

INTEGRASI PLTS PADA SISTEM DISTRIBUSI 20KV UNTUK MENINGKATKAN PROFIL TEGANGAN DAN MEREDUKSI RUGI-RUGI DAYA

Muhamad Tri Agus Latifatul Huda¹, I Made Wartana², Irrine Budi Suslistiowati³

Teknik Elektro S-1, ITN Malang, Indonesia

mtriaguslhuda@gmail.com¹, imadewartana65@gmail.com², irrine@lecturer.itn.ac.id³

Abstract—Pada umumnya tenaga listrik dihasilkan oleh pembangkit listrik yang jauh dari pusat beban, dan listrik yang dihasilkan diangkut ke pusat beban melalui jaringan transmisi dan distribusi. Jarak yang jauh ini akan mengakibatkan rugi daya, karena pada saat menyalurkan daya dari pembangkit ke konsumen atau pelanggan akan terjadi rugi daya dan drop tegangan. Pada umumnya tenaga listrik dihasilkan oleh pembangkit listrik yang jauh dari pusat beban, dan listrik yang dihasilkan diangkut ke pusat beban melalui jaringan transmisi dan distribusi. Jarak yang jauh ini akan mengakibatkan rugi daya, karena pada saat menyalurkan daya dari pembangkit ke konsumen atau pelanggan akan terjadi rugi daya dan drop tegangan. Oleh karena itu dengan pemasangan PLTS dapat menjadi solusi untuk mengurangi rugi daya dan jatuh tegangan tersebut. Pada sistem distribusi Ampenan diketahui ada beberapa kondisi yang mengalami penurunan tegangan pada bus 31,32,33,34,35,36. Untuk mengatasi hal tersebut perlu adanya integrasi agar dapat memperbaiki tegangan yang turun dan meminimalisir rugi-rugi daya. Dari hasil simulasi setelah pemasangan PLTS menghasilkan rugi daya aktif dari 194,4kw menjadi 110,7kw serta meningkatkan tegangan dari nilai terendahnya 0,9477 pu menjadi 0,9843 pu.

Kata Kunci : Integrasi, PLTS, Rugi-Rugi Daya, Profil Tegangan

I. PENDAHULUAN

Pengembangan sumber energi matahari dan beberapa sumber energi terbarukan saat ini dikembangkan pada sistem pembangkitan tersebar pada jaringan distribusi atau lebih dikenal dengan istilah Distributed Generations (DG) [1]. Sistem DG adalah pembangkitan tersebar yang terhubung langsung ke jaringan distribusi pada sisi pelanggan. Penerapan Photovoltaic menggunakan sistem DG semakin berkembang di Indonesia untuk memaksimalkan pasokan listrik, mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, dan mengurangi polusi dan ramah lingkungan [2].

Pembangkit PV di dalam jaringan dapat membantu memberikan perbaikan profil tegangan dan pengurangan rugi-rugi daya [3]. Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan

yang hilang pada suatu penghantar yang dapat dipengaruhi oleh luas penampang penghantar tersebut dan biasanya tegangan kirim yang disalurkan memiliki jumlah yang tidak sama dengan tegangan yang diterima oleh penerimanya [4]. Rugi-rugi daya adalah kebocoran daya atau daya yang hilang di sepanjang jalur penyaluran tenaga listrik, hal ini disebabkan oleh resistansi yang ada pada bahan pembentuk konduktor. Perkembangan yang pesat dari pembangkit listrik tenaga surya sebagai bentuk kepedulian kita akan lingkungan memerlukan perhatian lingkungan untuk analisa dan kemanfaatannya. Adanya integrasi PLTS sistem atau diistilahkan dengan grid, menjadi suatu kekhawatiran apakah hal tersebut cukup aman bagi sistem dalam arti tidak menurunkan tegangan dari pelayanan listrik ke konsumen.

Penelitian seperti yang dilakukan oleh Baqaruzi S. dan Muhtar A. menyampaikan bahwa penggunaan PLTS dapat membantu perbaikan profil tegangan dan menurunkan rugi-rugi daya. Mengingat perkembangan PLTS yang sangat pesat dan banyaknya integrasi baru yang muncul ke sistem, maka di perlu dilakukan analisa sistem secara reguler untuk memastikan bahwa kualitas sistem bekerja optimal [5].

Pada penelitian ini yang dilakukan adalah untuk meningkatkan profil tegangan pada bus yang mengalami kondisi under maupun over voltage. Kelebihan maupun kekurangan daya pada bus tersebut dapat diatasi dengan menambahkan DG, penambahan DG ini dapat meningkatkan profil tegangan pada bus-bus yang mengalami penurunan tegangan.

B. Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang diatas, maka rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana memperbaiki profil tegangan jaringan distribusi akibat integrasi PLTS ke grid?
2. Bagaimana mengurangi rugi-rugi daya pada jaringan distribusi setelah integrasi PLTS?

C. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memperbaiki nilai profil tegangan pada jaringan distribusi akibat integrasi PLTS.
2. Mereduksi nilai rugi-rugi daya dalam saluran jaringan distribusi akibat integrasi PLTS

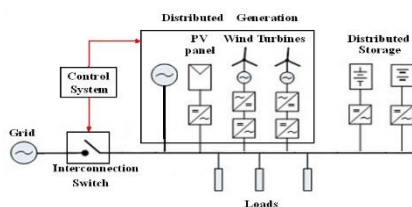
II. KAJIAN PUSTAKA

A. Jaringan Distribusi

Sistem distribusi merupakan subsistem ketenagalistrikan yang paling dekat dengan sumber beban. Sistem distribusi kelistrikan merupakan kelanjutan dari jaringan transmisi, dimana level tegangan tinggi atau tegangan maksimum berada pada jaringan transmisi dengan kapasitas 500 kV sampai dengan 150 kV. Penurunan tegangan berlanjut hingga level 20 kV. Tegangan ini sering disebut sebagai sistem distribusi primer, yang memungkinkan konsumen menggunakan daya pada level tegangan ini untuk keperluan industri. Perluasan jaringan distribusi primer adalah jaringan sekunder yang level tegangannya 380V dan 220V. Sistem distribusi merupakan subsistem ketenagalistrikan yang paling dekat dengan sumber beban. Sistem distribusi kelistrikan merupakan kelanjutan dari jaringan transmisi, dimana level tegangan tinggi atau tegangan maksimum berada pada jaringan transmisi dengan kapasitas 500 kV sampai dengan 150 kV. Penurunan tegangan berlanjut hingga level 20 kV. Tegangan ini sering disebut sebagai sistem distribusi primer.

B. Distributed Generation

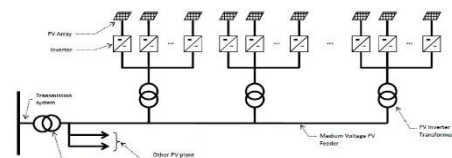
Istilah pembangkitan tersebar (distributed generation) sejatinya bukan sesuatu yang baru, karena sistem interkoneksi jaringan listrik saat ini pada dasarnya adalah sistem yang merupakan pembangkitan tersebar [1]. Akan tetapi istilah pembangkitan tersebar baru muncul belakangan ini karena lebih diletakkan kepada pembangkit listrik yang berkapasitas relatif lebih kecil yang umumnya berasal dari sumber energi terbarukan untuk diinterkoneksi dengan jaringan listrik yang sudah ada dimana selama ini dipasok oleh pembangkit listrik berkapasitas besar [8].



Gambar 1 Konfigurasi Distributed Generation

C. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah suatu pembangkit yang mengkonversikan energi foton dari surya menjadi energi listrik. Konversi energi ini terjadi pada panel surya yang terdiri dari sel-sel surya [11]. PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik DC (Direct Current), yang dapat diubah menjadi listrik AC (Alternating Current)



Gambar 2 Sistem PLTS On-Grid

Apabila diperlukan, PLTS pada dasarnya adalah pencatu daya yang dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik mulai dari skala kecil maupun skala besar, baik secara mandiri maupun hibrida [12].

Sel surya merupakan lapisan-lapisan tipis dari bahan semikonduktor silikon (Si) murni, dan bahan semikonduktor lainnya. PLTS memanfaatkan sinar matahari untuk menghasilkan arus searah, bila perlu dapat diubah menjadi arus bolak-balik melalui inverter, sehingga meskipun cuaca mendung, selama ada sinar matahari, PLTS tetap dapat menghasilkan listrik [13].

D. Tegangan Jatuh

Tegangan jatuh (Drop Voltage) adalah besar aliran tegangan listrik pada kabel penghantar dan mendapat beban listrik kemudian mengalami penurunan [14]. Dalam arti lain, tegangan jatuh merupakan selisih pada suatu instalasi listrik, diantara besar tegangan pada sumber (pangkal) dan besar tegangan beban (ujung) dari suatu instalasi listrik. Penting untuk memahami jatuh tegangan dalam perencanaan dan analisis sistem listrik, terutama dalam kasus sirkuit yang panjang atau berkontur kompleks, karena jatuh tegangan yang signifikan dapat memengaruhi kinerja peralatan dan efisiensi sistem. Solusi untuk mengurangi jatuh tegangan meliputi penggunaan kabel yang lebih tebal atau konduktor yang lebih baik, pengaturan ulang sirkuit, atau menambahkan komponen seperti transformator untuk mengimbangi tegangan.

E. Studi Aliran Daya

Pada prosesnya, perhitungan aliran daya dilakukan dengan metode berulang atau iterasi. Proses ini akan selesai jika nilai akhirnya telah mencapai konvergensi. Nilai konvergensi mengikuti hukum Kirchoff [6], dimana jumlah nilai arus pada suatu bus atau jumlah tegangan pada suatu loop harus bernilai nol. Dikatakan suatu nilai akhir adalah konvergen, apabila nilai tersebut telah mencapai batas toleransi yang ditentukan untuk nilai perhitungan dengan prinsip hukum Kirchoff yang telah disebutkan.

1. Backward Forward Sweep

Merupakan metode komputasi iteratif untuk menyelesaikan persoalan aliran daya pada sistem distribusi radial. Digunakan metode ini karena metode komputasi aliran daya lainnya kurang efisien pada sistem distribusi radial.

Pada metode aliran daya BFS untuk mengetahui aliran daya pada setiap cabang dimulai dengan menghitung aliran arus beban pada bus terakhir menuju ke titik sumber (backward), selanjutnya akan dihitung tegangan magnitude dan sudut fasa pada setiap bus dimulai dari titik sumber menuju bus terakhir (forward).

F. Metode Flower Pollination Algorithm

Metode FPA (Flower Pollination Algorithm) Metode optimasi FPA merupakan metode optimasi dengan meniru konsep penyerbukan (polinasi) pada bunga[8]. Inti dari proses penyerbukan bunga adalah bagaimana serbuk sari jatuh ke kepala putik. Jatuhnya serbuk sari ke kepala putik tentu dengan berbagai alasan seperti tertiup angin, terbawa oleh serangga bahkan burung. Subjek yang membantu proses penyerbukan, disebut Polinator. Pada metode ini tentu saja bunga yang terpilih untuk dihindangi polinator merupakan bunga dengan penampilan terbaik, atas dasar tersebut metode FPA dijalankan. Pada metode FPA terdapat dua langkah kunci yaitu polinasi lokal dan polinasi global. Polinasi lokal adalah polinasi yang dilakukan oleh polinator abiotik seperti angin dan hujan, polinasi lokal terjadi saat serbuk sari suatu bunga jatuh pada putik bunga itu sendiri. Polinasi global adalah polinasi yang dilakukan oleh polinator biotik seperti serangga yang melakukan gerakan unik serangga (Levy Flights) dimana serbuk sari dapat jatuh pada putik dibunga lain[8]. Pada polinasi global serbuk sari dapat dengan jauh dibawa oleh polinator, hal tersebut untuk memastikan suatu solusi dengan hasil terbaik, solusi terbaik (fitness) di representasikan dengan g . [5] Hubungan tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan (1).

$$x_{i,t+1} = x_{i,t} + L(g, -x_{i,t}) \quad (1)$$

Dimana :

$x_{i,t}$ = serbuk sari i atau solusi vektor x_i pada iterasi ke t .

L = persamaan jarak terbang serangga (polinator)

L pada persamaan (1) biasa disebut dengan fungsi Levy. Parameter L merupakan kekuatan dari penyerbukan. Fungsi Levy dapat dinyatakan dengan persamaan (2).

$$L \sim \pi^{-2} \cdot \delta^{-1} \frac{\lambda \Gamma(\lambda) \sin(\pi \lambda)}{\Gamma(1+\lambda) (\delta \gg \delta_0 > 0)} \quad (2)$$

Untuk penyederhanaan, diasumsikan setiap tumbuhan hanya memiliki satu bunga dan bunga tersebut hanya memproduksi satu serbuk sari, dapat disimpulkan sebuah solusi x_i , sebanding dengan jumlah bunga[8].

Pada polinasi lokal atau aturan kedua, hubungan spesifik bunga direpresentasikan sebagai:

$$x_i^{t+1} = x_i^t + \epsilon (x_j^t - x_k^t) \quad (3)$$

Dimana $x_{k,t}$ dan $x_{j,t}$ adalah serbuk sari dari bunga yang lain pada jenis yang sama. Secara sistematis, $x_{k,t}$ dan $x_{j,t}$ dating dari jenis yang sama atau dipilih dari populasi yang sama akan menjadi langkah acak lokal jika nilai ϵ merupakan distribusi seragam dari 0 hingga 1. Kebanyakan aktivitas penyerbukan bunga dapat terjadi pada skala lokal maupun global[8].

Para praktiknya, bunga yang berdekatan lebih sering terpolinasi dari serbuk sari bunga lokal. Oleh karena itu, digunakan kemungkinan pergantian seperti pada aturan keempat atau kemungkinan pendekatan untuk berganti dari polinasi global bersama menjadi polinasi lokal yang intensif [1]. Untuk memulai, dapat digunakan $p = 0,5$ sebagai nilai

awal, dan telah diteliti bahwa untuk simulasi, nilai $p = 0,8$ bekerja lebih baik pada kebanyakan aplikasi [6]. Pada Tabel 1 terlampir istilah dalam metode optimasi FPA [5].

Tabel 1 Istilah metode FPA

Istilah	Metode FPA
Fenomena Penyerbukan	Permasalahan Optimasi
Populasi Bunga	Data Bus dan Saluran
Tingkat Kecocokan Bunga	Fungsi Objektif DG
Usaha Penyerbukan	Iterasi
Polinator	Solusi yang dilakukan pada setiap iterasi
Kemungkinan Terjadinya Polinasi Global atau Lokal	Probability Switch
Banyaknya Solusi yang ingin Didapatkan	Dimensi

Fenomena Penyerbukan Permasalahan Optimasi Populasi Bunga Data Bus dan Saluran Tingkat Kecocokan Bunga Fungsi Objektif DG Usaha Penyerbukan Iterasi Polinator Solusi yang dilakukan pada setiap iterasi Kemungkinan Terjadinya Polinasi Global atau Lokal Probability Switch Banyaknya Solusi yang ingin Didapatkan Dimensi Perumusan matematika masalah optimasi untuk aplikasi unit DG dinyatakan menggunakan persamaan dibawah ini.

1. Constraint Obj.function harus memenuhi dari berbagai kendala jaringan distribusi :

1.1. Power loss minimization

$$f_1(X) = \sum_{k=1}^{nb} |I_k| 2Rk \quad (4)$$

Dimana Rk adalah hambatan, I_k adalah besar arus, k adalah cabang, dan nb adalah total nomor dari cabang

1.2. Power balance

$$P_{slack} + \sum_{k=1}^{nb} PSDG_k = \sum_{k=1}^{NL} PDG_k + NSDG \quad (5)$$

1.3. DG sizing limits

$$PSDG_{min} \leq PSDG_k \leq PSDG_{max} \quad (6)$$

1.4. Batasan tegangan yang ijin berada pada $\pm 5\%$ tegangan nominal, sebagaimana dinyatakan pada [10].

$$V_{min} \leq V_i \leq V_{max} \quad (7)$$

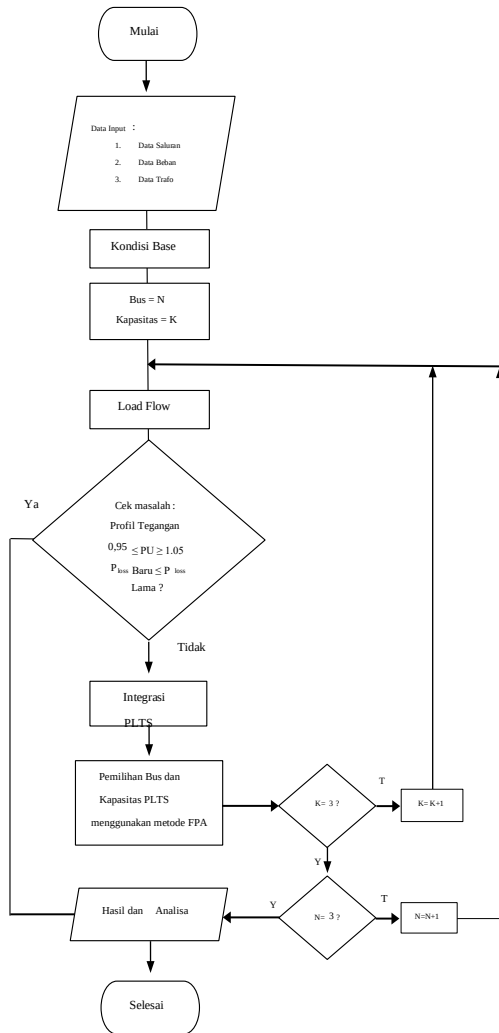
Dengan,

i = nomor bus $i = 1, 2, 3, 4, \dots, n$

$V_{min} = 0,95$ pu

$V_{max} = 1,05$ pu

III. METODOLOGI PENELITIAN

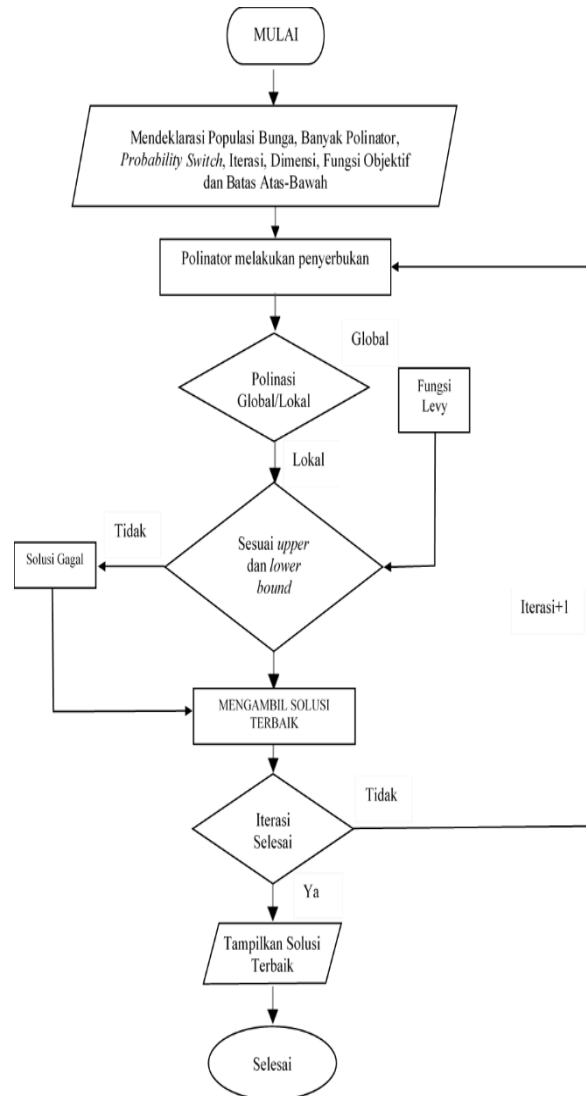


Gambar 3 Diagram alir analisis aliran daya

Keterangan:

1. Mulai
2. Memasukkan data input berupa data saluran, data beban, dan data trafo ke program etap.
3. Pada kondisi base case diasumsikan bus (N) dan kapasitas (K).
4. Jalankan loadflow untuk mendapatkan hasil berupa profil tegangan tiap bus dan rugi-rugi daya pada saluran.
5. Memeriksa apakah profil tegangan kurang dari 0,95pu atau lebih dari 1,05pu dan apakah rugi-rugi daya baru lebih kecil dari rugi-rugi daya lama.
6. Jika tidak, maka perlu adanya integrasi PLTS dengan pemilihan bus dan kapasitas dari PLTS menggunakan metode FPA.
7. Dari program FPA terdapat 3 hasil penempatan dan kapasitas paling optimal untuk integrasi.
8. Sebelum integrasi, dilakukan pengujian pada hasil program FPA dengan menyilangkan 3 kapasitas dan 3 bus secara berbeda.
9. Kapasitas 1 (K1) di integrasi dengan Bus (N2), (K2) di integrasi dengan (N3), (K3) di integrasi dengan (N1)

10. kemudian jalankan loadflow apakah profil tegangan kurang dari 0,95pu atau lebih dari 1,05pu dan apakah rugi-rugi daya baru lebih kecil dari rugi-rugi daya lama.
11. Case 1, case 2 dan case 3 merupakan langkah mengintegrasikan PLTS dengan kapasitas sesuai dengan kebutuhan dan lokasi penempatan yang sudah ditentukan
12. jikat tidak, kembali ke langkah 8 dengan penyilangan kapasitas dan bus yang berbeda.
13. Jika ya, maka hasil dan analisa selesai.



Gambar 4 Optimasi penempatan dan kapasitas metode FPA

Diagram alir metode optimasi FPA dapat dilihat pada Gambar 4, adapun penjelasan dari gambar tersebut adalah sebagai berikut[5] :

1. Memasukkan parameter metode FPA seperti jumlah serangga, populasi bunga, *probability switch*, iterasi, dimensi, fungsi objektif DG, dan batas atas-bawah solusi yang ingin didapatkan.
2. Nilai akan mulai dimasukkan kedalam fungsi objektif DG untuk mendapatkan solusi Nilai yang dimasukkan ke dalam fungsi objektif DG adalah nilai untuk mendapatkan solusi posisi bus

3. Akan dilakukan seleksi apakah penyerbukan yang dilakukan polinator adalah penyerbukan lokal atau global. Apa bila terjadi penyerbukan global maka akan dimasukkan parameter fungsi *Levy Flight* ke dalam parameter pencarian solusi dalam fungsi objektif DG.
4. Setelah mendapatkan beberapa solusi dari masing-masing serangga yang telah diseleksi kedalam nilai solusi yang sesuai dengan batas atas dan batas bawah yang ditetapkan, selanjutnya akan dipilih nilai solusi terbaik.
5. Selanjutnya akan dilakukan seleksi apakah nilai iterasi telah mencapai nilai yang dimasukkan diawal, jika tidak maka akan dilakukan pengulangan ke proses pemberian nilai ke dalam fungsi objektif DG hingga iterasi selesai.
6. Jika iterasi sudah tercapai maka akan diambil nilai solusi terbaik dari keseluruhan iterasi metode FPA, hasil akhir dari program optimasi ini adalah nilai posisi bus optimal dimana DG dipasang dan juga kapasitas masing-masing DG yang akan dipasang.

IV. SIMULASI DAN ANALISA

IV.I. Data Percobaan

Model sistem distribusi yang digunakan pada penelitian ini adalah sistem distribusi Ampenan, Mataram. Dengan tegangan 20kV dan daya semu 60 MVA.

Penelitian ini adalah studi kasus jaringan distribusi dalam sistem tenaga elektrik, dimana yang akan diteliti, yaitu peletakan posisi bus dan kapasitas PLTS yang akan diintegrasikan.

Untuk mendapatkan *loadflow* maka aplikasi yang digunakan adalah ETAP Power Station 12.0 dan melakukan optimasi integrasi penempatan dan kapasitas PLTS menggunakan matlab R2018b dengan KV base yaitu 20KV dan MVA base yaitu 60MVA.

Seperti ditunjukan gambar 3, langkah pertama untuk membuat simulasi *loadflow* yaitu memasukkan data input meliputi, data saluran, data beban, data trafo. Lalu menjalankan *loadflow* cek tegangan pada tiap bus apakah sudah sesuai. Jika tidak maka dilakukan integrasi PLTS dengan mencari kapasitas dan penempatannya menggunakan matlab dan metode FPA. Setelah didapat solusi terbaik maka Kembali menjalankan *loadflow* dan cek batas apakah sudah sesuai. Jika sudah sesuai maka akan diambil hasil dan Analisa.

A. Data SLD IEEE 33 Bus

Data yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini adalah data IEEE 33 Bus jaringan Distribusi dan data beban di sistem kelistrikan jaringan distribusi 20kV.

Tabel 2 Data beban IEEE 33 Bus

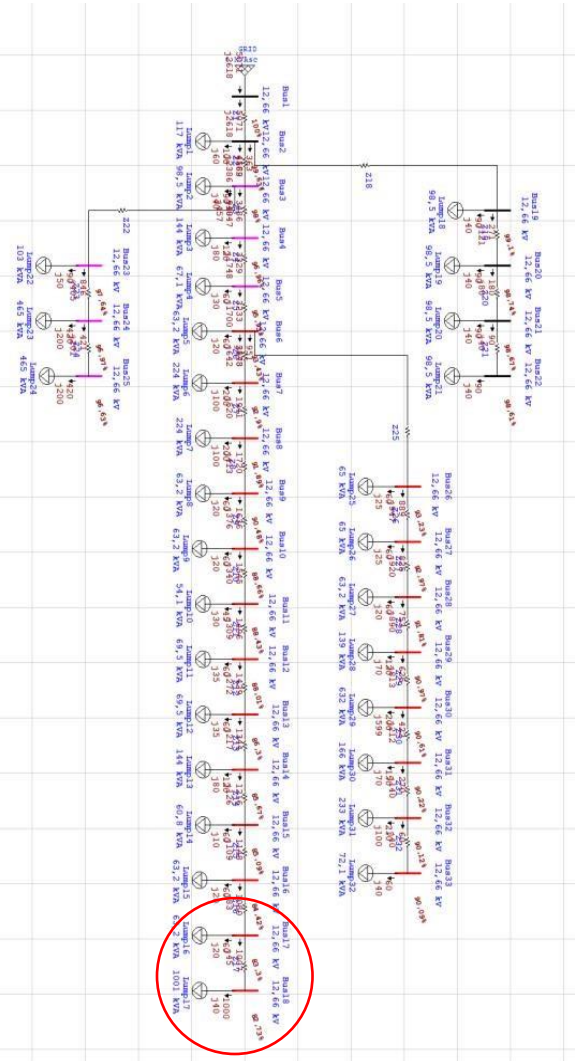
Bus	P (KW)	Q (KVAR)
1	0	0
2	100	60
3	90	40
4	120	80
5	60	30
6	60	20

Bus	P (KW)	Q (KVAR)
7	200	100
8	200	100
9	60	20
10	60	20
11	45	30
12	60	35
13	60	35
14	120	80
15	60	10
16	60	20
17	60	20
18	1090	40
19	90	40
20	90	40
21	90	40
22	90	40
23	90	50
24	420	200
25	420	200
26	60	25
27	60	25
28	60	25
29	120	70
30	200	600
31	150	70
32	210	100
33	60	40

Tabel 3 Data saluran IEEE 33 Bus

No	From	To	R (Ω)	X (Ω)
1	1	2	0.0922	0.0470
2	2	3	0.4930	0.2511
3	3	4	0.3660	0.1864
4	4	5	0.3811	0.1941
5	5	6	0.8190	0.7070
6	6	7	0.1872	0.6188
7	7	8	0.7114	0.2351
8	8	9	1.0300	0.7400
9	9	10	1.0440	0.7400
10	10	11	0.1966	0.0650
11	11	12	0.3744	0.1238
12	12	13	1.4680	1.1550
13	13	14	0.5416	0.7129
14	14	15	0.5910	0.5260
15	15	16	0.7463	0.7463
16	16	17	1.2890	1.7210
17	17	28	0.7320	0.5740
18	2	19	0.1640	0.1565
19	19	20	1.5042	1.3554

No	From	To	R (Ω)	X (Ω)
20	20	21	0.4095	0.4784
21	21	22	0.7089	0.9373
22	3	23	0.4512	0.3083
23	23	24	0.8980	0.7091
24	24	25	0.8960	0.7011
25	6	26	0.2030	0.1034
26	26	27	0.2842	0.1447
27	27	28	1.0590	0.9337
28	28	29	0.8042	0.7006
29	29	30	0.5075	0.2585
30	30	31	0.9744	0.9630
31	31	32	0.3105	0.3619



Gambar 5 IEEE 33 Bus Kondisi Base case

B. Data SLD Penyulang Mataram

Penelitian ini, berlokasi di Gardu Induk Ampenan Penyulang Mataram Untuk lokasi pengambilan data pada sistem kelistrikan berasal dari PT. PLN (Persero) ULP

Ampenan Sedangkan data yang digunakan adalah data penyulang Mataram. Data yang diperlukan berupa :

1. Data Single Line Diagram saluran distribusi.
2. Data panjang saluran distribusi. Dan Data beban.

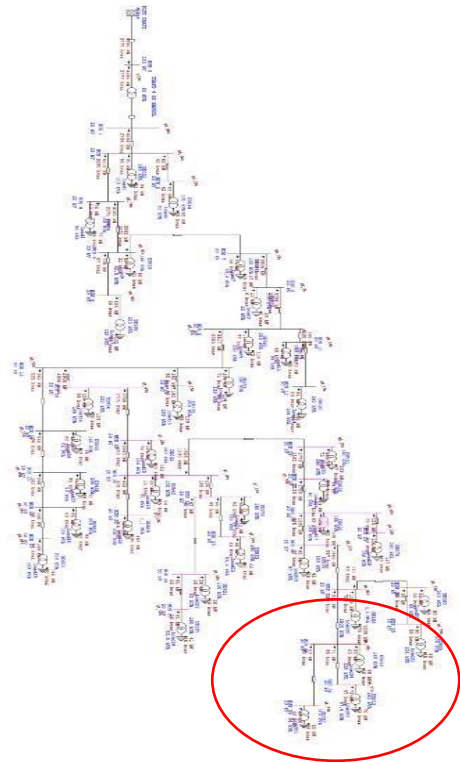
Tabel 4 Data beban Penyulang Mataram

Bus	P (KW)	Q (KVAR)
MM213	91,8	56,893
MM167	68,85	42,669
MM137	81,6	50,571
MM250	53,125	32,924
MM107	112	69,535
MM023	50,32	31,186
MM168	10,2	6,321
MM194	128	79,017
MM071	79,9	49,518
MM202	88,4	54,785
MM001	118	73,223
MM124	156	96,401
MM099	141	87,446
MM022	128	79,017
MM057	26,35	16,33
MM242	51	31,607
MM072	104	64,267
MM029	73,44	45,514
MM217	28,05	17,384
MM052	44,88	27,814
MM192	128	79,017
MM106	51	31,607
MM218	122	75,33
MM176	48,45	30,027
MM027	141	87,446
MM123	57,8	35,821
MM171	105	65,321
MM009	918	569
MM115	82,96	51,414
MM278	106	65,848
MM072	71,4	44,25
MM136	81	52,21
MM279	72	43,54
MM218	122	75,33
MM176	48,45	30,027
MM027	141	87,446

Tabel 5 Data saluran penyulang Mataram

No	From	To	R (Ω)	X (Ω)
1	1	2	0.0922	0.0470
2	2	3	0.4930	0.2511
3	3	4	0.3660	0.1864
4	4	5	0.3811	0.1941
5	5	6	0.8190	0.7070
6	6	7	0.1872	0.6188
7	7	8	0.7114	0.2351

No	From	To	R (Ω)	X (Ω)
8	8	9	1.0300	0.7400
9	9	10	1.0440	0.7400
10	10	11	0.1966	0.0650
11	11	12	0.3744	0.1238
12	12	13	1.4680	1.1550
13	13	14	0.5416	0.7129
14	14	15	0.5910	0.5260
15	15	16	0.7463	0.7463
16	16	17	1.2890	1.7210
17	17	28	0.7320	0.5740
18	2	19	0.1640	0.1565
19	19	20	0.7089	0.9373
20	20	21	0.9220	0.3264
21	21	22	0.4930	0.2511
22	3	23	0.3660	0.1864
23	23	24	0.3811	0.1941
24	24	25	0.8190	0.7070
25	6	26	0.1872	0.6188
26	26	27	0.7114	0.2351
27	27	28	1.0300	0.7400
28	28	29	1.0440	0.7400
29	29	30	0.1966	0.0650
30	30	31	0.3744	0.1238
31	31	32	1.4680	1.1550
32	32	33	0.5416	0.7129
33	33	34	0.5416	0.7129
34	34	35	1.4680	1.1550
35	35	36	0.3744	0.123



Gambar 6 Penyulang Mataram menggunakan ETAP

IV.II. Hasil Analisis

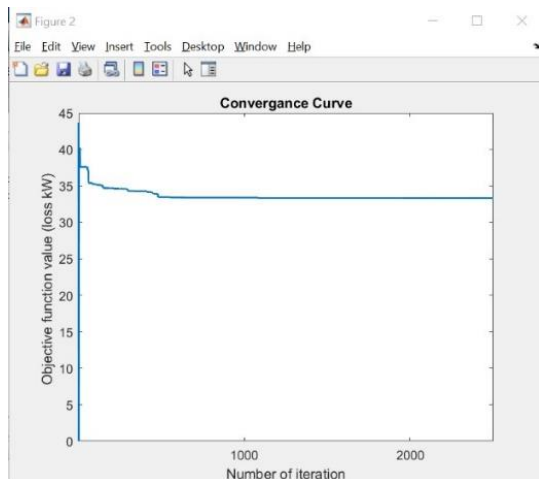
Percobaan pertama dilakukan pada sistem distribusi IEEE 33 bus menunjukkan hasil dari simulasi optimasi penempatan dan kapasitas DG, berikut hasil yang dapat disimpulkan untuk pemasangan kapasitas DG yang diterapkan pada sistem IEEE 33 Bus :

1. Pada kondisi existing losses adalah 53.63 kW dan tegangan minimum adalah 0.9482 pu pada bus 28 tanpa menempatkan DG.
2. Menempatkan satu DG menghasilkan pengurangan daya menjadi 34.24 kW dan pada bus 8 tegangan minimum 0.9717 pu.
3. Menempatkan dua DG bersamaan menghasilkan pengurangan daya menjadi 31.79 kW dan pada bus 28 tegangan minimum 0.9697 pu.

Menempatkan dua DG bersamaan menghasilkan pengurangan daya menjadi 30.57 kW dan pada bus 28 tegangan minimum 0.973 pu.

Tabel 6 Profil Tegangan pada kondisi base case

Profil tegangan			
Bus ID	PU	Bus ID	PU
1	0,9954	19	0,9729
2	0,9904	20	0,9324
3	0,9903	21	0,9419
4	0,9878	22	0,9416
5	0,9857	23	0,9316
6	0,9856	24	0,9316
7	0,9833	25	0,9716



Gambar 11 Convergen Curve FPA

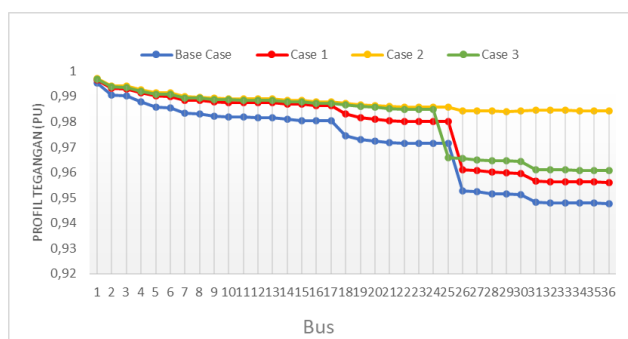
Tabel 8 Hasil penempatan dan kapasitas tiap case

Lokasi Bus	Kapasitas PLTS (MW)
20	1,374
28	2,077
31	0,483

Setelah dilakukan optimasi menggunakan metode FPA didapat hasil dari penempatan dan kapasitas PLTS tiap case yang terdapat pada tabel 3 dengan masing masing bus dan kapasitas tersebut kemudian Di simulasikan pada software ETAP Power Factory.

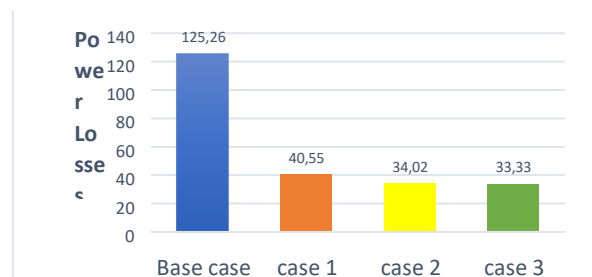
Dari hasil simulasi menunjukkan *losses* terendah didapatkan pada case 2 yaitu dengan integrasi PLTS pada bus 31 dengan kapasitas 2,077mw.

Berikut grafik perbandingan profil tegangan pada kondisi existing dan masing-masing case.



Gambar 12 Grafik Profil tegangan tiap case

Pada kondisi *existing* dapat dilihat tegangan minimum 0,9477pu pada bus 36, untuk kondisi setelah integrasi dengan PLTS pada bus 30 tegangan minimum yaitu 0,9843 pu.



Gambar 13 Grafik Power Losses tiap case

V. KESIMPULAN

Pada penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa Optimasi penempatan dan kapasitas PLTS menggunakan metode FPA pada penyulang Mataram :

1. Pada case 1, pengintegrasia PLTS pada bus 20 dengan kapasitas 930,468 kw dapat menurunkan rugi-rugi daya dari 90 kw menjadi 34,24 kw dan meningkatkan tegangan dari 0,9324 pu menjadi 0,9814 kw.
2. Pada case 2, pengintegrasia PLTS pada bus 28 dengan kapasitas 799,56 kw dan pada bus 30 dengan kapasitas 234,72 kw dapat menurunkan rugi-rugi daya dari 60 kw menjadi 31,79 kw dan meningkatkan tegangan dari 0,9416 pu menjadi 0,9825 kw.
3. Pada case 3, pengintegrasia PLTS pada bus 20 dengan kapasitas 799,56 kw dan pada bus 28 dengan kapasitas 930,468 kw serta pada bus 30 dengan kapasitas 234,72 kw dapat menurunkan rugi-rugi daya dari 96 kw menjadi 30, 57 kw dan meningkatkan tegangan dari 0,9311 pu menjadi 0,9743 kw.
4. Dapat menurunkan total rugi-rugi daya aktif dari 194,4 kw menjadi 110,7 kw serta meningkatkan tegangan dari nilai terendahnya 0,9477 pu menjadi 0,9843 pu
5. Hasil dari perbandingan kapasitas dan penempatan PLTS yang ditentukan , penempatan PLTS optimal terletak pada bus 28, dengan kapasitas 2,077mW

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. K. Bawan, "Dampak Pemasangan Distributed Generation Terhadap Rugi-Rugi Daya," 2012.
- [2] I. Made Wartana, T. Herbasuki, and N. P. Agustini, "Implementasi Integrasi Optimal DG untuk Meningkatkan Performasi Sistem Praktis dengan Teknik Optimasi Multi-Objektif," p. 2016.
- [3] C. Rizal, "Penggunaan Solar Sel Sebagai Pembangkit Tenaga Surya," 2017
- [4] Puri pebrianti, "Analisa Jatuh Tegangan Pada Jaringan Distribusi 20 KV Digardu Induk SOLO Baru Menggunakan Software ETAP 12.6." 2020
- [5] C. Paripurna, W. Adipradana, and dan Herlina, "Perhitungan Rugi-Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Penyulang Pandjajaran."
- [6] M. Ramadhan, Z. Abidin, and P. Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro, "Studi Penyambungan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Sawit Pada Gardu Hubung Meliau Di Kabupaten Sanggau."
- [7] A. Indra, A. Tanjung, and U. Situmeang, "Analisis Profil Tegangan Dan Rugi Daya Jaringan Distribusi 20 kV PT PLN (Persero) Rayon Siak Sri Indrapura

- Dengan Beroperasinya PLTMG Rawa Minyak,” *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*), vol. 4, no. 1, pp. 25–31, 2019.
- [8] S. Baqaruzi and A. Muhtar, “Analisis Jatuh Tegangan dan Rugi-rugi Akibat Pengaruh Penggunaan Distributed Generation Pada Sistem Distribusi Primer 20 KV.”
- [9] J. Fahmi, J. Windarta, and A. Y. Wardaya, “Studi Awal Penerapan Distributed Generation untuk Optimalisasi PLTS Atap On Grid pada Pelanggan PLN Sistem Jawa Bali untuk Memenuhi Target EBT Nasional,” *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 2, no. 1, pp. 1–13, Mar. 2021, doi: 10.14710/jebt.2021.10038.
- [10] F. Dani, A. Hasibuan, M. Jannah, and I. Made Ari Narta, “Seminar Nasional Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh Tahun 2022.”
- [11] S. Prayogo, “Pengembangan Sistem Manajemen Baterai Pada PLTS Menggunakan On-Off Grid Tie Inverter,” 2019.
- [12] J. Sardi, A. Basrah Pulungan, J. Teknik Elektro, and R. Artikel, “Teknologi Panel Surya Sebagai Pembangkit Listrik Untuk Sistem Penerangan Pada Kapal Nelayan Info Artikel Abstrak,” 2018
- [13] R. Aita Diantari, C. Widyastuti, and T. Elektro, “Studi Penyimpanan Energi Pada Baterai Plts.”
- [14] C. Rizal, “Analisa Performansi Dan Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Departemen Teknik Fisika Fti-Its.”
- [15] R. Syahbana Universitas Pramita Indonesia Fakultas Teknik and J. Teknik Elektro Jl Kampus Pramita Curug Tangerang, “Analisa Terbentuknya Korona Pada Saluran Kubicle Tegangan 20kv Serta Pengaruhnya Terhadap Rugi-Rugi Daya,” vol. 2, no. 48, 2019.
- [16] B. A. Anggoro *et al.*, “Analisa Rugi-Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Saluran Transmisi 150 kV GI Pati Bay GI Jekulo Menggunakan ETAP 12.6.0.”
- [17] Adib G. N. and Yohanes P. “Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik pada Bagian *Texturizing* di PT Asia Pasific.

VII. BIODATA PENULIS



Muhamad Tri Agus Latifatul Huda, lahir di Mataram, 14 Agustus 2000. Penulis menyelesaikan Sekolah Menengah Kejuruan di SMKN 3 Mataram. Setelah itu pada tahun 2019 penulis melanjutkan Pendidikan Studi diperguruan tinggi swasta Institut Teknologi Nasional Malang program studi Teknik Elektro S-1 dengan konsentrasi Teknik Energi Listrik. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih dan rasa syukur yang sebanyak-banyaknya atas selesainya penelitian ini dengan judul “Integrasi PLTS Pada Sistem Distribusi 20KV Untuk Meningkatkan Profil Tegangan dan Mereduksi Rugi-Rugi Daya”.