

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Referensi yang terkait dengan upaya penekanan rugi-rugi daya dan jatuh tegangan dengan rekonfigurasi Jaringan di Penyulang Raya 10 PT PLN (persero) UP3 Pontianak dapat dilihat dari peneliti terdahulu seperti :

Pada penelitian yang pernah di susun oleh I Putu Arya Suardika , I Gede Dyana Arjana , Anak Agung Gede Maharta Pelayung Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana Denpasar (2018), yang berjudul “Rekonfigurasi Saluran Distribusi 20 kV Untuk Mengurangi Rugi-Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Pada Penyulang Abang”. Rekonfigurasi penyulang ini dilakukan dengan dua cara yaitu pemotongan jaringan yang dialihkan ke Penyulang Subagan dan perencanaan Penyulang Kubu. Rekonfigurasi dengan pemotongan jaringan memperlihatkan perbaikan tegangan Penyulang Abang yang awalnya jatuh tegangannya sebesar 16,255% menjadi 3,05% dan penurunan rugi-rugi daya yang awalnya 10,12% menjadi 3,49%. Perbaikan tegangan dan rugi-rugi daya yang terjadi pada penyulang ini tidak diikuti oleh Penyulang Subagan. yang mengalami kenaikan persentase jatuh tegangan yang awalnya sebesar 6,78% menjadi 27,615% dan rugi-rugi dayanya yang awalnya sebesar 3,89% menjadi 13,28%. Sementara rekonfigurasi dengan perencanaan Penyulang Kubu mampu memperbaiki jatuh tegangan Penyulang Abang menjadi 2,94% dan rugi-rugi dayanya menjadi 3,41%. Sedangkan, Penyulang Kubu sesuai dengan hasil *running* program ETAP jatuh tegangannya sebesar 2,95% dan rugi-rugi daya sebesar 2,73% [2].

Pada penelitian yang disusun oleh Rwanita Anggar Dewi, dengan judul “Perencanaan Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Untuk Menurunkan Susut Energi Teknis Penyulang Durian 3 Dan 4 ULP Rasau Jaya”. Penelitian ini untuk menurunkan susut energi yang terjadi pada jaringan tegangan menengah (JTM) 20 kV Penyulang Durian 3 dan 4 di PT PLN (Persero) UP3 Pontianak ULP Rasau Jaya.

Diperoleh hasil menggunakan skenario rekonfigurasi I susut energi pada Penvulang Durian 3 dan 4 adalah 7,66% atau 1.823.753.88 kwh. Pada rekonfigurasi 2 susut energi terhitung 7,62% atau 2.621.478 kwh. sedangkan pada skenario rekonfigurasi 3 susut energi terhitung 5,56% atau 1.865.670 kwh [3].

Saputra Budi A, pada penelitiannya dengan judul “Rekonfigurasi Sistem Distribusi Untuk Mengatasi Beban Lebih Dan Meminimalkan Rugi – Rugi Pada Jaringan Distribusi Tengkawang Samarinda” penelitian ini membahas modifikasi sistem distribusi dengan metode rekonfigurasi. Dengan melakukan rekonfigurasi akan dapat mengatasi rugi daya sekaligus memperbaiki profil tegangan pada sistem distribusi 20 kV sehingga dapat meningkatkan kualitas penyaluran daya listrik. Metode rekonfigurasi dilakukan dengan bantuan *Software* (ETAP) 12.6.0 dan telah diuji pada sistem distribusi 20 kV PT PLN Tengkawang Samarinda. Setelah dilakukan rekonfigurasi diperoleh peningkatkan profil tegangan hingga berada pada margin yang diinginkan, serta dapat mengurangi rugi-rugi daya dari keadaan eksisting 164,2 kW menjadi 153,1 kW [4].

Asy'ari Hasyim pada penelitian dengan judul “Perbaikan Jatuh Tegangan dan Rekonfigurasi Beban pada Panel Utama Prambanan”. Penelitian ini menjelaskan bahwa jatuh tegangan disebabkan jarak antara sumber ke panel Prambanan sebesar 573 m dan pembebanan tiap fasa yang tidak seimbang. Hal ini terlihat adanya perbedaan tegangan tiap fasa, tegangan pada panel Prambanan fasa R-N= 200 volt, fasa S-N= 197 volt, dan T-N= 175 volt dengan arus R= 92 A, S= 110 A, dan T= 147 A. Penelitian ini bertujuan rekonfigurasi beban dan menentukan luas penampang penghantar yang paling kecil dengan nilai jatuh tegangan masih dalam toleransi. Metode yang digunakan adalah rekonfigurasi beban dan penggunaan *software electrical calculations* untuk mensimulasikan jatuh tegangan sistem nyata yang ada dipanel Prambanan. Hasil dari penelitian ini adalah rekonfigurasi beban arus maksimal pada salah satu fasa sebesar 120 A dan luas penampang yang dibutuhkan 150 mm dengan persentase jatuh tegangan sebesar 9,7% atau tegangan terendah pada salah satu fasa sebesar 198,66 volt [5].

Prasetijo Hari dalam jurnalnya, Volume 11 No. 2, Oktober 2010, Hal. 56 – 63, yang berjudul “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 20 kV untuk Perbaikan Profil Tegangan dan Susut Daya Listrik”. Menjelaskan bahwa penelitian ini

dilakukan untuk mengevaluasi profil tegangan dan mengurangi susut daya, feeder utama 20 kV pada sistem distribusi merupakan dari cabang Kalibakal (GI Kalibakal). Metode yang digunakan adalah rekonfigurasi beban dengan menggunakan *software ETAP Power Station 4.0* dan analisis data beban listrik yang mengalir pada feeder utama di GI Kalibakal. Hasil dari penelitian ini adalah bahwa profil tegangan, 92,66% di feeder5 dan 94,62% di *feeder 6* dibawah standar. Dengan bantuan dari GI Kalibakal ke 20,5 kV, maka profil tegangan *feeder 5* naik menjadi 97,21%. Jadi dengan meningkatkan tegangan di GI Kalibakal sebesar 20,5 kV, tegangan nya sudah memenuhi standar [6].

Tanjung Abrar dalam jurnalnya Teknik Elektro ULK Volume 11, No. 2, Juni 2014, halaman 160 – 166, berjudul “Rekonfigurasi Sistem Distribusi 20 kV Gardu Induk Teluk Lembu dan PLTMG Langgam *Power* Untuk Mengurangi Rugi Daya dan Drop Tegangan” bertujuan untuk memenuhi kebutuhan listrik yang ada di lintas timur. Berdasarkan hasil analisa pembahasan dan perhitungan menggunakan Program ETAP 7.5 tegangan terendah pada saluran *feeder* cemara terdapat pada trafo TR/1064 sebesar 16,27 kV sedangkan tegangan terendah *feeder* Langgam pada SP.26 sebesar 19,87 kV dengan rugi-rugi daya sebesar 731,04 kW. Setelah rekonfigurasi maka didapatkan pada *feeder* cemara di trafo TR TR.1102 sebesar 18,70 kV, pada saluran *feeder* Langgam trafo SP sebesar 19,05 kV dan pada saluran pasir putih trafo ST.262 sebesar 18,78 kV dengan rugi daya 410,65 kW. Penghematan rugi daya total diperoleh sebesar 320,39 kW [7].

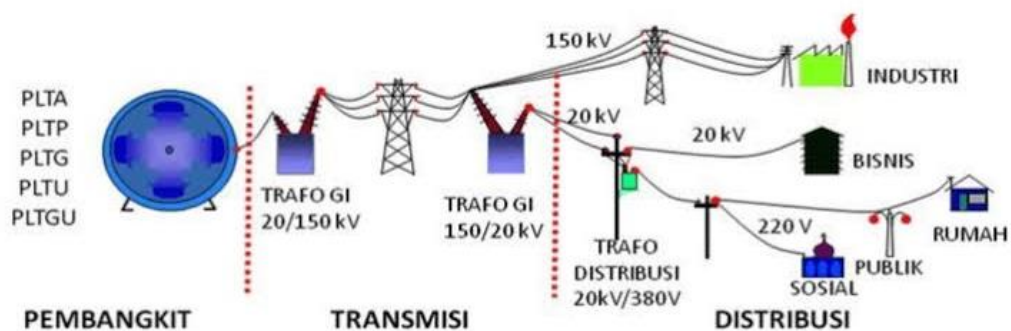
Dari penelitian terdahulu yang dilakukan pada penelitian ini untuk menyelesaikan permasalahan pengaruh rekonfigurasi jaringan distribusi 20 kV terhadap profil tegangan dan rugi-rugi daya listrik di Penyulang Raya 10. Metode yang digunakan adalah rekonfigurasi beban dengan menggunakan metode *simple branch exchange* dan *software* MATLAB. Dengan tiga skenario yang terdiri dari skenario-1 yaitu pengaturan pemutusan untuk rekonfigurasi Penyulang Raya 10 pada LBS-3 (LBS motorized mowilex). Dan untuk skenario-2 yaitu pengaturan pemutusan untuk rekonfigurasi Penyulang Raya 10 pada LBS-4 (LBS motorized Gg. Abadi). Serta skenario-3 yaitu pengaturan pemutusan untuk rekonfigurasi Penyulang Raya 10 pada LBS-6 (LBS way AURI).

2.2 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik terdiri dari komponen-komponen listrik seperti : generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi, dan beban sistem yang merupakan satu kesatuan sehingga membentuk suatu sistem yang disebut sistem distribusi tenaga listrik.

Untuk keperluan penyediaan tenaga listrik bagi para pelanggan, diperlukan berbagai peralatan listrik. Berbagai peralatan listrik ini dihubungkan satu sama lain mempunyai interelasi dan secara keseluruhan membentuk suatu sistem tenaga listrik. Yang dimaksud dengan sistem tenaga listrik disini adalah sekumpulan Pusat Listrik dan Gardu Induk (Pusat Beban) yang satu sama lain dihubungkan oleh jaringan transmisi sehingga merupakan sebuah kesatuan interkoneksi.

Tenaga listrik yang telah dihasilkan pada pusat listrik akan ditransmisikan ke beban melalui saluran transmisi. Sebelum ditransmisikan, tegangan dinaikkan menggunakan transformator penaik tegangan (*step-up*) pada pusat listrik. Tegangan tersebut dinaikkan kelevel tegangan tinggi (antara tegangan 70 kV sampai 150 kV) atau tegangan ekstra tinggi (diatas 150 kV). Saluran transmisi yang digunakan bisa berupa saluran udara maupun kabel tanah [7].



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sumber : [8]

2.3 Sistem Distribusi

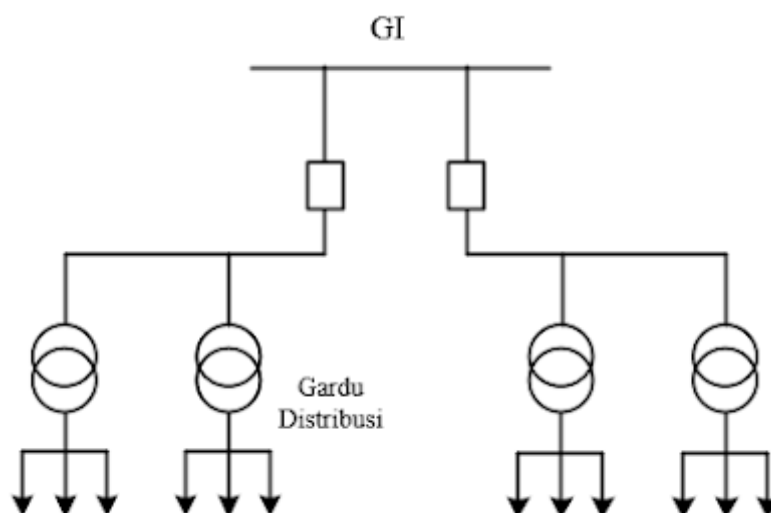
Jaringan sistem distribusi dapat dibedakan menjadi dua yaitu jaringan sistem distribusi primer dan jaringan sistem distribusi sekunder. Kedua sistem tersebut dibedakan berdasarkan tegangan kerjanya. Pada umumnya tegangan kerja pada sistem jaringan distribusi primer adalah 20 kV, sedangkan tegangan kerja pada sistem jaringan distribusi sekunder adalah 220/380 V [8].

Sistem distribusi disuplai dari Gardu Induk (GI) yang terbagi menjadi beberapa penyulang/*feeder* menuju pelanggan listrik. Umumnya tipe penyulang yang digunakan adalah radial dimana antara penyulang yang satu dengan yang lainnya dapat dihubungkan dengan mengoperasikan *sectionalizing switches*/ABSW. *Sectionalizing switches* dengan posisi terbuka pada kondisi normal ini sangat berperan untuk proses rekonfigurasi jaringan sistem sehingga profil tegangan naik dan *losses* dapat dikurangi. Jika suatu penyulang mengalami gangguan, daerah yang padam sementara dapat disuplai kembali secara cepat dengan membuat konfigurasi jaring baru dengan mengoperasikan beberapa *sectionalizing switches*. Dalam jaringan distribusi tenaga listrik, mengubah status *sectionalizing switches* dari *normally open* (NO) ke *normally closed* (NC) atau sebaliknya merupakan perubahan struktur topologi dari jaring distribusi. Dalam operasi sistem tenaga listrik rekonfigurasi bertujuan untuk mengurangi *losses*, sehingga kualitas tegangan listrik menjadi lebih baik [9].

Rekonfigurasi jaringan merupakan proses pembentukan struktur topological dari penyulang distribusi dengan mengubah status dari *switch*. Selama kondisi operasi normal. Rekonfigurasi jaringan bertujuan untuk mengurangi susut daya listrik (*losses*) dan menyeimbangkan beban-beban dalam jaringan [10].

2.4 Jaringan Distribusi Radial

Bentuk jaringan sistem ini merupakan bentuk dasar yang paling sederhana dan paling banyak digunakan. Sistem disebut radial karena jaringan ini ditarik secara radial dari Gardu Induk ke pusat-pusat beban atau konsumen yang dilayani. Sistem ini terdiri dari saluran utama dan saluran cabang seperti terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Jaringan Distribusi Tipe Radial

Sumber [10].

Semakin panjang suatu jaringan, maka konduktor yang digunakan untuk menghubungkan sumber listrik dengan beban (konsumen) juga akan semakin panjang. Suatu konduktor, memiliki nilai resistansi, yang akan mengakibatkan nilai rugi daya pada saluran akan bertambah besar. Nilai rugi daya bergantung kepada hasil perkalian antara kuadrat arus (I^2) yang mengalir pada penghantar, dengan nilai resistansi penghantar (R). Minimalisasi rugi daya dapat dilakukan merubah konfigurasi jaringan yang telah ada.

Panjang jaringan listrik juga mengakibatkan perbedaan tegangan antara sisi kirim dan sisi terima menjadi berbeda, makin panjang jaring, maka perbedaan tegangan semakin besar demikian juga susut daya listrik (*losses*) pada jaring tersebut. Turunnya tegangan sering terjadi pada sistem distribusi 20 kV yang kapasitasnya terbatas, sehingga pada jam-jam tertentu (pada waktu beban puncak) tegangan pada ujung sisi terima semakin rendah, bahkan melampaui batas-batas toleransi, sedangkan pada jam-jam dimana beban listriknya berkurang (luar waktu beban puncak), tegangan listriknya akan kembali normal [11].

2.5 Studi Aliran Daya

Studi aliran daya adalah suatu solusi pada jaringan sistem tenaga pada keadaan mantap (*steady state*) yang tunduk kepada batasan ketidaksamaan tertentu dalam operasi sistem. Batasan-batasan itu dapat berupa bentuk Tegangan (V), daya reaktif (Q) yang dibangkitkan oleh generator, *setting tap* transformator

pada saat melayani beban, dan sebagainya. Solusi aliran daya memberikan hasil berupa : tegangan bus dan sudut fasanya serta juga injeksi daya pada semua bus demikian juga aliran daya melalui saluran interkoneksi (cabang) antar bus. Dalam analisis aliran daya, terdapat beberapa metode klasik yang sering digunakan, antara lain sebagai berikut [12] :

1. Metode *Gauss-Seidel*
2. Metode *Newton-Raphson*
3. Metode *Fast-Decouple*

Dalam penyelesaian sebuah aliran daya, sistem dioperasikan dalam keadaan seimbang. Setiap bus pada suatu sistem tenaga listrik terdapat daya aktif (P), daya reaktif (Q), besar tegangan ($|V|$), dan sudut fasa tegangan (δ). Jadi setiap bus terdapat empat besaran yaitu P, Q, $|V|$, dan δ . Di dalam studi aliran daya, dua dari keempat besaran itu diketahui dan dua yang lainnya perlu dicari. Berdasarkan hal tersebut diatas, bus-bus dibedakan menjadi tiga jenis yaitu bus beban, bus generator, dan bus berayun/bus referensi (*slack bus*).

1. Bus beban (Bus P-Q)

Bus beban adalah bus yang tidak memiliki unsur pembangkitan tenaga listrik/generator dan yang terhubung secara langsung ke beban. Bus beban sering disebut dengan bus P-Q, karena pada bus beban yang dapat diatur adalah kapasitas daya yang terpasang. Pada bus ini, selisih daya yang dibangkitkan oleh generator dengan daya yang diserap oleh beban diketahui nilainya. Besar nilai P pada bus ini merupakan daya aktif terpasang yang diukur dalam satuan Watt (W), sedangkan besar nilai Q merupakan daya reaktif terpasang yang diukur dalam Volt Ampere Reaktif (VAR). Pada bus ini, nilai P dan Q diketahui besarnya, sementara $|V|$ dan δ harus dicari (dihitung) berapa nilainya.

2. Bus generator (Bus P- $|V|$)

Bus generator atau biasa disebut bus voltage controlled merupakan bus yang terhubung dengan generator yang dapat dikontrol daya aktif (P) dan tegangan ($|V|$) yang biasanya dijaga konstan. Pengaturan daya aktif pada bus ini diatur dengan mengontrol penggerak mula (*prime mover*), sedangkan pengaturan tegangan pada bus ini diatur dengan mengontrol arus eksitasi pada generator. Oleh karena daya aktif (P) dan tegangan ($|V|$) dapat dikontrol maka bus ini sering disebut sebagai

bus P-|V|. Pada bus ini, nilai P dan |V| diketahui besarnya, sementara Q dan δ harus dicari (dihitung) berapa nilainya.

3. Bus referensi (*Slack bus*)

Bus referensi (*slack bus*) adalah sebuah bus generator yang dianggap sebagai bus utama karena merupakan bus yang memiliki kapasitas daya yang paling besar. Oleh karena daya yang dapat disalurkan oleh bus ini besar, maka pada bus ini hanya nilai tegangan |V| dan sudut fasa δ yang bisa diatur, sedangkan besar daya aktif P dan daya reaktif Q akan dicari dalam perhitungan.

2.6 Persamaan-persamaan Aliran Daya

2.6.1 Persamaan Pembebanan

Daya aktif dan daya reaktif pada salah satu bus p:

$$P_{pq} - jQ_{pq} = V_p^* i_{pq} \text{ (aktif)} \quad (2.1)$$

$$P_{pq} + jQ_{pq} = V_p i_{pq}^* \text{ (reaktif)} \quad (2.2)$$

dan arus

$$I_p = \frac{P_p - jQ_p}{V_p^*} \quad (2.3)$$

$$I_i = \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_q \quad (2.4)$$

I_p Bertanda positif bila arus ke bus dan bertanda negatif bila arus mengalir dari bus, dan tanda menunjukkan susut fasa tertinggal (*lagging*).

Bila elemen shunt tidak termasuk dalam matrik maka arus total pada bus p ialah

$$I_p = \frac{P_p - jQ_p}{V_p^*} - Y_p V_p \quad (2.5)$$

Dimana :

Y_p : admitansi shunt total pada bus p

$Y_p V_p$: arus shunt yang mengalir dari bus p ke tanah

2.6.2 Persamaan Aliran Arus

Setelah tegangan-tegangan diketahui maka arus yang mengalir dari bus p ke bus q dapat diketahui sebagai berikut :

$$I_{pq} = Y_{pq}' Y_{pq} + \frac{V_p Y_{pq}}{2} \quad (2.6)$$

Dimana:

Y_{pq} : admitansi saluran p ke q

Y_{pq}' : admitansi saluran p – q

$\frac{V_p Y_{pq}}{2}$: kontribusi arus pada bus p oleh arus shunt

2.6.3 Persamaan Daya

Daya kompleks yang mengalir dari bus p ke bus q :

$$P_{pq} - jQ_{pq} = V_p^* i_{pq} = S_{pq} \quad (2.7)$$

atau

$$P_{pq} - jQ_{pq} = V_p^* (V_p - V_q) Y_{pq} + V_p^* \frac{V_p Y_{pq}'}{2} = S_{pq} \quad (2.8)$$

Sedangkan daya kompleks yang mengalir dari bus q ke bus p :

$$P_{qp} - jQ_{qp} = V_q^* (V_q - V_p) Y_{qp} + V_q^* \frac{V_q Y_{qp}'}{2} = S_{qp} \quad (2.9)$$

Jumlah aljabar persamaan (2.27) dan (2.28) adalah rugi-rugi pada transmisi yaitu seperti persamaan berikut:

$$SL_{pq} = S_{pq} + S_{qp} \quad (2.10)$$

Dimana :

SL_{pq} : Rugi-rugi saluran bus p ke bus q

S_{pq} : Daya kompleks mengalir dari bus p ke bus q

S_{qp} : Daya kompleks mengalir dari bus q ke bus p

2.7 Aliran Daya Newton-Raphson

Dasar dari metode *Newton-Raphson* dalam penyelesaian aliran daya adalah deret Taylor untuk suatu fungsi dengan dua variable lebih. Metode *Newton-Raphson* menyelesaikan masalah aliran daya dengan menggunakan suatu set persamaan non linier untuk menghitung besarnya tegangan dan sudut fasa tegangan tiap bus. Daya injeksi pada bus i adalah [12]:

$$I_i = \sum_{j=1}^N Y_{ij} V_j \quad (2.11)$$

Dimana:

$$Y_{ij} = G_{ij} + jB_{ij} = |Y_{ij}| \angle \theta_{ij}$$

$$V_j = |V_j| \angle \delta_j$$

$$I_i = \sum_{j=1}^N |Y_{ij}| |V_j| \angle(\theta_{ij} + \delta_j)$$

Daya kompleks di bus i dengan:

$$S_i = P_i - jQ_i = V_i^* I_i \quad (2.12)$$

$$V_i = |V_i| \angle \delta_i$$

$$P_i = \sum_{j=1}^N |V_i| |Y_{ij}| |V_j| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (2.13)$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^N |V_i| |Y_{ij}| |V_j| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (2.14)$$

Suku-suku koreksi daya aktif P dan daya Reaktif Q adalah merupakan daya residu sebagai berikut:

$$\Delta V_i^{(k)} = P_i^{(sch)} - P_i^{(hit)} \quad (2.15)$$

$$\Delta Q_i^{(k)} = Q_i^{(sch)} - Q_i^{(hit)} \quad (2.16)$$

Dimana:

$$P_i^{(sch)} = P_{Gi} - P_{Li}$$

$$Q_i^{(sch)} = Q_{Gi} - Q_{Li}$$

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

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

$$\begin{vmatrix} \Delta \delta \\ \dots \\ \Delta |V| \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} H & \vdots & N \\ \dots & \vdots & \dots \\ M & \vdots & L \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \Delta P \\ \dots \\ \Delta Q \end{vmatrix} \quad (2.17)$$

$$|V_i^{(k+1)}| = |V_i^{(k)}| + \Delta |V_i^{(k+1)}| \quad (2.18)$$

$$\delta_i^{(k+1)} = \delta_i^{(k)} + \Delta \delta_i^{(k)} \quad (2.19)$$

Syarat iterasi konvergen adalah:

$$\Delta |V_i^{(k+1)}| \leq \text{Epsilon} \quad (2.20)$$

Aliran arus di setiap saluran dalam sistem dari bus i ke bus j seperti persamaan seperti berikut:

$$I_{ij}^{(k)} = y_{ij}(V_i^{(k)} - V_j^{(k)}) \quad (2.21)$$

Dan aliran arus dari bus j ke bus i seperti persamaan berikut:

$$I_{ji}^{(k)} = y_{ji}(V_j^{(k)} - V_i^{(k)}) \quad (2.22)$$

Sementara itu untuk aliran daya dari bus i ke bus j seperti persamaan berikut:

$$S_{ij}^{(k)} = V_i^{(k)} I_{ij}^{(k)*} \quad (2.23)$$

Sedangkan aliran daya dari bus j ke bus i terlihat seperti persamaan berikut:

$$S_{ji}^{(k)} = V_j^{(k)} I_{ji}^{(k)*} \quad (2.24)$$

Maka dapat dihitung rugi-rugi daya pada setiap saluran dalam sistem seperti persamaan berikut:

$$S_{rugi-rugi(ij)}^{(k)} = S_{ij}^{(k)} + S_{ji}^{(k)} \quad (2.25)$$

$$P_{rugi-rugi}^{(k)} = \text{real}(S_{rugi-rugi}^{(k)}) \text{ [MW]} \quad (2.26)$$

$$Q_{rugi-rugi}^{(k)} = \text{imag}(S_{rugi-rugi}^{(k)}) \text{ [MVar]} \quad (2.27)$$

Dari persamaan (2.18) dan persamaan (2.19) merupakan perhitungan pada iterasi pertama. Nilai ini digunakan kembali untuk perhitungan iterasi ke-2 dengan cara memasukan nilai ini ke dalam persamaan (2.13) dan persamaan (2.14) sebagai langkah awal perhitungan aliran daya. Mempunyai nilai k=1. Iterasi perhitungan aliran daya dapat dilakukan sampai iterasi ke-n. Perhitungan selesai apabila nilai $\Delta P_i^{(k)}$ dan $\Delta Q_i^{(k)}$ mencapai titik nilai $\leq \varepsilon$.

Berikut algoritma perhitungan solusi aliran daya menggunakan metode Newton-Rapshon.

1. Membentuk matriks admitansi Y-sel sistem
2. Menentukan nilai awal $V^{(0)}, \varepsilon, \delta^{(0)}, V_i^{(sch)} = P_{Gi} - P_{Li} Q_{(sch)}, Q_i^{(sch)} = Q_{Gi} - Q_{Li}$
3. Mengetahui P^{hitung} dan Q^{hitung}
4. Menghitung nilai $\Delta P_i^{(k)}$ dan $\Delta Q_i^{(k)}$ berdasarkan persamaan (2.15) dan persamaan (2.16)
5. Membuat matrik jacobian berdasarkan persamaan (2.17)
6. Menghitung nilai $\delta_i^{(k+1)}$ dan $|V_i^{(k+1)}|$ berdasarkan persamaan (2.18) dan persamaan (15). Periksa konvergen $|\Delta P_i^{(k)}| \leq \varepsilon$ dan $|\Delta Q_i^{(k)}| \leq \varepsilon$

7. Hasil nilai $\delta_i^{(k+1)}$ dan $|V_i^{(k+1)}|$ dimasukkan ke dalam persamaan (2.20) dan persamaan (2.21) untuk mencari P_i dan Q_i
8. Menghitung daya aktif dan daya reaktif berdasarkan persamaan (2.22) dan persamaan (2.23).

Perhitungan aliran daya dengan metode Gauss-Seidel mempunyai kelebihan dan kekurangan.

1. Kelebihan:

- a. Mempunyai kurva iterasi lebih baik.
- b. Lebih stabil untuk mencapai komvergen cocok untuk bus yang sedikit dan banyak.
- c. Lebih sesuai untuk menghitung aliran beban pada sistem dengan jumlah yang besar.

2. Kekurangan:

- a. Tidak sesuai untuk sistem yang kecil.
- b. Untuk membuat elemen matriks membutuhkan pemecahan matematik yang lama.
- c. Operasi matematik lebih sulit.

Pada penyusunan program komputer, memerlukan waktu lebih lama

2.8 Prinsip Dasar Rekonfigurasi

Rekonfigurasi pada sistem distribusi ini secara *radial*, yaitu proses merubah nilai arus maupun impedansi *feeder* atau memindahkan suplai suatu titik beban trafo distribusi dari suatu *feeder* ke *feeder* yang lain. Rekonfigurasi ini dapat merubah parameter dari saluran distribusi. Seperti, impedansi dan arus *feeder*. Akibat dari perubahan kedua parameter tersebut, maka akan turut mengubah dari rugi daya dan jatuh tegangan pada *feeder*. Keseimbangan arus fasa dan keseimbangan arus pada *feeder* serta arus hubung singkat pada ujung *feeder*

Rekonfigurasi pada sistem distribusi ini akan memberikan alternatif perbaikan pada *feeder* dan pada saluran sistem distribusi. Sehingga dapat menentukan konfigurasi dan panjang saluran TM berdasarkan pertimbangan susut daya dan jatuh tegangan. Oleh sebab itu, proses rekonfigurasi ini

mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, terutama rugi daya dan jatuh tegangan [13].

Adapun langkah-langkah dalam melakukan rekonfigurasi adalah :

- a. Menghitung aliran daya pada konfigurasi yang akan direkonfigurasi. Untuk itu bisa dilakukan dengan perhitungan manual maupun dengan *software* yang mendukung.
- b. Rekonfigurasi dilakukan dengan memindahkan beban-beban *line* pada *feeder* yang berdekatan dengan cara mengubah status LBS (*Load Breaking Switch*) dan mengubah letak posisi dari LBS.
- c. Membandingkan kondisi setelah direkonfigurasi dengan kondisi sebelumnya.
- d. Analisis setiap konfigurasi yang telah direkonfigurasi dengan menghitung kembali susut daya dan jatuh tegangan sehingga didapat nantinya konstruksi jaringan yang lebih optimal.

2.9 Metode *Simple Branch Exchange*

Metode Rekonfigurasi pada penelitian ini menggunakan metode *simple branch exchange*. Metode ini merupakan jenis dari metode *heuristic*. Rekonfigurasi dilakukan dengan mengubah *on* atau *off switch* dan saluran pada setiap konfigurasi sistem daya yang mungkin untuk mendapatkan rugi-rugi daya yang terkecil. Metode ini merupakan dasar untuk menentukan rugi-rugi daya. Metode ini bertujuan untuk mendapatkan konfigurasi jaringan yang baru berdasarkan rugi-rugi daya yang terkecil. Oleh karena itu kelebihan dari *branch exchange* untuk mencari solusi optimal cabang untuk menurunkan rugi-rugi daya. Metode ini hanya digunakan pada sistem distribusi dengan topologi jaringan radial.

Rekonfigurasi jaringan distribusi dapat dilakukan dengan mengatur kondisi dari *switch-switch* ini dalam keadaan *on* atau *off*. *Switch* yang terdapat dalam jaringan distribusi terdapat dua macam :

1. *Normally Closed Switch (NC Switch)* yang dalam keadaan operasi normal, posisi kontakannya selalu tertutup (*on*).
2. *Normally Open Switch (NO Switch)* yang dalam keadaan operasi normal, posisi kontakannya selalu terbuka (*off*).



Gambar 2.3 Diagram Skematik Tipe (a) NC Switch dan (b) NO switch

2.10 Tegangan Standar PT PLN (Persero) SPLN No T6.001 Tahun 2013

Tabel berikut menunjukkan nilai tegangan sistem fase tiga empat kawat dan sistem fase tunggal tiga kawat termasuk rangkaian fase tunggal (perluasan, pelayanan dan sebagainya) yang dihubungkan kesistem tersebut.

Nilai yang lebih rendah dalam kolom adalah tegangan ke netral dari nilai yang lebih tinggi adalah tegangan antar fase. Jika hanya satu nilai yang ditunjukkan, maka nilai tersebut mengacu pada sistem tiga kawat dan menunjukkan tegangan antar fase [14].

Tabel 2.1 Sistem a.b Yang Diterapkan Pada Sistem Distribusi Tegangan Rendah

1.a Sistem Fase-Tiga Empat-Kawat
Tegangan nominal (V)
230/400
1.b sistem fase-tunggal tiga-kawat
Tegangan nominal (V)
2 x 230
Sistem fase-tunggal tiga kawat tidak dikembangkan

Dengan memperhatikan jatuh tegangan pasok, pada kondisi pelayanan normal direkomendasikan bahwa tegangan pada terminal pasok perbedaannya tidak boleh lebih besar $\pm 10\%$ dan tegangan nominal sistem. Untuk jatuh tegangan pemanfaatan, selain variasi tegangan pasok, jatuh tegangan kemungkinan terjadi pada instalasi konsumen. Untuk instalasi tegangan rendah, turun tegangan ini dibatasi sampai dengan 5% (4% IEC), oleh karena itu jatuh tegangan pemanfaatan adalah +10% -5%.

Tabel 2.2 Sistem Fase Tiga a.b Yang Bertegangan Nominal Antara 1 kV Sampai Dengan 35 kV Dan Perlengkapan Terkait

Tegangan Tertinggi Untuk Perlengkapan (kV)	Tegangan Nominal Sistem (kV)	Pemanfaatan
7,2 ¹⁾	6 ¹⁾	Pembangkit
12 ²⁾	11 ²⁾	Pembangkit
24	20	Distribusi dan Pembangkit

Sistem fase-tiga tiga-kawat kecuali dinyatakan lain. Nilai yang ditunjukkan adalah tegangan antar fase.

Tegangan tertinggi dan tegangan terendah perbedaannya tidak boleh lebih besar $\pm 10\%$ dari tegangan nominal sistem.

- 1) Nilai ini tidak digunakan untuk sistem distribusi umum.
- 2) Tidak dikembangkan lagi.
- 3) Untuk sistem fase-tiga empat kawat

Tabel 2.3 Sistem Fase Tiga a.b yang Bertegangan Nominal Di atas 35 kV Sampai Dengan 230 kV Dan Perlengkapan Terkait

Tegangan Tertinggi Untuk Perlengkapan (kV)	Tegangan Nominal Sistem (kV)
72,5 kV	66 Kv
170 kV	150 kV

Nilai tersebut di atas nilai tegangan antar fase

Tabel 2.4 Sistem Fase Tiga a.b Yang Bertegangan Tertinggi Untuk Perlengkapan Melebihi 245 kV

Tegangan Tertinggi Untuk Perlengkapan (kV)	Tegangan Nominal Sistem (kV)
300 kV	275 kV
550 kV	500 kV

Nilai tersebut di atas nilai tegangan antar fase