

# Integrasi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Pada Sistem Distribusi 20kV Guna Mengurangi Rugi-rugi Daya dan Meningkatkan Profil Tegangan

<sup>1</sup>Muhammad Misbakhul Munir, <sup>2</sup>Prof. Dr. Eng. I Made Wartana, <sup>3</sup>Dr. Irrine Budi Suslistiowati, ST., MT  
Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia  
<sup>1</sup>misbakhulm981@gmail.com, <sup>2</sup>imadewartana65@gmail.com, <sup>3</sup>irrine@lecturer.itn.ac.id

**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 genset 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 genset ke konsumen atau pelanggan akan terjadi rugi daya dan drop tegangan. Oleh karena itu dengan pemasangan PLTMH dapat menjadi solusi untuk mengurangi rugi daya dan jatuh tegangan tersebut. Pada sistem distribusi bangil 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 PLTMH 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**—komponen; Integrasi, PLTM, rugi-rugi daya, profil tegangan

## I. PENDAHULUAN

Meningkatnya kesadaran akan masalah lingkungan dan upaya untuk mengurangi ketergantungan pada sumber daya bahan bakar fosil membawa sumber daya energi terbarukan ke sektor listrik arus utama. Diantara berbagai sumber daya terbarukan, tenaga air berbasis *Distributed Generation* (DG) dianggap memiliki prospek teknis dan ekonomis yang paling menguntungkan.[1]

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 genset ke konsumen atau pelanggan akan terjadi rugi daya dan drop tegangan [3]. Oleh karena itu dengan pemasangan PLTMH dapat menjadi solusi untuk mengurangi rugi daya dan jatuh tegangan tersebut. DG merupakan pembangkitan tersebar yang terhubung langsung ke jaringan distribusi pada sisi pelanggan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Sistem Integrasi Tenaga Listrik

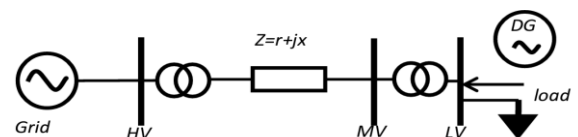
Sistem integrasi tenaga listrik (SITL) merupakan sebuah konsep dimana penggabungan sumber energi listrik dari sumber energi yang berbeda seperti pembangkit listrik tenaga surya, angin, dan air menjadi satu sistem jaringan yang terintegrasi. Tujuan utama dari sistem integrasi tenaga listrik yaitu untuk mencapai efisiensi yang lebih tinggi, peningkatan keandalan pasokan listrik dan pengurangan emisi gas rumah kaca.[8]

SITL memungkinkan integrasi yang lebih efektif dari sumber-sumber energi terbarukan, seperti surya, angin, dan hidro, yang membantu mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil dan mengurangi emisi gas rumah kaca. SITL telah menjadi fokus dalam upaya untuk mengembangkan sistem tenaga yang berkelanjutan serta membantu memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat dengan cara yang lebih ramah lingkungan.

### B. Distributed Generation

*Distributed generation* (DG) merupakan pembangkit listrik dengan kapasitas lebih kecil yang biasanya terletak dekat dengan pusat beban pada sistem tenaga listrik. Biasanya DG Ketika terhubung ke jaringan dapat menawarkan keuntungan, diantaranya yaitu dapat meminimalisir terjadinya rugi-rugi daya, pengurangan biaya energi yang tidak terkirim, meningkatkan profil tegangan dan factor beban. [10]

Beberapa teknologi DG yang sering digunakan adalah mikrohidro, panel surya, turbin angin, mesin diesel, sel bahan bakar, dan baterai yang terdiri dari sejumlah modul-modul kecil dan dirakit secara tersendiri oleh perusahaan.[11] Hal ini dilakukan untuk mempermudah konstruksi dan implementasi pada lokasi DG.



Gambar 1 Koneksi DG pada sistem Distribusi

### C. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro adalah sebuah sistem pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air dari aliran sungai kecil atau aliran buatan untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik mikrohidro memiliki kapasitas kurang dari 100 kW. Syarat pembangkit listrik tenaga air yang dapat digunakan sebagai sumber energi adalah sumber daya dengan kapasitas aliran dan ketinggian,[3] energi yang dihasilkan oleh Mikrohidro juga sangat tergantung pada ketinggian debit air yg tersedia.

Sebuah pusat listrik tenaga air terdiri dari bendungan, waduk, saluran-saluran air, dan sentral daya beserta semua perlengkapannya. Proses kerja pembangkit listrik tenaga mikrohidro mirip dengan pembangkit listrik tenaga hidro pada umumnya. Aliran air dialirkan melalui pipa penstock dan menggerakkan turbin yang terhubung dengan generator listrik. Energi kinetik air yang mengalir melalui pipa diubah menjadi energi mekanik oleh turbin, dan kemudian energi mekanik tersebut dikonversi menjadi energi listrik oleh generator.[4]

### D. Sistem Distribusi

Sistem distribusi adalah jaringan listrik antara pusat pembangkit sampai dengan pusat pemakaian (kWh pelanggan). Tegangan yang dibangkitkan oleh generator biasanya berkisar antara 6 kV sampai 20 kV tergantung dari pabrik pembuat. Untuk mencegah kerugian daya yang besar pada waktu mengirim tenaga listrik dari pembangkit melalui jaringan transmisi ke pusat-pusat beban yang letaknya sangat jauh dari pembangkit maka sebelum ditransmisikan, tegangan ini dinaikkan terlebih dahulu menjadi 70 kV sampai 500 kV.[9]

Sistem distribusi yang digunakan pada penelitian ini adalah sistem distribusi bangil pada penyulang beji. Dengan tegangan 20kV.

### 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[7]

#### 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[5].

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*)[5], selanjutnya akan dihitung tegangan magnitude dan sudut fasa pada setiap bus dimulai dari titik sumber menuju bus terakhir (*forward*).

### F. 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 tertiuip 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).

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

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  $\epsilon$  merupakan distribusi seragam dari 0 hingga 1. Kebanyakan aktivitas penyerbukan bunga dapat terjadi pada skala local 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	<i>Probability Switch</i>
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

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

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

1.2. Power balance

$$P_{slack} + \sum_{k=1}^{NSDG} P_{SDG,k} = \sum_{k=1}^{NL} P_{DG} + \sum_{k=1}^{nb} P_{LOSS}(k) \tag{5}$$

1.3. DG sizing limits

$$P_{SDG,min} \leq P_{SDGk} \leq P_{SDG,max} \tag{6}$$

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

$$V_{min} \leq V_i \leq V_{max} \tag{7}$$

Dengan,

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

$V_{min} = 0,95$  pu

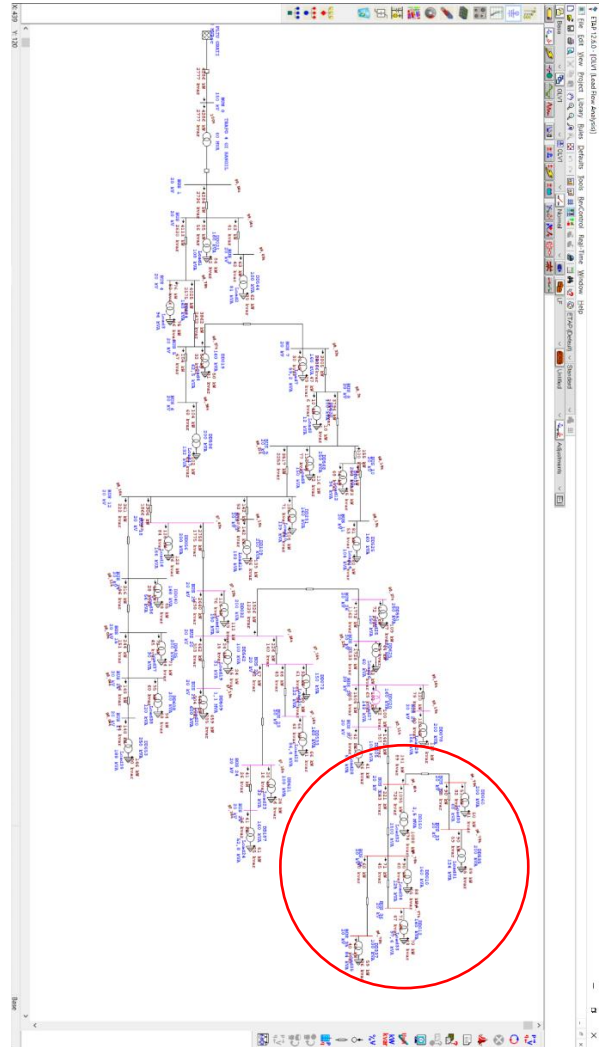
$V_{max} = 1,05$  pu

III. METODE PENELITIAN

Model sistem distribusi yang digunakan pada penelitian ini adalah sistem distribusi Bangil, Pasuruan. 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 PLTMH yang akan diintegrasikan.

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

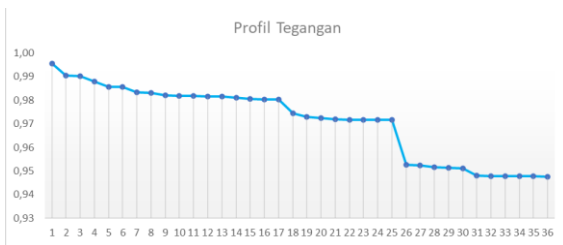


Gambar 1 SLD Bangil Penyulang Beji

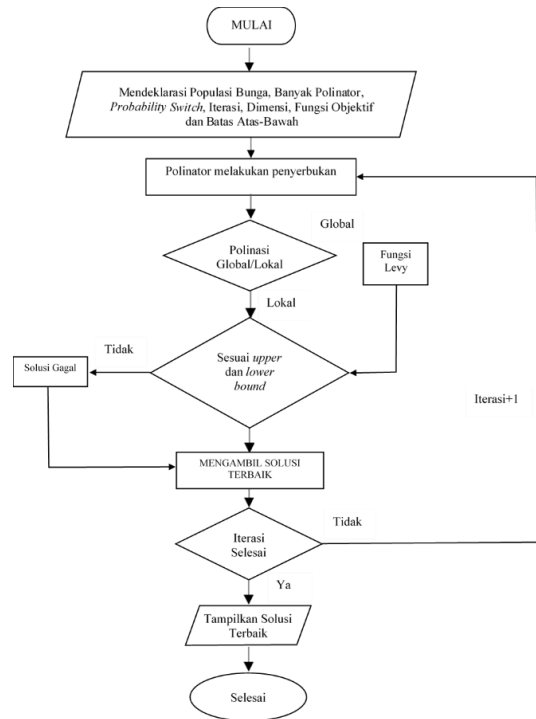
Seperti ditunjukkan gambar 3, langkah pertama untuk membuat simulasi *loadflow* yaitu memasukan data input meliputi, data saluran, data beban, data trafo. Lalu menjalankan *loadflow* cek tegangan pada tiap bus apakah sudah sesuai. Jika tidak maka dilakukan integrasi PLTS dengan mencari kapasitas dan 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.

Tabel 2 Profil Tegangan pada kondisi base case

Profil tegangan			
Bus ID	PU	Bus ID	PU
1	0,9954	19	0,9729
2	0,9904	20	0,9724
3	0,9903	21	0,9719
4	0,9878	22	0,9716
5	0,9857	23	0,9716
6	0,9856	24	0,9716
7	0,9833	25	0,9716
8	0,983	26	0,9527
9	0,9821	27	0,9523
10	0,9819	28	0,9516
11	0,9819	29	0,9515
12	0,9816	30	0,9511
13	0,9815	31	0,9481
14	0,9811	32	0,9479
15	0,9805	33	0,9479
16	0,9804	34	0,9478
17	0,9804	35	0,9478
18	0,9745	36	0,9477



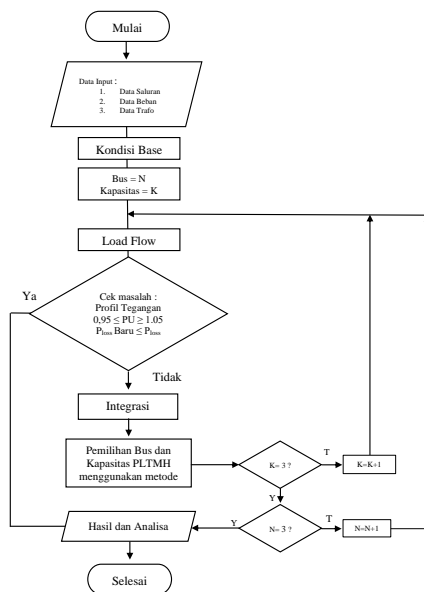
Gambar 3 Grafik Profil Tegangan pada Kondisi base case



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. HASIL DAN PEMBAHASAN

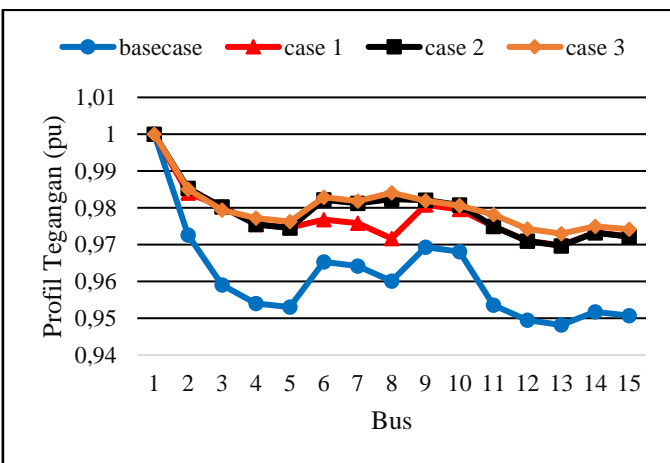
Percobaan pertama dilakukan pada sistem distribusi IEEE 15 bus menunjukkan hasil dari simulasi optimasi penempatan dan kapasitas DG, berikut hasil yang dapat disimpulkan untuk pemasangan kapasitas DG yang diterapkan pada sistem IEEE 15 Bus :

1. Pada kondisi existing losses adalah 53.63 kW dan tegangan minimum adalah 0.9482 pu pada bus 13 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 13 tegangan minimum 0.9697 pu.

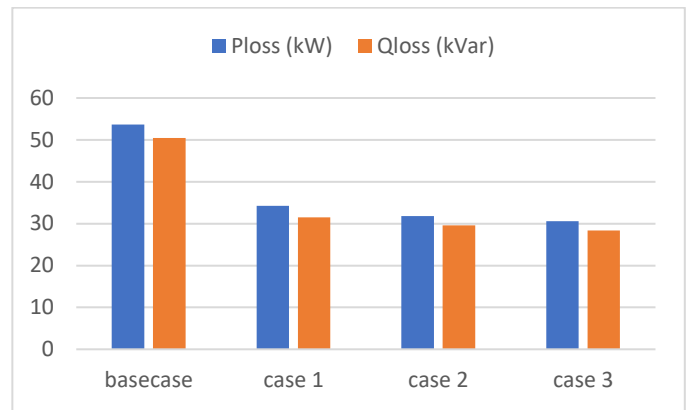
Menempatkan dua DG bersamaan menghasilkan pengurangan daya menjadi 30.57 kW dan pada bus 13 tegangan minimum 0.973 pu.

Tabel 2 Hasil simulasi dari data IEEE 15 Bus

case	letak bus	kapasitas (kW)	Total kapasitas (kW)	P Losses (kW)	Q Losses (kVar)
case 1	3	930.468	930.468	34.24	31.53
case 2	3	799.56	1034.28	31.79	29.58
	8	234.72			
case 3	4	388.45	957.39	30.57	28.35
	11	307.53			
	8	261.41			



Gambar 5 Grafik Profil Tegangan pada IEEE 15



Gambar 6 Grafik Hasil Losses pada IEEE 15

Membuat pemodelan single line diagram sistem kelistrikan 20 kV Bangil menggunakan software *ETAP Power Factory*, merupakan langkah awal dalam melakukan analisa. Dimana dalam pemodelan ini akan dimasukkan semua data-data teknik yang meliputi kapasitas, pembangkit, saluran, trafo step-up, trafo distribusi, dan beban.

Pada penelitian ini dilakukan optimasi penempatan dan kapasitas PLTMH pada jaringan distribusi Bangil, dimana setiap bus terjadi kenaikan dari beban awal dan profil tegangan harus bernilai 0,95 pu – 1,05 pu.

Penelitian ini dilakukan 3 case sebagai berikut:

1. Mengintegrasikan PLTMH pertama dengan daya yang sudah ditentukan dan posisi bus pertama yang sudah ditentukan.
2. Kemudian mengintegrasikan kapasitas PLTMH kedua yang di tentukan ke bus kedua yang sudah ditentukan.
3. Setelah itu mengintegrasikan kapasitas PLTMH ketiga yang di tentukan ke bus ketiga yang sudah ditentukan.

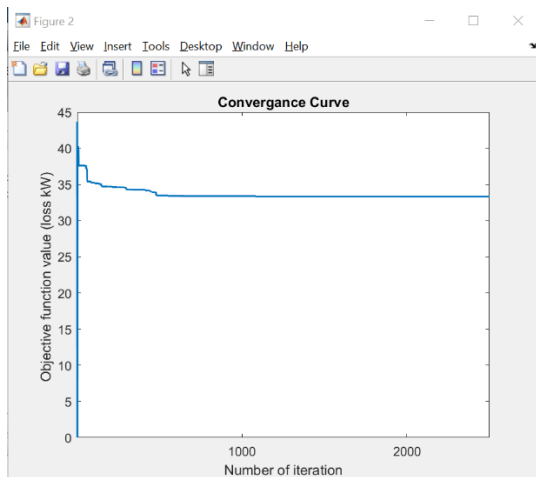
Simulasi ini dilakukan sebanyak 2500 iterasi untuk mendapatkan hasil yang optimal. Pencarian kapasitas PLTMH ditentukan dalam rentang 1 – 5000 kW. Hasil terbaik dari penentuan lokasi dan kapasitas PLTMH diindikasikan oleh rugi-rugi daya ( $P_{loss}$ ) terendah.

Pada kondisi *existing* setelah menjalankan *loadflow* dimana terdapat bus yang bermasalah yaitu jatuh tegangan berada di luar dari batasan yang telah di tentukan pada rumus 7 dan total losses pada kondisi ini yaitu 194,4kW.

##### A. Optimasi penempatan PLTMH menggunakan metode FPA

Pada tahapan ini dilakukan optimasi pemasangan PLTMH pada Bangil. Optimasi ini nantinya dilakukan pada bus beban dimana terdapat daya aktif (P) dan daya reaktif (Q). Dengan bertujuan untuk mengurangi rugi-rugi daya dan meningkatkan profil tegangan menggunakan metode FPA.

Berdasarkan *flowchart load flow* pada gambar 2 untuk menggambarkan tahapan optimasi pada jaringan distribusi Bangil. Integrasi PLTMH menggunakan Metode FPA pada dapat dilihat pada gambar 3.



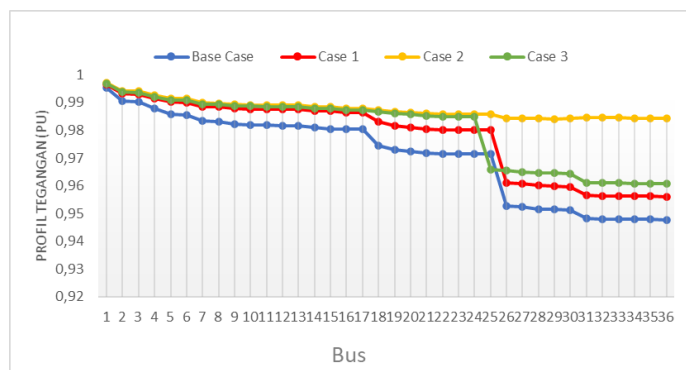
Gambar 7 Convergen Curve FPA

Tabel 3 Hasil penempatan dan kapasitas tiap case

Bus	Kapasitas PLTMH
	MW
12	1,374
31	2,077
20	0,483

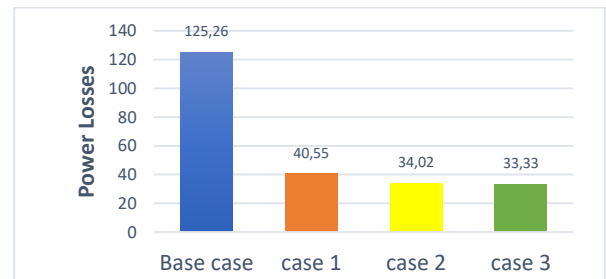
Setelah dilakukan optimasi menggunakan metode FPA didapat hasil dari penempatan dan kapasitas PLTMH tiap case yang terdapat pada tabel 3 dengan masing masing bus dan kapasitas tersebut kemudian Di simulasikan pada software ETAP Power Factory.

Dari hasil simulasi menunjukkan losses terendah didapatkan pada case 2 yaitu dengan integrasi PLTMH pada bus 30 dengan kapasitas 2,077mw. Berikut grafik perbandingan profil tegangan pada kondisi existing dan masing-masing case.



Gambar 8 Grafik Profil tegangan tiap case

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



Gambar 9 Grafik Power Losses tiap case

## V. KESIMPULAN

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

1. Dapat menurunkan total rugi-rugi daya aktif dari 194,4kw menjadi 110,7kw serta meningkatkan tegangan dari nilai terendahnya 0,9477 pu menjadi 0,9843 pu.
2. Hasil dari perbandingan kapasitas dan penempatan PLTMH yang ditentukan, penempatan PLTMH optimal terletak pada bus 31, dengan kapasitas 2,077mw.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. M. Wartana, "A multi-objective problems for optimal integration of the DG to the grid using the NSGA-II," *14th Int. Conf. QiR (Quality Res. QiR 2015 - conjunction with 4th Asian Symp. Mater. Process. ASMP 2015 Int. Conf. Sav. Energy Refrig. Air Cond. ICSERA 2015*, pp. 106–110, 2016, doi: 10.1109/QiR.2015.7374906.
- [2] K-ESDM, "Kepmen-esdm-143-Thn 2019 RUKN 2019." 2019.
- [3] T. Ackermann, G. Andersson, and L. Söder, "Distributed generation: A definition," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 57, no. 3, pp. 195–204, 2001, doi: 10.1016/S0378-7796(01)00101-8.
- [4] M. I. B. Fitrizawati, Suharyanto, "Pengaruh Pemasangan Distributed Generation terhadap Profil Tegangan pada jaringan Distribusi," vol. 13, no. 1, pp. 12–19, 2012.
- [5] J. Kariongan, "Optimasi Sistem Pembangkit Hybrid Pltmh Dan Menuju Desa Mandiri Energi Di Distrik Borme Borme- Propinsi Papua the Hybrid Pltmh and Plts Plant System Optimization in Improving Electrification Ratio and Directing To Energy Self-Sufficient Self Sufficien," 2018.
- [6] A. Gunawan, A. Oktafeni, and W. Khabzli, "Pemantauan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 10, no. 4, pp. 28–36, 2014, doi: 10.17529/jre.v10i4.1113.
- [7] G. Albaroka and W. Gatot, "Analisis Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Penyulang Barata Jaya Area Surabaya Selatan Menggunakan Software Etap 12 .6," *J. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 02, pp. 105–110, 2017,



- [Online]. Available: <https://jurnal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-teknik-elektro/article/view/19054/17399>
- [8] R. Rauf, "Konsep integrasi pembangkit berbasis energi terbarukan sebagai sistem mikrogrid di kabupaten pesisir selatan," no. 2, pp. 79–85, 2013
- [9] Suhadi, Teknik distribusi tenaga listrik untuk sekolah menengah kejuruan jilid 1. 2008. [Online]. Available: [https://mirror.unpad.ac.id/bse/Kurikulum\\_2006/10\\_SMK/Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1.pdf](https://mirror.unpad.ac.id/bse/Kurikulum_2006/10_SMK/Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1.pdf)
- [10] N. Putu, S. Utama, R. S. Hartati, W. G. Ariastina, and I. B. A. Swamardika, "A Placement and Sizing of Distributed Generation Based on Combines Sensitivity Factor and Particle Swarm Optimization : A Case Study in Bali ' s Power Transmission Networks," vol. 2, no. 2, pp. 20–24, 2017.
- [11] R. Syahputra and I. Soesanti, "Renewable energy systems based on micro-hydro and solar photovoltaic for rural areas: A case study in Yogyakarta, Indonesia," Energy Reports, vol. 7, pp. 472–490, 2021, doi: 10.1016/j.egy.2021.01.015.
- [12] kelas pintar, "Cara Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Air," [kelaspintar.id](https://www.kelaspintar.id/blog/inspirasi/cara-kerja-pembangkit-listrik-tenaga-air-13902/), 2021.
- [13] A. Abadi and . S., "Analisa Perbaikan Profil Tegangan Sistem Tenaga Listrik Sumbar Menggunakan Kapasitor Bank dan Tap Transformator," J. Nas. Tek. Elektro, vol. 4, no. 2, p. 158, 2015, doi: 10.25077/jnte.v4n2.145.2015.
- [14] B. A. Anggoro, S. B. Utomo, and I. Widihastuti, "Analisa Rugi-Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Saluran Transmisi 150 kV GI Pati Bay GI Jekulo Menggunakan ETAP 12.6.0," ElektriKa, vol. 12, no. 2, p. 80, 2020, doi: 10.26623/elektriKa.v12i2.2828.
- [15] S. Baqaruzi and A. Muhtar, "Analisis Jatuh Tegangan dan Rugi-rugi Akibat Pengaruh Penggunaan Distributed Generation Pada Sistem Distribusi Primer 20 KV," E-JOINT (Electronica Electr. J. Innov. Technol., vol. 1, no. 1, pp. 20–26, 2020, doi: 10.35970/e," E-JOINT (Electronica Electr. J. Innov. Technol., vol. 1, no. 1, pp. 20–26, 2020.
- [16] Ali Supriadi, "ANALISA ALIRAN DAYA PADA SISTEM TENAGA LISTRIK MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6," 2016, vol. 06, no. 3.
- [17] T. Hidayat, L. Mahfudz Hayusman, and R. Setiawan, "Integrasi Distributed Generation (Dg) Pada Sistem Distribusi 20 Kv Sebagai Upaya Mengurangi Losses Dan Meningkatkan Profil Tegangan," Ind. Inov. J. Tek. Ind., vol. 8, no. 2, pp. 22–26, 1970, doi: 10.36040/industri.v8i2.650.

## VI. BIODATA PENULIS

FOTO  
MAHA  
SISWA

Nama Muhammad Misbakhul Munir, Tempat tanggal lahir, Pasuruan 27 September 2001, Jawa Timur. Pada tahun 2007-2013 menempuh pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN Selotambak Kraton Kabupaten Pasuruan, pada tahun 2013-2016 melanjutkan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di MTS Sunan Ampel Kraton Kabupaten Pasuruan, pada tahun 2016-2019 melanjutkan sekolah di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Untung Surapati Pasuruan, dan pada tahun 2019 memulai pendidika Perguruan Tinggi Swasta (PTS) di Institut Teknologi Nasional Malang, Jawa Timur mengambil jurusan Teknik Elektro S-1 konsentrasi Energi Listrik.