

**ANALISA RUGI-RUGI DAYA PADA
SALURAN TRANSMISI TEGANGAN 150 kV
DI PT. PLN (PERSERO) SISTEM
KHATULISTIWA**

Nico Yupiter Siregar

Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura
Email :nicojufiter@gmail.com

Abstract

The continuity of electric power in the equatorial system always experiences a drastic increase, so there is a need for a special subscription there is a conduit (transmission line) of electric power. In increasing electrical power distribution, transmission lines must have a large value of efficiency. Good efficiency on the transmission line if the power losses on the transmission line can be compressed as small as possible. The calculation of power losses in this study uses a newton rapshon method power flow solution with two validation data sending capabilities Sesco. Based on the calculation of active power losses that occur in conditions (Sesco 170 MW) of 2.64% and (Sesco 200 MW) total active power losses of 3.57%. The percentage of power losses (Sesco 170 MW) is in accordance with the efficiency target. The second data validation (Sesco 200 MW) still includes efficiency because the power loss threshold is based on the 1987 SPLN standard of 5%. Comparison of the two power data is to determine the target efficiency that must be received from the Mambong Sesco GI. So that the active power losses can be compressed as little as possible does not exceed the specified target limit. Nevertheless, it is necessary to monitor and evaluate continuously to overcome and anticipate future losses.

Keywords: *Transmission Line, power flow, active power losses, Sesco*

Abstrak

Keberlangsungan akan daya listrik di sistem khatulistiwa selalu mengalami peningkatan yang drastis, sehingga perlu adanya penanganan yang khusus terdapat penghantar (saluran transmisi) daya listrik tersebut. Dalam meningkatkan penyaluran daya listrik, saluran transmisi harus memiliki nilai efisiensi yang besar. Efisiensi yang baik terhadap saluran transmisi apabila rugi-rugi daya pada saluran transmisi dapat di tekan sekecil mungkin. Perhitungan rugi-rugi daya pada penelitian ini menggunakan solusi aliran daya metode newton rapshon dengan dua validasi data daya kirim Sesco. Berdasarkan hasil perhitungan rugi-rugi daya aktif yang terjadi pada kondisi (Sesco 170 MW) sebesar 2,64 % dan (Sesco 200 MW) rugi-rugi daya aktif total sebesar 3,57%. Besar presentase rugi-rugi daya pada (Sesco 170 MW) dan sudah sesuai capaian target yang efisiensi. Validasi data kedua (Sesco 200 MW) masih termasuk efisiensi karena batas ambang rugi-rugi daya berdasarkan standar SPLN no.72 tahun 1987 yaitu sebesar 5%. Perbandingan kedua data daya tersebut untuk menentukan efisiensi target yang harus diterima dari GI Mambong Sesco. Sehingga rugi-rugi daya aktif dapat di tekan sekecil mungkin tidak melewati batas target yang ditentukan. Meskipun demikian perlu dilakukan pengawasan dan evaluasi secara berkelanjutan untuk mengatasi dan mengantisipasi kerugian yang di timbul dimasa akan datang.

Kata Kunci : *Saluran Transmisi, aliran daya, rugi-rugi daya aktif, Sesco*

1. Pendahuluan

Ketersediaan listrik yang cukup dan berkualitas merupakan hal yang harus dipenuhi oleh perusahaan Listrik Negara. Permintaan energi listrik di Indonesia menunjukkan peningkatan yang cukup pesat dan berbanding lurus dengan pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk. Dalam rangka memenuhi permintaan energi listrik tersebut maka diperlukan perencanaan dalam pembangunan jaringan listrik dan interkoneksi jaringan di berbagai daerah.

Alasan teknis terjadinya rugi-rugi pada sistem Khatulistiwa karena ada jarak saluran yang lumayan jauh selain itu juga mengalami beberapa faktor yang menyebabkan terjadi rugi-rugi daya yaitu isolator bocor, faktor korona dan lain-lain. Rugi-rugi daya diketahui jika tegangan pengirim dan tegangan penerima mengalami perbedaan. Dimana berdasarkan standar SPLN no.72 tahun 1987 batas rugi-rugi daya yaitu sebesar 5%.

Berdasarkan informasi dari PT.PLN (Persero) UP3B Kalbar Saat ini, beban sistem Khatulistiwa 61.80% ada di pusat Kota Pontianak, sementara pembangkit 76.16% merupakan suplai dari SESCO dan selebihnya dari PLTU, PLTD dan pembangkit lainnya di Kalimantan Barat. Kondisi ini menyebabkan aliran daya rata-rata pada 170-200 MW mengalir dari utara (SESCO) ke GITET Bengkayang yang kemudian ke arah selatan di Pontianak.

Perhitungan ini dilakukan pada saluran transmisi tegangan tinggi 150 kV berdasarkan aliran daya pada sistem khatulistiwa. Analisa dikerjakan secara cara survei lokasi, data kuantitatif dan perhitungan mencari rugi-rugi daya menggunakan metode Newton-Rapshon. Selain itu proses perhitungan eksak yang akan diaplikasikan ke dalam bahasa pemrograman dengan bantuan *software* matlab.

2. Dasar Teori

2.1. Sistem Tenaga Listrik

Secara umum sistem tenaga listrik dapat dikatakan terdiri dari tiga bagian utama, yaitu :

- a. Sistem pembangkit tenaga listrik
Merupakan tempat produksi atau pembangkitan dari tenaga listrik yang merupakan penggerak mula atau generator.

Pada subsistem pembangkit terdiri dari pusat-pusat pembangkit seperti PLTU, PLTG, PLTGU, PLTA, dan PLTD.

- b. Sistem transmisi tenaga listrik
Berfungsi menyalurkan daya dari pusat pembangkit ke sistem distribusi sebagai pusat beban melalui interkoneksi.
- c. Sistem distribusi tenaga listrik
Merupakan subsistem yang berfungsi menyalurkan daya ke konsumen-konsumen. Tenaga listrik didistribusikan dari gardu induk yang masuk melalui jaringan distribusi

2.2. Sistem Per- Unit (p.u)

Menurut W.D. Stevenson,(1994:29) saluran transmisi tenaga pada tingkat tegangan di mana kilovolt merupakan unit yang sangat memudahkan untuk menyatakan tegangan. Karena besarnya daya yang harus disalurkan, kilowatt, atau megawatt dan kilovolt-ampere atau megavolt –ampere adalah istilah-istilah yang sudah biasa dipakai. Tetapi, kuantitas-kuantitas tersebut diatas bersama-sama dengan ampere dan ohm sering juga dinyatakan sebagai suatu persentase atau per-unit dari suatu nilai dasar atau referensi yang ditentukan (*specified*) untuk masing-masing. Misalnya, jika sebagai tegangan dasar dipilih 120 Kv maka tegangan-tegangan sebesar 108, 120 dan 126 Kv berturut-turut menjadi 0,90 ,1,00 dan 1,05 per-unit atau 90, 100, dan 105%. Definisi nilai per-unit untuk suatu kuantitas ialah perbandingan kuantitas tersebut terhadap nilai dasarnya yang dinyatakan dalam decimal.

2.3. Penyaluran Tenaga Listrik

Tenaga listrik yang dibangkitkan oleh suatu pusat pembangkit listrik akan disalurkan melalui jaringan transmisi. Dari jaringan transmisi selanjutnya didistribusikan kepada para konsumen tenaga listrik melalui jaringan distribusi tenaga listrik. Pada sistem tenaga listrik yang besar, pembangkit listrik dengan kapasitas besar kebanyakan dibangun tidak berdekatan dengan pusat beban karena alasan dampak terhadap lingkungan. Dalam proses pengiriman energi dari pembangkit-pembangkit tersebut ke pusat beban diperlukan suatu saluran transmisi atau interkoneksi sebagai penyalur tenaga listrik.

2.4. Transformator Tenaga

Transformator merupakan bagian dalam sistem tenaga listrik sebagai penghubung antara

sistem pembangkit dengan saluran transmisi dan antara saluran dengan level tegangan berbeda (Grainger dan Stevenson 1994:41). Transformator tenaga juga merupakan komponen untuk mentransformasikan tenaga listrik ke level tegangan yang lain, misalnya ke tegangan subtransmisi atau tegangan distribusi.

2.5. Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam sirkuit listrik. Dalam sistem tenaga listrik Arus Bolak-Balik (AC) ada tiga jenis daya yang dikenal, yaitu :

1. Daya Semu

Daya semu merupakan daya listrik yang melalui suatu penghantar transmisi atau distribusi. Daya ini merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus yang melalui penghantar.

2. Daya Aktif

Daya aktif (daya nyata) merupakan daya listrik yang digunakan untuk keperluan menggerakkan mesin-mesin listrik atau peralatan lainnya. Daya aktif ini.

Merupakan pembentukan dari besar tegangan yang kemudian dikalikan dengan besaran arus dan faktor dayanya.

$V =$ Tegangan antar saluran (Volt)

$I =$ Arus saluran (Amper)

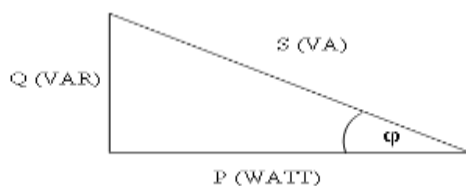
$\text{Cos } \varphi =$ Faktor Daya (standar PLN 0,85)

3. Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan selisih antara daya semu yang masuk pada penghantar dengan daya aktif pada penghantar itu sendiri, dimana daya ini terpakai untuk daya mekanik dan panas. Daya reaktif ini adalah hasil kali antara besarnya arus dan tegangan yang dipengaruhi oleh faktor daya.

4. Segitiga Daya

Dari bermacam daya diatas maka daya listrik digambarkan sebagai segitiga siku, yang secara vektoris adalah penjumlahan daya aktif dan reaktif dan sebagai resultannya adalah daya semu yang terlihat seperti gambar 2.2. Dibawah ini.



Gambar 1. Segitiga Daya
Dimana berlaku hubungan :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} < \varphi \dots\dots\dots(1)$$

$$P = S / \text{Cos } \varphi \dots\dots\dots(2)$$

$$Q = S / \text{Sin } \varphi \dots\dots\dots(3)$$

2.6. Saluran Transmisi

Menurut Gonen (1988:3) jaringan sistem tenaga listrik merupakan saluran tegangan tinggi yang didesain sebagai penghubung pada pusat pembangkit dan sistem kelengkapan tenaga listrik dan sebagai penyaluran daya dari pembangkit ke pusat beban. Saluran transmisi memegang peranan yang penting dalam pengiriman daya aman dan optimal

Keterbatasan kemampuan pada saluran transmisi akan dapat mengakibatkan beberapa permasalahan, antara lain:

- a. Terputusnya akses untuk sumber energi terbarukan
- b. Sulit untuk mendapatkan sumber energi yang bervariasi
- c. Harga listrik yang semakin mahal
- d. Memerlukan cadangan energi yang besar
- e. Sejumlah pembangkit menjadi unit harus operasi

2.7 Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik

Menurut Singh (2010:20) aliran daya dari jaringan listrik memberikan solusi dalam keadaan mantap (*steady state*) melalui beberapa parameter listrik seperti arus, tegangan, dan rugi-rugi dapat dihitung. Aliran daya sangat penting untuk analisa sistem distribusi, mengetahui masalah yang berhubungan dengan perencanaan, desain, operasi dan pengendalian. Menurut Kundur (1994:256-267)

Tujuan utama dari studi aliran daya adalah :

1. Untuk mengetahui daya aktif dan reaktif tiap pembangkit
2. Untuk mengetahui besar tegangan dan sudut phase pada setiap bus
3. Untuk mengetahui daya aktif dan daya reaktif yang mengalir pada setiap komponen tenaga listrik (penghantar dan transformator)

Oleh karena itu dalam studi aliran daya diperlukan suatu proses perhitungan yang sistematis melalui model jaringan dan persamaan aliran daya. Menurut Grainger dan Stevenson (1994:332) dalam studi aliran daya, ada tiga penggolongan bus, yaitu:

- Load Bus (P-Q Bus)

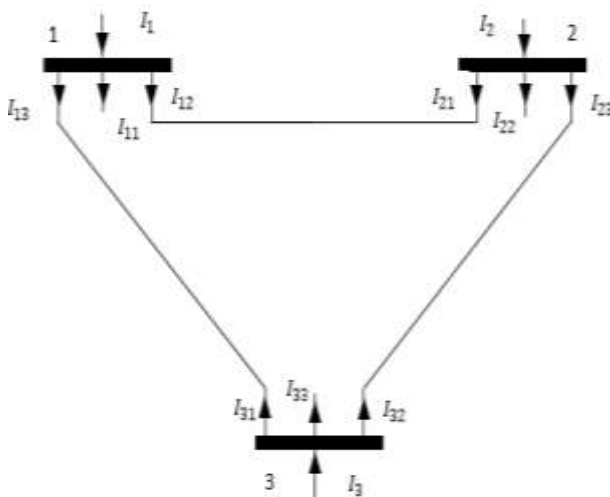
Pada bus ini besarnya daya aktif dan daya reaktif telah diketahui, misalnya data dari

realisasi pengukuran daya pada waktu lampau. sedangkan besarnya tegangan dan sudut daya adalah besaran yang dihitung.

- Voltage Controlled Bus (P-V Bus)
Bus PV atau bus pengendali atau sering pula disebut bus pembangkit. Pada bus ini terdapat generator yang besaran tegangan dan daya aktifnya telah diketahui, sedangkan besar daya reaktif dan sudut daya tidak diketahui. Bila pada bus tidak diketahui daya reaktif Q, maka sebelum iterasi dilakukan terlebih dahulu dihitung daya reaktif $Q = Q_{hitung}$ bila $Q_{hitung} > Q_{maks}$, maka ditetapkan $Q = Q_{maks}$ dan tipe bus berubah mejadi tipe bus beban demikian V harus di hitung. Bila $Q_{hitung} < Q_{min}$, maka ditetapkan $Q = Q_{min}$ dan tipe bus berubah menjadi tipe bus beban juga dengan demikian V harus di hitung. Bila $Q_{min} \leq Q_{hitung} \leq Q_{maks}$ maka status bus tidak berubah.
- Slack bus (referensi bus)
Bus ini merupakan bus ayun (swing bus), pada bus ini nilai tegangan dan sudut tegangan diberikan, sedangkan tegangan dijadikan referensi untuk sudut tegangan yang lain. Jadi pada bus ayun, nilai tegangan dan sudut daya tetap, sedangkan besaran daya aktif dan daya reaktif yang dihitung.

2.8. Bentuk Matriks Admitansi

Berdasarkan hukum Kirchoff impedansi-impedansi di ubah ke admitansi-admitansi yang terlihat seperti pada gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2. Sistem Tenaga Dengan 3 Bus

Pada hukum kirchoff

$$\begin{aligned} I_1 &= I_{11} + I_{12} + I_{13} \\ &= V_1 y_{11} + (V_1 - V_2) y_{12} + (V_1 - V_3) y_{13} \\ &= V_1 (y_{11} + y_{12} + y_{13}) - V_2 y_{12} - V_3 y_{13} \\ &= Y_{11} V_1 + Y_{12} V_2 + Y_{13} V_3 \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

$$I_2 = V_1 Y_{21} + V_2 Y_{22} + V_3 Y_{23} \dots\dots\dots(5)$$

$$I_3 = V_3 Y_{31} + V_2 Y_{32} + V_3 Y_{33} \dots\dots\dots(6)$$

Persamaan – persamaan ini dapat ditulis dalam bentuk matrik sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(7)$$

jika persamaan matriks lebih banyak (n) maka persamaan – persamaan ini dapat disusun sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & Y_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_n \end{bmatrix} \dots\dots\dots(8)$$

Dari sini dapat di tulis persamaan arus untuk sistem n-bus, dimana masing-masing simpul terhubung satu sama lain dan rumus umumnya persamaan sebagai berikut :

$$I_p = \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_q, \quad p = 1,2,3$$

2.9. Perhitungan Aliran Daya dengan Metode Newton Raphson

Perhitungan aliran daya dengan metode Newton Raphson dianggap efektif dan menguntungkan untuk sistem jaringan yang besar, karena mempunyai waktu hitung konvergensi yang cepat (membutuhkan iterasi yang lebih sedikit). Dalam metode ini, pengembangan persamaannya dipilih dalam bentuk koordinat polar tegangan dalam p.u dan sudut fasa tegangan dalam derajat.

Pers. Injeksi arus pada bus i

$$I_i = \sum_{j=1}^N Y_{ij} V_j \dots\dots\dots(9)$$

Dimana

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

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

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

Daya kompleks di bus i dengan

$$S_i = P_i - j Q_i = V_i^* I_i \dots\dots\dots(10)$$

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

$$P_i = \sum_{j=1}^N |V_i| |Y_{ij}| |V_j| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \dots\dots(11)$$

$$Q_i = -\sum_{j=1}^N |V_i| |Y_{ij}| |V_j| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \dots\dots(12)$$

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

$$\Delta P_i^{(k)} = P_i^{(sch)} - P_i^{(hit)} \dots\dots\dots(13)$$

$$\Delta Q_i^{(k)} = Q_i^{(sch)} - Q_i^{(hit)} \dots\dots\dots(14)$$

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

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

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

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

$$\begin{vmatrix} \Delta P \\ \dots \\ \Delta Q \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} H & \dots & N \\ \dots & \dots & \dots \\ M & \dots & L \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \Delta \delta \\ \dots \\ \Delta |V| \end{vmatrix} \dots\dots\dots(15)$$

$$|V_i^{(k+1)}| = |V_i^{(k)}| + \Delta |V_i^{(k+1)}| \dots(16)$$

$$\delta_i^{(k+1)} = \delta_i^{(k)} + \Delta \delta_i^{(k)} \dots\dots\dots(17)$$

Aliran arus di setiap saluran dalam sistem dari bus i ke bus j seperti persamaan (18) yang terlihat sebagai berikut :

$$I_{ij}^{(k)} = y_{ij}(V_i^{(k)} - V_j^{(k)}) \dots\dots\dots(18)$$

Dan aliran arus dari bus j ke bus i seperti persamaan (19) :

$$I_{ji}^{(k)} = y_{ji}(V_j^{(k)} - V_i^{(k)}) \dots\dots\dots(19)$$

Sementara itu untuk aliran daya dari bus i ke bus j seperti persamaan (20) yang terlihat dibawah ini :

$$S_{ij}^{(k)} = V_i^{(k)} I_{ij}^{(k)*} \dots\dots\dots(20)$$

Sedangkan aliran daya dari bus j ke bus i terlihat pada persamaan (21) :

$$S_{ji}^{(k)} = V_j^{(k)} I_{ji}^{(k)*} \dots\dots\dots(21)$$

Maka dapat dihitung rugi-rugi daya pada setiap saluran dalam sistem, yang mana terdapat pada persamaan (22), persamaan (23) dan persamaan (24) .

$$S_{Rugi-Rugi(ij)}^{(k)} = S_{ij}^{(k)} + S_{ji}^{(k)} \dots\dots\dots(22)$$

$$P_{Rugi-Rugi}^{(k)} = \text{real}(S_{Rugi-Rugi(ij)}^{(k)}) \text{ [MW]} \dots\dots\dots(23)$$

$$Q_{Rugi-Rugi}^{(k)} = \text{imag}(S_{Rugi-Rugi}^{(k)}) \text{ [MVar]} \dots\dots\dots(24)$$

Nilai $|V_i^{(k+1)}|$ dan $\delta_i^{(k+1)}$ hasil perhitungan

dari persamaan (16) dan persamaan (17) merupakan perhitungan pada iterasi pertama. Nilai ini digunakan kembali untuk perhitungan iterasi ke-2 dengan cara memasukan nilai ini ke

dalam persamaan (11) dan persamaan (12) sebagai langkah awal perhitungan aliran daya. Perhitungan aliran daya pada iterasi ke- 2 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 nilai $\leq \epsilon$.

Berikut algoritma perhitungan solusi aliran daya menggunakan metode newton-rapshon .

1. Membentuk matrik admitansi Y- sel sistem
2. Menentukan nilai awal $V^{(0)}, \epsilon, \delta^{(0)}, P_i^{(sch)} = P_{Gi} - P_{Li}, Q_i^{(sch)} = Q_{Gi} - Q_{Li}$
3. Menghitung P^{hitung} dan Q^{hitung}
4. Menghitung nilai $\Delta P_i^{(k)}$ dan $\Delta Q_i^{(k)}$ berdasarkan persamaan (13) dan persamaan (14).
5. Membuat matrik jacobian berdasarkan persamaan (15) .
6. Menghitung nilai $\delta_i^{(k+1)}$ dan $|V_i^{(k+1)}|$ berdasarkan persamaan (16) dan persamaan (17). Periksa konvergen $|\Delta P_i^{(k)}| \leq \epsilon$ dan $|\Delta Q_i^{(k)}| \leq \epsilon$
7. Hasil nilai $\delta_i^{(k+1)}$ dan $|V_i^{(k+1)}|$ dimasukan ke dalam persamaan (11) dan persamaan (12) untuk mencari P_i dan Q_i .
8. Menghitung daya aktif dan daya reaktif berdasarkan persamaan (11) dan persamaan (12).

3. Metodologi Penelitian

3.1. Data-Data Yang Diperlukan

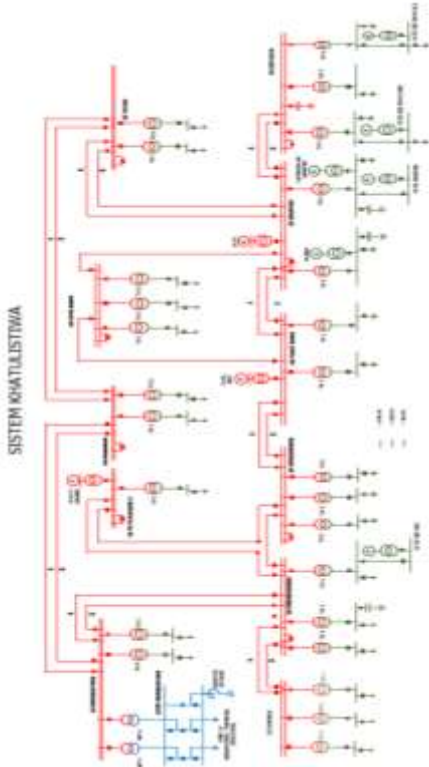
Untuk Melengkapi data yang dibutuhkan dalam menjalankan aplikasi Matlab nantinya data yang dibutuhkan dalam penelitian tugas akhir adalah :

1. Single Line Diagram Khatulistiwa
2. Saluran Transmisi Khatulistiwa
3. Pembangkitan dan Beban Khatulistiwa

3.2. Metode penelitian

1. Melakukan studi literatur dilakukan dengan mempelajari teori-teori rugi-rugi daya saluran transmisi dari buku-buku dan bahan kuliah yang mendukung berkaitan dengan topik tugas akhir ini.
2. Melakukan simulasi dilakukan dengan aplikasi pemograman *software* matlab.

- Melakukan deskriptif analitik Setelah dilakukan perhitungan maka dapat ditunjukkan dengan membandingkan tegangan yang diperoleh pada daya kirim Sesco 170 MW dan Sesco 200 MW. Kemudian membandingkan hasil rugi-rugi daya yang diperoleh dari perhitungan dengan standar SPLN no. 72 tahun 1987. Serta mencari rugi-rugi daya terkecil dan terbesar saluran transmisi yang terdapat dimana saja.



Gambar 3. Single Line Diagram Sistem Khatulistiwa
Sumber : PT.PLN (Persero) UP3B Kalbar

Jenis saluran transmisi antara GI Sungai Raya – GI Siantan, GI Tayan-GI Siantan, GI Parit Baru-GI Siantan, GI Kota Baru-GI Parit Baru, dan GI Singkawang-GI Sambas, menggunakan jenis kabel 150 kV HAWK 1×240 ACSR. Untuk GI Singkawang-GI PLTU 3 Kalbar ,GI Senggiring-GI Singkawang, GI Parit Baru-GI Senggiring,GI PLTU 3 Kalbar-GI Senggiring, dan GI Sambas-GI Bengkayang menggunakan jenis kabel 150 kV HTLS 1×310 ACCC sedangkan GI Mambong (Sesco)-GI Gitet Bengkayang menggunakan jenis saluran transmisi 275 kV 2×428 Double Konduktor Tayan-G Siantan dimana memiliki jarak 103,046 km dimana memiliki jumlah tower 150 dengan komposisi isolator glasskaca dan keramik serta jenis saluran yang digunakan adalah 150 HAWK 1 × 240 ACSR ,Saluran antara GI Bengkayang-GI Ngabang memiliki

jarak 95, 562 km dimana memiliki jumlah tower 270 serta jenis saluran 150 HAWK 2×240 Double Konduktor, saluran antara GI Singkawang-GI Senggiring dimana memiliki jarak 88,031 km dimana memiliki jumlah tower 260 memiliki komposisi isolator keramik dan polymer jenis saluran yang digunakan 150 Kv HTLS 1 × 310 ACCC , dan yang terakhir adalah saluran antara GITET dan Mambong SESCO dimana memiliki jarak 81, 375 km memiliki jumlah tower 201 dengan komposisi isolator keramik serta jenis saluran yang digunakan adalah 275 KV ZEBRA 2 ×428 Double Konduktor.

4. Perhitungan dan Analisa

untuk mencari nilai impedansi yang terdapat pada Perhitungan sebagai berikut :

- Untuk saluran di antara bus 6 ke bus 7 (GI Sera - GI Siantan) menggunakan saluran transmisi 150 kV HAWK 1 x 240 ACSR jarak 18,03 km.

$$R = 0,137 \text{ [ohm/km]}$$

$$X = 0,397 \text{ [ohm/km]}$$

$$Z = R + j X \text{ [ohm/km]}$$

$$V_{\text{dasar}} = 150 \text{ kV}$$

$$MVA_{\text{dasar}} = 100 \text{ MVA}$$

$$Z_{\text{dasar}} = \frac{(kV_{L-L})^2}{(MVA)}$$

$$= \frac{(150)^2}{(100)} = 225 \text{ ohm}$$

$$Z_{\text{p.u}} = \frac{(R+jX) \times \text{jarak}}{Z_{\text{dasar}}}$$

$$= \frac{(0,137 \times 18,03) + (0,397 \times 18,03)}{225}$$

$$Z_{\text{p.u}} = 0,01098 + j 0,03181 \text{ p.u}$$

Karena paralel maka

$$Z_{\text{ek}} = \frac{Z_1 \times Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$= \frac{(0,01098 + j0,03181) \times (0,01098 + j0,03181)}{(0,01098 + j0,03181) + (0,01098 + j0,03181)}$$

$$= 0,00549 + j 0,01591 \text{ p.u}$$

- Untuk saluran di antara bus 9 ke bus 18 (GI Senggiring - GI PLTU 3) menggunakan saluran transmisi 150 kV OHL 1 x 240 ACCC jarak 67,105 km.

$$R = 0,10121 \text{ [ohm/km]}$$

$$X = 0,66156 \text{ [ohm/km]}$$

$$Z = R + j X \text{ [ohm/km]}$$

$$V_{\text{dasar}} = 150 \text{ kV}$$

$$MVA_{\text{dasar}} = 100 \text{ MVA}$$

$$Z_{\text{dasar}} = \frac{(kV_{L-L})^2}{(MVA)}$$

$$= \frac{(150)^2}{(100)} = 225 \text{ ohm}$$

$$Z_{p.u} = \frac{(R+jX) \times \text{jarak}}{Z_{\text{dasar}}} = \frac{(0,10121 \times 67,105) + (0,66156 \times 67,105)}{225}$$

$$Z_{p.u} = 0,03019 + j0,19731 \text{ p.u}$$

3. Untuk saluran di antara bus 12 ke bus 13 (GI Mambong Sesco - GI Bengkayang) menggunakan saluran transmisi 1 x 275 ZEBRA jarak 48,44 km.

$$R = 0,03426 \text{ [ohm/km]}$$

$$X = 0,32562 \text{ [ohm/km]}$$

$$Z = R + jX \text{ [ohm/km]}$$

$$V_{\text{dasar}} = 275 \text{ kV}$$

$$MVA_{\text{dasar}} = 100 \text{ MVA}$$

$$Z_{\text{dasar}} = \frac{(kV_{L-L})^2}{(MVA)} = \frac{(275)^2}{100} = 756,25 \text{ ohm}$$

$$Z_{p.u} = \frac{(R+jX) \times \text{jarak}}{Z_{\text{dasar}}} = \frac{(0,03426 \times 48,44) + (0,32562 \times 48,44)}{756,25}$$

$$Z_{p.u} = 0,00219 + j0,02086 \text{ p.u}$$

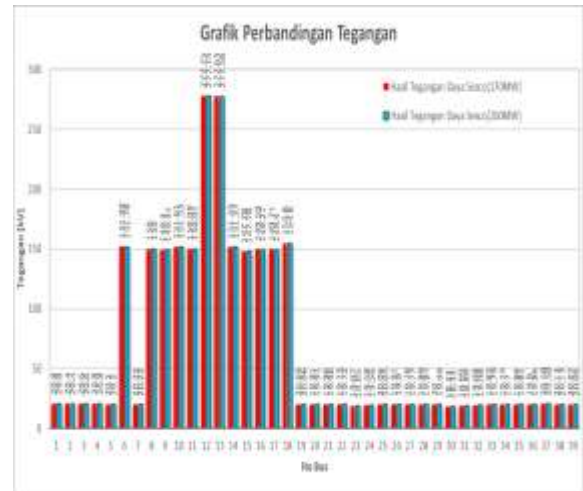
Karena paralel maka

$$Z_{\text{ek}} = \frac{Z_1 \times Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{(0,00219 + j0,02086) \times (0,00219 + j0,02086)}{(0,00219 + j0,02086) + (0,00219 + j0,02086)} = 0,00109 + j0,01043 \text{ p.u}$$

Tabel 1. Hasil Perhitungan Impedansi (p.u) saluran transmisi sistem khatulistiwa

No.	Dari Bus ke Bus	Resistansi R [p.u]	Reaktansi X [p.u]	Susceptansi 1/2B [p.u]	Taping Trafo	Tegangan [kV]
1	1 - 6	0,00270	0,12320	0,00000	1	150
2	2 - 6	0,00280	0,12580	0,00000	1	150
3	3 - 7	0,00270	0,12320	0,00000	1	150
4	4 - 7	0,00260	0,12500	0,00000	1	150
5	5 - 10	0,00370	0,17200	0,00000	1	150
6	6 - 7	0,00549	0,01391	0,00000	1	150
7	6 - 19	0,00280	0,12580	0,00000	1	150
8	7 - 8	0,01008	0,02922	0,00000	1	150
9	7 - 15	0,02472	0,07164	0,00000	1	150
10	7 - 17	0,03137	0,09091	0,00000	1	150
11	8 - 9	0,00948	0,06200	0,00000	1	150
12	8 - 15	0,01464	0,04242	0,00000	1	150
13	8 - 20	0,00540	0,24580	0,00000	1	150
14	8 - 21	0,00540	0,24760	0,00000	1	150
15	9 - 10	0,03959	0,25883	0,00000	1	150
16	9 - 18	0,02019	0,19731	0,00000	1	150
17	9 - 22	0,00810	0,35850	0,00000	1	150
18	9 - 23	0,00870	0,38640	0,00000	1	150
19	9 - 24	0,00870	0,38640	0,00000	1	150
20	10 - 11	0,03595	0,10418	0,00000	1	150
21	10 - 14	0,01656	0,10828	0,00000	1	150
22	10 - 18	0,01013	0,06623	0,00000	1	150
23	10 - 25	0,00540	0,24180	0,00000	1	150
24	10 - 26	0,00540	0,24180	0,00000	1	150
25	11 - 27	0,00840	0,37380	0,00000	1	150
26	11 - 28	0,00810	0,36990	0,00000	1	150
27	11 - 29	0,00810	0,36990	0,00000	1	150
28	12 - 13	0,00109	0,01043	0,00000	1	275
29	13 - 14	0,00184	0,01752	0,00000	1	275
30	14 - 16	0,02913	0,08431	0,00000	1	150
31	14 - 38	0,00540	0,24380	0,00000	1	150
32	14 - 39	0,00560	0,25000	0,00000	1	150
33	15 - 30	0,00810	0,36990	0,00000	1	150
34	15 - 31	0,00840	0,37500	0,00000	1	150
35	15 - 32	0,00840	0,37500	0,00000	1	150
36	16 - 17	0,00713	0,02065	0,00000	1	150
37	16 - 33	0,00540	0,24140	0,00000	1	150
38	16 - 34	0,00540	0,24140	0,00000	1	150
39	17 - 35	0,00540	0,24140	0,00000	1	150
40	17 - 36	0,00540	0,24140	0,00000	1	150
41	18 - 37	0,00270	0,12020	0,00000	1	150

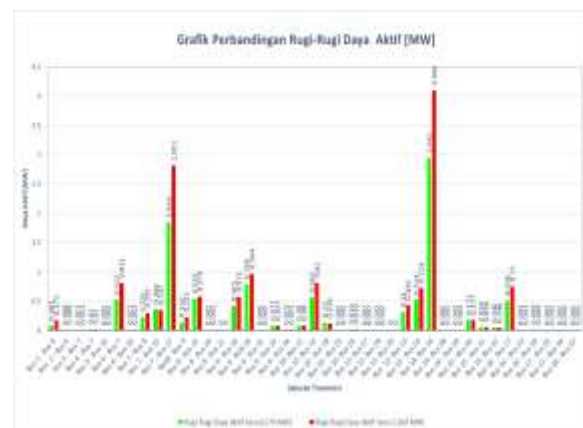
Berikut adalah Grafik perbandingan hasil tegangan bus yang diperoleh dari perhitungan menggunakan solusi aliran daya metode Newton- Rapshon.



Gambar 4. Grafik Profil Perbandingan Output Tegangan dari program Matlab (Sesco 170) dan (Sesco 200 MW) menggunakan metode Newton-Rapshon

Dari hasil grafik yang diatas dapat diketahui bahwa perbandingan tegangan pada setiap bus dengan perhitungan menggunakan metode newton-rapshon memiliki perbedaan tegangan pada bus 6, bus 9, bus 10, bus 11, bus, bus 14, bus 16, bus 17, bus 19 kV), bus 22 ,Bus 23, Bus 24, bus 25, bus 26, bus 27, bus 28, bus 29, bus 33, bus 34, bus 35, bus 36 dan terakhir bus 39.

Berikut adalah perbandingan rugi –rugi daya aktif pada saluran transmisi sistem khtulisitiwa yang ditampilkan dalam bentuk grafik 5.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Rugi-Rugi Daya Aktif Saluran Transmisi Sistem

Khatulistiwa Menggunakan Daya SESCO Sebesar 170 MW dan 200 MW

Hasil dari grafik 5. menunjukkan bahwa hasil rugi-rugi daya pada saluran transmisi sistem khatulistiwa berbeda karena ada perbedaan dari Daya yang di kirim SESCO Mambong dimana rugi – rugi daya total pada (SESCO 170 MW) sebesar 2,64 % atau sebesar 10.464 MW dan sedangkan (SESCO 200 MW) rugi- rugi daya total sebesar 3,570% atau sebesar 14,268 MW.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa dari penelitian yang dilakukan pada saluran transmisi sistem khatulistiwa maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Rugi-rugi daya aktif yang terjadi pada saluran transmisi sistem khatulistiwa berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode newton-rapshon sebesar 10,464 MW atau sebesar 10.464 kW untuk (SESCO 170 MW) dan sebesar 14,267 MW atau sebesar 14.267 kW (SESCO 200 MW).
2. Persentase rugi-rugi daya aktif saluran transmisi sistem khatulistiwa berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode newton-rapshon sebesar 2,664 % (SESCO 170 MW) dan sebesar 3,570% (SESCO 200 MW), dimana diketahui bahwa batas ambang rugi-rugi daya berdasarkan SPLN no. 72 tahun 1987 sebesar 5 % , sehingga untuk saat ini masih efisien.
3. Rugi-rugi daya yang terbesar terjadi pada saluran transmisi terdapat pada (SESCO 170 MW) saluran Bus 7 ke bus 17 (GI Siantan-GI Tayan) dan Bus 14 ke bus 16 Sebesar 1,884 MW dan 2,942 MW dan rugi-rugi terkecil terdapat saluran bus 5 ke 10, saluran bus 17 ke bus 36 dan saluran bus 18 ke bus 37 sebesar 0,001 MW. Untuk (SESCO 200 MW) terjadi pada saluran yang sama tetapi rugi daya lebih besar.
4. Tegangan 150 kV pada setiap bus yang diperoleh pada setiap masih di batas aman dimana sesuai SPLN no.1 tahun 1995 dimana batas standar yang ditentukan sebesar 10% sehingga tidak terjadi jatuh tegangan.
5. Rugi-rugi daya SESCO 170 lebih kecil dari SESCO 200 MW sehingga memungkinkan rugi-rugi biaya ekonomis untuk SESCO

170 MW lebih relatif kecil dibandingkan dengan SESCO 200 MW .

5.2. Saran

Saran yang diharapkan dapat membangun dan sebagai masukan kepada PT.PLN (Persero) UP3B sistem Khatulistiwa yaitu perlu dilakukan evaluasi bus 7 ke bus 17 dan bus 14 ke bus 16 bus untuk saat ini agar menghindari kerugian yang semakin besar dimasa mendatang.

Daftar Pustaka

1. Budiana. “sistem-tenaga-listrik”. agusbudiana1.blogspot.com.20 Pebruari 2016. <<http://agusbudiana1.blogspot.com/2014/04/sistem-tenaga-listrik.html>>
2. Data Asset 2018 *Single Line Diagram Sistem khatulistiwa* PT.PLN (Persero) UP3B Area Pontianak
3. J.J. Grainger and W.D. Stevenson,1994, *Power System Analysis*, McGraw-Hill,Inc New York.
4. Hutauruk. T.S. 1985. *Transmisi Daya Listrik. Jakarta : Erlangga*
5. Abdul, Kadir. 1998. *Transmisi Tenaga Listrik Jakarta : Universitas Indonesia*
6. Gonen, Turan. 1986, *Electrical Power Distribution System Engineering*. New York : McGraw-Hill Book Company
7. <http://eprints.ums.ac.id/51530/2/upload%20FIX%20POLL.pdf>
8. Sirait, Bonar. 2004. *Diktat Kuliah Transmisi Daya Listrik Pontianak : Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura*.
9. Martono, Didik. 2016. *Evaluasi Rugi-Rugi Jaringan Yang Dilayani Oleh Jaringan PLTS Terpusat Siding*. Pontianak : Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
10. PLN. 2010. *Kriteria Desain Enjinerig Kontruksi Jaringan Distribusi Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta : PT. PLN (Persero).
11. Sirait, Bonar. 2004. *Diktat Kuliah Analisa Sistem Tenaga Pontianak : Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura*.
12. Kundur, P., 1993, *Power System Stability and Control*, McGraw-Hill, Inc., Toronto, U.S.A.
13. Saadat, Hadi.(1999). *Power System Analysis.Singapore : WCB/McGraw-Hill*.
14. Arifin, Zainal. 2007. *Panduan Pengendalian Susut*. Bandung : PT.PLN (Persero) Distribusi Jawa Barat dan Banten.

15. SPLN 72. 1987 *Spesifikasi Desain Untuk Jaringan Menengah dan Jaringan Rendah*. Jakarta : Perusahaan Umum Listrik Negara.
16. SPLN No. 1. 1995. *Tegangan-Tegangan Standa*. Jakarta : Perusahaan Umum Listrik Negara.

Konsentrasi Teknik Tegangan Listrik Fakultas Universitas TanjungPura.

Biography



Nico Yupiter Siregar, Lahir Di Sijangkung, pada tanggal 27 November 1996 Menempuh Pendidikan Strata I (S1) Di Falkutas Teknik Universitas Tanjungpura sejak tahun 2015.

Penelitian ini di ajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro

Disahkan :

Pembimbing Utama

Ir. Bonar Sirait, M.Sc

NIP. 195608131983021001

Sekretaris,

Dr. Purwoharjono, ST, MT

NIP.197201021998021001