

Analisis Aliran Daya 9 Bus Pada Saluran Transmisi 150 Kv Sub Sistem Riau Menggunakan Metode Gauss Seidel

Rio Aditya Febri Sandi¹⁾, Suwitno²⁾

Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya, Jl. H. R. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam
Pekanbaru 28293
Email : rio.aditya@student.unri.ac.id; suwitnoannisa@gmail.com

ABSTRACT

Transmission lines are tools used to channel electricity from power plants to distributor stations to electricity users. Electricity systems continue to develop, ranging from using one machine to many machines (multi-machines). One analysis that can be done on interconnection systems when the state is steady (tunak or steady state) is the study of power flow. The study of power flow will ensure that the new power system can meet electricity needs economically, efficiently and safely. In this study the method used is gauss seidel method with the help of MATLAB software. From the research conducted, the plant data obtained power of 328.5 MW. While the power that arises between the channels between Koto Panjang to Kota Pinang the active power is 4977,388 KW and the reactive power is 17685,092 KW. So the total power lost from the Koto Panjang transmission line to Kota Pinang amounted to 9156,147 KW or equal to 9.1 MW. So the percentage of lost power that occurs in the channel is 2.78%.

Keyword : transmission line, power flow, gauss seidel

1. PENDAHULUAN

Listrik sudah menjadi salah satu kebutuhan pokok manusia dalam kehidupan sehari-hari. Hampir semua peralatan yang menopang dan membantu kegiatan sehari-hari manusia saat ini membutuhkan energi listrik. Dari sektor rumah tangga, pemerintahan, fasilitas umum, industri, hingga fasilitas sosial, semua membutuhkan listrik. Dalam dunia industri, listrik sudah menjadi kebutuhan primer sebagai sumber energi utama untuk menjalankan semua alat dan mesin yang ada di industri (Nigara, 2015).

Sistem ketenagalistrikan terus mengalami perkembangan, mulai dari menggunakan satu mesin hingga banyak mesin (multi-mesin). Perkembangan ini dikarenakan permintaan kebutuhan energi listrik semakin meningkat sehingga diperlukan pembangkit energi listrik yang mempunyai kapasitas yang besar. Adapun daya yang dihasilkan oleh sistem pembangkit energi listrik ini disalurkan melalui sistem interkoneksi. Salah satu analisis yang dapat dilakukan pada sistem interkoneksi saat keadaan mantap (tunak atau steady state) adalah studi aliran daya (Jusmedy, 2007).

Studi aliran daya ialah analisis yang digunakan untuk menentukan dan menghitung tegangan, arus, daya, dan faktor daya atau daya reaktif yang terdapat pada berbagai titik dalam suatu

jaringan listrik pada keadaan pengoperasian normal, baik yang sedang berjalan maupun yang diharapkan akan terjadi di masa yang akan datang. Analisa aliran daya sangat penting dalam perencanaan pengembangan suatu sistem tersebut banyak tergantung pada efek interkoneksi dengan sistem tenaga yang lain, beban yang baru, stasiun pembangkit baru, serta saluran transmisi baru, sebelum semuanya dipasang. Dengan studi semacam ini akan menjamin bahwa sistem tenaga yang baru dapat memenuhi kebutuhan listrik secara ekonomis, efisien dan aman (Hasibuan dkk, 2020).

Metode penyelesaian aliran daya yang umum digunakan adalah Gauss-seidel, Newton-Raphson, dan Fast Decoupled. Informasi-informasi yang diperoleh dari studi aliran daya adalah arah aliran daya, tegangan bus, daya aktif dan daya reaktif. Hasil studi aliran daya dapat digunakan untuk mengetahui besar rugi transmisi, alokasi daya reaktif, kemampuan sistem untuk memenuhi pertumbuhan beban dan penambahan suplai pembangkit (Jusmedy, 2007). Software yang umum digunakan dalam penyelesaian aliran daya adalah ETAP dan MATLAB.

Arnawan Hasibuan, dkk. (2020) melakukan penelitian studi aliran daya dengan metode Fast Decoupled, dan menggunakan bantuan software ETAP 12.6 untuk mensimulasikan aliran daya pada

37 bus sistem standar IEEE. Kristin Melani Pangloli dkk. (2020) melakukan penelitian untuk mengetahui kondisi aliran daya, menentukan rugi-rugi daya (losses) pada saluran, serta menentukan jatuh tegangan pada setiap bus sistem kelistrikan PT. Semen Tonasa V dengan bantuan software MATLAB R2013a dan ETAP Power Station 16.0.0 dan metode Fast Decoupled untuk mempermudah dalam perhitungan aliran daya. Arief Goeritno dan Zaldi Hardiyanto (2017) melakukan simulasi fenomena aliran daya pada sistem tenaga listrik “IEEE 5-Bus” berbasis metode numeris dengan bantuan software Matlab.

Berdasarkan hasil kajian buku dan jurnal, mpeneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisis Aliran Daya pada 9 Bus di Saluran Transmisi 150 kV Menggunakan Metode Gauss Seidel” dan dengan bantuan software MATLAB studi kasus aliran daya Sistem Riau antara Kota Panjang membentang Kota Pinang.

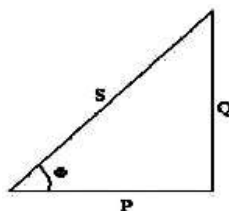
2. DASAR TEORI

Sistem Tenaga Listrik

Sistem ketenagalistrikan secara umum merupakan suatu sistem yang terdiri dari lima sub-sistem utama yaitu pembangkit listrik, sistem transmisi, sistem distribusi, dan beban. Sumber listrik berasal dan pembangkit tenaga listrik. Lokasi pembangkit listrik umumnya berada jauh dari sumber beban, sehingga untuk menyalurkan energi listrik yang telah dibangkitkan harus disalurkan melalui sistem transmisi. Energi listrik yang dibangkitkan tegangannya akan dinaikkan menggunakan transformator penaik tegangan untuk kemudian disalurkan melalui sistem transmisi menuju Gardu Induk untuk kemudian dapat disalurkan ke sumber beban.

Konsep Dasar Aliran Daya

Dalam persamaan maupun perhitungan daya, hal pokok yang harus dipahami adalah dengan memahami konsep segitiga daya. Berikut ini akan dijelaskan tentang segitiga daya menggunakan gambar disertai penjelasan dan perhitungannya (Stevenson, 1990).



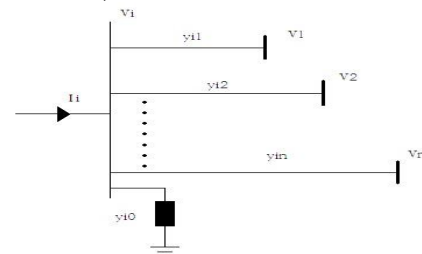
Gambar 1. Segitiga Daya
(Sumber : Stevenson, 1990)

Keterangan:

P = Daya Aktif
Q = Daya Reaktif
S = Daya Semu
Cos ϕ = Faktor Daya

Persamaan Aliran Daya

Jaringan sistem tenaga pada saluran transmisi dapat digambarkan dengan model π yang mana impedansi-impedansinya telah diubah menjadi admitansi-admitansi dalam satuan per unit pada base dasar MVA. (Cekdin, 2007).



Gambar 2. Tipikal Bus dari Sistem Tenaga

Dengan menggunakan metode G-S untuk menyelesaikan V_i secara iterasi.

$$V_i^{(k+1)} = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^{*(k)} \sum Y_{ij}} + \frac{\sum y_{ij} V_j^{(k)}}{\sum Y_{ij}} \quad (1)$$

Tegangan pada iterasi k, Dengan y_{ij} adalah admitansi sebenarnya per unit. P_i dan Q_i adalah daya aktif dan reaktif yang per unit. Pada hukum Kirchof arus yang memasuki bus i diasumsikan positif. Persamaan aliran daya biasanya dinyatakan dalam elemen matrik admitansi bus (Y_{bus}). Y_{bus} ditunjukkan dengan $Y_{ij} = -y_{ij}$ dan elemen-elemen diagonalnya $Y_{ii} = \sum y_{ij}$. Persamaannya menjadi:

$$V_i^{k+1} = \frac{\frac{P_i^{PU} - jQ_i^{PU}}{V_i^{*(k)}} - \sum_{j \neq i} Y_{ij} V_j^{(k)}}{Y_{ii}} \quad (2)$$

Daya aktif dan reaktifnya menjadi :

$$P_i^{(k+1)} = \Re \left\{ V_i^* \left[V_i^{(k)} Y_{ii} + \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j^{(k)} \right] \right\} \quad j \neq i \quad (3)$$

$$Q_i^{(k+1)} = -\Im \left\{ V_i^* \left[V_i^{(k)} Y_{ii} + \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j^{(k)} \right] \right\} \quad j \neq i \quad (4)$$

Metode Aliran Daya

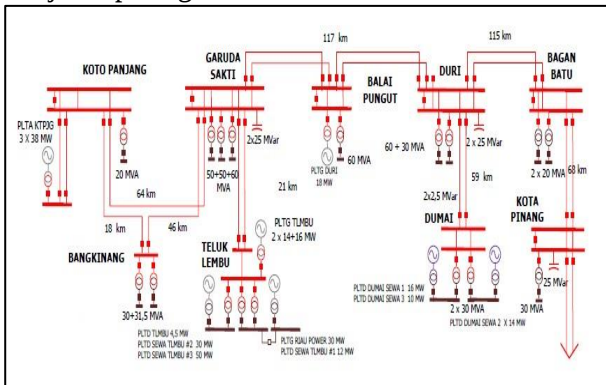
Pada penelitian ini metode yang digunakan oleh peneliti merupakan metode Gauss-Seidel (G-S). karena keuntungan gauss seidel pada teknik, dan iterasi sederhana, mudah, cepat, dan dapat di programkan dalam computer serta konvergen yang menghasilkan suatu jawaban hanya pada syarat tertentu. (Dr.harijono dojodiharjo.)

MATLAB

Matlab adalah sebuah program yang digunakan untuk menganalisis dan menghitung secara numerik dengan menggunakan bahasa pemrograman matematika lanjutan.

3. METODE PENELITIAN

Metode ini menggunakan studi kasus dengan sistem jaringan tegangan udara 150kv Riau yang terbentang dari Koto Panjang sampai dengan Kota Pinang pada sistem riau yang terdiri dari sembilan bus. adapun gambar system jaringan tersebut disajikan pada gambar 3.



Gambar 3. Single Line Diagram Riau

Dari rumus hukum Arus Kirchoff maka dibuatlah persamaan admittansi;

$$\begin{aligned} I1 &= y12(V1 - V2) \\ I2 &= y21(V2 - V1) + y23(V2 - V3) \\ I3 &= y32(V3 - V2) + y35(V3 - V5) \\ &\quad + y34(V3 - V4) \\ I4 &= y43(V4 - V3) \\ I5 &= y53(V5 - V3) + y56(V5 - V6) \\ I6 &= y65(V6 - V5) + y67(V6 - V7) \\ &\quad + y68(V6 - V8) \\ I7 &= y76(V7 - V6) + y79(V7 - V9) \\ I8 &= y87(V8 - V7) \\ I9 &= y97(V9 - V7) \end{aligned}$$

Persamaan arus diatas dapat disederhanakan dengan atmitansi $Y_{ij} = -y_{ij}$ sehingga persamaan menjadi seperti di bawah ini.

Persamaan arus pada simpul bus adalah :

$$\begin{aligned} I1 &= y12V1 - y12V2 \\ I2 &= -y21V1 + (y21 + y23)V2 - y23V3 \\ &= Y21V1 + Y22V2 + Y23V3 \\ I3 &= y32V2 - y32V2 + y35V3 - y35V5 \\ &\quad + y34V3 - y34V4 \\ &= -y32V2 + (y32 + y35 + y34)V3 - y34V4 \\ &\quad - y35V5 \\ &= Y32V2 + Y33V3 + Y34V4 + Y35V5 \\ I4 &= y43V4 - y43V3 \\ I5 &= y53V5 - y53V3 + y56V5 - y56V6 \\ &= -y53V3 + (y53 + y56)V5 - y56V6 \\ &= Y53V3 + Y55V5 + Y56V6 \\ I6 &= y65V5 - y65V5 + y67V6 - y67V7 \\ &\quad + y68V6 - y68V8 \\ &= -y65V5 + (y65 + y67 + y68)V6 - y67V7 \\ &\quad - y68V8 \\ &= Y65V5 + Y66V6 + Y67V7 + Y68V8 \\ I7 &= y76V7 - y76V6 + y79V7 - y79V9 \\ &= -y76V6 + (y76 + y79)V7 - y79V9 \\ &= Y76V6 + Y77V7 + Y79V9 \\ I8 &= y86V6 - y86V6 \\ I9 &= y97V9 - y97V7 \end{aligned}$$

Berdasarkan data saluran, maka dimasukan nilai parameter kedalam persamaan:

$$\begin{aligned} I12 &= -Y12V1 + Y12V2 \\ &= -(0,002899 + j0.0254) V1 + \\ &\quad (0,002899 + j0.0254) V2. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I23 &= Y21V1 + Y22V2 + Y23V3. \\ &= (0,002899 + j0.0254) V1 + (0,010244 + \\ &\quad j0,089758) V2 + (0,007345 + j \\ &\quad 0.064358) V3. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I34 &= Y32V2 + Y33V3 + Y34V4 + Y35V5. \\ &= (0,007345 + j 0.064358) V2 + (0,027391 + \\ &\quad j0,111979) V3 + (0,004372 + j 0.035967) V4 \\ &\quad + (0,015674 + j 0.011654) V5. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I43 &= -Y43V4 + y43V3 \\ &= -(0,004372 + j 0.035967) V4 + (0,004372 \\ &\quad + j 0.035967) V3. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I56 &= Y53V3 + Y55V5 + Y56V6. \\ &= (0,015674 + j 0.011654) V3 + (0,027372 + \\ &\quad j0,060028) V5 + (0,011698 + j 0.048374) \\ &\quad V6. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I67 &= Y65V5 + Y66V6 + Y67V7 + Y68V8 \\ &= (0,011698 + j 0.048374) V5 + \\ &\quad (0,199805 + j0.342885) V6 + (0,05983 \end{aligned}$$

$$+ j 0.199421) V7 + (0.022995 + j 0.09509) V8$$

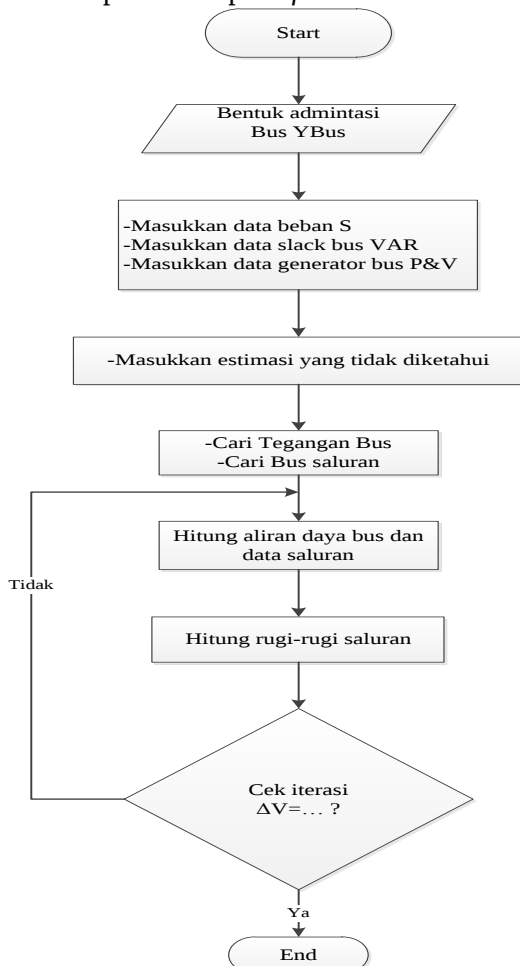
$$\begin{aligned} I79 &= Y76V6 + Y77V7 + Y79V9 \\ &= (0.05983 + j0.199421)V6 + (0.161065 + j0.238678)V7 + (0.101235 + j0.039257)V9. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I86 &= -Y86V8 + y86V6 \\ &= - (0.022995 + j0.09509) V8 + (0.022995 + j0.09509) V6. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I97 &= -Y97V9 + Y97V7 \\ &= - (0.101235 + j0.039257) V8 + (0.101235 + j0.039257) V7. \end{aligned}$$

Langkah – Langkah Penelitian

Langkah – langkah penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada *flowchart* dibawah.



Gambar 4. *Flowchart* Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas hasil yang didapatkan pada penelitian yang dilakukan.

Hasil Perhitungan Aliran Daya Menggunakan Software MATLAB dan Analisis Hasil

Pada perhitungan aliran daya dengan metode Gauss Seidall menggunakan software MATLAB perlu dipersiapkan variabel-variabel yang berkaitan dengan satuan-satuan per-unit dan program yang akan dijalankan. Perhitungan dilakukan dalam keadaan normal saat seluruh beban dan pembangkit yang ada beroperasi sebelum dilakukan perhitungan di lakukan terlebih dahulu pengaturan tingkat ketelitian iterasi (convergence tolerance) dan jumlah iterasi maksimumnya. Pengaturan iterasi dengan index ϵ (epsilon) dalam matlab yaitu sebesar 0.0001 dengan jumlah iterasi maksimum yaitu 1000, Untuk swing bus/bus referensi di pilih bus pada PLTA Koto panjang. Pada tahap ini data impedansi saluran dimasukan kedalam pemograman matlab yang tertera pada parameter Z12,Z23,Z34,Z35,Z56,Z67,Z68, dan Z79.

```

z12=0.02899+j*0.02;
z23=0.07345+j*0.064358;
z34=0.04372+j*0.035967;
z35=0.015674+j*0.011654;
z56=0.011698+j*0.048374;
z67=0.05983+j*0.199421;
z68=0.022995+j*0.09509;
z79=0.101235+j*0.039257;
  
```

Berikut ini adalah program menggunakan software matlab:

```

epsilon=0.01;
x=1;
% Data impedansi pada saluran
z12=0.02899+j*0.02;
z23=0.07345+j*0.064358;
z34=0.04372+j*0.035967;
z35=0.015674+j*0.011654;
z56=0.011698+j*0.048374;
z67=0.05983+j*0.199421;
z68=0.022995+j*0.09509;
z79=0.101235+j*0.039257;
% admitansi
y12=1/z12;
y23=1/z23;
y34=1/z34;
y35=1/z35;
y56=1/z56;
y67=1/z67;
y68=1/z68;
  
```



```

IK56 =conj (I56);
IK65 =conj (I65);
IK67 =conj (I67);
IK76 =conj (I76);
IK68 =conj (I68);
IK86 =conj (I86);
IK79 =conj (I79);
IK97 =conj (I97);

```

```

% Daya dalam bentuk bilangan kompleks
pada bus 1;

```

```

S1=VK1*(V1*y12-y12*V2);
% Aliran daya dalam bentuk
bilangan kompleks pada saluran;

```

```

S12 = V1*IK12;
S21 = V2*IK21;
S23 = V2*IK23;
S32 = V3*IK32;
S34 = V3*IK34;
S43 = V4*IK43;
S35 = V4*IK35;
S53 = V5*IK53;
S56 = V5*IK56;
S65 = V6*IK65;
S67 = V6*IK67;
S76 = V7*IK76;
S68 = V7*IK68;
S86 = V8*IK86;
S79 = V8*IK79;
S97 = V9*IK97;

```

```

% Rugi-rugi daya dalam bentuk
bilangan kompleks pada saluran

```

```

SL12=S12+S21;
SL23=S23+S32;
SL34=S34+S43;
SL35=S35+S53;
SL56=S56+S65;
SL67=S67+S76;
SL68=S68+S86;
SL79=S79+S97;

```

```

% Cek Error

```

```

x=abs (V2-E2);
E2=V2;

```

```

fprintf('%i',iter),disp([SL12,SL23,SL
34,SL35,SL56,SL67,SL68,SL79])

```

```

if iter >=2
    break
end

```

```

end

```

Hasil Run Syntax MATLAB

Iterasi	ANALISIS ALIRAN DAYA							
Ke	1	2	3	4	5	6	7	8
	SL12	SL23	SL34	SL35	SL56	SL67	SL68	SL79
1 Columns 1 through 4								
	23.794 +	16.415i	30.993 +	27.157i	0.062957 +	0.051792i	40.362 +	27.258i
Columns 5 through 8								
	18.893 +	78.126i	1.4184 +	4.7277i	-1.0871 +	0.095552i	0.17453 -	0.039081i
2 Columns 1 through 4								
	387.02 +	267i	649.85 +	569.41i	0.066212 +	0.05447i	2763.6 +	2059.4i
Columns 5 through 8								
	1087.3 +	4496.3i	90.528 +	301.74i	-1.1538 -	8.7768i	0.17339 -	0.024715i

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pada penelitian dan analisa yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa yang didapatkan sebesar 328,5 MW, Sementara daya yang timbul antar saluran antara koto panjang sampai kota pinang daya aktif sebesar 4977,388 KW dan daya reaktif sebesar 17685,092 KW. Sehingga daya total yang hilang dari saluran transmisi koto panjang sampai kota pinang sebesar 9156,147 KW atau sama dengan 9,1 MW. Jadi persentasi daya hilang yg terjadi pada saluran adalah sebesar 2,78%.

DAFTAR PUSTAKA

Agung, H. (2009). *Analisis Load Flow dalam Sistem Tenaga Listrik di PT. Sinar Sosro Ungaran*. Skripsi. Semarang: Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.

Goeritno, Arief dan Hardiyanto, Zaldi. (2017). *Simulasi Fenomena Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik "IEEE 5-Bus" Berbasis Metode Numeris Dan Berbantuan Aplikasi Matlab*.

Pangloli, Kristin Melani; Thaha, Sarma; dan Gaffar, H. Ahmad. (2020). *Analisis*

Aliran Daya Menggunakan Metode Fast Decoupled pada Sisi Tegangan 6,3 KV PT. Semen Tonasa V. Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI) 2020.

Prabowo, H. (2007). *Analisis Aliran Daya di Wilayah Kerja PT PLN (Persero) UPT Semarang*. Skripsi. Semarang: Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.

Sianifar, R. H. (2013). *Pemrograman Matlab*. Bandung: Informatika Bandung.

Sigit, A. P. (2015). *Analisis Aliran Daya (Load Flow) dalam Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Software ETAP Power Station 4.0.0 di PT. Kota Jati Furnindo Jepara*. Skripsi. Semarang: Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.

Sulasno. 1993. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Semarang: Satya Wacana.

Stevenson, Jr. W. D. (1990). *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta: Erlangga.