

**ANALISIS RUGI DAYA SISTEM DISTRIBUSI DENGAN PENINGKATAN
INJEKSI JUMLAH PEMBANGKIT TERSEBAR**

Publikasi Jurnal Skripsi



Disusun Oleh :

RIZKI TIRTA NUGRAHA
NIM : 0710633007 - 63

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2014



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Jalan MT Haryono 167 Telp & Fax. 0341 554166 Malang 65145

**KODE
PJ-01**

**PENGESAHAN
PUBLIKASI HASIL PENELITIAN SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

NAMA : RIZKI TIRTA N.

NIM : 0710633007- 63.

PROGRAM STUDI : TEKNIK ENERGI ELEKTRIK.

**JUDUL SKRIPSI : ANALISIS RUGI-RUGI DAYA SISTEM DISTRIBUSI DENGAN
PENINGKATAN INJEKSI JUMLAH PEMBANGKIT TERSEBAR.**

TELAH DI-REVIEW DAN DISETUJUI ISINYA OLEH :

Pembimbing I

Pembimbing II

Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19740520 200801 1 013

Dr. Rini Nur Hasanah, ST., M.Sc.
NIP. 19680122 199512 2 001

ANALISIS RUGI-RUGI DAYA SISTEM DISTRIBUSI DENGAN PENINGKATAN INJEKSI JUMLAH PEMBANGKIT TERSEBAR

Rizki Tirta Nugraha ¹, Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D ², Dr. Rini Nur Hasanah ST., M.Sc ³

¹Mahasiswa Teknik Elektro, ^{2,3}Dosen Teknik Elektro Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: DR1413AI@yahoo.com

Abstrak – Faktor-faktor seperti krisis energi dan resiko teknis yang juga mempengaruhi tarif dasar listrik (TDL) telah memaksa kita untuk mencari solusi baru terkait diversifikasi energi. Salah satu Upaya teknis untuk mengurangi penurunan tegangan dan rugi-rugi daya pada sistem, yaitu dengan membangun pembangkit tersebar (*Distributed Generation*) bersifat *renewable energy* di titik-titik yang jauh dari pusat pembangkitan dan dekat dengan pusat pembebanan.

Dari hasil analisis dan pembahasan mengenai injeksi pembangkit tersebar dengan lima (5) skenario pada penyulang dampit kabupaten Malang menunjukkan dampak yang signifikan terhadap naiknya profil tegangan untuk semua bus dan mengurangi rugi-rugi daya yang terjadi pada penyulang Dampit. Dampak pada level tegangan; Skenario injeksi Pembangkit Tersebar yang diterapkan menunjukkan hasil terbaik pada skenario-5 yaitu level tegangan naik dari -10% menjadi -1% atau dari 0.90 p.u menjadi 0.99 p.u. Dampak pada rugi-rugi daya; Skenario injeksi Pembangkit Tersebar yang diterapkan menunjukkan hasil terbaik pada skenario-2 yaitu besarnya rugi-rugi daya menurun dari 0.040 + j0.078 MVA atau dari 4.37% menjadi 1.05% untuk daya aktif (P) dan 10.98% menjadi 1.98% untuk daya reaktif (Q).

Kata kunci: *Distributed Generations*, analisis rugi daya, photovoltaic, PLTMH.

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan suatu bentuk energi yang memiliki peran vital dalam aktivitas keseharian manusia. Faktor demografi yang tidak terkendali membawa banyak pengaruh dalam kehidupan, khususnya dalam bidang Energi. Laju pertumbuhan penduduk yang terus meningkat berbanding lurus dengan peningkatan kebutuhan kapasitas energi setiap tahun. Hal ini memunculkan masalah baru bagi pihak penyedia tenaga listrik yang dituntut untuk terus meningkatkan kontinuitas layanan *supply* daya listrik yang baik. Keadaan ini tidak didukung oleh ketersediaan cadangan energi di Indonesia mengingat sebagian besar pembangkit listrik yang ada di Indonesia masih didominasi jenis konvensional berbahan bakar fosil. Dampak buruk yang dihasilkan oleh keadaan

krisis energi ini yaitu meningkatnya harga tarif dasar listrik (TDL). Kenaikan harga TDL berdampak terhadap seluruh proses produksi dan aktifitas masyarakat. Keadaan ini sangat membutuhkan solusi terkait diversifikasi energi, salah satunya ialah mengembangkan energi alternatif/terbarukan (*Renewable Energy*) yang ramah lingkungan, berkelanjutan (*sustainable*), ekonomis, dan secara teknis mudah untuk diimplementasikan. Demikian juga yang terjadi di Kota Malang, pada beberapa tahun terakhir telah terjadi perkembangan yang cukup pesat dalam hal pertumbuhan ekonomi di Kota Malang yang menyebabkan permintaan terhadap energi listrik di Kota Malang cenderung mengalami peningkatan.

Gardu Induk (GI) Turen merupakan salah satu GI yang berfungsi sebagai penyalur untuk menyuplai beban pada 11 penyulang melalui GI Kebonagung dengan bus 70 kV. Dengan semakin bertambahnya permintaan konsumen listrik Kota Malang maka semakin besar pula beban listrik yang ditanggung oleh GI Turen. Apabila beban-beban listrik baru yang ditanggung oleh GI nantinya semakin jauh jaraknya dari pusat pembangkitan, maka hal ini akan menyebabkan peningkatan rugi-rugi daya dan penurunan profil tegangan.

Agar permasalahan di atas dapat dihindari, maka perlu adanya suatu solusi terkait beban listrik pada GI. Sebagai upaya untuk menjaga ketersediaan daya listrik dan menjaga stabilitas dinamis pada sistem tenaga, yaitu dengan mengaplikasikan unit pembangkit tersebar [1] [2]. Hal ini tentunya harus sesuai dengan potensi energi terbarukan yang dimiliki Kota Malang dalam satu jaringan sistem tenaga listrik. Berdasarkan uraian tersebut pada penelitian ini akan menganalisis pengaruh injeksi unit pembangkit tersebar terhadap sistem tenaga dengan peningkatan jumlah dan kapasitas daya pembangkit tersebar. Metode penelitian yang diusulkan untuk perhitungan aliran daya pada sistem 20 kV menggunakan analisis *Steady State* metode Newton-Raphson. Peningkatan injeksi pada interkoneksi pembangkit tersebar diharapkan dapat meningkatkan kualitas stabilitas sistem tenaga listrik pada saat unjuk kerja.

Tujuan penelitian ini adalah untuk meminimalisir rugi-rugi daya aktif dan reaktif pada saat peningkatan injeksi pembangkit tersebar pada jaringan 20 kV dan

menaikkan profil tegangan pada saluran distribusi. Dalam penelitian ini akan membahas bagaimana dampak peningkatan jumlah injeksi pembangkit tersebar pada Penyulang Dampit Kabupaten Malang terhadap profil tegangan dan rugi-rugi daya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Aliran Daya

Studi aliran daya di dalam sistem tenaga merupakan studi yang mengungkapkan kinerja dan aliran daya (nyata dan reaktif) untuk keadaan tertentu ketika sistem bekerja saat tunak (*steady state*). Tujuan utama studi aliran daya adalah untuk menentukan magnitudo tegangan, sudut/vektor tegangan, aliran daya aktif dan daya reaktif pada saluran, serta rugi-rugi daya yang muncul dalam sistem tenaga.

Setiap titik/bus pada suatu sistem tenaga listrik terdapat daya aktif P , daya reaktif Q , tegangan E , dan sudut fasa tegangan δ . Jadi pada setiap bus terdapat empat besaran yaitu P , Q , E dan δ . Di dalam studi aliran daya, dua dari keempat besaran itu diketahui, dan dua yang lain perlu dicari. Berdasarkan hal tersebut di atas, bus-bus dibedakan menjadi tiga jenis yaitu bus beban, bus generator, dan bus berayun (*slack bus*). (Grainger dan Stevenson, 1994 : 332) [3]

1. Bus beban (P - Q bus)

Pada bus ini, selisih daya antara daya yang dibangkitkan oleh generator dan daya yang diserap oleh beban diketahui nilainya.

2. Bus generator (P - V bus)

Komponen yang diketahui dalam bus ini adalah besar tegangan dan daya aktif P , sedangkan yang tidak diketahui adalah sudut fasa tegangan dan daya reaktif Q .

3. Bus berayun (*Slack bus*)

Komponen yang diketahui dalam bus ini adalah besar tegangan dan sudut fasa, sedangkan yang tidak diketahui adalah daya aktif P dan daya reaktif Q . Umumnya dalam studi aliran daya hanya terdapat satu bus berayun.

Berkaitan dengan judul penelitian ini, maka metode yang akan digunakan adalah Analisis Aliran Daya metode "*Newton-Raphson*".

2.2 Persamaan Aliran Daya [4]

Jaringan sistem tenaga seperti pada gambar 1, salurannya dapat digambarkan dengan model- π yang mana impedansi-impedansinya telah diubah mejadi admintansi-admintansi per-unit pada *base*/dasar MVA.

Daya reaktif dan aktif pada bus i adalah:

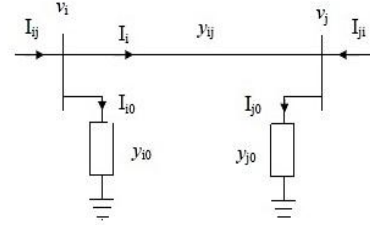
$$P_i + jQ_i = V_i I_i^* \quad (1)$$

Atau,

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} \quad (2)$$

Perhatikan saluran yang terhubung antara bus i dan j pada gambar 1. Arus saluran I_{ij} diukur pada bus i dan dianggap positif untuk arah i ke j . sehingga dapat ditulis pada persamaan (3) :

$$I_{ij} = I_i + I_{i0} = y_{ij} (V_i - V_j) + y_{i0} V_i \quad (3)$$



Gambar 1. Model saluran transmisi untuk perhitungan aliran daya dan rugi saluran

Dimana,

I_i : Arus pada saluran antara bus i dan bus j

I_{i0} : Arus pada saluran *half line charging*

y_{ij} : Admitansi saluran antara bus i dan bus j

y_{i0} : *Half line charging*

V_i : Tegangan bus i

V_j : Tegangan bus j

Demikian juga arus saluran I_{ji} diukur pada bus j dan dianggap positif untuk arah j ke i , dapat ditulis pada persamaan (4) :

$$I_{ji} = -I_i + I_{j0} = y_{ij} (V_j - V_i) + y_{j0} V_j \quad (4)$$

Daya kompleks S_{ij} dari bus i ke j dan S_{ji} dari bus j ke i dinyatakan pada Persamaan (5) dan (6).

$$S_{ij} = V_i I_{ij}^* \quad (5)$$

$$S_{ji} = V_j I_{ji}^* \quad (6)$$

Rugi daya dalam saluran i - j adalah penjumlahan aljabar dari daya yang ditentukan dari persamaan (3) dan (4), sehingga dapat dinyatakan pada persamaan (7).

$$S_{L\ ij} = S_{ij} + S_{ji} \quad (7)$$

Sehingga persamaan untuk mendapatkan total rugi saluran untuk sistem dengan jumlah n bus adalah pada Persamaan (8).

$$S_{LT} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n S_{L\ ij} \quad (8)$$

Dimana,

$S_{L\ ij}$: Rugi daya pada saluran antara bus i dan j

S_{LT} : Total rugi daya

2.3 Metode Aliran Daya "*Newton-Raphson*"

Dalam menganalisa sistem jaringan yang memiliki lebih dari satu sumber listrik ataupun pada sistem jaringan kompleks maka diperlukan suatu metode analisa daya yang sesuai untuk memudahkan

perhitungan. Oleh karena itu, untuk mempermudah perhitungan akan digunakan metode *Newton-Raphson*.

Dalam metode ini persamaan aliran daya dirumuskan dalam bentuk polar. Dari gambar 1, arus yang memasuki bus i dapat dicari dengan menggunakan persamaan (4):

$$I_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j \quad (9)$$

Persamaan diatas dapat ditulis dalam bentuk polar yaitu:

$$I_i = \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \angle \theta_{ij} + \delta_j \quad (10)$$

Dimana, θ_{ij} = Sudut fasa tegangan

δ_j = Sudut daya (rotor) terhadap *infinite bus*

Daya kompleks pada bus- i yaitu:

$$P_i + jQ_i = V_i I_i^* \quad (11)$$

Persamaan (10) dapat disubstitusikan kedalam persamaan (11) sehingga menghasilkan:

$$P_i + jQ_i = |V_i| \angle -\delta_i \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \angle \theta_{ij} + \delta_j \quad (12)$$

Setelah itu, pisahkan bagian real dan imajiner persamaan diatas sehingga menjadi:

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (13)$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (14)$$

Pada penjelasan diatas diketahui bahwa nilai harga $\Delta P_i^{(k)}$ dan $\Delta Q_i^{(k)}$ berbeda antara yang terjadwal dengan nilai perhitungan, maka ini disebut dengan sisa daya (*power residuals*) yang diberikan dengan:

$$\Delta P_i^{(k)} = P_i^{sch} - P_i^{(k)} \quad (15)$$

$$\Delta Q_i^{(k)} = Q_i^{sch} - Q_i^{(k)} \quad (16)$$

Perhitungan baru untuk sudut fasa dan tegangan bus adalah:

$$\delta_i^{(k+1)} = \delta_i^{(k)} + \Delta \delta_i^{(k)} \quad (17)$$

$$|V_i^{(k+1)}| = |V_i^{(k)}| + \Delta |V_i^{(k)}| \quad (18)$$

Proses iterasi akan selesai setelah:

$$|\Delta P_i^{(k)}| \leq \epsilon$$

$$|\Delta Q_i^{(k)}| \leq \epsilon \quad (19)$$

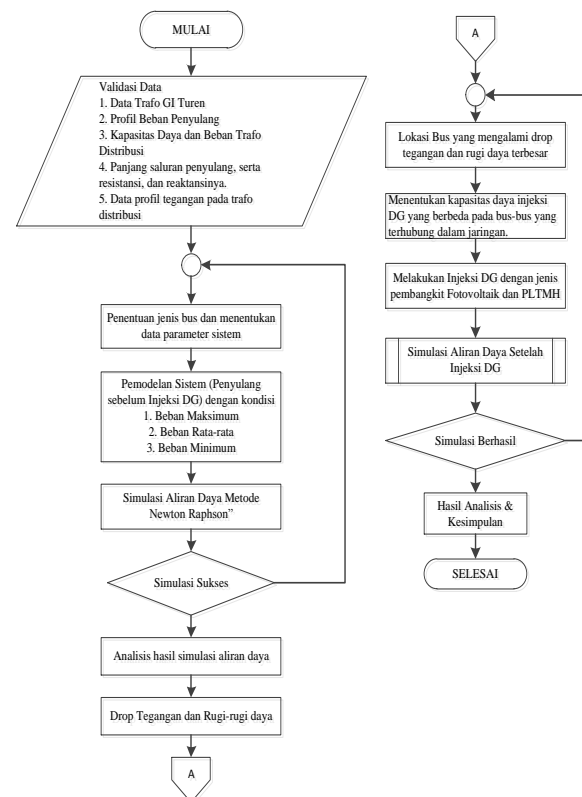
III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Simulasi

1. Melakukan validasi data dokumenter dan selanjutnya menentukan nilai dasar dan parameter simulasi. Data dokumenter yang divalidasi yaitu data trafo GI. Turen, data pembebanan salah satu penyulang, data kapasitas dan pembebanan gardu tiang distribusi, data saluran penyulang (panjang saluran, resistansi, dan reaktansi)
2. Menampilkan gambar *single line diagram* sistem daya.
3. Melakukan pemodelan sistem sesuai *single line diagram* dan menginput beberapa parameter analisisnya.

4. Melakukan simulasi aliran daya pada model awal sistem daya (sebelum injeksi daya oleh pembangkit tersebar) pada kondisi beban maksimum, rata-rata, dan beban minimum.
5. Analisis hasil simulasi aliran daya sebagai bahan evaluasi injeksi daya oleh pembangkit tersebar.
6. Menganalisis besar penurunan tegangan dan rugi daya sistem sebelum injeksi pada kondisi beban maksimum, rata-rata, dan beban minimum
7. Lokasi injeksi diambil pada bus yang memiliki rugi daya dan penurunan tegangan yang cukup besar.
8. Menentukan kapasitas daya injeksi yang berbeda pada bus-bus yang terhubung dalam jaringan.
9. Melakukan injeksi pembangkit tersebar pada bus-bus yang terpilih.
10. Menganalisis besar rugi daya sistem setelah injeksi pembangkit tersebar dilakukan.
11. Pengambilan kesimpulan dan saran.

3.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Metodologi Penelitian.

IV. PERHITUNGAN DAN ANALISIS

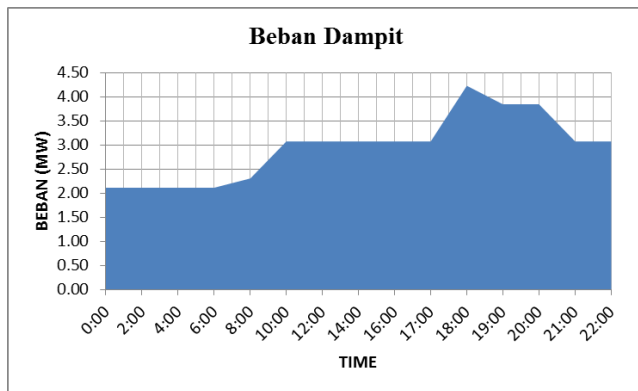
4.1 Sistem Distribusi 20 kV Penyulang Dampit

Data yang digunakan sebagai parameter simulasi merupakan data tahun 2013. Penyulang Dampit terdiri dari 70 gardu distribusi yang menyalurkan daya ke beban pelanggan umum (masyarakat umum) maupun beban pelanggan khusus (Kantor dan Pabrik). Pada tahapan pemodelan sistem Dampit diperoleh jumlah bus sebanyak 73 Bus dan jumlah saluran sebanyak 71 yang saling terhubung.

4.2 Karakteristik Beban Harian Penyulang Dampit

Tabel 1. Karakteristik Beban Harian Penyulang Dampit

Jam	MW
0:00	2.12
2:00	2.12
4:00	2.12
6:00	2.12
8:00	2.31
10:00	3.08
12:00	3.08
14:00	3.08
16:00	3.08
17:00	3.08
18:00	4.23
19:00	3.85
20:00	3.85
21:00	3.08
22:00	3.08



Gambar 3. Grafik Karakteristik Beban Harian Penyulang Dampit

Dari karakteristik beban harian penyulang dampit menunjukkan beban puncak terjadi mulai pukul 17.00 sampai dengan pukul 21.00. Beban puncak yang dilayani sampai dengan 4.2 MW

4.2.1 Analisis Aliran Daya Kondisi Beban Maksimum (100%) Sebelum Injeksi Pembangkit Tersebar

Berikut ditampilkan hasil analisis aliran daya sesuai pemodelan sistem Dampit pada kondisi beban maksimum sebelum injeksi pembangkit tersebar.

Tabel 2. Hasil Analisis Aliran Daya Beban Maksimum 100%

Bus	V p.u	Phasa rad	Pgen MW	Qgen MVar	Pload MW	Qload MVar
1	1.000	0.000	3.987	4.370	0	0
2	0.970	-0.026	0	0	0	0
3	0.969	-0.027	0	0	0	0
4	0.962	-0.028	0	0	0.03256	0.03322
5	0.961	-0.028	0	0	0.04362	0.0445
6	0.961	-0.028	0	0	0.09008	0.0919
7	0.960	-0.028	0	0	0.03954	0.04034
8	0.960	-0.028	0	0	0.03094	0.03158
9	0.960	-0.028	0	0	0.05878	0.05997
10	0.960	-0.028	0	0	0.0337	0.03438
11	0.960	-0.028	0	0	0.01564	0.01595
12	0.958	-0.029	0	0	0.10522	0.10735
13	0.942	-0.032	0	0	0.03954	0.04034
14	0.938	-0.033	0	0	0.10184	0.1039
15	0.938	-0.033	0	0	0.03984	0.04064
16	0.935	-0.033	0	0	0.03674	0.03748
17	0.931	-0.034	0	0	0.12618	0.12873
18	0.931	-0.034	0	0	0.02537	0.02588
19	0.931	-0.034	0	0	0.10522	0.10734
20	0.931	-0.034	0	0	0.10603	0.10816
21	0.931	-0.034	0	0	0.03712	0.03787
22	0.931	-0.034	0	0	0.0412	0.04203
23	0.931	-0.034	0	0	0.06488	0.06625
24	0.926	-0.035	0	0	0.0607	0.06193
25	0.921	-0.036	0	0	0.12835	0.13095
26	0.920	-0.036	0	0	0.12312	0.1256
27	0.920	-0.036	0	0	0.04848	0.04946
28	0.920	-0.036	0	0	0.09942	0.10143
29	0.919	-0.036	0	0	0.16808	0.17147
30	0.919	-0.036	0	0	0.00955	0.00974
31	0.919	-0.036	0	0	0.04366	0.04454
32	0.919	-0.036	0	0	0.07025	0.07169
33	0.917	-0.037	0	0	0.16809	0.17148
34	0.913	-0.037	0	0	0.10602	0.10816
35	0.913	-0.037	0	0	0.06068	0.06192
36	0.913	-0.037	0	0	0.03016	0.03072
37	0.912	-0.038	0	0	0.026	0.0266
38	0.911	-0.038	0	0	0.011	0.01122
39	0.911	-0.038	0	0	0.24676	0.25175
40	0.911	-0.038	0	0	0.06437	0.06568
41	0.910	-0.038	0	0	0.04366	0.04454
42	0.908	-0.038	0	0	0.06111	0.06235
43	0.906	-0.038	0	0	0.03256	0.03322
44	0.906	-0.038	0	0	0.09008	0.0919
45	0.905	-0.039	0	0	0.05679	0.05794
46	0.905	-0.039	0	0	0.03418	0.03487
47	0.902	-0.039	0	0	0.02696	0.0275
48	0.902	-0.039	0	0	0.02791	0.02847
49	0.902	-0.039	0	0	0.03392	0.03461
50	0.902	-0.039	0	0	0.00442	0.00451

51	0.902	-0.039	0	0	0.1524	0.15549
52	0.902	-0.039	0	0	0.01379	0.01407
53	0.902	-0.039	0	0	0.02706	0.02761
54	0.902	-0.039	0	0	0.02046	0.02087
55	0.902	-0.039	0	0	0.00945	0.00964
56	0.902	-0.039	0	0	0.00866	0.00883
57	0.902	-0.039	0	0	0.02736	0.02791
58	0.902	-0.039	0	0	0.10602	0.10817
59	0.902	-0.039	0	0	0.00611	0.00623
60	0.902	-0.039	0	0	0.02108	0.02151
61	0.902	-0.039	0	0	0.10602	0.10817
62	0.902	-0.039	0	0	0.01379	0.01407
63	0.902	-0.039	0	0	0.01819	0.01856
64	0.902	-0.039	0	0	0.03607	0.0368
65	0.902	-0.039	0	0	0.02038	0.02079
66	0.902	-0.039	0	0	0.01357	0.01384
67	0.901	-0.039	0	0	0.00893	0.00911
68	0.901	-0.039	0	0	0.01877	0.01915
69	0.901	-0.039	0	0	0.00787	0.00803
70	0.901	-0.039	0	0	0.00557	0.00568
71	0.901	-0.039	0	0	0.00894	0.00911
72	0.901	-0.039	0	0	0.02122	0.02165

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Total Pembangkitan yaitu $P = 0.039$ p.u dan $Q = 0.0437$ p.u. Total Pembebanan yaitu $P = 0.0381$ dan $Q = 0.0389$ p.u. Total losses $P = 0.00173$ p.u (4%) dan 0.00477 . p.u (11%). Drop tegangan terjadi pada penyulang sebesar 10% pada bus 45 sampai bus 72.

4.2.2 Injeksi Pembangkit Tersebar

Injeksi daya pembangkit tersebar pada penyulang Dampit dilakukan dengan tahapan perencanaan peralatan yang digunakan. Peralatan yang digunakan merepresentasikan parameter yang digunakan pada tahapan simulasi. Tahapan simulasi atau pemodelan dilakukan menggunakan *software* komputasi PSAT 2.1.8. Berikut Tabel 3 ditunjukkan skenario lokasi dan ukuran daya pembangkit tersebar.

Tabel 3. Skenario Lokasi dan Ukuran Pembangkit Tersebar.

Skenario	Pembangkit Tersebar	Ukuran Total Pembangkit Tersebar [MW]	Jumlah Pembangkit Tersebar	Lokasi Pembangkit Tersebar Pada Bus
Skenario-1	Generator 1	0.5	1	51
Skenario-2	Generator 2	1.53	1	61
Skenario-3	Generator 1	0.5	1	51
	Generator 2	0.5	1	61
Skenario-4	Generator 1	0.5	1	29
	Generator 2	0.5	1	51
	Generator 3	0.85	1	39
	Generator 4	1.53	1	61
Skenario-5	Generator 1	0.3	1	29
	Generator 2	0.3	1	45
	Generator 3	0.3	1	51
	Generator 4	0.85	1	39
	Generator 5	1.53	1	61
	Generator 6	0.68	1	69

Penentuan lokasi injeksi daya beserta ukuran daya pembangkit tersebar yang digunakan berdasarkan lokasi bus yang mengalami penurunan tegangan yang cukup

besar. Selain itu penentuan juga berdasarkan tingkat beban bus, dimana bus yang melayani beban daya aktif reaktif cukup tinggi menjadi prioritas utama untuk menentukan lokasi dan ukuran pembangkit tersebar.

4.3 Hasil Skenario Berdasarkan Analisis Aliran Daya "Newton Raphson"

Berikut ditunjukkan hasil 5 skenario injeksi daya pembangkit tersebar pada penyulang Dampit.

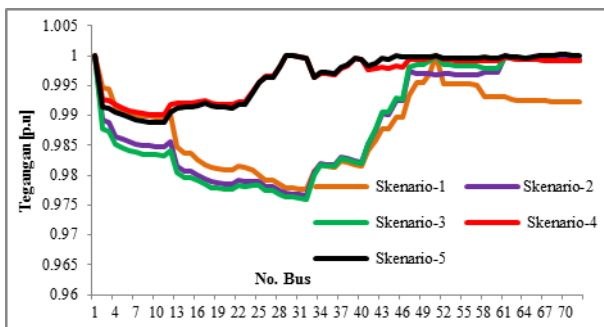
Tabel 4. Tegangan Bus Hasil Analisis Aliran Daya

Bus	V1	V2	V3	V4	V5
	p.u	p.u	p.u	p.u	p.u
	Skenario -1	Skenario -2	Skenario -3	Skenario -4	Skenario -5
1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	0.995	0.989	0.988	0.993	0.991
3	0.994	0.989	0.987	0.993	0.991
4	0.992	0.987	0.985	0.992	0.991
5	0.991	0.986	0.985	0.991	0.990
6	0.991	0.986	0.984	0.991	0.990
7	0.990	0.985	0.984	0.991	0.989
8	0.990	0.985	0.984	0.990	0.989
9	0.990	0.985	0.983	0.990	0.989
10	0.990	0.985	0.983	0.990	0.989
11	0.990	0.985	0.983	0.990	0.989
12	0.990	0.986	0.984	0.992	0.991
13	0.985	0.982	0.980	0.992	0.991
14	0.984	0.981	0.980	0.992	0.991
15	0.984	0.981	0.980	0.992	0.991
16	0.983	0.980	0.979	0.992	0.992
17	0.982	0.979	0.978	0.993	0.992
18	0.981	0.979	0.978	0.992	0.992
19	0.981	0.979	0.978	0.992	0.991
20	0.981	0.979	0.978	0.992	0.991
21	0.981	0.979	0.978	0.992	0.991
22	0.981	0.979	0.978	0.992	0.992
23	0.981	0.979	0.978	0.992	0.992
24	0.981	0.979	0.978	0.994	0.994
25	0.980	0.979	0.978	0.996	0.995
26	0.979	0.978	0.978	0.997	0.996
27	0.979	0.978	0.977	0.996	0.996
28	0.978	0.977	0.977	0.998	0.998
29	0.978	0.977	0.976	1.000	1.000
30	0.978	0.977	0.976	1.000	1.000
31	0.978	0.977	0.976	1.000	1.000
32	0.978	0.977	0.976	1.000	1.000
33	0.981	0.980	0.980	0.996	0.996
34	0.982	0.982	0.982	0.997	0.997
35	0.981	0.982	0.981	0.997	0.997
36	0.981	0.982	0.981	0.997	0.997
37	0.982	0.983	0.983	0.998	0.998
38	0.982	0.983	0.983	0.998	0.999
39	0.982	0.982	0.982	1.000	1.000
40	0.982	0.982	0.982	0.999	0.999
41	0.984	0.985	0.985	0.998	0.998
42	0.986	0.988	0.988	0.998	0.999
43	0.988	0.990	0.991	0.998	1.000
44	0.988	0.990	0.990	0.998	0.999
45	0.990	0.993	0.993	0.998	1.000
46	0.990	0.992	0.993	0.998	1.000
47	0.993	0.997	0.998	0.999	1.000
48	0.995	0.997	0.999	0.999	1.000
49	0.995	0.997	0.999	0.999	1.000
50	0.997	0.997	0.999	1.000	1.000

51	1.000	0.997	1.000	1.000	1.000
52	0.995	0.997	0.998	0.999	1.000
53	0.995	0.997	0.998	0.999	1.000
54	0.995	0.997	0.998	0.999	1.000
55	0.995	0.997	0.998	0.999	1.000
56	0.995	0.997	0.998	0.999	1.000
57	0.995	0.997	0.998	0.999	1.000
58	0.993	0.997	0.998	0.999	1.000
59	0.993	0.997	0.998	0.999	1.000
60	0.993	0.997	0.998	0.999	1.000
61	0.993	1.000	1.000	1.000	1.000
62	0.993	1.000	1.000	1.000	1.000
63	0.993	1.000	0.999	0.999	1.000
64	0.992	0.999	0.999	0.999	1.000
65	0.993	0.999	0.999	0.999	1.000
66	0.993	1.000	0.999	0.999	1.000
67	0.992	0.999	0.999	0.999	1.000
68	0.992	0.999	0.999	0.999	1.000
69	0.992	0.999	0.999	0.999	1.000
70	0.992	0.999	0.999	0.999	1.000
71	0.992	0.999	0.999	0.999	1.000
72	0.992	0.999	0.999	0.999	1.000

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berikut gambar 4 menunjukkan perbandingan grafik tegangan :

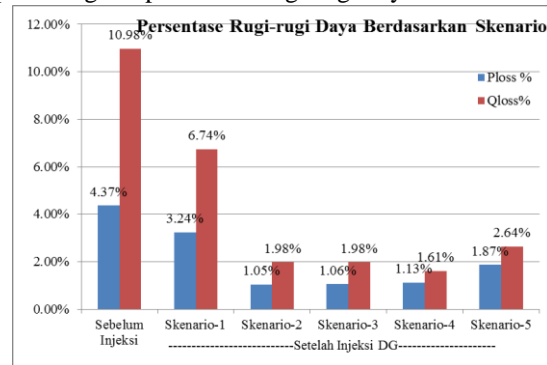


Gambar 4.. Kurva Tegangan Bus Setiap Skenario.

4.4 Pembahasan Hasil Perhitungan

Dari hasil analisis aliran daya sebelum injeksi pembangkit tersebar pada saat kondisi beban maksimum didapatkan hasil penurunan tegangan sampai dengan -10% pada beberapa bus. Penurunan tegangan sebesar -10% dari tegangan nominalnya 20 kV merupakan kondisi kritis penyulang. Sesuai aturan jaringan Jawa Madura dan Bali (Permen ESDM No.03/2007), yaitu batas penurunan tegangan +5% dan -10% [5]. Tegangan pada kondisi beban rata-rata dan minimum mengalami penurunan sebesar -6% dan -4%. Hal ini memperlihatkan kondisi tegangan jaringan masih berada pada kondisi normal. Hasil analisis aliran daya sebelum injeksi pembangkit tersebar dilakukan menunjukkan besarnya rugi-rugi daya yang terjadi pada saat kondisi beban maksimum yaitu sebesar $0.173 + j0.477$ MVA atau sebesar 4% untuk daya aktif (P) dan 10.98% untuk daya reaktif (Q). Hasil analisis aliran daya juga menunjukkan besarnya rugi-rugi daya yang dihasilkan pada saat kondisi beban rata-rata dan minimum yaitu sebesar $0.058 + j0.1602$ MVA dan

$0.0248 + j 0.0688$ MVA. Berikut hasilnya ditunjukkan pada diagram persentase rugi-rugi daya.



Gambar 5. Grafik Persentase Rugi-rugi daya

Hasil analisis aliran daya setelah injeksi Pembangkit Tersebar menunjukkan hasil terbaik berdasarkan lima (5) skenario yang telah ditetapkan. Level tegangan mengalami kenaikan yang cukup signifikan pada skenario-5 yaitu dimana Pembangkit Tersebar yang diinjeksikan berjumlah 6, secara berurutan masing-masing pada bus-bus 29, 45, 51, 39, 61, dan 69. Jumlah daya Pembangkit Tersebar yang diinjeksikan ke jaringan sesuai skenario 5 yaitu 0.9 MW untuk Generator 1, Generator 2, dan Generator 3, serta 3.06 MW untuk Generator 4, Generator 5, dan Generator 6. Kondisi tegangan pada skenario-5 hanya mengalami penurunan tegangan maksimal sebesar -1% dari tegangan nominalnya untuk semua bus. Naiknya level tegangan pada jaringan diiringi oleh penurunan rugi-rugi daya sampai dengan 1.87% untuk daya aktif (P) dan 2.64% untuk daya reaktif (Q) atau sebesar $P = 0.072$ MW dan $Q = 0.105$ Mvar.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan mengenai penerapan pembangkitan tersebar pada penyulang dampit kabupaten Malang menunjukkan dampak yang signifikan terhadap naiknya profil tegangan untuk semua bus dan mengurangi rugi-rugi daya yang terjadi pada penyulang dampit.

1. Dampak pada level tegangan; Skenario injeksi pembangkit tersebar yang diterapkan menunjukkan hasil terbaik pada skenario-5 yaitu level tegangan naik dari -10% menjadi -1% atau dari 0.90 p.u menjadi 0.99 p.u.
2. Dampak pada rugi-rugi daya; Skenario injeksi pembangkit tersebar yang diterapkan menunjukkan hasil terbaik pada skenario-2 yaitu besarnya rugi-rugi daya menurun dari $0.040 + j0.078$ MVA atau dari 4.37% menjadi 1.05% untuk daya aktif (P) dan 10.98% menjadi 1.98% untuk daya reaktif (Q).

5.2 Saran

Penerapan pembangkitan tersebar (DG) sangat bermanfaat untuk mengurangi besarnya rugi-rugi daya dan menaikkan profil tegangan pada penyulang. Penerapan pembangkit tersebar juga bermanfaat sebagai *backup* daya untuk kondisi beban maksimum. Peneliti mengalami kesulitan pada saat melakukan penentuan lokasi injeksi dan ukuran kapasitas daya pembangkit tersebar, oleh karena itu diusulkan untuk penelitian lanjutan mengenai penerapan pembangkit tersebar dibutuhkan proses optimasi dengan metode komputasi. Hal ini diusulkan agar mendapatkan hasil terbaik untuk menaikkan level tegangan dan mengurangi rugi-rugi daya yang terbaik sesuai aturan dan batasan teknisnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ackermann, T., Andersson, G., dan Soder, L. "Distributed generation: a definition", Elsevier, Electric Power Systems Research, no. 57, pp.195-204, 2001.
- [2] Bawan, E.K., Hadi, S.P., & Sarjiya. 2011. Pengaruh Interkoneksi *Distributed Generation* Dalam Sistem Tenaga Listrik Terhadap Profil Tegangan. Jurnal Teknologi. VI (I):1-6.
- [3] Stevenson, William D., Granger, John J., 1994., Power System Analysis., McGraw-Hill International Edition., New York.
- [4] Cekdin, Cekmas. 2010. Sistem Tenaga Listrik-Contoh Soal dan Penyelesaian Menggunakan Matlab. Yogyakarta : Andi.
- [5] Kementerian ESDM R.I. "Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik Jawa-Madura-Bali" peraturan menteri (permen) No. 3. 2007.