

REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI 20KV PENYULANG BANDILAN DENGAN METODE *BINARY PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* (BPSO) BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)

Arfiyan Farich

Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : arfiyanf@gmail.com

Tri Wrahatnolo

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : triwrahatnolo@unesa.ac.id.

Abstrak

Daya listrik didistribusikan dari gardu induk ke gardu distribusi hingga konsumen. Permasalahan dalam penyaluran tenaga listrik yakni mengalami penurunan daya sehingga berakibat keandalan sistem berkurang. Salah satu faktor besarnya penurunan daya listrik pada sistem distribusi disebabkan penggunaan level tegangan yang lebih rendah. Penurunan daya yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik lebih tinggi dibanding pada sistem transmisi dengan porsi terbesar pada jaringan distribusi, nilai penurunan daya tersebut semakin besar seiring dengan kenaikan arus oleh tingginya beban.

Rekonfigurasi jaringan distribusi 20 kV pada penyulang Bandilan bertujuan untuk meminimalisir rugi daya serta perbaikan jatuh tegangan. Rekonfigurasi dilakukan dengan membuat model jaringan serta saluran-saluran baru menggunakan *Sistem Informasi Geografis* (SIG). Saluran-saluran baru yang membentuk loop jaringan dibuka kembali untuk mempertahankan struktur radial. Metode optimasi *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO) berfungsi untuk menentukan konfigurasi saluran yang dibuka.

Dari hasil penelitian, diperoleh gambaran kondisi asli jaringan distribusi penyulang Bandilan yakni rugi-rugi daya sebesar 46,754 kW dan nilai tegangan paling rendah sebesar 19,71kV pada transformator BE1512. Sebanyak empat saluran baru digunakan sebagai saluran rekonfigurasi yang terbagi untuk tiap *section* yakni WedoroPP, Makarya, Bandilan dan WedoroPPII. Hasil akhir rekonfigurasi untuk rugi-rugi daya sebesar 44,101 kW atau terjadi penurunan 5,67% dan untuk tegangan paling rendah pada transformator BE1512 19,73kV atau terjadi perbaikan 0,07%.

Kata Kunci: *Jaringan Distribusi, Rekonfigurasi, Binary Particle Swarm Optimization (BPSO), Sistem Informasi Geografis (SIG).*

Abstract

Electric power is distributed from substations to distribution substations until consumers. The problem in electricity distribution is experiencing a decrease in power which resulting reduced system reliability. One of the factors of decrease in the electric power distribution system due to the use of lower voltage levels. The decrease in electric power that occurs in the electric power distribution system is higher than the transmission system, which the largest portion is the distribution network. The value of the decrease in electric power is greater as the current increases by the high load.

Reconfiguration of the 20kV distribution network on Bandilan feeder aims to minimize power losses and repair voltage drops. Reconfiguration is done by modeling new networks and channels using the Geographic Information System (GIS). New channels form a network loop are reopened to maintain the radial structure. The Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) method used to determine open configured channel.

From the results, obtained an illustration original condition of the Bandilan feeder distribution network, that power losses is 46.754 kW and the lowest voltage value is 19.71kV on the BE1512 transformer. Four new channels are used as reconfiguration divided into each section WedoroPP, Makarya, Bandilan, and WedoroPPII. The final reconfiguration result for power losses are 44.101 kW or being decrease 5.67% and for the lowest voltage in the BE1512 transformer is 19.73kV or being an improvement 0.07%.

Keywords: *Distribution Network, Reconfiguration, Binary Particle Swarm Optimization (BPSO), Geographic Information Systems (GIS).*

PENDAHULUAN

Distribusi tenaga listrik merupakan bagian dari infrastruktur penyaluran daya yang mengambil sumber dari satu kesatuan, sirkuit transmisi tegangan tinggi dan

menyalurkannya ke konsumen. Jalur distribusi primer merupakan sirkuit tegangan menengah normalnya berkisar antara 600V sampai 35kV (Short, 2004). Daya listrik didistribusikan dari Gardu Induk ke gardu distribusi melalui penghantar baik berupa saluran udara atau kabel

bawah tanah. Sistem yang digunakan pada umumnya jaringan distribusi radial. Dalam penyaluran tenaga listrik banyak mengalami penurunan daya, sehingga mengakibatkan keandalan sistem berkurang. Salah satu faktor besarnya penurunan daya daya listrik pada jaringan distribusi juga disebabkan oleh penggunaan level tegangan yang lebih rendah pada sistem.

Penurunan daya yang terjadi di sepanjang jaringan dengan porsi 2% pada sistem transmisi dan 4% pada sistem distribusi. Dengan rincian sebesar 30% penurunan daya pada sistem distribusi terdapat pada saluran tegangan menengah (Clemence, et. al., 2013). Rayon rungkut merupakan salah satu wilayah pembebanan cukup tinggi di Surabaya. Berada di lingkup area pelayanan jaringan (APJ) Surabaya selatan. Jaringan distribusi Rungkut disuplai dari Gardu Induk Rungkut dengan kapasitas terpasang 5 transformator x 50MVA (PLN APD Surabaya, 2017). Beban yang tinggi mengakibatkan terjadinya rugi-rugi daya yang semakin besar. Penurunan daya merupakan kerugian dikarenakan ada selisih daya yang tidak bisa digunakan, sementara pengaruh turunnya nilai tegangan akan berdampak pada peralatan yang digunakan. Menurut Standart Perum Listrik Negara (SPLN) nomor 72 tahun 1987 turun tegangan dipersyaratkan maksimal 5% dari tegangan kerja.

Optimalisasi perlu dilakukan untuk meminimalisir permasalahan. Tujuan dari rekonfigurasi jaringan adalah untuk menemukan struktur operasi radial yang meminimalisir rugi daya dari sistem jaringan distribusi dalam kondisi kerja normal (Zhou, 2015:483). Dalam penelitian ini, metode yang digunakan yakni *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO) untuk rekonfigurasi jaringan dengan pembuatan saluran baru serta model jaringan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Data yang akan digunakan yakni data saluran dan data pembebanan jaringan distribusi tegangan menengah 20kV PT PLN (Persero).

KAJIAN TEORI

Rekonfigurasi Jaringan Distribusi

Rekonfigurasi adalah konfigurasi ulang atau penyusunan ulang dari jaringan distribusi. Rekonfigurasi dilakukan bisa berupa penyusunan saklar pemisah, pergantian penghantar ataupun pembuatan saluran baru. Model matematis digunakan untuk melaksanakan rekonfigurasi jaringan distribusi sebab persoalan yang dihadapi berupa analisis numerik. Terdapat dua model matematis yang bisa dipakai yakni arus cabang atau daya cabang (Zhou, 2015:484).

Penggunaan variabel arus

$$\min f = \sum_{l=1}^{NL} k_l R_l I_l^2 \quad l \in NL \quad (1)$$

Dengan kondisi:

- a) $k_l / I_l \leq I_{lmax} \quad l \in NL$
- b) $V_{min} \leq V_l \leq V_{imax} \quad i \in N$
- c) $G_i(I, k) = 0$
- d) $G_i(V, k) = 0 \varphi(k) = 0$

Keterangan:

- I_l = banyak arus pada cabang l
- R_l = resistansi cabang l

V_i = node/titik tegangan pada node/titik i

K_l = status topologi cabang ($k_l=1$ untuk kondisis tertutup, $k_l=0$ untuk kondisi terbuka)

N = kumpulan titik

NL = kumpulan cabang

Penggunaan variabel daya

$$\min f = \sum_{l=1}^{NL} k_l R_l \left(\frac{P_l^2 + Q_l^2}{V_l^2} \right) \quad l \in NL \quad (2)$$

Dengan kondisi:

- a) $k_l / P_l \leq P_{lmax} \quad l \in NL$
- b) $k_l / Q_l \leq Q_{lmax} \quad l \in NL$
- c) $V_{min} \leq V_i \leq V_{imax} \quad i \in N$
- d) $g_i(P, k) = 0$
- e) $g_i(Q, k) = 0$
- f) $g_i(V, k) = 0$
- g) $\varphi(k) = 0$

Keterangan

P_l = daya nyata pada cabang l

Q_l = daya reaktif pada cabang l

Binary Particle Swarm Optimization (BPSO)

Rekonfigurasi jaringan distribusi menggunakan PSO akan memudahkan pemecahan masalah dengan mulitujuan yang dihadapi. Untuk dapat menggunakan PSO dalam rekonfigurasi jaringan parameter-parameter perlu direpresentasikan. Terdapat dua representasi utama dalam rekonfigurasi jaringan distribusi yakni posisi dan kecepatan partikel serta Pbest dan Gbest (Atteya, et. al., 2017).

- a. Representasi posisi dan kecepatan partikel, Setiap individu partikel tersusun atas pasangan *tie switch* ($TS_1 \dots TS_n$) yang terbuka pada sistem radial. N menggambarkan ukuran partikel dimana ukuran partikel sama dengan banyaknya *tie switch*/cabang dalam sistem. posisi dari partikel X_{id} dituliskan berdasarkan *loop* cabang yang dibuat. Misal $X_{id} = [S_1, S_2, S_3, S_4, S_5]$
- b. Representasi Pbest dan Gbest, Dalam PSO nilai Pbest dan Gbest akan diperbarui dan disimpan dalam tiap iterasi sesuai fungsi objektif. *Pbest* menggambarkan konfigurasi yang mencapai nilai *fitness* terbaik (penurunan rugi daya) sementara *Gbest* akan memperoleh penurunan rugi daya terbaik untuk semua partikel dalam satu iterasi.

Algoritma BPSO digunakan untuk masalah optimasi yang bersifat diskrit dan pada dasarnya tergolong masalah optimasi kompleks. Sehingga perlu membuat partikel menjadi sedikit string dan membatasi kecepatan menjadi nilai pada interval [0 1]. Kecepatan didefinisikan sebagai probabilitas bit X_{id} (bit ke i dan d) untuk mencapai nilai 1. Untuk membatasi kecepatan fungsi transformasi pembatas berikut digunakan yakni menggunakan fungsi Sigmoid pada persamaan 3 (Zebua & Ginarsa, 2016).

$$S(V_{id}) = \frac{1}{(1+e^{-V_{id}})} \quad (3)$$

Rumus Iterasi untuk posisi partikel sesuai persamaan 4 berikut.

$$X_{id} = \begin{cases} 1, & \text{jika } rand() \leq S(V_{id}) \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (4)$$

Sistem Informasi Geografis

SIG merupakan salah satu bentuk khusus teknologi informasi yang mengintegrasikan data dan informasi dari berbagai sumber menjadi sebuah peta. SIG memiliki kemampuan untuk mengorganisasi, menganalisa, memvisualisasikan serta membagikan berbagai jenis data serta informasi dari beragam periode waktu maupun tingkat analisis yang berbeda (Campbell & Shin, 2012).

Dalam pemrosesannya serta analisis menggunakan SIG bentuk data yang umum digunakan yakni Data Spasial. Data Spasial akan menggambarkan kondisi nyata dari suatu wilayah dipermukaan bumi. Data spasial ini akan terdiri lagi menjadi dua macam yakni vector dan raster. Untuk model data vector permukaan bumi akan ditampilkan menggunakan garis-garis, titik-titik, kurva maupun polygon yang disimpan dalam koordinat keruangan dua dimensi (x,y). Sementara untuk model data raster gambaran permukaan bumi akan ditampilkan berupa kumpulan kotak-kotak atau disebut juga pixel yang memiliki nilai tertentu setiap nilai ini mewakili keterangan yang terdapat pada tiap pixel (Campbell & Shin, 2012).

Rekonfigurasi jaringan distribusi berbasis SIG setidaknya memerlukan data spasial berupa data geografis dari wilayah, data atribut yang berisi informasi peralatan-peralatan dalam sistem jaringan distribusi dan perangkat pengukur jarak yang terintegrasi dalam SIG.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian rekonfigurasi jaringan distribusi pendekatan penelitian yang akan digunakan yakni kuantitatif. Dalam jaringan distribusi peralatan penyusun baik berupa transformator maupun penghantar atau saluran memiliki parameter sistem. Parameter ini mempengaruhi aliran daya listrik yang mana dapat di analisis secara matematis menggunakan pendekatan kuantitatif

Teknik pengumpulan data merupakan metode yang digunakan untuk memperoleh data yang diperlukan untuk penelitian. Dalam penelitian ini menggunakan dua metode teknik pengumpulan data seperti berikut. (1) metode wawancara merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui tatap muka dan tanya jawab dengan narasumber. Melalui wawancara diperoleh beberapa informasi tentang konfigurasi dan aliran daya khususnya pada jaringan distribusi 20 kV penyulang Bandilan. (2) metode observasi yaitu pengamatan dan pencatatan langsung secara sistematis terhadap data yang dibutuhkan untuk penelitian. Dari observasi diperoleh berbagai data yang diperlukan, diantaranya:

- a. Data *single line diagram* Jaringan.
- b. Data beban Transformator.
- c. Data spesifikasi saluran yang digunakan.
- d. Data spesifikasi transformator terpasang.

e. Data kapasitas penyulang Bandilan.

Langkah-langkah penelitian adalah sebagai berikut.

1. Deskripsi data
Data yang disajikan mencakup jaringan distribusi 20kV pada penyulang Bandilan.
2. Mengidentifikasi data
Identifikasi data penyulang berisi nama dan kapasitas penyulang. Untuk data beban yakni transformator berisi nama, type, kapasitas, lokasi dan pembebanan. Untuk data saluran berisi diagram segaris jaringan distribusi dan spesifikasi saluran.
3. Mentabulasi data saluran distribusi
Data yang telah dikelompokkan disusun kedalam bentuk tabel. Data penyulang berisikan Penyulang Bandilan serta penyulang-penyulang lain yang terhubung dalam satu gardu induk. Data pembebanan berisikan daftar bus atau taransformator yang terhubung dalam jaringan distribusi penyulang Bandilan, bus ini diberi nomor dengan nomor paling kecil berada paling dekat dengan sumber penyulang dan nomor terbesar merupakan bus yang berada di ujung jaringan distribusi. Data saluran dari jaringan distribusi penyulang Bandilan berupa diagram segaris dibentuk menjadi tabel saluran-saluran yang menghubungkan antar bus atau transformator.
4. Membuat desain jaringan distribusi menggunakan SIG
Data saluran dari jaringan distribusi penyulang Bandilan yang berupa diagram segaris digambarkan kembali pada SIG menggunakan *software* ArcMap 10.5 sehingga diperoleh panjang dari tiap-tiap saluran yang dibuat. Dari panjang saluran ini dapat diketahui impedansi asli dari jaringan distribusi penyulang Bandilan. Waktu penyelesaian rata-rata dan akurasi simulasi BPSO dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Akurasi} = \frac{(\sum \text{hasil sesuai} - \sum \text{hasil error})}{\text{Total simulasi}} \times 100\% \quad (5)$$

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=0}^n t_i}{\text{Total simulasi}} \quad (6)$$

Keterangan

\bar{t} = Waktu rata-rata

t_i = Waktu simulasi ke-i

5. Simulasi aliran daya sebelum rekonfigurasi
Simulasi aliran daya dari jaringan distribusi penyulang Bandilan untuk memperoleh data tegangan pada bus, daya yang melewati tiap saluran dan rugi-rugi daya yang terjadi pada saluran.
6. Membuat perencanaan saluran baru untuk rekonfigurasi jaringan distribusi
Saluran baru dibuat sesuai *section* yang terdapat pada jaringan distribusi penyulang Bandilan dengan menghubungkan dua titik bus dalam model yang sebelumnya dibuat dengan SIG. Model perencanaan saluran baru yang dibuat dihubungkan ke dalam

jaringan distribusi penyulang Bandilan sehingga membentuk *loop* saluran atau saluran tertutup.

7. *Binary Particle Swarm Optimization*

Algoritma BPSO menentukan saluran yang dibuka kembali dari *loop* saluran yang dibuat untuk mempertahankan struktur radial dari jaringan distribusi penyulang Bandilan.

8. Membandingkan hasil konfigurasi dari model-model Hasil saluran baru yang dibuat dibandingkan dengan sebelum dilakukan rekonfigurasi. Untuk mengetahui perbaikan tegangan minimal dan penurunan rugi-rugi daya total yang terjadi menggunakan persamaan berikut.

$$\Delta V_{min} = V_{min\ sesudah} - V_{min\ sebelum} \quad (7)$$

$$V_{min}(\%) = \frac{\Delta V_{min}}{V_{min\ sebelum}} \times 100\% \quad (8)$$

$$\Delta P_{loss} = P_{loss\ sesudah} - P_{loss\ sebelum} \quad (9)$$

$$P_{loss}(\%) = \frac{\Delta P_{loss}}{P_{loss\ sebelum}} \times 100\% \quad (10)$$

Keterangan

ΔV_{min} = Selisih tegangan paling rendah

V_{min} = Tegangan paling rendah

ΔP_{loss} = Selisih rugi-rugi daya

P_{loss} = Rugi-rugi daya

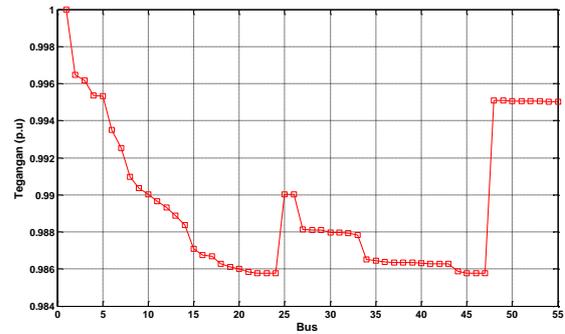
9. Menentukan model konfigurasi akhir jaringan distribusi penyulang Bandilan.

Konfigurasi baru dipilih berdasar penurunan daya terbaik untuk tiap *section* yang ada. Saluran baru mensubtitusi saluran lama yang terpilih untuk dibuka dan dsimulasikan aliran daya kembali sehingga diperoleh hasil akhir tegangan bus dan rugi daya sesudah rekonfigurasi.

Teknik analisis data yang digunakan adalah membandingkan panjang dari saluran baru dengan saluran lama yang dibuka hasil dari simulasi rekonfigurasi menggunakan metode BPSO. Serta membandingkan nilai rugi-rugi daya dan tegangan pada bus atau transformator dari simulasi aliran daya sebelum dan sesudah dilakukan rekonfigurasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari simulasi aliran daya sebelum rekonfigurasi seperti pada Gambar 1 Pada grafik terlihat tegangan bus yang letaknya di ujung semakin mengecil. Hal ini seperti diketahui merupakan *drop voltage* yang terjadi pada saluran panjang. Tegangan paling rendah dalam jaringan terdapat pada bus nomor 47 (BE 1512) sebesar 19,715 kV (0,9858 p.u). Nilai total rugi daya awal yakni 46,754 kW.



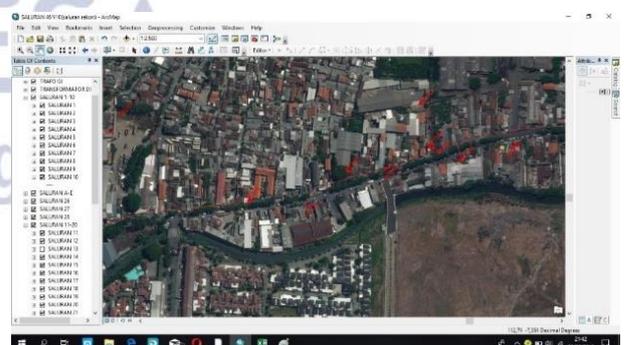
Gambar 1 Grafik tegangan (p.u) pada tiap bus

Model saluran baru untuk *section* WedoroPP yang dibuat menggunakan SIG menghubungkan transformator BE264 hingga BE258 melewati saluran yang ada dengan panjang total 417,7 meter seperti pada Gambar 2 berikut.



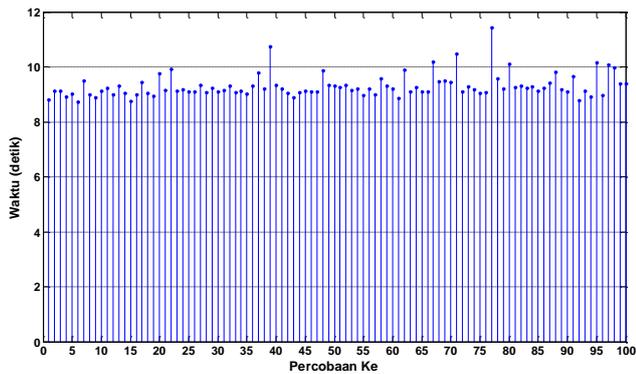
Gambar 2 Saluran BE264-BE258

Hasil simulasi BPSO *section* WedoroPP menunjukkan saluran terpilih yang dibuka adalah saluran nomor 13 yang menghubungkan transformator BE932 dengan BE264 saluran ini digantikan oleh saluran baru BE264-BE258 dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3 Tampilan SIG Saluran BE932-BE264 yang dibuka

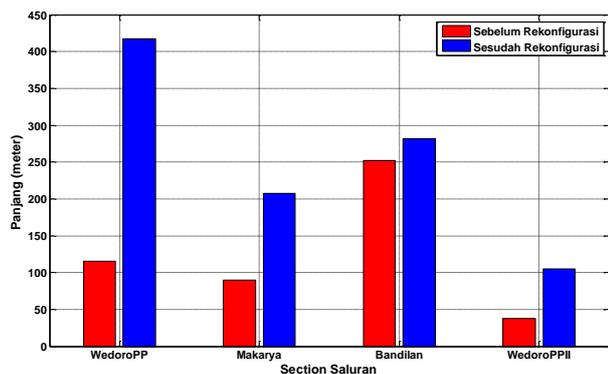
Hasil waktu penyelesaian simulasi untuk 100 percobaan yang dilakukan pada saluran perencanaan BE264-BE258 seperti terlihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4 Grafik Waktu Simulasi Saluran BE264-BE258

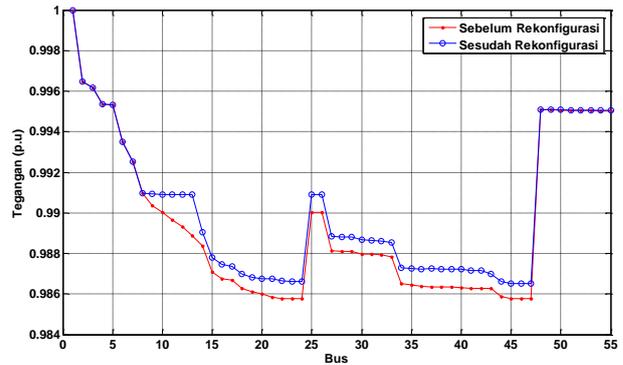
Tingkat akurasi simulasi dari saluran perencanaan BE264-BE258 menggunakan persamaan 5 dari 100 percobaan hasil menunjukkan nilai sesuai sebanyak 100 kali, untuk kesalahan atau simpangan tidak terjadi sehingga tingkat akurasi yang diperoleh sebesar 100%. Untuk waktu penyelesaian simulasi dari 100 percobaan total waktu selama 930 detik, menggunakan persamaan 6 waktu penyelesaian rata-rata untuk tiap percobaan yakni 9,3 detik.

Total sebanyak empat model saluran baru yang digunakan untuk rekonfigurasi jaringan distribusi penyulang Bandilan yang terbagi setiap *section* yang ada. Hasil Perbandingan panjang saluran baru terhadap saluran lama dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5 Grafik Perbandingan Panjang Saluran Sebelum dan Sesudah Rekonfigurasi

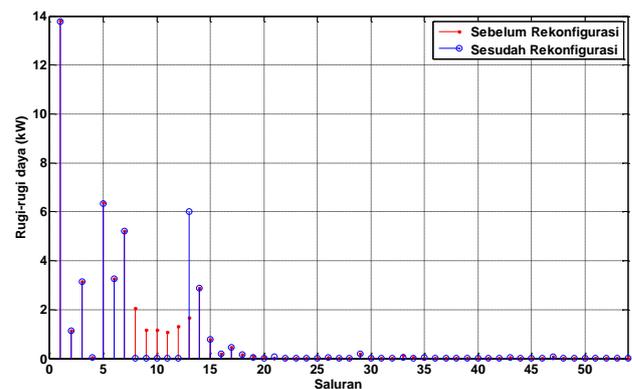
Dari empat model saluran baru simulasi aliran daya kembali dijalankan untuk memperoleh gambaran kinerja jaringan distribusi penyulang Bandilan sesudah dilakukan rekonfigurasi. Hasil simulasi untuk nilai tegangan pada bus atau transformator dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6 Grafik Tegangan (p.u) Sebelum dan Sesudah Rekonfigurasi

Tegangan paling rendah terdapat pada bus BE1512 yakni 19,71 kV jika dibandingkan dengan sebelum rekonfigurasi dihitung menggunakan persamaan 7 selisih tegangan adalah 0,0149 kV. Persentase perbaikan untuk tegangan paling rendah dihitung menggunakan persamaan 8 yakni 0,075%.

Hasil simulasi aliran daya untuk nilai rugi-rugi pada tiap saluran terlihat terjadi penurunan rugi-rugi daya yang cukup tinggi pada saluran nomor 8 sampai 12 sementara saluran nomor 13 mengalami peningkatan rugi-rugi daya seperti pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7 Rugi-rugi Saluran Sebelum dan Sesudah Rekonfigurasi

Nilai rugi-rugi daya total untuk keseluruhan saluran setelah rekonfigurasi jaringan distribusi penyulang Bandilan yakni 44,101 kW. Jika dibandingkan sebelum direkonfigurasi menggunakan persamaan 9 diperoleh selisih daya 2,653 kW. Pada hasil perhitungan selisih daya bernilai negatif menunjukkan penurunan dari rugi-rugi daya. Persentase penurunan rugi-rugi daya dihitung menggunakan persamaan 10 adalah sebesar 5,675%.

Perbandingan hasil-hasil diperlukan untuk analisis kondisi jaringan distribusi penyulang Bandilan. Analisis awal digunakan untuk memperoleh gambaran asli jaringan. Permasalahan yang muncul adalah diperlukan

data panjang saluran untuk mengetahui impedansi asli saluran. Dari simulasi Sistem Informasi Geografis (SIG) panjang saluran asli dapat diketahui sebab SIG mampu untuk menggambarkan kembali jaringan distribusi penyulang Bandilan pada peta asli wilayah.

Pada simulasi aliran daya yang dijalankan di *software* Matlab 14, *toolbox* tambahan yakni MatPower 6 menggunakan *setting* pendekatan *Newton Rapshon* sebanyak 54 buah saluran dan 55 buah bus dari jaringan distribusi penyulang Bandilan diperoleh hasil yang konvergen tanpa terjadi error. Hasil yang diperoleh yakni rugi daya total sebesar 46,754 kW dan tegangan paling rendah sebesar 19,71 kV. Saluran baru untuk rekonfigurasi dibuat berdasarkan model jaringan pada SIG dan hasil simulasi aliran daya awal. Saluran baru yang dibuat menghubungkan dua titik transformator dan terbagi atas *section-section* yang ada yakni *section* Wedoro PP terdiri atas saluran BE264-B258 sepanjang 417,7 meter, *section* Makarya terdiri atas saluran saluran ME115-BE1132 sepanjang 207,6 meter, *section* Bandilan terdiri atas saluran saluran ME061-BE325 sepanjang 281,5 meter dan *section* WedoroPPII terdiri atas saluran BE1307-BE1224 sepanjang 104,8 meter. Selanjutnya Metode BPSO digunakan untuk menentukan saluran yang dibuka untuk mempertahankan struktur radial dari jaringan. Dalam kajian teori diketahui jika salah satu keunggulan dari BPSO yakni kecepatan waktu penyelesaian untuk pengambilan keputusan. Dari tiap-tiap model saluran baru dengan menjalankan sebanyak 100 kali simulasi secara berturut-turut, kemampuan BPSO cukup baik dengan waktu penyelesaian rata-rata 8-10 detik dan tingkat akurasi 100%.

Hasil dari simulasi BPSO saluran baru menggantikan saluran lama yakni *section* Wedoro PP saluran BE264-BE258 menggantikan saluran BE932-BE264, *section* Makarya saluran ME115-BE1132 menggantikan saluran ME112-ME1051, *section* Bandilan saluran ME061-BE325 menggantikan saluran BE1429-ME061 dan *section* WedoroPPII saluran BE1307-BE1224 menggantikan saluran BE250-BE1307. Saluran rekonfigurasi selanjutnya disimulasikan aliran daya kembali. Hasil akhir yang diperoleh yakni 44,101 kW atau terjadi penurunan 5,67% yakni dari sebelumnya 46,754 kW untuk nilai tegangan paling rendah terdapat pada bus BE1512 sebesar 19,73 kV atau terjadi perbaikan 0,07% dari sebelumnya 19,71 kV. Dari hasil yang diperoleh baik sebelum dan sesudah rekonfigurasi dilakukan cukup menggambarkan kondisi asli dari jaringan distribusi penyulang Bandilan, perbedaan hasil simulasi dikarenakan akurasi alat atau *software* yang berbeda, faktor alam, *human error*, metode aliran daya dan lain sebagainya.

PENUTUP

Simpulan

Perhitungan dilakukan dengan membuat model jaringan distribusi 20kV penyulang Bandilan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) kemudian dijalankan simulasi menggunakan *software* Matlab diperoleh hasil rugi daya total sebesar 46,754 kW dan tegangan bus paling rendah sebesar 19,7151 kV pada bus BE1512.

Saluran baru yang dibuat menggunakan model jaringan pada Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan pemilihan titik awal bus berdasarkan besar beban serta jatuh tegangan dan titik tujuan merupakan bus dengan jatuh tegangan lebih rendah dengan pertimbangan batasan *section* pada jaringan distribusi 20kV penyulang Bandilan yaitu, *Section* WedoroPP saluran menghubungkan bus BE264 ke bus BE258 sepanjang 417,7 meter, *Section* Makarya saluran menghubungkan bus ME115 ke bus BE1132 sepanjang 207,6 meter, *Section* Bandilan saluran menghubungkan bus ME061 ke bus BE325 sepanjang 281,5 meter dan *Section* WedoroPPII saluran menghubungkan bus BE1307 ke bus BE1224 sepanjang 104,8 meter.

Sesudah dilakukan rekonfigurasi menggunakan metode *Binary Particle Swarm Optimization*, nilai rugi daya total sebesar 44,101 kW atau terjadi penurunan 5,67% yakni dari sebelumnya 46,754 kW untuk nilai tegangan paling rendah terdapat pada bus BE1512 sebesar 19,73 kV atau terjadi perbaikan 0,07% dari sebelumnya 19,71 kV.

Saran

Penelitian lebih lanjut berkaitan rekonfigurasi dapat dilakukan dengan membuat model saluran antar *section* sehingga potensi penurunan daya yang diperoleh dapat maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Atteya, I. I., Ashour, H. A., Fahmi, N. & Strickland, D., 2017. "Distribution Network Reconfiguration in Smart Grid System Using Modified Particle Swarm Optimization". Makalah disajikan dalam 24th International Conference & Exhibition on Electric Distribution (CIRED), Birmingham, 12-15 June 2017, pp. 2505-2508.
- Clemence, M., Coccioni, R. & Glatigny, A., 2013. How Utility Electrical Distribution Networks Can Save Energy in the Smart Grid Era. (Online), (http://www.schneiderelectric.com/eg/en/download/document/998-2095-11-25-13AR0_EN/ diunduh pada tanggal 20 April 2017 pukul 19.00 WIB)
- Dirjen Ketenagalistrikan, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2017. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (PERSERO) 2017-2026. (Online), (<http://www.djk.esdm.go.id/index.php/rencana-ketenagalistrikan/ruptl-pln> diakses pada tanggal 15 Juli 2017 pukul 18.30 WIB)
- Campbell, J. E. and Shin, M., 2012. *Geographic Information System Basic*. 1st Edition. (Online), (<https://open.umn.edu/opentextbooks/textbooks/esentials-of-geographic-information-systems> diunduh pada tanggal 20 Mei 2017 pukul 18.00 WIB)
- Kadir, A., 2000. *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- PT PLN Persero Area Pelayanan Distribusi Surabaya (APD), 2017. Data Pembebanan Gardu Induk Distribusi.

- Short, T. A., 2004. *Electric Power Distribution Handbook*. 2nd Edition. Boca Raton, Florida: CRC PRESS.
- Zebua, O. dan Ginarsa, I. M., 2016. “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Untuk Meminimisasi Rugi-Rugi Pada Penyulang Kabut di Gardu Induk Teluk Bitung Menggunakan Metode Binary Particle Swarm Optimization (BPSO)”. *Jurnal ISSN*, Vol. 5: hal. 2302-2409.
- Zhou, J., 2015. *Optimization of Power System Operation*. 2 ed. New Jersey: Wiley.

