

# REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI DAYA LISTRIK PADA PENYULANG PAKUSARI UNTUK MENGURANGI RUGI-RUGI DAYA DENGAN METODE *ANT COLONY OPTIMIZATION (ACO)*

(*POWER DISTRIBUTION NETWORK RECONFIGURATION ON PAKUSARI FEEDER TO REDUCE POWER LOSSES USING ANT COLONY OPTIMIZATION (ACO) METHODE*)

Dana Dwi Yanuarta, Suprihadi Prasetyono, Azmi Saleh  
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember (UNEJ)  
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121  
E-mail: [shabri\\_prasetyo@yahoo.com](mailto:shabri_prasetyo@yahoo.com)

## Abstrak

Pada penelitian ini dijelaskan solusi meminimalkan rugi-rugi daya listrik pada jaringan distribusi yaitu dengan cara merekonfigurasi penyulang yang berpedoman bahwa semakin pendek konduktor yang digunakan, maka rugi-rugi daya yang terjadi akan semakin minimal. Rekonfigurasi dilakukan dengan cara menambahkan cabang baru yang dapat menggantikan cabang lama yang terlalu panjang. Metode optimasi yang digunakan adalah metode *Ant Colony Optimization (ACO)* yang dijalankan pada program matlab. Metode ini mempelajari perilaku semut pada dunia nyata yang berjalan dari sarang menuju makanan. Pada awalnya beberapa semut berjalan secara acak mencari makanan sambil meninggalkan jejak *pheromone*, salah satu semut tidak sengaja menemukan jalur terpendek menuju makanan. Jalur terpendek lebih sering dilalui dari pada jalur yang lebih panjang, sehingga memiliki intensitas lebih besar. Akibatnya semut-semut lain mengikuti jalur terpendek tersebut.

**Kata Kunci:** jaringan distribusi, optimasi, *pheromone*, rekonfigurasi.

## Abstract

*This paper describes solution to minimize losses of electrical power on the distribution network by feeders reconfiguration are guided by that the short- conductor used, the power loss happens will be more at least. Reconfiguring done by adding new branch that can replace the old branch is too long. Optimization methods is Ant Colony Optimization (ACO). The model is developed and applied in the MATLAB, based on the mathematical and electrical models developed for the proposed system. This method study the behavior of real ants on the world that runs of the nest to the food. At first few ants running at random search for food while leaving traces of pheromone, one of the ants do not stumbled across the shortest path towards the food. Shortest path more often passed than the path a longer, so it has greater pheromone intensity. As a result ants other follow the shortest path.*

**Keywords:** distribution network, optimization, *pheromone*, reconfiguration.

## PENDAHULUAN

Tenaga listrik merupakan salah satu infrastruktur yang menyangkut hajat hidup orang banyak. Oleh karena itu penyediaan tenaga listrik harus dapat menjamin tersedianya dalam jumlah yang cukup, harga yang wajar dan mutu yang baik. Penyediaan tenaga listrik harus memperhatikan efisiensi daya listrik di jaringan distribusi. Efisiensi daya listrik di jaringan distribusi yang tinggi akan menguntungkan karena menurunkan susut daya listrik (*losses*) di jaringan dan juga menguntungkan pelanggan karena semakin banyak calon pelanggan yang akan dapat teraliri daya listrik. Efisiensi energi listrik pada suatu sistem kelistrikan sangat dipengaruhi oleh adanya rugi-rugi (susut daya listrik) yang terjadi baik disisi pembangkitan,

penyaluran ataupun pendistribusian melalui suatu jaringan distribusi.

Dalam kenyataannya, adanya susut daya listrik pada penyediaan energi listrik adalah sesuatu yang tidak bisa dihindarkan. Meski demikian susut energi yang terjadi dalam proses penyaluran dan distribusi energi listrik merupakan suatu pemborosan energi apabila tidak dikendalikan secara optimal. Untuk itu diperlukan suatu tindakan untuk mengurangi rugi-rugi daya pada saluran sehingga dapat mengatasi jika sewaktu-waktu terjadi kelebihan beban (*over loading*) pada jaringan distribusi listrik. Tindakan ini biasa disebut rekonfigurasi jaringan. Rekonfigurasi jaringan distribusi yaitu mengatur ulang konfigurasi jaringan dengan jalan membuka dan menutup switch yang terdapat pada jaringan distribusi, dan bisa

dilakukan dengan cara penggantian konduktor untuk mengurangi rugi-rugi daya pada jaringan distribusi dan atau untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi sehingga efisiensi daya listrik yang disalurkan meningkat dan konsumen dapat dilayani dengan baik.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, peneliti merasa penting untuk melakukan penelitian dengan judul “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Daya Listrik pada Penyulang Pakusari untuk Mengurangi Rugi-Rugi Daya dengan Metode *Ant Colony Optimization* (ACO)”.

### TINJAUAN PUSTAKA

Jaring sistem tenaga dalam mekanisme aliran daya secara umum didefinisikan oleh matriks admitansi bus. Matriks ini merupakan relasi suatu sistem bus n, dan diperoleh dengan menerapkan *Kirchhoff Current Law* (KCL) untuk bus-bus sistem dalam jaring sistem tenaga yang disebut persamaan *node-voltage*. [1]

Persamaan *node-voltage* dalam bentuk matriks ditampilkan pada persamaan (1)

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_i \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1i} & \dots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2i} & \dots & Y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{i1} & Y_{i2} & \dots & Y_{ii} & \dots & Y_{in} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & Y_{ni} & \dots & Y_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_i \\ \vdots \\ V_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

Agar mendapatkan fungsi objektif, metode aliran daya digunakan dalam tugas akhir ini. Metode aliran daya menggunakan pendekatan Newton-Raphson untuk memecahkan permasalahan ini. Dalam metode pendekatan ini, magnitude daya kompleks pada bus i ditampilkan pada persamaan (2).

$$P_i + jQ_i = V_i I_i^* \quad (2)$$

dimana:

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (3)$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (4)$$

Bentuk Linear dari persamaan (3) dan (4) dapat direpresentasikan oleh deret Taylor. Sehingga persamaan aliran daya dapat direpresentasikan dalam bentuk matriks Jacobian sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta P_n^{(k)} \\ \Delta Q_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta Q_n^{(k)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial |V_n|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta \delta_n^{(k)} \\ \Delta |V_2^{(k)}| \\ \vdots \\ \Delta |V_n^{(k)}| \end{bmatrix}$$

(5)

atau dalam bentuk sederhana adalah,

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \quad (6)$$

Fungsi objektif yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah hasil dari perhitungan aliran daya. Fungsi objektif (z) untuk permasalahan rekonfigurasi dalam sistem distribusi tenaga listrik diberikan oleh persamaan berikut :

$$z = \sum P_{loss} \quad (7)$$

Rekonfigurasi jaringan (*Network Reconfiguration*) merupakan suatu usaha merubah bentuk konfigurasi jaringan distribusi dengan mengoperasikan pensakelaran terkontrol jarak jauh (*switching remotely controlled*) pada jaringan distribusi tanpa menimbulkan akibat yang beresiko pada operasi dan bentuk sistem jaringan distribusi secara keseluruhan.[2]

### Algoritma Semut

Semut mampu mengindera lingkungannya yang kompleks untuk mencari makanan dan kemudian kembali ke sarangnya dengan meninggalkan zat *pheromone* pada jalur-jalur yang mereka lalui. *Pheromone* adalah zat kimia yang berasal dari kelenjar endokrin dan digunakan oleh makhluk hidup untuk mengenali sesama jenis, individu lain, kelompok, dan untuk membantu proses reproduksi. Berbeda dengan hormon, *pheromone* menyebar ke luar tubuh dapat mempengaruhi dan dikenali oleh individu lain yang sejenis (satu spesies). Proses peninggalan *pheromone* ini dikenal sebagai *stigmergy*, sebuah proses memodifikasi lingkungan yang tidak hanya bertujuan untuk mengingat jalan pulang ke sarang, tetapi juga memungkinkan para semut berkomunikasi dengan koloninya. Seiring waktu, bagaimanapun juga jejak *pheromone* akan menguap dan akan mengurangi kekuatan daya tariknya. Lebih sering seekor semut pulang pergi melalui jalur tersebut, lebih lama jugalah *pheromone* menguap.[3]

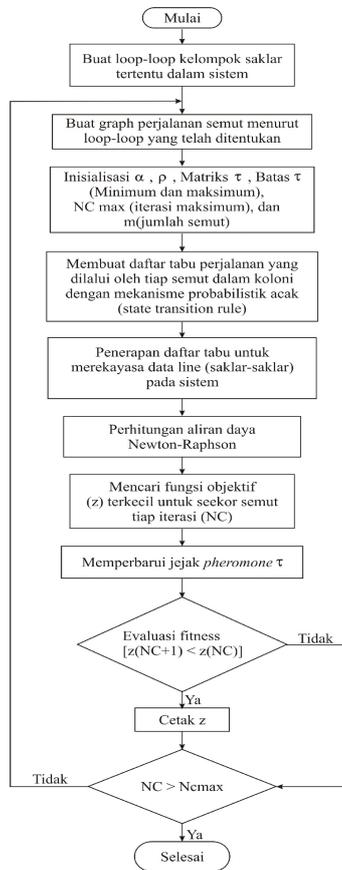
### METODE PENELITIAN

Rekonfigurasi dengan metode ACO dilakukan dalam tahap-tahap tertentu yang ditampilkan pada diagram alir pada gambar 1.

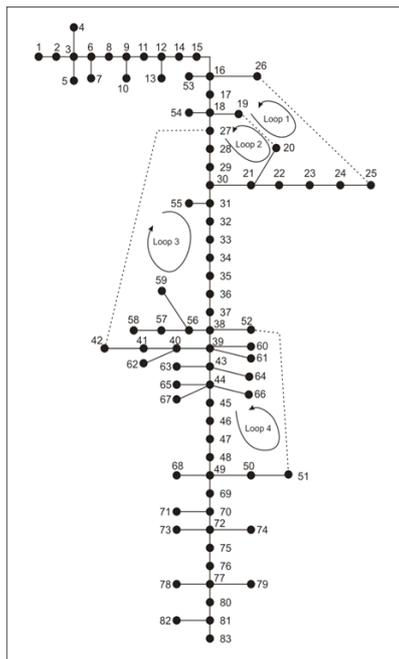
Penyulang yang akan direkonfigurasi ditambah beberapa cabang baru, sehingga merubah bentuk jaringan radial menjadi beberapa loop. Penempatan cabang baru didasarkan pada letak geografis yang ditampilkan pada gambar 2.

Loop yang terbentuk akan memudahkan proses rekonfigurasi, karena dengan demikian dapat diketahui bagian-bagian yang nantinya akan mengalami perubahan.

Pada gambar 2 dapat dilihat bahwa dengan penambahan 4 cabang baru menghasilkan 4 loop pada beberapa bagian. Setiap Loop terdiri dari beberapa switch. Pengelompokan switch pada masing-masing loop secara lengkap dapat dilihat pada tabel 1.



Gambar 1. Diagram alir program



Gambar 2. Loop yang terbentuk pada penyulang Pakusari

Tabel 1. Pengelompokan switch berdasarkan loop

|        | Loop 1 | Loop 2 | Loop 3 | Loop 4 |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| switch | 16     | 27     | 32     | 45     |
|        | 17     | 28     | 33     | 46     |
|        | 18     | 29     | 34     | 47     |
|        | 19     | 30     | 35     | 48     |
|        | 20     | 31     | 36     | 49     |
|        | 21     |        | 37     | 50     |
|        | 22     |        | 38     | 51     |
|        | 23     |        | 39     | 52     |
|        | 24     |        | 40     | 53     |
|        | 25     |        | 41     | 54     |
|        | 26     |        | 42     | 55     |
|        |        |        | 43     |        |
|        |        |        | 44     |        |

Dalam setiap loop, switch tersebut dalam keadaan *normally closed* dan 1 switch dalam keadaan *normally open*. Misalkan pada loop 1 setelah proses rekonfigurasi switch 20 *open*, maka switch lainnya harus *closed*. Begitu juga pada loop lainnya. Dengan demikian bentuk jaringan tetap radial dan masing-masing trafo tetap terhubung satu dengan lainnya.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2 berisi data pembebanan tiap trafo pada penyulang pakusari pada tahun 2012. Pembebanan tiap node diubah dalam pembebanan aktif-reaktif dengan faktor daya sebesar 0,85.

Besar resistansi dan reaktansi tiap cabang yang terpasang pada jaringan penyulang Pakusari ditampilkan pada Tabel 3.

Setelah data terkumpul, dilakukan analisis aliran daya menggunakan metode Newton-Raphson, dapat diketahui besar aliran daya tiap cabang dan rugi-rugi daya aktif dan reaktif yang terjadi pada proses pendistribusian energi listrik pada penyulang Pakusari, dari hasil penyelesaian aliran daya menggunakan metode Newton-Raphson pada beberapa node ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 2. Data pembebanan penyulang Pakusari tahun 2012

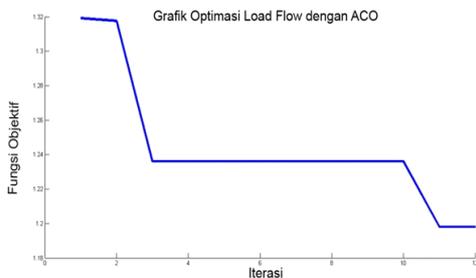
| Node | Kode Trafo | Daya Trafo (kVA) | Besar Pembebanan |       |        |
|------|------------|------------------|------------------|-------|--------|
|      |            |                  | (MVA)            | (MW)  | (MVar) |
| 1    | GI-3       | 60000            | 0                | 0     | 0      |
| 2    | GA 431     | 100              | 0,028            | 0,024 | 0,014  |
| 3    | GA 120     | 250              | 0,238            | 0,202 | 0,125  |
| 4    | GA 129     | 160              | 0,135            | 0,115 | 0,071  |
| 5    | GA 179     | 25               | 0,012            | 0,010 | 0,006  |
| ⋮    | ⋮          | ⋮                | ⋮                | ⋮     | ⋮      |
| 83   | GC 038     | 160              | 0,086            | 0,073 | 0,045  |

Tabel 3. Besar impedansi cabang

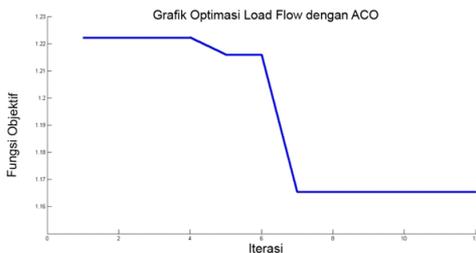
| Switch | Node |    | Impedansi               |                        |
|--------|------|----|-------------------------|------------------------|
|        | Dari | Ke | Resistansi ( $\Omega$ ) | Reaktansi ( $\Omega$ ) |
| 1      | 1    | 2  | 0,222                   | 0,226                  |
| 2      | 2    | 3  | 0,063                   | 0,057                  |
| 3      | 3    | 4  | 0,177                   | 0,079                  |
| 4      | 3    | 5  | 0,301                   | 0,132                  |
| :      | :    | :  | :                       | :                      |
| 86     | 81   | 83 | 0,310                   | 0,371                  |

**Tabel 4.** Aliran daya dan rugi-rugi daya sebelum rekonfigurasi

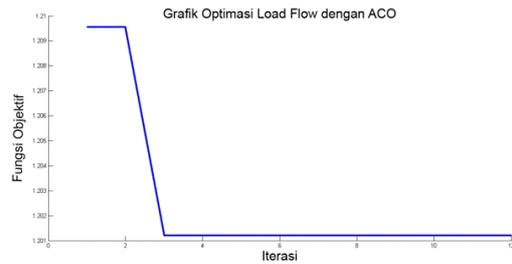
| Node  | Dari | Ke      | Aliran Daya |        | Rugi-rugi |        |
|-------|------|---------|-------------|--------|-----------|--------|
|       |      |         | (MW)        | (MVar) | (MW)      | (MVar) |
| 1     | 2    | 4,9348  | 3,0967      | 0,1256 | 0,1278    |        |
| 2     | 1    | -4.8092 | -2.9689     | 0,0353 | 0,0319    |        |
| 2     | 3    | 4,7640  | 2,9880      | 0,0001 | 0,0000    |        |
| 3     | 2    | -4.7287 | -2.9561     | :      | :         |        |
| 3     | 4    | 0,1109  | 0,0677      | :      | :         |        |
| 4     | 3    | -0.1108 | -0.0677     | :      | :         |        |
| :     | :    | :       | :           | :      | :         |        |
| 81    | 83   | 0.0256  | 0.0231      | 0,0000 | 0,0000    |        |
| 83    | 81   | -0.0256 | -0.0231     | 1,4322 | 1,4654    |        |
| Total |      |         |             |        |           |        |



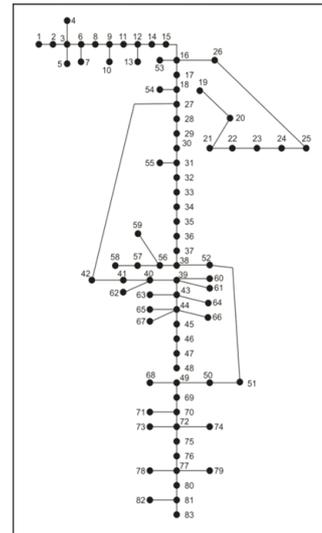
**Gambar 3.** Hasil optimasi *load flow* metode ACO dengan 5 semut



**Gambar 4.** Hasil optimasi *load flow* dengan ACO dengan 10 semut



**Gambar 5.** Hasil optimasi *load flow* metode ACO dengan 15 semut



**Gambar 6.** Single line hasil rekonfigurasi

Hasil dari analisis aliran daya, dapat diketahui nilai rugi-rugi daya saluran, sehingga dilakukan rekonfigurasi dengan metode ACO untuk mengurangi nilai rugi-rugi daya tersebut. Di bawah ini terlihat grafik optimasi metode ACO dengan variasi jumlah semut yang digunakan.

Dari hasil gambar 3-5 dapat dilihat bahwa jumlah semut mempengaruhi kecepatan perhitungan. Dengan 5 semut, nilai optimal dicapai pada iterasi ke-11, dengan 10 semut dicapai pada iterasi ke-8, dan dengan 15 semut dicapai pada iterasi ke-3. Tetapi, semakin banyak semut yang digunakan, perhitungan tiap iterasi membutuhkan waktu semakin lama, sehingga walaupun dengan semut 15 nilai optimal dicapai pada iterasi ke-3, perhitungannya memerlukan waktu yang lama. Oleh karena itu pada penelitian ini digunakan semut sebanyak 10.

Rekonfigurasi menyebabkan bentuk penyulang berubah dari kondisi awal, karena ada beberapa saklar yang sebelumnya terbuka menjadi tertutup, dan saklar yang sebelumnya tertutup menjadi terbuka. Gambar 6 menunjukkan kondisi penyulang yang telah direkonfigurasi.

Hasil terbaik rekonfigurasi tiap saluran dengan menggunakan ACO diujicobakan pada aliran daya Newton-Raphson sehingga didapatkan nilai-nilai aliran daya dan rugi-rugi daya tiap cabang. Hasil aliran daya dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 5.** Aliran daya dan rugi-rugi saluran setelah rekonfigurasi

| Node         |    | Aliran Daya |         | Rugi-rugi |        |
|--------------|----|-------------|---------|-----------|--------|
| Dari         | Ke | (MW)        | (MVar)  | (MW)      | (MVar) |
| 1            | 2  | 4,9348      | 3,0967  | 0,1256    | 0,1278 |
| 2            | 1  | -4.8092     | -2.9689 |           |        |
| 2            | 3  | 4,7640      | 2,9880  | 0,0353    | 0,0319 |
| 3            | 2  | -4.7287     | -2.9561 |           |        |
| 3            | 4  | 0,1109      | 0,0677  | 0,0001    | 0,0000 |
| 4            | 3  | -0.1108     | -0.0677 |           |        |
| :            | :  | :           | :       | :         | :      |
| 81           | 83 | 0.0256      | 0.0231  | 0,0000    | 0,0000 |
| 83           | 81 | -0.0256     | -0.0231 |           |        |
| <b>Total</b> |    |             |         | 1,1966    | 1,1730 |

## KESIMPULAN

Setelah melakukan simulasi dan menganalisis hasil *running* program untuk rekonfigurasi jaringan distribusi menggunakan algoritma ACO, dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode ACO untuk rekonfigurasi jaringan mendapatkan hasil sesuai yang diharapkan, karena mampu mereduksi rugi-rugi daya dari 1,4322 MW dan 1,4654 Mvar menjadi 1,1966 MW dan 1,1730, sehingga total reduksi rugi-rugi daya sebesar 0,2356 MW dan 0,2924 Mvar.

## Daftar Pustaka

- [1] Hadi Saadat, "Power System Analysis", Mc Graw Hill, 2002. 102-120.
- [2] C.T. Su, C.F. Chang, J.P. Chiou, "Distribution Network Reconfiguration for Loss Reduction by Ant Colony Search Algorithm" Elsevier Electric Power System Research 75(2005) 190-199.
- [3] T.Q.D. Khoa, and B.T.T. Phan, "Ant Colony Search-based Loss Minimum for Reconfiguration of Distribution Systems" IEEE 2006.