

ANALISIS PENGARUH PEMASANGAN PEMBANGKIT TERDISTRIBUSI TERHADAP TEGANGAN DIP PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DENGAN MENGGUNAKAN PEMODELAN ATP/EMTP

Siswanto^{*)}, Agung Warsito, and Susatyo Handoko

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

Abstrak

Sistem tenaga listrik memiliki tingkat keandalan yang tinggi apabila sistem tersebut mampu menyediakan pasokan energi listrik yang dibutuhkan oleh konsumen secara kontinyu dan memiliki kualitas daya yang baik dari segi regulasi tegangan maupun regulasi frekuensinya^[18]. Pada kenyataannya, banyak permasalahan-permasalahan yang dihadapi oleh suatu sistem tenaga listrik dalam penyediaan energi listrik secara kontinyu. Salah satu gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan kedip tegangan (*voltage sags*). Gangguan ini merupakan gangguan transien pada sistem tenaga listrik, yaitu penurunan besar tegangan rms sesaat (selama beberapa detik) pada jaringan. Dengan kondisi seperti itu, penyedia kebutuhan listrik, dalam hal ini PLN terus meningkatkan pelayanannya yang salah satunya adalah dengan menjaga kondisi tegangan pada jaringan distribusi 20 kV agar tetap stabil untuk menjaga kualitas daya listrik yang sampai ke konsumen. Melakukan pensimulasian tegangan dip dan bagaimana pengaruhnya bila jaringan tersebut dipasang Pembangkit Terdistribusi adalah salah satu cara untuk mengetahui bagaimana kondisi tegangan yang ada pada jaringan distribusi. Hasil simulasi tegangan dip dengan menggunakan pemrograman ATP/EMTP, menunjukkan tegangan dip yang terjadi pada jaringan hanya pada fasa-fasa yang mengalami gangguan. Besar tegangan dip di sepanjang saluran cenderung sama, meskipun ada sedikit perbedaan. Dengan memasang Pembangkit Terdistribusi sebesar 5 MW akan terjadi perubahan tegangan dip sebesar 2.32%

Kata kunci: Tegangan dip, kualitas daya, EMTP, pembangkit terdistribusi

Abstract

Electric power system has a high quality of reliability if the system is able to provide electrical energy supply needed by consumers continuously and has a power quality in terms of both voltage regulation and frequency regulation. In fact, many of the problems faced by an electric power system in a continuous supply of electrical energy. One of the most common disorders of the power system is blinking disorder voltage (*voltage sags*). This disorder is a transient disturbance in power system, which is a decrease of the instantaneous rms voltage (for few seconds) on the network. Based on this situation, a provider of electricity demand, in this case the PLN continues to improve its services, one of which is to maintain the voltage on the condition of 20 kV distribution network in order to remain stable to maintain the quality of electric power to the consumers. Doing simulating voltage dip and how to influence when the network installed Distributed Generation is one way to find out how the voltage conditions that exist in the distribution network. The result of voltage dip simulation using ATP / EMTP program, shows the voltage dip that occurs on the network only at phases disorder. Large voltage dip along the lines tend to be the same, although there are slight differences. By applying distributed generation 5 MW will change 2.36% voltage dip.

Keyword ; Voltage Dips, power quality, EMTP, distributed generation

1. Pendahuluan

Kualitas daya suatu sistem kelistrikan dapat diukur dari beberapa parameter, salah satunya adalah besar tegangan dip (*voltage sags*) yang terjadi pada sistem tersebut. Tegangan dip berbeda dengan kurang tegangan (*under voltage*)^[7]. Tegangan dip (*voltage sags*) terjadi dengan rentan waktu antara 0.01 detik hingga 1 menit, sedangkan kurang tegangan (*under voltage*) terjadi lebih dari 1 menit

dapat dikontrol dengan peralatan regulasi tegangan. Tegangan dip dalam suatu sistem kelistrikan dapat terjadi karena adanya gangguan hubung singkat pada sistem, pembebanan yang besar, sambaran petir pada sistem, dan pembebanan daya yang berlebihan/ diluar kemampuan sistem

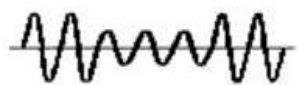
Sistem distribusi 20 kV pada Bukit Semarang baru penyulang 4 memiliki karakter pembebanan yang cukup

besar dan terdapat banyak ujung saluran. Pada jaringan distribusi ini juga direncanakan akan dibangun Pembangkit mikrohidro dengan kapasitas 5 MW.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan analisa tentang besaran tegangan dip yang terjadi pada suatu jaringan. Untuk mengetahui besaran tegangan dip yang terjadi pada suatu jaringan maka akan dilakukan pemodelan dengan menggunakan ATP/EMTP yang nantinya akan memodelkan sistem jaringan listrik pada jaringan distribusi BSB pada penyulang 4. Dari hasil analisis ini akan diketahui bagaimana besaran tegangan dip yang terjadi sepanjang jaringan tersebut. Dalam tugas akhir ini juga akan dibahas bagaimana pengaruh pemasangan pembangkit terdistribusi terhadap nilai dip yang terjadi di sepanjang saluran, karena pada jaringan distribusi BSB penyulang 4 akan direncanakan pemasangan pembangkit terdistribusi dengan kapasitas 2,5 MW sebanyak 2 unit.

Kualitas daya didefinisikan sebagai adanya masalah ketenagaan dalam tegangan, arus, atau deviasi frekuensi yang menghasilkan kerusakan atau kegagalan fungsi pada peralatan pelanggan. Gangguan kualitas daya listrik seperti *momentary under-voltage (sags)*, *over-voltage (swell)*, surja, dan harmonik telah diketahui sebagai sumber utama dari permasalahan pada kualitas daya listrik.

Besar tegangan dip adalah salah satu faktor penentu kualitas daya suatu sistem tenaga listrik. Menurut standar IEEE 1159-1995, *IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*, definisi *sag/kedip* adalah penurunan nilai rms tegangan pada frekuensi daya selama durasi waktu dari 0,5 cycles (0,01 detik) sampai 1 menit^[1]. Dan rentang perubahan dari 0,1 sampai 0,9 pu pada nilai rms besaran tegangan. Hal ini menyebabkan lepasnya (*trip*) peralatan-peralatan yang peka terhadap perubahan tegangan. Gambar 2. 1 menunjukkan gangguan *sag/kedip*



Gambar 1 Kedip Tegangan

Voltage sag umumnya disebabkan oleh gangguan hubung singkat pada jaringan sistem^[1], gangguan (fault) pada sistem tenaga dan proses switching, baik dari peralatan pengaman, maupun starting beban berdaya besar. Gangguan lain dapat disebabkan oleh hewan pada jaringan, pohon jatuh yang mengenai tiang listrik, atau petir yang menyambar kawat. Pada kasus manapun, konsumen akan tetap mengalami voltage sag selama periode tersebut.

Voltage sag memiliki efek yang besar terhadap konsumen dengan beban terutama peralatan elektronik yang sensitif terhadap perubahan tegangan^[3]. Pengaruh voltage sag akibat gangguan hubung singkat adalah sebagai berikut :

1. Komputer dan jenis lain dari komputasi elektronik dapat kehilangan memori dan restart membutuhkan waktu yang lama. Jika voltage sag mencapai kurang dari 50 %.
2. Pada industri, proses produksi akan berhenti untuk voltage sag sampai dengan 65 % dan penerangan akan berkedip.
3. Rangkaian relay dan kontaktor akan trip pada tegangan dibawah 70 % dari tegangan nominal.
4. Lampu fluorescent dan lampu discharge intensitas tinggi (HID) akan padam pada tegangan dibawah 80 % dalam waktu beberapa cycle, sedangkan waktu penyalaan kembali akan memerlukan waktu yang cukup lama terutama HID.

Dalam perhitungan tegangan pada jaringan^[1], nilai impedansi gangguan pada sistem harus diketahui. Kemudian, menghitung impedans saluran sistem atau reaktans antara titik sumber dan gangguan :

$$V_s = \frac{Z_f}{\sqrt{(R_f + R_s)^2 + (X_m + X_s)^2}} \times V_l$$

dengan :

- V_s = tegangan saat gangguan (V)
- V_l = tegangan awal (V)
- Z_f = impedans gangguan (Ω)
- R_f = $Z_f \cos \theta_m$ (Ω)
- X_f = $Z_f \sin \theta_m$ (Ω)
- $\cos \theta_m$ = faktor daya
- R_s = resistans total jaringan antara beban dan titik pada sistem (Ω)
- X_s = reaktans total jaringan antara beban dan titik pada sistem (Ω)

2. Metode

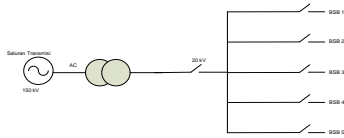
2.1 Perancangan Program Simulasi

Perancangan simulasi pengaruh pemasangan Pembangkit Terdistribusi terhadap tegangan dip pada jaringan distribusi 20 kV adalah dengan mengumpulkan data-data yang dibutuhkan dalam melakukan pemodelan. Data-data yang didapat disesuaikan dengan persamaan matematis yang ada pada komponen pemodelan.

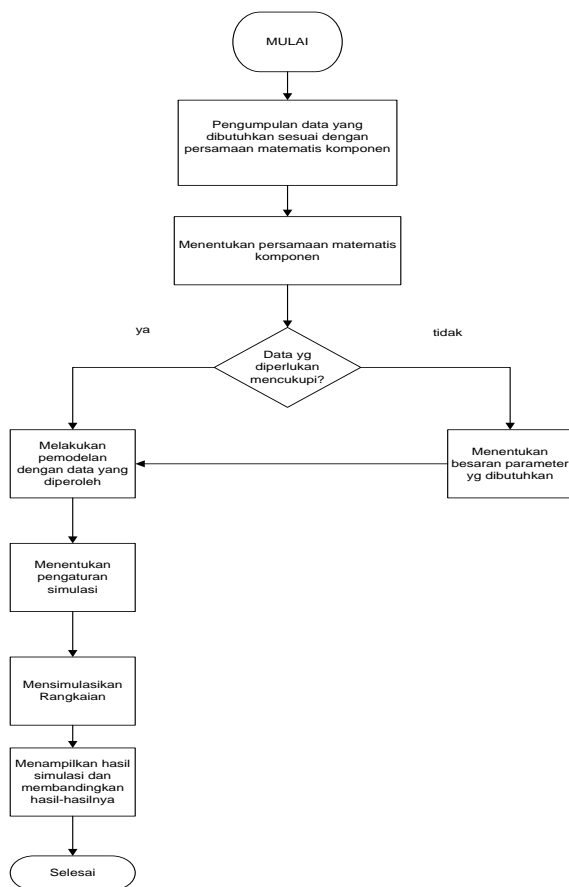
2.1.1 Diagram Sistem Kelistrikan

Jaringan distribusi 20 kV yang dimodelkan adalah penyulang-4 dari Gardu induk Bukit Semarang Baru yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 Langkah pertama untuk mensimulasikan tegangan *sags* pada sistem distribusi adalah dengan memodelkan sistem jaringan distribusi

yang ditunjukkan pada Gambar 3.2. Sistem jaringan distribusi yang akan dimodelkan terdiri dari 1 penyulang dari Gardu Induk Bukit Semarang Baru, BSB 4. BSB 4 sendiri memiliki sistem jaringan yang cukup panjang dan luas



Gambar 2 Diagram Kelistrikan Penyulang Gardu Induk Bumi Semarang Baru



Gambar 3 Diagram Alir Pemodelan Sistem

2.1.2 Parameter yang Digunakan pada Simulasi Tegangan Dip pada Jaringan.

Untuk mensimulasikan tegangan dip pada sistem diperlukan pemodelan gangguan. Parameter pemodelan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Lokasi Gangguan

Gangguan hubung singkat dapat terjadi di titik manapun pada jaringan distribusi. Gangguan hubung singkat pada

simulasi dilakukan pada jaringan tegangan menengah 20 kV. Pada penelitian ini lokasi peletakan gangguan diletakkan di saluran dekat transformator Gardu Induk.

b. Resistansi Gangguan

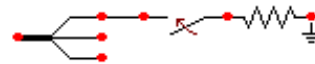
Resistansi gangguan tergantung pada lokasi gangguan. Pada simulasi ini resistansi gangguan yang dimisalkan adalah sebesar 5 ohm.^[9]

c. Durasi gangguan

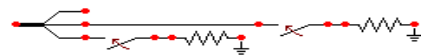
Ada beberapa kategori durasi gangguan pada tegangan dip, pada simulasi ini tegangan dip yang dimodelkan adalah kategori *momentary* dengan durasi gangguan 0.04 s – 0.16 s^[11].

d. Tipe Gangguan

Pada penelitian ini jenis gangguan hubung singkat ada 4 tipe :



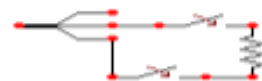
Gambar 4. Gangguan Satu Fasa ke Tanah



Gambar 5. Gangguan 2 Fasa ke Tanah



Gambar 6. Gangguan 3 Fasa ke Tanah



Gambar 7. Gangguan Antar Fasa.

2.1.3 Pemodelan Parameter Sistem dengan ATP/EMTP

1. Sumber Tegangan

Sistem distribusi disuplai oleh sistem transmisi 150 kV. Data untuk sumber tegangan yang diperoleh adalah : frekuensi 50 Hz, tegangan 150 kV, titik netral sumber ditanahkan, perbedaan sudut antar fasa diasumsikan 120⁰.

2. Pembangkit Terdistribusi (PT)

Pembangkit terdistribusi yang digunakan adalah mikrohidro dengan kapasitas bervariasi (5 MW dan 10 MW) dengan data sebagai berikut : frekuensi 50 Hz, tegangan 6.3 kV, AC 3 Fasa. Titik netral sumber ditanahkan, perbedaan sudut antar fasa diasumsikan 120⁰

3. Transformator

Dalam simulasi ini digunakan 2 model jenis transformator, yaitu *transformator saturable 1-fasa* dan *transformer Saturable 3-fasa*. Pada model transformator ini dilakukan pentanahan pada sisi belitan primer dan belitan sekunder. Arus magnetisasi pada inti diabaikan dengan anggapan transformator tidak terbebani, dengan mengetahui kapasitas trafo serta nilai tegangan pada sisi primer dan sekundernya maka dapat dimasukkan nilai resistansi dan induktansi pada belitan trafo. Trafo yang dimodelkan adalah trafo pada GI, trafo pada Pembangkit Terdistribusi, dan trafo di sepanjang saluran distribusi.

4. Kabel

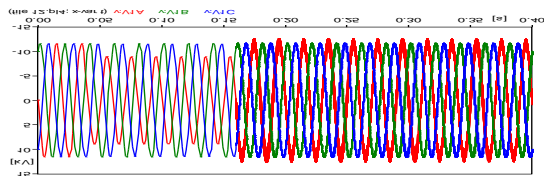
Kabel yang digunakan dalam sistem kelistrikan dimodelkan dengan *Line RL*.

2.1.4 Pengukuran Tegangan Dip di Sepanjang Saluran.

Untuk mengetahui besar tegangan dip di sepanjang saluran distribusi maka perlu dilakukan pengukuran tegangan di sepanjang saluran. Pengukuran tegangan di sepanjang saluran dengan meletakkan *Probe Voltage* di 5 titik pengukuran, yaitu di *Node V1, V2, V3, V4, V5* yang tersebar di sepanjang saluran. Dari tiap *node* kita dapat melihat tegangan tiap fasanya

3. Hasil and Analisis

Dalam simulasi akan dilakukan beberapa pengkondisian pada jaringan, ada empat studi kasus yang akan dilakukan untuk membandingkan nilai tegangan dip pada jaringan. Studi kasus I adalah membandingkan kondisi jaringan tanpa PT dan dengan PT, studi kasus II adalah membandingkan lokasi peletakkan PT, studi kasus III adalah membandingkan pemasangan PT dengan kapasitas yang berbeda, dan studi kasus IV adalah membandingkan jumlah PT yang terpasang dengan kapasitas total PT yang sama. Pada gambar 8 akan ditampilkan hasil simulasi tegangan dip akibat gangguan 1 fasa ke tanah:



Gambar 8. Hasil Pengukuran Tegangan pada Simulasi Gangguan 1 Fasa Ke Tanah

3.1 Studi Kasus I (dengan PT dan Tanpa PT)

Berikut akan ditampilkan hasil simulasi tegangan di 5 titik pengukuran dan kurva perbandingannya pada masing-

masing kondisi pada studi kasus I pemodelan tegangan dip akibat gangguan 1 fasa ke tanah:

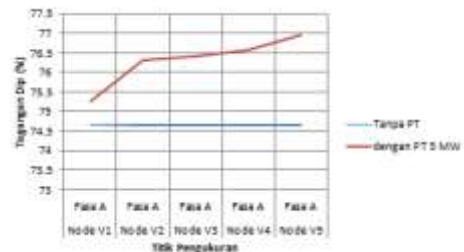
Tabel 1 Hasil Pengukuran Tegangan pada Simulasi Gangguan 1 Fasa ke Tanah Tanpa Pembangkit Terdistribusi

No de	Fasa	Tegangan			
		V _{max} Kondisi Normal	V _{max} Saat Gangguan	Perubahan tegangan (%)	Dip (%)
V1	A	16318	12185	-25.3279	74.6721
	B	16316	16752	2.6722	102.6722
	C	16318	15961	-2.1878	97.8122
V2	A	16304	12172	-25.3435	74.6565
	B	16296	16730	2.6632	102.6632
	C	16313	15960	-2.1639	97.8361
V3	A	16302	12170	-25.3466	74.6534
	B	16294	16728	2.6636	102.6636
	C	16313	15960	-2.1639	97.8361
V4	A	16302	12170	-25.3466	74.6534
	B	16293	16727	2.6637	102.6637
	C	16313	15960	-2.1639	97.8361
V5	A	16301	12169	-25.3481	74.6519
	B	16292	16726	2.6639	102.6639
	C	16313	15960	-2.1639	97.8361

$$V_{\max} = V_{\text{rms}} \times \sqrt{2}$$

Tabel 2 Hasil Pengukuran Tegangan pada Simulasi Gangguan 1 Fasa ke Tanah dengan Pembangkit Terdistribusi Sebesar 5 MW.

No de	Fasa	Tegangan			
		V _{max} Kondisi Normal	V _{max} Saat Gangguan	Perubahan tegangan (%)	Dip (%)
V1	A	16319	12279	-24.7564	75.2436
	B	16317	16744	2.6169	102.6169
	C	16318	15968	-2.1449	97.8551
V2	A	16306	12444	-23.6845	76.3155
	B	16298	16594	1.8162	101.8162
	C	16314	16065	-1.5263	98.4737
V3	A	16304	12458	-23.5893	76.4107
	B	16296	16581	1.7489	101.7489
	C	16314	16074	-1.4711	98.5289
V4	A	16304	12485	-23.4237	76.5763
	B	16296	16560	1.6200	101.6200
	C	16313	16088	-1.3793	98.6207
V5	A	16304	12549	-23.0312	76.9688
	B	16295	16512	1.3317	101.3317
	C	16313	16125	-1.1525	98.8475



Gambar 9 Kurva Perbandingan Nilai Tegangan Dip Akibat Gangguan 1 Fasa ke Tanah Pada Studi Kasus I

Dari kedua tabel di atas dapat kita simpulkan bahwa nilai tegangan dip akibat gangguan satu fasa ke tanah akan berkurang dengan pemasangan pembangkit terdistribusi hal ini dikarenakan karakteristik pembangkit terdistribusi yang akan menyuplai komponen daya sehingga kestabilan sistem akan meningkat. Pada grafik dapat kita lihat terjadi peningkatan tegangan dip yang cukup besar dari pengukuran V1 ke V2, hal ini dikarenakan gangguan hubung singkat terjadi di titik V1 dan jarak saluran antara V1 dan V2 adalah sepanjang 16900 m

3.2 Studi Kasus II (Peletakan Posisi PT)

Berikut akan ditampilkan tabel dan kurva perbandingan tegangan dip pada masing-masing kondisi pada studi kasus II pemodelan tegangan dip akibat gangguan 1 fasa ke tanah

Tabel 3 Hasil Pengukuran Tegangan Pada Simulasi Gangguan Satu Fasa Ke Tanah Dengan Pembangkit Terdistribusi Sebesar 5 MW Posisi 1.

No de	Fasa	Tegangan			Dip (%)
		V _{max} Kondisi Normal	V _{max} Saat Gangguan	Perubahan Tegangan (%)	
V1	A	16319	12279	-24.7564	75.2436
	B	16317	16744	2.6169	102.6169
	C	16318	15968	-2.1449	97.8551
V2	A	16306	12444	-23.6845	76.3155
	B	16298	16594	1.8162	101.8162
	C	16314	16065	-1.5263	98.4737
V3	A	16304	12458	-23.5893	76.4107
	B	16296	16581	1.7489	101.7489
	C	16314	16074	-1.4711	98.5289
V4	A	16304	12485	-23.4237	76.5763
	B	16296	16560	1.6200	101.6200
	C	16313	16088	-1.3793	98.6207
V5	A	16304	12549	-23.0312	76.9688
	B	16295	16512	1.3317	101.3317
	C	16313	16125	-1.1525	98.8475

Tabel 4 Hasil Pengukuran Tegangan Pada Simulasi Gangguan Satu Fasa Ke Tanah Dengan Pembangkit Terdistribusi Sebesar 5 MW Posisi 2.

Node	Fasa	Tegangan			Dip (%)
		V _{max} Kondisi Normal	V _{max} Saat Gangguan	Perubahan Tegangan (%)	
V1	A	16319	12280	-24.7503	75.2497
	B	16317	16742	2.6046	102.6046
	C	16318	15968	-2.1449	97.8551
V2	A	16306	12447	-23.6661	76.3339
	B	16298	16589	1.7855	101.7855
	C	16314	16070	-1.4956	98.5044
V3	A	16304	12461	-23.5709	76.4291
	B	16296	16575	1.7121	101.7121
	C	16314	16079	-1.4405	98.5595
V4	A	16304	12488	-23.4053	76.5947
	B	16296	16554	1.5832	101.5832
	C	16313	16094	-1.3425	98.6575
V5	A	16304	12503	-23.3133	76.6867
	B	16295	16542	1.5158	101.5158
	C	16313	16103	-1.2873	98.7127

Tabel 5 Hasil Pengukuran Tegangan Pada Simulasi Gangguan Satu Fasa Ke Tanah Dengan Pembangkit Terdistribusi Sebesar 5 MW Posisi 3.

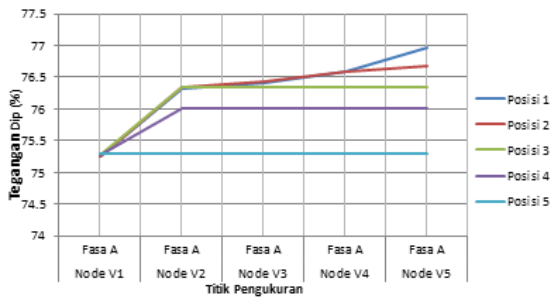
No de	Fasa	Tegangan			Dip (%)
		V _{max} Kondisi Normal	V _{max} Saat Gangguan	Perubahan Tegangan (%)	
V1	A	16319	12282	-24.7380	75.2620
	B	16317	16445	0.7845	100.7845
	C	16318	16198	-0.7354	99.2646
V2	A	16309	12449	-23.6679	76.3321
	B	16299	16384	0.5215	100.5215
	C	16310	16230	-0.4905	99.5095
V3	A	16308	12449	-23.6632	76.3368
	B	16297	16382	0.5216	100.5216
	C	16309	16229	-0.4905	99.5095
V4	A	16308	12449	-23.6632	76.3368
	B	16296	16381	0.5216	100.5216
	C	16308	16229	-0.4844	99.5156
V5	A	16307	12448	-23.6647	76.3353
	B	16296	16380	0.5155	100.5155
	C	16308	16229	-0.4844	99.5156

Tabel 6 Hasil Pengukuran Tegangan Pada Simulasi Gangguan Satu Fasa Ke Tanah Dengan Pembangkit Terdistribusi Sebesar 5 MW Posisi 4

No de	Fasa	Tegangan			Dip (%)
		V _{max} Kondisi Normal	V _{max} Saat Gangguan	Perubahan Tegangan (%)	
V1	A	16319	12283	-24.7319	75.2681
	B	16316	16740	2.5987	102.5987
	C	16318	15970	-2.1326	97.8674
V2	A	16305	12394	-23.9865	76.0135
	B	16297	16622	1.9942	101.9942
	C	16314	16045	-1.6489	98.3511
V3	A	16303	12393	-23.9833	76.0167
	B	16295	16619	1.9883	101.9883
	C	16314	16045	-1.6489	98.3511
V4	A	16303	12392	-23.9894	76.0106
	B	16294	16618	1.9885	101.9885
	C	16313	16045	-1.6429	98.3571
V5	A	16303	12392	-23.9894	76.0106
	B	16294	16618	1.9885	101.9885
	C	16313	16045	-1.6429	98.3571

Tabel 7 Hasil Pengukuran Tegangan Pada Simulasi Gangguan Satu Fasa Ke Tanah Dengan Pembangkit Terdistribusi Sebesar 5 MW Posisi 5

No de	Fasa	Tegangan			Dip (%)
		V _{max} Kondisi Normal	V _{max} Saat Gangguan	Perubahan Tegangan (%)	
V1	A	16319	12286	-24.7135	75.2865
	B	16316	16736	2.5742	102.5742
	C	16318	15972	-2.1204	97.8796
V2	A	16308	12279	-24.7057	75.2943
	B	16297	16710	2.5342	102.5342
	C	16309	15976	-2.0418	97.9582
V3	A	16307	12278	-24.7072	75.2928
	B	16295	16707	2.5284	102.5284
	C	16308	15976	-2.0358	97.9642
V4	A	16306	12277	-24.7087	75.2913
	B	16295	16706	2.5222	102.5222
	C	16308	15976	-2.0358	97.9642
V5	A	16306	12277	-24.7087	75.2913
	B	16294	16706	2.5285	102.5285
	C	16307	15976	-2.0298	97.9702



Gambar 10 Kurva Perbandingan Tegangan Dip Akibat Gangguan Satu Fasa Ke Tanah Pada Studi Kasus II

Dari kurva pada gambar 10 menunjukkan nilai tegangan dip akibat gangguan satu fasa ke tanah pada jaringan dengan kondisi dimana pada posisi 1 PT diletakkan pada posisi paling jauh dari trafo GI, posisi 2 letak PT semakin dekat seperti itu seterusnya hingga posisi 5. PT diletakkan pada *feeder* utama, di mana pada posisi 1 PT terletak 28,938 km dari trafo GI, pada posisi 2 hingga ke 5 PT berjarak 23,150 km, 17,650 km, 11,8 km, dan 0.8 km. Perpindahan peletakkan posisi PT tidak terlalu berpengaruh pada nilai tegangan dip yang terjadi pada sistem, hal ini dikarenakan kapasitas dan jumlah PT yang terpasang sama, hanya saja pada node titik pengukuran tegangan yang berada di dekat PT memiliki nilai kualitas daya yang baik karena nilai penurunan tegangan memiliki nilai paling besar pada saluran yang berada paling jauh dari suplai.

3.3 Studi Kasus III (Kapasitas PT)

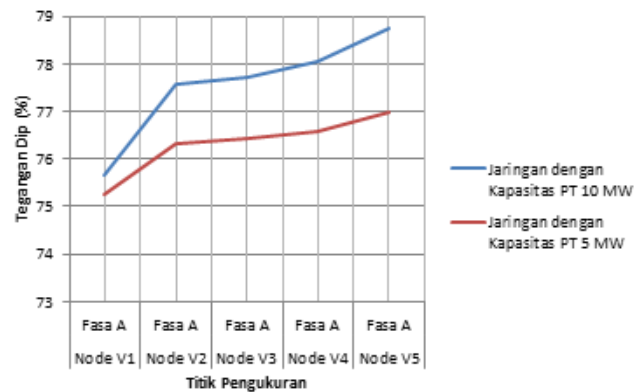
Berikut akan ditampilkan tabel dan kurva perbandingan tegangan dip pada masing-masing kondisi pada studi kasus III pemodelan tegangan dip akibat gangguan 1 fasa ke tanah:

Tabel 8 Hasil Pengukuran Tegangan Pada Simulasi Gangguan Fasa A Ke Tanah Dengan Pembangkit Terdistribusi Sebesar 10 MW

No de	Fasa	Tegangan			Dip (%)
		V _{max} Kondisi Normal	V _{max} Saat Gangguan	Perubahan Tegangan (%)	
V1	A	16319	12344	-24.3581	75.6419
	B	16317	16753	2.6721	102.6721
	C	16319	15963	-2.1815	97.8185
V2	A	16307	12649	-22.4321	77.5679
	B	16300	16542	1.4847	101.4847
	C	16314	16102	-1.2995	98.7005
V3	A	16306	12675	-22.2679	77.7321
	B	16298	16523	1.3805	101.3805
	C	16314	16115	-1.2198	98.7802
V4	A	16306	12724	-21.9674	78.0326
	B	16298	16493	1.1965	101.1965
	C	16313	16136	-1.0850	98.9150
V5	A	16306	12839	-21.2621	78.7379
	B	16298	16424	0.7731	100.7731
	C	16313	16188	-0.7663	99.2337

Tabel 9 Hasil Pengukuran Tegangan Pada Simulasi Gangguan Fasa A Ke Tanah Dengan Pembangkit Terdistribusi Sebesar 5 MW

No de	Fasa	Tegangan			Dip (%)
		V _{max} Kondisi Normal	V _{max} Saat Gangguan	Perubahan Tegangan (%)	
V1	A	16319	12279	-24.7564	75.2436
	B	16317	16744	2.6169	102.6169
	C	16318	15968	-2.1449	97.8551
V2	A	16306	12444	-23.6845	76.3155
	B	16298	16594	1.8162	101.8162
	C	16314	16065	-1.5263	98.4737
V3	A	16304	12458	-23.5893	76.4107
	B	16296	16581	1.7489	101.7489
	C	16314	16074	-1.4711	98.5289
V4	A	16304	12485	-23.4237	76.5763
	B	16296	16560	1.6200	101.6200
	C	16313	16088	-1.3793	98.6207
V5	A	16304	12549	-23.0312	76.9688
	B	16295	16512	1.3317	101.3317
	C	16313	16125	-1.1525	98.8475



Gambar 11 Kurva Perbandingan Tegangan Dip Akibat Gangguan Satu Fasa Ke Tanah Pada Studi Kasus III

Dari kurva pada gambar 11 kita lihat nilai tegangan dip akibat gangguan satu fasa ke tanah pada jaringan dengan kapasitas PT yang berbeda memiliki pengaruh terhadap tegangan dip, semakin besar kapasitas PT maka tegangan dip yang terjadi juga semakin besar, hal ini dikarenakan *supply* daya ke sistem akan semakin besar sehingga kualitas daya akan semakin baik.

3.4 Studi Kasus IV (Jumlah PT)

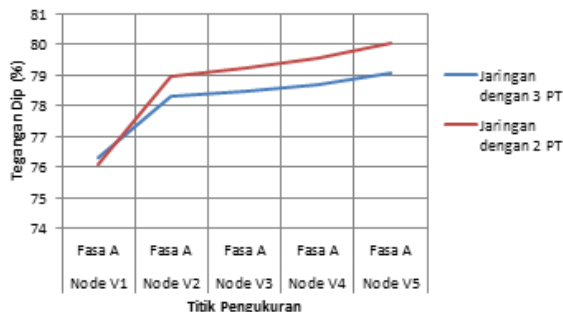
Berikut akan ditampilkan tabel dan kurva kurva perbandingan tegangan dip pada masing-masing kondisi pada studi kasus IV pemodelan tegangan dip akibat gangguan 1 fasa ke tanah:

Tabel 10 Hasil Pengukuran Tegangan Pada Simulasi Gangguan Satu Fasa Ke Tanah Dengan Pembangkit Terdistribusi Sebanyak 3.

No de	Fasa	Tegangan			Dip (%)
		V _{max} Kondisi Normal	V _{max} Saat Gangguan	Perubahan Tegangan (%)	
V1	A	16320	12454	-23.6887	76.3113
	B	16318	16726	2.5003	102.5003
	C	16319	15981	-2.0712	97.9288
V2	A	16308	12772	-21.6826	78.3174
	B	16301	16479	1.0920	101.0920
	C	16314	16153	-0.9869	99.0131
V3	A	16306	12800	-21.5013	78.4987
	B	16299	16457	0.9694	100.9694
	C	16314	16169	-0.8888	99.1112
V4	A	16306	12835	-21.2866	78.7134
	B	16298	16432	0.8222	100.8222
	C	16313	16187	-0.7724	99.2276
V5	A	16306	12895	-20.9187	79.0813
	B	16298	16391	0.5706	100.5706
	C	16313	16217	-0.5885	99.4115

Tabel 11 Hasil Pengukuran Tegangan Pada Simulasi Gangguan Satu Fasa Ke Tanah Dengan Pembangkit Terdistribusi Sebanyak 2.

No de	Fasa	Tegangan			Dip (%)
		V _{max} Kondisi Normal	V _{max} Saat Gangguan	Perubahan Tegangan (%)	
V1	A	16320	12422	-23.8848	76.1152
	B	16318	16750	2.6474	102.6474
	C	16319	15965	-2.1693	97.8307
V2	A	16309	12879	-21.0313	78.9687
	B	16302	16442	0.8588	100.8588
	C	16314	16179	-0.8275	99.1725
V3	A	16308	12920	-20.7751	79.2249
	B	16300	16415	0.7055	100.7055
	C	16314	16199	-0.7049	99.2951
V4	A	16307	12969	-20.4697	79.5303
	B	16300	16384	0.5153	100.5153
	C	16314	16221	-0.5701	99.4299
V5	A	16308	13054	-19.9534	80.0466
	B	16300	16333	0.2025	100.2025
	C	16314	16259	-0.3371	99.6629



Gambar 12 Kurva Perbandingan Tegangan Dip Akibat Gangguan Satu Fasa Ke Tanah Pada Studi Kasus IV

Dari data di atas dapat kita lihat bahwa terhadap perbedaan nilai tegangan dip pada 5 titik pengukuran, hal ini dikarenakan persebaran PT yang berbeda. Pada kondisi II nilai tegangan dip di titik pengukuran *node* V2, V3, V4, dan V5 lebih baik dibanding kondisi I tapi pada *node* V1 mengalami penurunan hal ini dikarenakan pada kondisi I terpasang PT di dekat *node* V1 sedangkan pada kondisi II tidak terpasang PT.

4. Kesimpulan

Dengan resistansi gangguan sebesar 5 ohm besar tegangan dip yang terjadi pada jaringan distribusi 3 fasa BSB-4 20 kV akibat gangguan fasa ke tanah di sepanjang saluran cenderung sama karena pada titik pengukuran di dekat gangguan besar tegangan dip adalah 74.67% dan pada lokasi yang jauh dari gangguan sebesar 75.65%. Dengan pemasangan Pembangkit Terdistribusi (PT) sebesar 5 MW dapat merubah magnitudo tegangan dip sebesar 0.57% pada titik terjadi gangguan dan pada 2.32% pada titik yang terdekat pemasangan PT di dan dengan pemasangan PT sebesar 10 MW magnitudo tegangan dip berubah sebesar 0.97% pada titik terjadi gangguan dan 4.09% pada titik yang terdekat dengan pemasangan PT.

Pada penelitian berikutnya dapat dilakukan pengembangan dengan memvariasikan pemodelan gangguan penyebab tegangan dip, sehingga studi kasus yang dibahas lebih beragam

1. Studi lebih lanjut dapat dilakukan dengan memodelkan daya keluaran pembangkit terdistribusi sesuai dengan teknologinya

Referensi

- [1]. Bollen, Math H.J, "Understanding Power Quality Problems", New York, IEEE, 2009
- [2]. Tim Casindo, "Laporan Rencana Usaha dan Kegiatan PLTM Karang Talun", Semarang, 2011.
- [3]. Dwi Sulisty Handoyo, "Simulasi Tegangan Dip Pada Sistem Distribusi tegangan Rendah Di Jurusan Teknik Elektro FT. Undip Menggunakan Model EMTP", Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, 2005
- [4]. Surajit Chattopadhyay, Madhuchhanda Mitra, dan Smarjit Sengupta "Electric Power Quality", West Bengal, SPRINGER, 2011.
- [5]. Hoidalen, Hans Kristian ATPDRAW version 3.5 User's Manual, 2002.
- [6]. Jaringan Distribusi Listrik, Universitas Sumatera Utara
- [7]. Kualitas Daya, (Power Quality), ASNIL ELEKTRO FT UNP
- [8]. Martinez, Juan "Voltage Sag in Distribution Networks-Part I: System Modeling"IEEE Transaction On Power Delivery,2006.
- [9]. Martinez, Juan "Voltage Sag in Distribution Networks-Part II: Voltage Sag Assessment"IEEE Transaction On Power Delivery,2006

- [10]. Martin, Jacinto dan Martinez, Juan A, “*Distributed Generation Impact on Voltage Sags in Distribution Networks*” 9thInternational Conference, *Electrical Power Quality and Utilisation*, 2007.
- [11]. Pawawoi, Andi, “Analisis Kedip Tegangan (Voltage Sags) Akibat Pengsutan Motor Induksi dengan Berbagai Metode Pengasutan Studi Kasus di PT. Abaisiat Raya”, Universitas Andalas, 2009.
- [12]. Respository.usu.ac.id/bitstream/123456789/31916/chapterIII-V.pdf
- [13]. Ross, Ian K.P. “VOLTAGE SAGS: AN EXPLANATION - CAUSES, EFFECTS AND CORRECTION - PART I” Omniverter Inc, Ontario, 2007
- [14]. Sayekti, Nur Taat, “Simulasi Tegangan Dip pada Jaringan Tegangan Menengah Menggunakan Model EMTP”, Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, 2009
- [15]. Sulasno, Turonggo, “Simulasi Tegangan SAG Pada Jaringan Distribusi 20 KV Penyulang 1 dan Penyulang 4 gardu Induk Pudak Payung Dengan ATP”, Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, 2010
- [16]. Sulasno, “Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik”, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, 2004.
- [17]. Suwanto, Daman, “Sistem Distribusi Tenaga Listrik” Universitas Negeri Padang, 2009
- [18]. Hutahuruk, T.S “Transmisi Daya Listrik”, Jakarta, Erlangga, 1990.