data ini berfungsi sebagai permodelan diagram kelistrikan pada Gardu Induk Solobaru ke dalam program ATP-EMTP sebagai pengolah data.

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Pada penelitian ini, penulis melakukan penelitian dimulai dari awal minggu terakhir bulan Juli 2015 sampai dengan selesai. Dimana tempat untuk pengambilan data-data yang diperlukan adalah di Gardu Induk Solobaru, Sukoharjo.



Gambar 1. Gardu Induk Solobaru

B. Alat Penelitian

Alat yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Notebook

Notebook yang digunakan adalah Asus tipe K43SD dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Processor : Intel(R) Pentium(R) CPU B960 @ 2.20GHz
(2 CPUs), ~2.2GHz
- RAM : 2048MB
- BIOS : BIOS Date: 12/28/11 11:06:54 Ver: 04.06.03
- Manufaktur : ASUSTeK Computer Inc
- GPU : 2734 MB
- DirectX: DirectX 11
- Operasi sistem : Windows 7, 64 bit

2. Software ATP EMTP

Software yang dipakai dalam mengolah data adalah ATP-EMTP, dengan bagian aplikasi ATP- Draw versi 4.0p2, aplikasi ini merupakan aplikasi *freeware* yang sering digunakan untuk menganalisa sistem tenaga listrik.



Gambar 2. Spesifikasi software ATP-Draw

C. Software ATP-EMTP

ATP- EMTP merupakan sebuah program yang digunakan digunakan untuk simulasi digital fenomena transien elektromagnetik, serta sifat elektromekanis pada sistem tenaga listrik.

Program ATP menghitung variabel kepentingan dalam sistem tenaga listrik sebagai fungsi waktu, biasanya dimulai oleh beberapa gangguan. Pada dasarnya, aturan trapesium integrasi digunakan untuk memecahkan persamaan diferensial komponen sistem dalam domain waktu. ATP / EMTP memiliki banyak model termasuk mesin berputar, transformer, arrester surja, jalur transmisi dan kabel. Dengan program digital ini, jaringan yang kompleks dari struktur sewenang-wenang dapat disimulasikan. Analisis sistem kontrol, peralatan elektronika daya dan komponen dengan karakteristik nonlinear seperti busur dan korona juga mungkin. Gangguan simetris atau tak simetris diperbolehkan, seperti kesalahan, petir lonjakan, atau jenis operasi termasuk pergantian katup beralih. Perhitungan respon frekuensi jaringan fasor juga didukung.

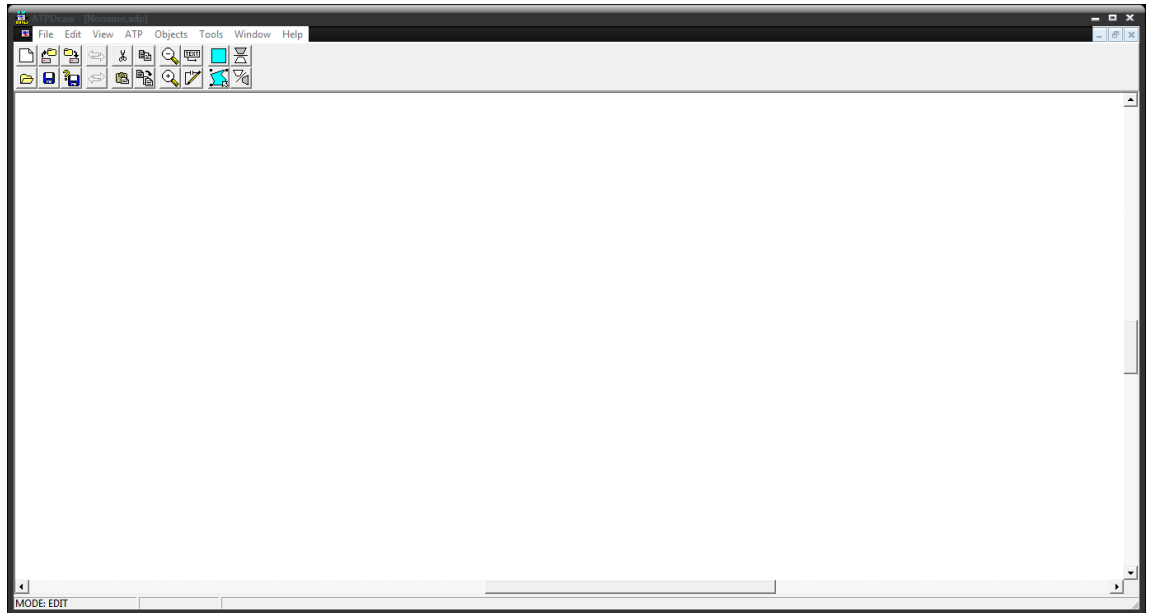
ATP-EMTP mempunyai dua metode untuk mengolah data lapangan dengan simulasi rangkaian sirkuit listrik yaitu dengan ATP-Draw dan teks editor, untuk menganalisa pada penelitian ini penulis memilih menggunakan ATP-Draw sebagai simulatornya.

D. ATP-Draw

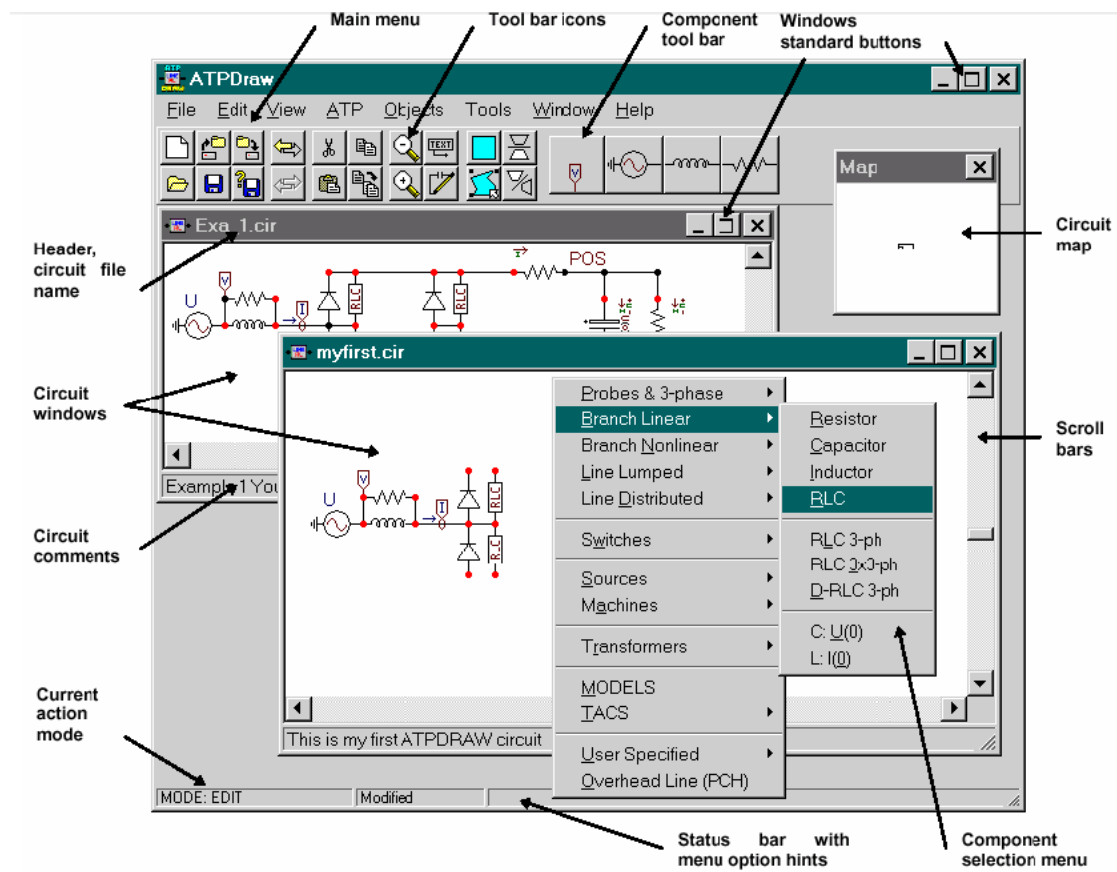
ATP-Draw merupakan software bagian dari ATP-EMTP yang berfungsi sebagai simulasi model rangkaian listrik dengan interface ke pengguna dengan gambar rangkaian, sehingga mudah dalam pemahamannya, ATP-Draw.

ATP-Draw membantu menciptakan dan mengedit model rangkaian listrik pengguna yang ingin menyimulasikan rangkaian listrik secara interaktif. Dalam program ini pengguna dapat membangun sebuah sirkuit listrik, dengan memilih komponen yang telah ditetapkan dari *library* yang luas. Preprocessor kemudian menciptakan sesuai berkas ATP/EMTP masukan, secara otomatis dalam format yang benar. ATP-Draw mengadministrasikan nama node sirkuit, dan pengguna dapat memberikan nama hanya untuk node paling penting.

Fasilitas lain di ATP-Draw adalah built-in editor untuk mengedit file yang ATP, dukungan *windows clipboard* untuk *bitmap/metafile*, *output windows Metafileformat* atau *file PostScript*. ATP-Draw paling berharga untuk pengguna baru ATP / EMTP dan merupakan alat yang sangat baik untuk tujuan pendidikan.



Gambar 3.3 Tampilan ATP-Draw



Gambar 3.4 Bagian-bagian dari ATP-Draw

E. Proses Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan tahapan studi literatur. studi literatur dilakukan untuk mendapatkan teori dasar dan rumusan atau formula-formula dan *manual booksoftware* ATP EMTP yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan dan simulasi analisa data.

Tahapan selanjutnya yaitu tahapan pengumpulan data dari lokasi-lokasi penelitian. pada tahapan ini tempat pengambilan data yaitu Gardu Induk Solobaru, Sukoharjo.

Tahapan selanjutnya adalah pengolahan data. pada tahapan ini dilakukan perhitungan data yaitu:

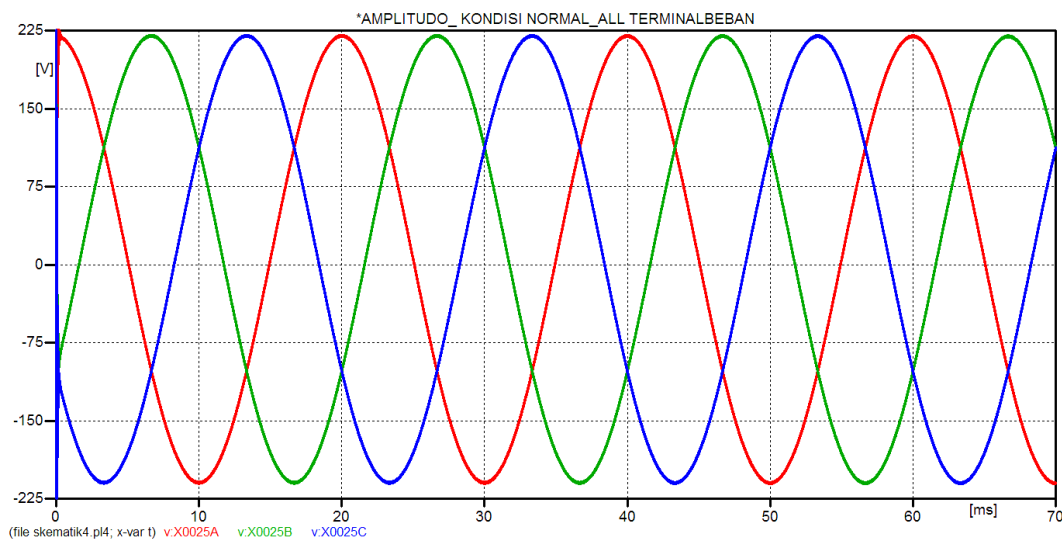
- Pengumpulan data dari Gardu Induk Solobaru dan perhitungan parameter yang dibutuhkan untuk *running* simulasi pada program ATP-Draw
- Penggambaran skematik diagram satu garis distribusi tenaga pada gardu induk pada *softwareATP-Draw*
- Membuat plot bentuk gelombang hasil tegangan kedip, kemudian diteruskan dengan menganalisa peralatan yang ada di gardu induk apakah ada kegagalan operasi dengan tegangan kedip yang dihasilkan.

3. PEMBAHASAN

Dari hasil simulasi akan menghasilkan profil tegangan saat kondisi normal, dan pada keadaan terjadi gangguan.

a. Kondisi normal

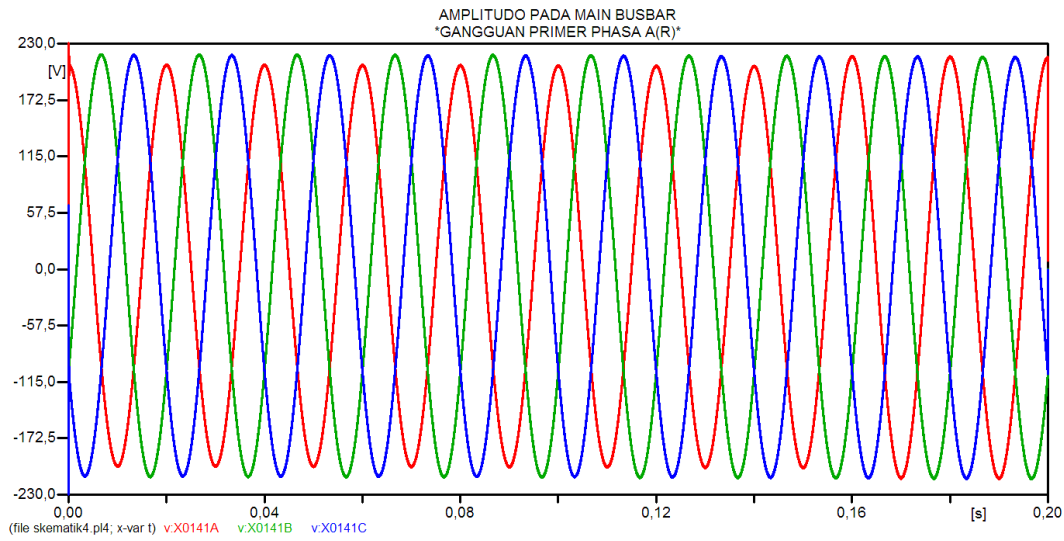
Berdasarkan dari rangkaian simulasi pada kondisi normal menunjukkan profil tegangan seperti pada gambar 1, menampilkan karakteristik amplitudo tegangan saat keadaan normal tanpa gangguan pada *main* busbar.



Gambar 1. Profil tegangan dalam keadaan normal pada *main* busbar

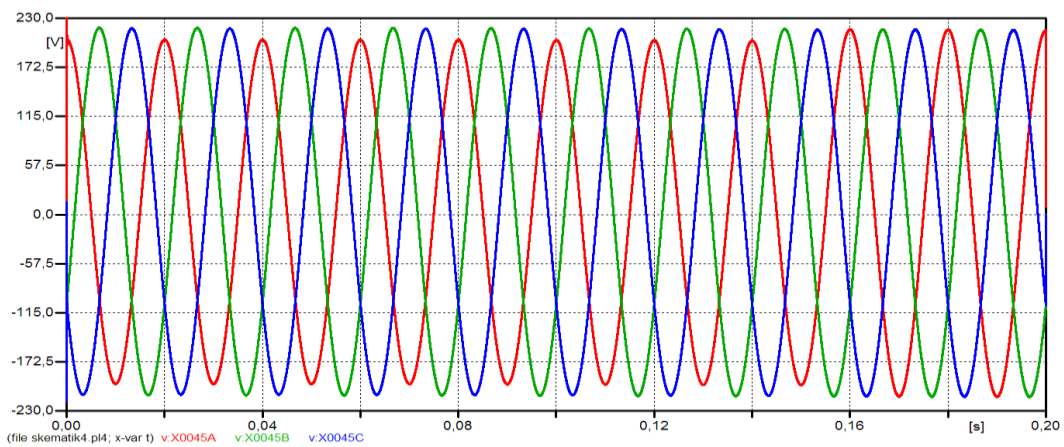
b. Keadaan gangguan

- Gangguan pada sisi primer



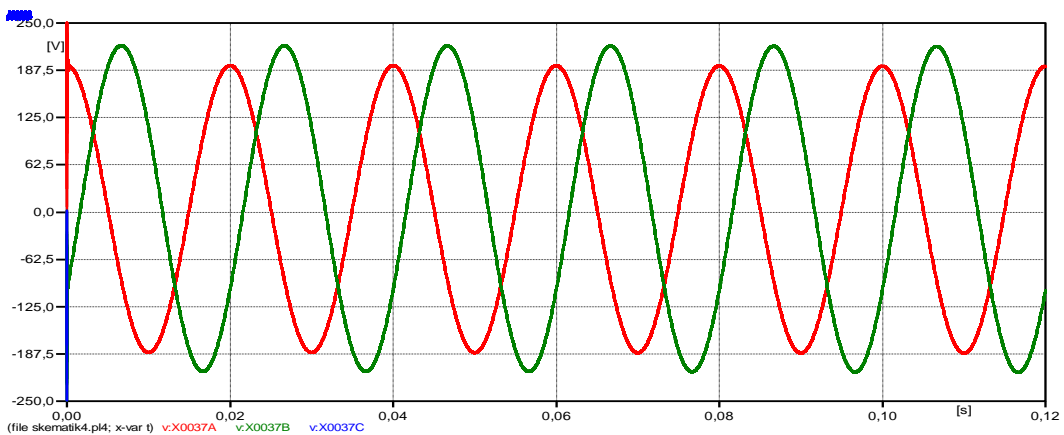
Gambar 2. Profil tegangan pada main busbar dengan gangguan sisi primer

- Gangguan pada sekunder trafo pemakaian sendiri



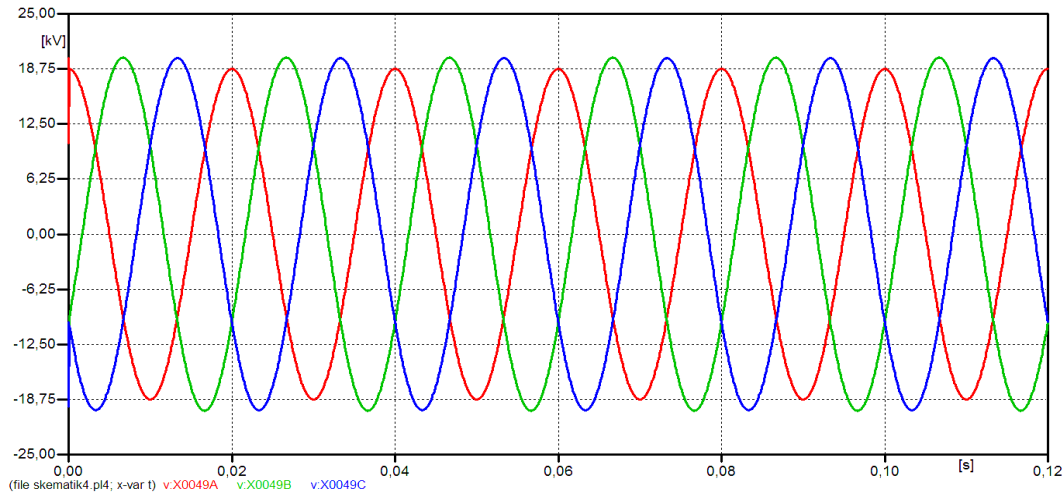
Gambar 3. Profil tegangan pada main busbar dengan gangguan sisi sekunder

- Gangguan pada terminal beban 6



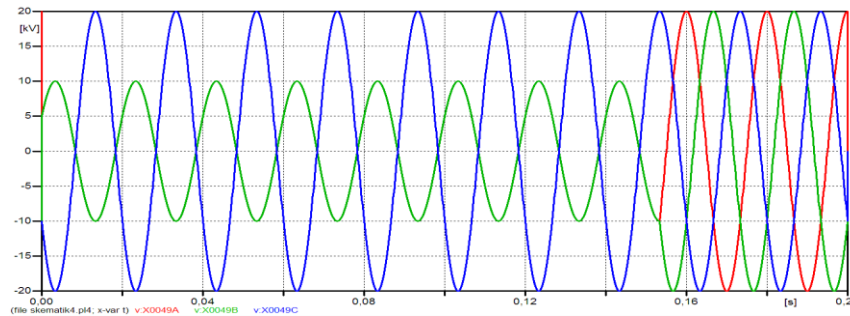
Gambar 4. Profil gangguan pada sisi terminal beban 6

- **Gangguan fasa ke tanah pada penyulang paralel**



Gambar 5. Profil tegangan gangguan fasa ke tanah pada penyulang paralel

- **Gangguan fasa ke fasa pada penyulang paralel**



Gambar 6. Profil tegangan pada gangguan antar fasa pada penyulang paralel

Tampilan profil tegangan selengkapnya dapat dilihat pada lembar lampiran pada laporan ini. Besar tegangan dalam satuan volt yang ada pada terminal beban yang ada di gardu induk ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. 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.Paral-el PP
					R	S	T	R	S	T		
TB1	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
TB2	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

Dari Tabel 1. tersebut penurunan yang berpengaruh yaitu ketika gangguan masih dalam lingkup trafo pemakaian ke beban, sedangkan untuk penyulang paralel tidak terlalu mempengaruhi secara signifikan terhadap trafo pemakaian sendiri. Tegangan hasil dari running simulasi dari program ATP-draw dengan data yang sebenarnya yang menyuplai seluruh peralatan operasional dari gardu induk dan menjadi acuan apakah terjadi kegagalan operasi pada peralatan gardu induk, berikut ini merupakan hasil analisa efek tegangan kedip yang terjadi dengan waktu 6 cycle atau 0,12 detik sebelum proteksi bekerja pada peralatan gardu induk setiap terminal beban. Dalam analisa ini dianggap gardu induk sedang beroperasi beban penuh atau semua peralatan beroperasi kecuali alarm kebakaran.

a. Terminal beban 1

Terminal beban satu menyuplai ruang *office*, gudang, WC, dan lobby dari besar penurunan tegangan yang ada pada Tabel 4.2 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

b. Terminal beban 2

Terminal beban dua menunjang ruang cubicle 22kV dengan variasi peralatan beban sesuai dengan Tabel 4.2 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.

4. KESIMPULANs

Berdasarkan hasil simulasi dan pembahasan yang telah dilaksanakan, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

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.

DAFTAR PUSTAKA

Dugan R.C., McGranaghan M.F., Beaty H.W., (1996) *Electrical Power Systems Quality*, The McGraw Hill Companies.

- Dwi Sulisty Handoyo, *Simulasi Tegangan Dip Pada Sistem Distribusi Tegangan Rendah Menggunakan Model EMTP*, Teknik Elektro UNDIP, 2005
- Fallon C.M., McDermott B.A., (1996) *Development and Testing of a Real-Time Digital Voltage Flickermeter*, IEEE.
- IEEE std 1159-1995, *IEEE recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*, IEEE Standards Board.
- László Prikler, Hans Kristian Høidalen, 2009, *ATP Draw User Manual*, ATP-EMTP
- Satria, Hari A. 2005. *Penentuan Lokasi Voltage sag Source Menggunakan Komponen Arus Riil pada Pabrik Semen Tuban III*. Jurnal ITS Teknik Elektro. Surabaya.
- Suwanto, Daman. 2009. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Padang
- Teguh Aryo Nugroho, *Studi Pengaruh Backflashover pada Sistem Pentanahan Menara Saluran Transmisi Tegangan Tinggi Terkonsentrasi Menggunakan ATPDraw*, Teknik Elektro ITS, 2012
- Zuhal, *Dasar Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1992
- <https://ehendra.files.wordpress.com/2011/06/stl-l1113.jpg> diakses pada 03/08/2015 21:21