

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### 2.1 Manuver Jaringan Distribusi

Manuver jaringan distribusi adalah kegiatan memodifikasi terhadap operasi normal dari jaringan akibat adanya gangguan sehingga diperlukan pemadaman tenaga listrik, sehingga dapat mengurangi daerah pemadaman dan agar tercapai kondisi penyaluran yang semaksimal mungkin. Kegiatan yang dilakukan dalam manuver jaringan antara lain :

1. Memisahkan bagian jaringan yang semula terhubung menjadi terpisah dengan keadaan bertegangan ataupun tidak dalam kondisi normal.
2. Menghubungkan bagian jaringan yang semula terpisah menjadi terhubung dengan keadaan bertegangan ataupun tidak dalam kondisi normal.

Salah satu teknik manipulasi jaringan dengan adanya pelimpahan beban dari suatu penyulang ke penyulang lainnya, yaitu dari *main feeder* ke *back up feeder*. Hal ini dilakukan untuk membagi beban agar wilayah yang tidak tersuplai listrik menjadi tidak padam dan menjaga kontinuitas pelayanan listrik ke pelanggan.

Tujuan dari manuver itu sendiri adalah untuk :

1. Mengurangi daerah pemadaman saat terjadi dampak dari gangguan jaringan.
2. Menghindari pemadaman pada pelanggan dengan kategori beban kritis.
3. Memaksimalkan proses penyaluran tenaga listrik.

##### 2.1.1 Jenis-Jenis Manuver Beban antar Penyulang

1. Manuver beban secara manual

Manuver yang dilakukan secara manual dilakukan oleh petugas/operator yang langsung menuju gardu hubung atau tempat yang akan dilakukannya manuver. Bertujuan untuk mengubah aliran distribusi listrik antara penyulang utama dan penyulang cadangan.

Manuver secara manual dioperasikan dengan memisahkan jaringan pada saat jaringan mengalami gangguan. Lalu memindahkan beban dari penyulang yang mengalami gangguan ke penyulang terdekat yang tidak mengalami gangguan.

## 2. Manuver beban secara otomatis

Manuver yang dilakukan secara otomatis dilakukan menggunakan ATS (Automatic Transfer Switch), dimana terjadi gangguan pada penyulang (prioritas 1) maka ATS akan otomatis memindahkan aliran listrik ke penyulang (prioritas 2). Bertujuan untuk merubah aliran listrik antara penyulang, dari yang mengalami gangguan kepada penyulang lain.

### 2.2 Peralatan Switch

Dalam suatu jaringan distribusi dan sistem jaringan tegangan menengah terdapat beberapa peralatan *switching* yang sangat membantu proses sistem distribuai. Peralatan ini dapat memisahkan *section* normal dan *section* yang mengalami gangguan dengan cara melimpahkan beban kepada penyulang yang membutuhkan. Berikut beberapa peralatan *switching* diantaranya :

#### 2.2.1 Pemutus Tenaga

Pemutus tenaga (PMT) adalah alat listrik yang berfungsi untuk memutuskan aliran listrik pada gardu induk. PMT sering digunakan sebagai pemisah atau penghubung *switching* pada jaringan tegangan menengah 20 kV. Pemutus tenaga yang digunakan pada sistem distribusi yaitu :

1. Load Break Switch (LBS) atau saklar pemutus beban adalah peralatan listrik yang digunakan sebagai pemisah atau pemutus tenaga dengan beban. LBS dirancang untuk memberikan pembuatan atau pemutusan arus listrik tertentu. LBS memiliki fungsi untuk memutus atau menghubungkan aliran listrik 20 kV, kontak penghubung sudah dilengkapi dengan peredam busur api sehingga dapat beroperasi dalam keadaan berbeda. LBS dapat beroperasi secara otomatis maupun manual dengan waktu pemutusan atau penyambungan yang tetap sama. LBS digunakan sebagai pemutus arus apabila terjadi kelebihan beban atau terjadi hubung singkat. LBS juga dapat digunakan sebagai pemisah atau penghubung *switching* pada jaringan tegangan menengah 20 kV.
2. Recloser  
Recloser adalah rangkaian listrik yang terdiri dari pemutus tenaga yang dilengkapi kotak control elektronik (Ario Putra & Firdaus, 2017) . Digunakan untuk memutus dan menghubungkan aliran listrik secara otomatis pada jaringan distribusi listrik.

Recloser dirancang untuk mengatasi gangguan jaringan listrik seperti hubung singkat dan kelebihan beban. Recloser juga dapat diatur untuk memutuskan aliran listrik setelah beberapa kali mencoba menghubungkan kembali jika gangguan masih ada.

Recloser hamper sama dengan CB, dan digunakan untuk pengalokasian gangguan karena diletakkan di saluran distribusi. Adapun recloser dan kontrolnya terdapat pada tiang yang sama. Kemampuan sebagai peralatan proteksi arus lebih, yang dilengkapi beberapa fungsi tambahan misalnya hotline tag, sensitive ground fault, dan lain-lain (Ario Putra & Firdaus, 2017).

### 2.3 Rugi-Rugi Daya (*Losses*)

Rugi-rugi daya atau losses merupakan parameter yang harus selalu diperhatikan oleh PT. PLN (Persero), karena ini akan menunjukkan seberapa baik efisiensi dari suatu sistem. Jika nilai susut semakin besar, maka efisiensi sistem semakin kecil. Karena itu perlu adanya upaya untuk menurunkan nilai susut agar dapat tercapai nilai efisiensi yang baik, guna memenuhi kepuasan pelanggan dan mengamankan pendapatan dari PT. PLN (Persero) itu sendiri.

#### a. Rugi-Rugi Daya pada Sistem Distribusi

Rugi-rugi daya merupakan hilangnya sejumlah energi listrik dalam proses penyaluran energi listrik yang diakibatkan oleh ketidakseimbangan beban, terjadinya *overload*, dan penggunaan listrik yang tidak sesuai (Yuliansyah et al., 2021). Pada proses penyaluran dan pendistribusian tenaga listrik sampai ke pelanggan terdapat kehilangan energi yang disebabkan oleh :

1. Sifat elektrik dari peralatan listrik akan menyerap tenaga listrik berbanding lurus dengan waktu. Kehilangan energi listrik pada jaringan transformator diklasifikasikan sebagai susut teknis.
2. Pemakaian energi yang secara illegal dilakukan oleh pelanggan ataupun non pelanggan. Kehilangan tenaga listrik tersebut diklasifikasikan sebagai susut nonteknis.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung rugi-rugi daya dapat dituliskan sebagai berikut ((Basyarach, 2016) :

$$P_{loss} = \sum I_j^2 \cdot R_j \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

$$P_{\text{loss}} = \text{Rugi} - \text{rugi daya (W)}$$

$$I_j = \text{Arus Saluran (A)}$$

$$R_j = \text{Hambatan Saluran (A)}$$

Sedangkan untuk persentasenya dapat menggunakan persamaan berikut (Mangundap et al., 2018) :

$$\text{Rugi daya dalam \%} = \frac{\text{Rugi daya total}}{\text{Daya yang disalurkan GI}} 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

## 2.4 Metode Penyelesaian Aliran Daya

Aliran Daya yang dimiliki oleh sistem distribusi lebih kompleks, dikarenakan adanya perbedaan karakteristik dari jaringan distribusi. Seperti halnya pada struktur radial, nilai node yang besar dan nilai rasion R/X yang tinggi (Novialifiah, 2014). Dari sekian banyak metode aliran daya, metode *backward* dan *forward sweep* merupakan metode yang efisien. Metode backward forward sweep adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengurangi rugi-rugi daya pada sistem distribusi listrik. Metode ini digunakan untuk menghitung aliran daya pada sistem distribusi listrik dan menentukan besarnya rugi-rugi daya pada setiap saluran. Metode ini sebagai metode penyelesaian aliran daya dengan penurunan energi sebesar 30% dari rugi energi sebelumnya (Sampeallo et al., 2021).

Metode ini melibatkan perhitungan arus dan tegangan pada setiap simpul jaringan dengan cara iterative, dimulai dari simpul terakhir (*backward*) dan berakhir di simpul pertama (*forward*). Metode ini lebih sederhana dan mudah diimplementasikan dibandingkan dengan metode newton Raphson. Metode ini juga menggunakan hukum *kirchoff* untuk menghitung arus di saluran dan tegangan dalam setiap bus (Zakwansyah, Ira Devi Sara, Rakhmad Syafutra Lubis, 2018).

Untuk menganalisis metode ini yaitu jaringan distribusi radial direpresentasikan seperti pohon dengan bus pertama sebagai akar atau slack bus. Dan bus lainnya sebagai cabang atau bus beban. Dengan itu analisa terselesaikan tanpa banyak perhitungan dan efisiensi setiap iterasi (Novialifiah, 2014).

Metode ini dapat digunakan pada teknik lainnya seperti penempatan kapasitor, distributed generation untuk mengoptimalkan pengurangan rugi-rugi daya pada sistem distribusi listrik.

2.4.1 *Backward Sweep*

Prosedur ini dimulai dengan *backward sweep*. Pada iterasi pertama, tegangan disemua titik diasumsikan sama dengan tegangan pada sumber utama. Di sisi lain, tegangan pada masing-masing titik dan arus injeksi dihitung pada iterasi sebelumnya.

Arus beban dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$I_{ldi} = \left[ \frac{P_i + jQ_i}{v_i} \right]^* \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

- $I_{ldi}$  : Arus beban pada titik i
- $P_i$  : Kebutuhan daya aktif pada titik i
- $Q_i$  :Kebutuhan daya reaktif pada titik i
- $V_i$  : Tegangan pada titik i

2.4.2 *Forward Sweep*

Setelah arus mengalir dalam saluran dihitung, dalam *forward sweep* tegangan dari setiap bus akan diperbaharui dan arus injeksi akan dihitung dan kriteria konvergensi akan di uji (Dian Budhi Santoso et al., 2017).

$$V_i = V_{v_i} - Z_i l_{L_i} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$i = I, \dots, N \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

- $V_i$  : Tegangan pada titik i
- $V_{v_i}$  : Tegangan pada atad dari titik I
- $Z_i$  : Impedansi saluran i
- $l_{L_i}$  : Arus yang mengalir pada saluran i

## 2.5 Binary Particle Swarm Optimization

*Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO) adalah algoritma optimasi global berbasis *swarm intelligence* yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi biner. BPSO adalah versi modifikasi dari *Particle Swarm Optimization* (PSO) oleh Kennedy dan Eberhart yang digunakan untuk memecahkan permasalahan optimasi fungsi diskrit (Cahyono et al., 2017). Dimana algoritma *particle swarm optimization* banyak diterapkan sebagai metode optimasi (Putra, 2022).

Beberapa keunggulan BPSO yaitu lebih efektif dalam menyelesaikan masalah optimasi biner dengan mengambil posisi vector mereka, lebih sederhana dan mudah diimplementasikan, lalu dapat menghasilkan solusi yang lebih baik dan lebih cepat. Algoritma BPSO didisain untuk menyelesaikan masalah optimasi secara kombinasi yang diskrit, dimana partikel mengambil nilai vector biner dengan panjang n dan kecepatan yang didefinisikan sebagai probabilitas dari bit xn untuk mencapai nilai 1. BPSO membalikan rumus untuk kecepatan dengan membatasi fungsi dan menggunakan fungsi sigmoid (Sufitrihansyah et al., 2018) , sebagai berikut :

$$\text{sigmoid}(v_{ij}^{k+1}) = \frac{1}{1 + e^{-v_{ij}^{k+1}}} \dots\dots\dots(2.6)$$

Populasi partikel diawali secara acak, lalu berubah arah dan pencariannya yang didasarkan pada dua nilai pada setiap iterasi.  $P_{best}$  yaitu pencarian terbaik dari setiap individu. Sedangkan  $G_{best}$  adalah hasil yang diperoleh seluruh partikel pada suatu populasi. Apabila  $P_{best}$  dan  $G_{best}$  diperoleh, partikel akan memperbaharui dan posisinya didasarkan pada :

$$v_{ij}^{(k+1)} = w \cdot v_{ij}^{(k)} + c_1 r_1 (pbest_{ij}^{(k)} - x_{ij}^{(k)}) + c_2 r_2 (gbest_{ij}^{(k)} - x_{ij}^{(k)}) \dots\dots\dots(2.7)$$

$$x_{ij}^{(k+1)} = x_{ij}^{(k)} + v_{ij}^{(k+1)} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

$v_{ij}^{(k+1)}$  = kecepatan awal dari partikel ke-i

$v_{ij}^{(k)}$  = kecepatan awal dari partikel ke-i

$x_{ij}^{(k)}$  = posisi baru dari partikel i

$x_{ij}^{(k)}$  = posisi awal dari partikel i

$r_1$  dan  $r_2$  = nilai random antara 0 dan 1

$c_1$  = *cognitive learning factor*

$c_2$  = *social learning factor*

$w$  = inersia

$pbest$  = personal best

$gbest$  = global best

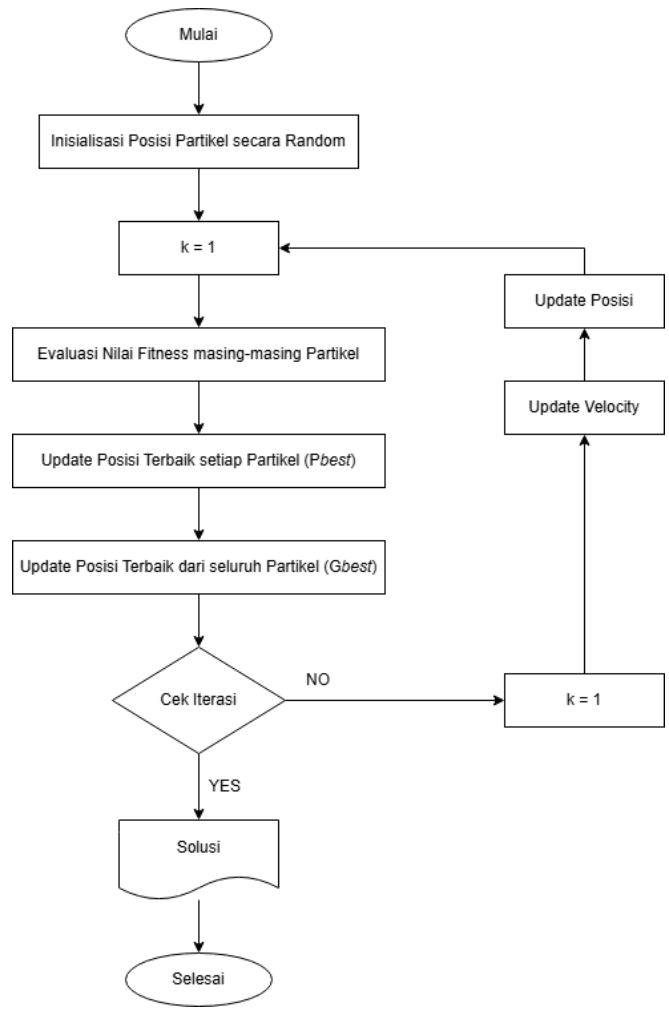
Posisi sebelumnya yang terbaik dari setiap partikel disimpan sebagai *personal best* (Pbest) dan posisi terbaik dari seluruh partikel disimpan sebagai *global best* (Gbest). Lalu dimasukan juga parameter *value* seperti V, r1, r2, c1, c2, dan w agar pencarian optimal.

*Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO) representasi posisi perlu dimodifikasi menjadi biner. Posisinya akan dimodelkan ke bentuk *bit string*. Untuk membatasi kecepatan dapat menggunakan fungsi transformasi *limiting* yang menerapkan fungsi sigmoid dengan persamaan sebagai berikut :

$$x_{ij}^{(k+1)} = \begin{cases} 1, \text{sigmoid}(v_{ij}^{(k+1)}) > rand \\ 0, \text{sigmoid}(v_{ij}^{(k+1)}) < rand \end{cases} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$S(v_{ij}^{k+1}) = \frac{1}{\exp(-v_{ij}^{k+1})} \dots\dots\dots(2.10)$$

Metode ini memiliki beberapa Langkah untuk menjalankan algoritmatnya, dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Flowchart Metode Optimasi

Berikut Langkah-langkah yang akan dilakukan :

1. Inisialisasi posisi partikel secara random
2. Evaluasi setiap posisi dari partikel terhadap nilai objektif
3. Menentukan posisi terbaik dari setiap partikel (Pbest)
4. Menentukan posisi terbaik dari seluruh partikel (Gbest)
5. *Update velocity* dari setiap partikel dengan persamaan

$$v_{ij}^{(k+1)} = w \cdot v_{ij}^{(k)} + c_1 r_1 (pbest_{ij}^{(k)} - x_{ij}^{(k)}) + c_2 r_2 (gbest_{ij}^{(k)} - x_{ij}^{(k)}) \dots\dots\dots(2.11)$$



Keterangan :

$v_{ij}^{(k+1)}$  = kecepatan baru dari partikel ke-i

$v_{ij}^{(k)}$  = kecepatan awal dari partikel ke-i

$x_{ij}^{(k)}$  = posisi baru dari partikel i

$x_{ij}^{(k)}$  = posisi awal dari partikel i

$r_1$  dan  $r_2$  = nilai random antara 0 dan 1

$c_1$  = *cognitive learning factor*

$c_2$  = *social learning factor*

$w$  = inersia

$pbest$  = personal best

$gbest$  = global best

6. Pindahkan posisi partikel dalam posisi terbaru dengan persamaan :

$$x_{ij}^{(k+1)} = x_{ij}^{(k)} + v_{ij}^{(k+1)} \dots\dots\dots(2.12)$$

7. Cek Iterasi, apakah sudah memenuhi. Jika tidak terus lakukan *update velocity* (v) dan posisi sampai optimal.

## 2.6 Penelitian Terkait

Tabel 2. 1 Penelitian Terkait

Identitas Penelitian	Judul	Permasalahan	Metode	Hasil
Syarifah Rudy Kurniawan Asmar	Analisis Kelayakan Pemasangan <i>Load Breaker Switch</i> (LBS) Penyulang Rindik Pada Proses <i>Manuver</i> Antar Penyulang Di PLN ULP Toboali	Analisis aliran daya pada sistem tenaga listrik PLN dengan focus pada kondisi eksisting penyulang Bencah, penyulang Kota, dan Penyulang Rindik. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah ini dan mengevaluasi kelayakan pemasangan <i>load breaker switch</i> untuk mengurangi kehilangan daya dan meningkatkan aliran daya dalam sistem distribusi.	Penelitian ini menggunakan metode Newton-Rhapon untuk menganalisis aliran daya pada sistem distribusi dan mengevaluasi kelayakan pemasangan <i>load breaker switch</i> pada feeder Rindik.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi eksisting feeder Bencah terdapat power loss sebesar 63 kW dan reaktif <i>power loss</i> sebesar 23 kVAr. Untuk feeder Kota kehilangan daya 137 kW dan kehilangan daya reaktif 254 kVAr. Dan untuk feeder Rindik

Identitas Penelitian	Judul	Permasalahan	Metode	Hasil
Dian Budhi Santoso Sarijaya Sasongo Pramono Hadi	Algoritma Aliran Daya dengan Metode <i>Backward Forward Sweep</i> pada Sistem Distribusi Radial	Penelitian ini membahas masalah analisis aliran daya pada sistem distribusi radial	Penelitian ini menggunakan metode <i>backward and forward sweep</i> untuk analisis aliran daya pada sistem kelistrikan	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode <i>backward forward sweep</i> merupakan pendekatan yang efektif dan efisien untuk analisis aliran daya pada sistem distribusi radial. Metode ini memberikan hasil yang akurat dan dapat menangani sistem kelistrikan yang kompleks dengan banyak cabang dan beban. Penelitian ini juga membandingkan metode <i>backward / forward sweep</i> dengan metode lain seperti <i>fast decoupled</i> , <i>Newton-Raphson</i> , dan <i>Gauss-Seidel</i> , dan menunjukkan keunggulannya dalam hal waktu komputasi dan akurasi. Secara keseluruhan, penelitian ini berkontribusi pada pemahaman dan peningkatan teknik analisis aliran daya dalam sistem kelistrikan.
Hendrik Kenedy Tupan, Rini Nur	Optimasi Penempatan Load Break Switch pada Penyulang Karpan 2	Permasalahan yang dibahas adalah optimasi penentuan lokasi <i>load</i>	Metode yang digunakan yaitu Algoritma genetika untuk mengoptimalkan	Hasilnya menunjukkan bahwa Algoritma genetika mampu mengoptimalkan penempatan LBS

Identitas Penelitian	Judul	Permasalahan	Metode	Hasil
Nurhasanah, Wijono	Ambon menggunakan Metode Algoritma Genetika	<i>break switch</i> (lbs) mempengaruhi keandalan sistem dan perlu dilakukan optimasi untuk mencari solusi penempatan LBS yang optimal dengan total daya reaktif terdampak minimal saat terjadi gangguan.	penempatan LBS. kemudian metode optimasi lain seperti PSO.	pada sistem distribusi. Algoritma genetika berhasil meminimalkan total daya reaktif yang dipengaruhi oleh kesalahan, yang mengarah pada peningkatan keandalan sistem distribusi. Algoritma ini juga berhasil meminimalkan total daya reaktif yang dipengaruhi oleh kesalahan, yang mengarah pada peningkatan keandalan sistem distribusi. Penempatan LBS yang dioptimalkan menghasilkan pengurangan kehilangan daya sebesar 5,49%