

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Jaringan Distribusi Radial

Bentuk jaringan radial merupakan jaringan yang memiliki satu arah pengiriman energi listrik yang dikirimkan dari sumber yaitu gardu induk menuju pelanggan. Komponen dari jaringan distribusi radial terdiri dari beberapa trafo distribusi yang bercabang menuju beban yang memiliki ujung (Prihadana et al., 2016).

Dengan suplai daya yang bersumber hanya dari satu titik dengan banyaknya percabangan, akan mengakibatkan arus pada beban mengalir sepanjang penyulang menjadi tidak sama besarnya. Rapat arus beban sepanjang penyulang pada jaringan radial ini setiap titiknya tidak sama besar dan berakibat berbedanya luas penampang penghantar (Anugrah, 2016).

Maka untuk saluran yang dekat sumber relatif akan menggunakan penghantar dengan luas penampang yang relatif besar dan penghantar yang berada daerah percabangan akan menggunakan penghantar dengan luas penampang yang relatif kecil. Namun jaringan radial ini memiliki kekurangan dari sisi kualitas daya yang kurang baik dan pelayanan pemeliharaan yang kurang terjamin. Kualitas daya yang kurang baik diakibatkan besarnya nilai impedansi dan arus yang berujung pada jatuh tegangan dan rugi daya yang akan relatif membesar juga (Anugrah, 2016).

Dalam hal pelayanan pemeliharaan sistem jaringan distribusi radial, kurang terjamin karena hanya memiliki satu sumber yang mengakibatkan ketika terjadinya gangguan pada sumber ataupun di sekitar titik percabangan maka akan dilakukan pemadaman di daerah saluran yang dilewati (Anugrah, 2016).

2.2. Rekonfigurasi Jaringan

Suatu jaringan distribusi biasanya terdiri dari beberapa bus yang mana bisa saling terhubung sesuai dengan tipe yang akan dibuat. Untuk ditemukannya suatu jaringan yang optimal dari jaringan sebelumnya bisa digunakan suatu cara yang bernama rekonfigurasi jaringan. Rekonfigurasi jaringan merupakan proses merubah nilai arus, impedansi penyulang dan memindahkan beban pada suatu trafo distribusi dari suatu penyulang ke penyulang lainnya. Dengan cara ini kita bisa menganalisis bagaimana bentuk jaringan dan pemerataan beban agar kualitas daya suatu penyulang bisa dikatakan baik dan memenuhi standar (Pondri, 2022).

2.3. Jatuh Tegangan (*Voltage drop*)

Jatuh tegangan atau sering disebut *voltage drop* merupakan besarnya tegangan yang hilang pada sebuah penyulang. Dan diketahui juga bahwasanya jatuh tegangan berbanding lurus dengan panjang penyulang dan beban pengguna, namun berbanding terbalik dengan luas penampang penyulang. Besaran jatuh tegangan dapat didefinisikan dalam bentuk persentase atau volt. Untuk jatuh tegangan yang ditetapkan berdasarkan (PT. PLN (Persero), 2010) bahwasanya besaran atas dan bawahnya dikembalikan lagi kepada kebijaksanaan perusahaan terkait.

Menurut (PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero), 1995) mengatakan bahwasanya variasi dari tegangan pelayanan yang ditetapkan itu untuk tegangan lebih 5% dan untuk tegangan jatuh 10% dari tegangan nominal yang telah ditetapkan.

2.4. Trafo Sisip

Penyisipan trafo atau sering disebut trafo sisip merupakan suatu upaya untuk memperkecil *voltage drop* pada suatu penyulang. Penyisipan trafo dilakukan

dengan cara memasang suatu transformator tambahan di daerah antara dua atau lebih bus yang memang mengalami *voltage drop*. Untuk spesifikasi transformator yang dipakai disesuaikan dengan kebutuhan dari hasil perhitungan untuk mencapai tegangan ideal bus tersebut (Warman, 2004).

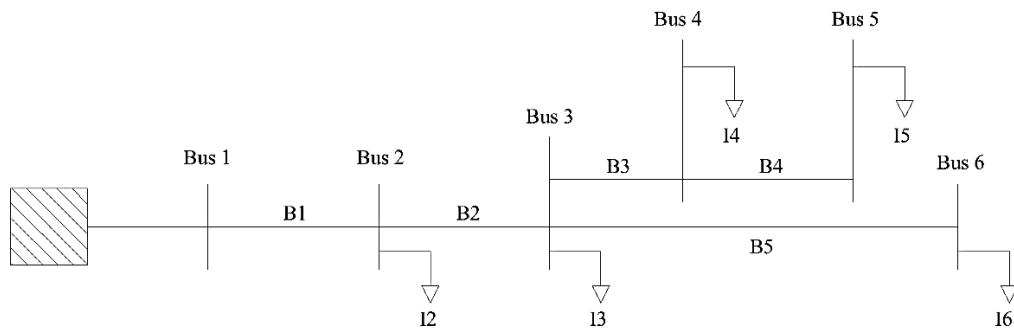
Menurut (Muhammad et al., 2022) dalam pemasangan trafo sisip itu dilakukan dengan cara menambahkan suatu trafo baru ke bus yang ada untuk membantu trafo yang overload agar tidak terjadi rugi-rugi daya yang besar dan drop tegangan yang besar.

Menurut (Martunis et al., 2023) trafo sisip merupakan trafo yang ditambahkan karena mencegah segala bentuk kerugian yang diakibatkan oleh trafo yang telah dipasang sebelumnya. Faktor yang harus diperhatikan dalam melakukan penambahan trafo sisip yaitu:

1. Beban trafo yang telah terpasang harus sudah melebihi kapasitasnya.
2. Jatuh tegangan (*voltage drop*) telah melebihi batas yang telah ditetapkan.

2.5. *Backward-Forward Sweep*

Metode aliran daya *Backward-Forward Sweep* (BFS) merupakan metode yang dalam konsep penyelesaian aliran dayanya menggunakan konsep hukum *Kirchhoff*. Hukum *Kirchhoff* yang digunakan yaitu mengenai arus dan tegangan untuk digunakan untuk mengetahui arus di saluran dan tegangan di setiap bus suatu sistem jaringan radial. Matriks admitansi yang digunakan menggunakan konsep BIBC (*Bus Injection to Branch Current*) dan BIBV (*Bus Injection to Branch Voltage*) dalam pembentukan persamaan aliran daya (Zakwansyah, Ira Devi Sara, Rakhmad Syafutra Lubis, 2018).



Gambar 2.1. Contoh Perhitungan Aliran Daya

Sebagai contoh akan dilakukan Analisa aliran daya pada jaringan distribusi seperti Gambar 2.2 menggunakan metode *backward-forward sweep*. Persamaan Arus yang diinjeksi di setiap bus adalah sebesar:

$$B_1 = I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 \quad (2.1)$$

$$B_2 = I_3 + I_4 + I_5 + I_6 \quad (2.2)$$

$$B_3 = I_4 + I_5 \quad (2.3)$$

$$B_4 = I_5 \quad (2.4)$$

$$B_5 = I_6 \quad (2.5)$$

Dari persamaan injeksi arus ke bus, matriks BIBC dapat disusun seperti persamaan 2.6.

$$\begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

Pola umum dari persamaan di atas adalah sebagai berikut:

$$[B] = [BIBC][I] \quad (2.7)$$

Tegangan masing-masing bus pada jaringan distribusi seperti Gambar 2.2 dapat ditentukan oleh persamaan berikut:

$$V_2 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} \quad (2.8)$$

$$V_3 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} \quad (2.9)$$

$$V_4 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_3 \cdot Z_{34} \quad (2.10)$$

$$V_5 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_3 \cdot Z_{34} - B_4 \cdot Z_{45} \quad (2.11)$$

$$V_6 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_3 \cdot Z_{34} - B_4 \cdot Z_{45} - B_5 \cdot Z_{56} \quad (2.12)$$

Dengan demikian besar jatuh tegangan pada jaringan distribusi tersebut dapat ditentukan oleh persamaan berikut:

$$V_1 - V_2 = B_1 \cdot Z_{12} \quad (2.13)$$

$$V_1 - V_3 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} \quad (2.14)$$

$$V_1 - V_4 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_3 \cdot Z_{34} \quad (2.15)$$

$$V_1 - V_5 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_3 \cdot Z_{34} - B_4 \cdot Z_{45} \quad (2.16)$$

$$V_1 - V_6 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_3 \cdot Z_{34} - B_4 \cdot Z_{45} - B_5 \cdot Z_{56} \quad (2.17)$$

Dari persamaan 2.13 hingga 2.17 dapat disusun BCBV sistem distribusi di atas, yaitu:

$$\begin{bmatrix} V_1 - V_2 \\ V_1 - V_3 \\ V_1 - V_4 \\ V_1 - V_5 \\ V_1 - V_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & Z_{36} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

Pola umum persamaan diatas dapat ditulis seperti persamaan 2.19.

$$[\Delta V] = [BCBV][B] \quad (2.19)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 2.7 ke persamaan 2.19, maka diperoleh persamaan 2.20.

$$[\Delta V] = [BCBV][BIBC][I] \quad (2.20)$$

$$[\Delta V] = [DLF][I] \quad (2.21)$$

Apabila bentuk matriks BIBC bila ditranspose, maka akan terbentuk matriks yang berkolerasi dengan matriks BCBV.

$$[BIBC^T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.22)$$

Apabila matriks $BIBC^T$ dikalikan dengan matriks impedansi, maka akan didapatkan matriks BCBV sebagai berikut:

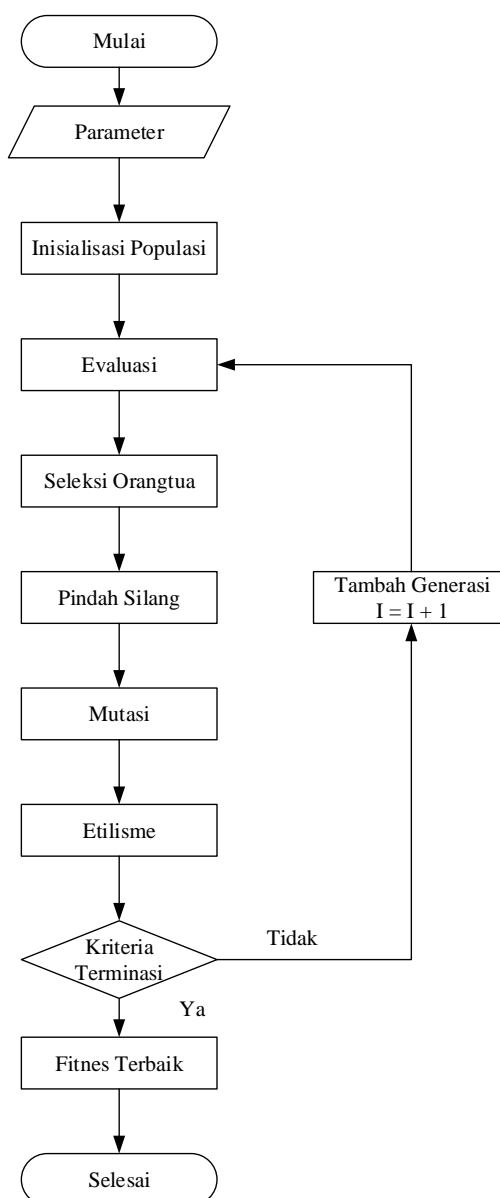
$$BCBV = [BIBC^T][Z] \quad (2.23)$$

$$BCBV = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & Z_{36} \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & Z_{36} \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & Z_{36} \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & Z_{36} \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & Z_{36} \end{bmatrix} \quad (2.24)$$

$$BCBV = [BIBC^T][Z] \times [BIBC] \times [I] \quad (2.25)$$

2.6. Algoritma Genetika

Algoritma Genetika (AG) merupakan salah satu metode metaheuristik yang sering digunakan untuk melakukan optimasi pada suatu permasalahan. Metode ini terinspirasi dari teori evolusi Darwin yang mana menyatakan kelangsungan hidup manusia itu dipengaruhi nilai *fitness* yang berarti jika sesuatu memiliki nilai *fitness* tinggi maka akan dapat bertahan hidup. Proses dari yang dijelaskan oleh Darwin meliputi proses reproduksi, *crossover*, dan mutasi.



Gambar 2.2. Flowchart Algoritma Genetika

Tujuan utama dari algoritma genetika adalah untuk mencari nilai *fitness value* pada individu dari suatu populasi. Proses generasi ke generasi merupakan merupakan suatu iterasi pada metode ini. Dari setiap generasi ini akan menghasilkan turunan yang nantinya turunan tersebut bisa dijadikan *parent* atau orangtuanya apabila memiliki nilai *fitness* paling baik dari semua turunan dari generasi tersebut (Rikki Kurniawan, F. Trias Pontia W, Redi Ratiandi Yacoub, Dedy Suryadi, Neilcy Tjahjmoonarsih, 2022). Langkah-langkah dalam pelaksanaan algoritma genetika meliputi:

2.6.1. Inisialisasi Populasi

Pertama, dalam melakukan insialisasi. Dalam proses ini dilakukan pembuatan suatu populasi awal yang mana jumlah kromosomnya kita sesuaikan dengan kebutuhan dalam pemecahan masalah yang akan dilakukan (Rikki Kurniawan, F. Trias Pontia W, Redi Ratiandi Yacoub, Dedy Suryadi, Neilcy Tjahjmoonarsih, 2022).

Dalam inisialisasi ini kita menggunakan bilangan biner. Bilangan biner digunakan untuk memberikan kode kepada setiap individu agar mudah untuk mengetahui *parent* dari setiap individu (Amini et al., 2022). Proses dimulai dengan membuat banyak individu untuk dijadikan suatu populasi. Setiap individu memiliki nilai *fitness* yang akan dicari nantinya. Setiap individu juga dapat disebut sekumpulan gen atau kromosom (Rikki Kurniawan, F. Trias Pontia W, Redi Ratiandi Yacoub, Dedy Suryadi, Neilcy Tjahjmoonarsih, 2022).

2.6.2. Evaluasi Fitness

Kedua, melakukan evaluasi dari nilai *fitness*. Ini dilakukan untuk mengetahui seberapa baik nilai *fitness* yang dihasilkan dari individu atau kromosom yang telah

diinisialisasi. Untuk mencari nilai *fitness* tersebut dapat menggunakan persamaan berikut (Rikki Kurniawan, F. Trias Pontia W, Redi Ratiandi Yacoub, Dedy Suryadi, Neilcy Tjahjamoonsih, 2022):

Nilai maksimal:

$$\text{fungsi fitness} = \text{fungsi tujuan} \quad (2.22)$$

Nilai minimum:

$$\text{fungsi fitness} = \frac{1}{\text{fungsi tujuan} + \text{Bilangan kecil}} \quad (2.23)$$

2.6.3. Seleksi

Ketiga, melakukan seleksi hasil. Dalam proses ini kita akan mencari kandidat *parent* atau orang tua untuk dilanjutkan ke proses selanjutnya dengan mengurutkan nilai *fitness*. Dengan menggunakan metode seleksi *Tournament Selection* Nilai *fitness* tertinggi akan diambil untuk digunakan di proses *crossover* (Machrani, 2022).

2.6.4. Pindah Silang (*Crossover*)

Keempat, melakukan pindah silang kromosom atau perkawinan antar kromosom. Dalam proses penyilangan dua kromosom ini diharapkan agar membentuk suatu kromosom baru yang mana secara *value* atau nilai *fitness*-nya lebih baik dari pada *parent*-nya. Dalam terjadinya *crossover* ini didasarkan kemungkinan *crossover* yang ditentukan di awal. Kemungkinan *crossover* ini yang akan menyatakan peluang kromosom mengalami *crossover* (Rikki Kurniawan, F. Trias Pontia W, Redi Ratiandi Yacoub, Dedy Suryadi, Neilcy Tjahjamoonsih, 2022).

2.6.5. Mutasi

Kelima, melakukan proses mutasi gen pada kromosom. Mutasi yang dilakukan adalah mengganti gen acak dengan suatu nilai baru dan menghasilkan kromosom dengan hasil mutasi. Namun hasil dari mutasi tersebut tidak akan selalu menjumpai kromosom dengan *fitness* yang terbaik (Amini et al., 2022).

Kromosom sebelum mutase	Kromosom setelah mutase
1001011101001101101111010	1001011101001101101101010

Gambar 2.3. Proses mutasi kromosom

(Amini et al., 2022)

2.6.6. *Etilisme*

Keenam, melakukan proses *etilisme*. Dalam prosesnya nanti proses ini dapat melakukan penyalinan kromosom dari kromosom terbaik ke sebuah populasi sementara yang mana nantinya populasi tersebut akan dipindahkan juga ke populasi yang baru. Proses ini merupakan proses untuk mempertahankan individu terbaik agar ketika melalui proses genetis seperti *crossover* dan mutasi individu tersebut tidak berubah ataupun hilang (Machrani, 2022).

2.6.7. Pergantian Populasi

Terakhir, melakukan pergantian populasi. Populasi pertama yang diinisialisasi akan digantikan oleh generasi selanjutnya. Generasi baru merupakan generasi yang telah menyelesaikan proses dari inisialisasi sampai *etilisme*. Generasi baru ini yang nantinya akan digunakan lagi di iterasi selanjutnya hingga ditemukan nilai *fitness* yang dianggap cocok dan terbaik dari hasil proses melakukan metode algoritma genetika ini atau setelah mencapai batas maksimal dari generasi yang telah ditetapkan di awal (Amini et al., 2022).

2.7. Penelitian Terkait

Tabel 2.1. Penelitian Terkait

No.	Judul Jurnal	Penulis	Tempat dan Tahun Penelitian	Pembahasan Jurnal
1.	Penentuan Lokasi DG dan Kapasitor Bank dengan Rekonfigurasi Jaringan untuk Memperoleh Rugi Daya Minimal pada Sistem Distribusi Radial Menggunakan Algoritma Genetika	Ridho Fuaddi, Ontoseno Penangsang, Dedet Candra Riawan	Jurnal IEEE 33 Bus Standar	Membahas mengenai bagaimana meminimalkan rugi daya pada jaringan radial dengan menentukan lokasi DG dan Kapasitor Bank menggunakan Algoritma Genetika
2.	Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Daya Listrik dengan Metode Algoritma Genetika	Muhammad Fayyadi, Ir. Tejo Sukmadi, MT., Ir. Bambang Winardi.	Jurnal IEEE 33 Bus Standar	Membahas mengenai bagaimana mencari konfigurasi optimal pada jaringan distribusi radial menggunakan algoritma genetika

No.	Judul Jurnal	Penulis	Tempat dan Tahun Penelitian	Pembahasan Jurnal
3.	Optimasi Aliran Daya Satu Fasa Pada Sistem Distribusi Radial 33 Bus IEEE dan Sistem Kelistrikan PT. Semen Indonesia Aceh Untuk Meminimasi Kerugian Daya dan Deviasi Tegangan Menggunakan Kapasitor	Achmad Erfan Prihadana, Ontoseno Penangsang, Ni Ketut Aryani	Jurnal IEEE 33 Bus Standar, PT. Semen Indonesia Aceh	Membahas mengenai cara optimasi daya dan tegangan menggunakan kapasitor dengan optimasi algoritma genetika
4.	Optimasi Penempatan Kapasitor Pada Penyulang Kota Calang Dengan Metode <i>Modified Backward-Forward Sweep</i>	Zakwansyah, Ira Devi Sara, Rakhmad Syafutra Lubis, Budi Amri	Penyulang Kota Calang	Membahas mengenai optimasi menggunakan algoritma <i>modified backward forward sweep</i> untuk pemasangan kapasitor