

Jurnal ENERGI ELEKTRIK

Volume 5 Nomor 2

Oktober 2016

- Analisis Stabilitas Sistem Tenaga Listrik Single Mesin Menggunakan Kriteria Luas Sama** 1
Abdul Munir Dalimunthe, Zulfadli Pelawi
- Perbandingan Energi Listrik Kwh Prabayar Dengan Pascabayar** 11
Salahuddin
- Dampak Pergerakan Nuansa Matahari Pada Energi, Panas Dalam Ruangan Dan Kenyamanan Penglihatan** 21
Soraya Masthura Hasan
- Desain Modelling Berbasis PSO Dan PID Di Dalam Pengurangan Ripple Torsi Dan Ripple Flux Dalam Motor** 25
Zulkarnain Lubis
- Perancangan Robot Tanaman Pintar Berbasis Artificial Neural Network** 30
Solly Aryza Lubis
- Prototype Stater Otomatis Pada Sepeda Motor Menggunakan Bluetooth Pada Android Berbasis Arduino Promini** 35
Salahuddin
- Analisa Ketidakseimbangan Beban Listrik Terhadap Rugi-Rugi Daya Pada Sistem Distribusi Di PT. PLN (Persero) Area Lhokseumawe** 42
T. Iqbal Faridiansyah, Muhammad Ikhwanus
- Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 Kv Rantauprapat- Padang Sidempuan** 49
Arnawan Hasibuan, Elvy Sahnur Nasution

DAFTAR ISI

| | |
|---|----|
| Analisis Stabilitas Sistem Tenaga Listrik Single Mesin Menggunakan Kriteria Luas Sama | 1 |
| Abdul Munir Dalimunthe, Zulfadli Pelawi | |
| Perbandingan Energi Listrik Kwh Prabayar Dengan Pascabayar | 11 |
| Salahuddin | |
| Dampak Pergerakan Nuansa Matahari Pada Energi, Panas Dalam Ruangan Dan Kenyamanan Penglihatan | 21 |
| Soraya Masthura Hasan | |
| Desain Modelling Berbasis PSO Dan PID Di Dalam Pengurangan Ripple Torsi Dan Ripple Flux Dalam Motor | 25 |
| Zulkarnain Lubis | |
| Perancangan Robot Tanaman Pintar Berbasis Artificial Neural Network | 30 |
| Solly Aryza Lubis | |
| Prototype Stater Otomatis Pada Sepeda Motor Menggunakan Bluetooth Pada Android Berbasis Arduino Promini | 35 |
| Salahuddin | |
| Analisa Ketidakseimbangan Beban Listrik Terhadap Rugi-Rugi Daya Pada Sistem Distribusi Di PT. PLN (Persero) Area Lhokseumawe | 42 |
| T. Iqbal Faridiansyah, Muhammad Ikhwanus | |
| Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 Kv Rantauprapat- Padang Sidempuan | 49 |
| Arnawan Hasibuan, Elvy Sahnur Nasution ✓ | |

ANALISIS RUGI-RUGI DAYA PADA SALURAN TRANSMISI TEGANGAN TINGGI 150 KV RANTAUPRAPAT- PADANG SIDEMPUAN

¹Arnawan Hasibuan, ²Elvy Sahnur Nasution

¹Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh

²Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Email:

Abstrak--Saluran transmisi merupakan komponen penting dalam penyaluran daya listrik. Oleh karena rugi daya pada saluran transmisi harus sekecil mungkin agar efisiensinya besar dalam arti daya listrik yang diterima harus mendekati daya listrik yang dikirim. Pada penelitian ini dibahas rugi daya transmisi, regulasi tegangan, dan efisiensi saluran transmisi Rantau prapat-Padang sidempuan dengan menggunakan metode saluran transmisi menengah pada keadaan sesuai data analisis perhitungan. Dari hasil pembahasa diperoleh hasil bahwa rugi - rugi daya saluran transmisi Rantauprapat-Padang sidempuan untuk metode saluran transmisi menengah adalah sebesar 4.722MW. Sedangkan efisiensi yang diperoleh adalah:92.12%.

Kata kunci: Transmisi, Efisiensi, Rugi-Rugi Daya

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan tenaga listrik di Indonesia terus meningkat sesuai dengan laju pertumbuhan ekonomi dan industri serta pertumbuhan penduduk. Dalam menuju era tinggal landas, semua sector pembangunan diarahkan untuk mampu mempersiapkan diri untuk menghadapi era industrialisasi.

Berbagai investasi dalam bidang industri saat ini telah banyak dilakukan oleh pihak swasta baik melalui penanaman modal dalam negeri (PMDN) maupun penanaman modalasing (PMA). Sedangkan dari pihak pemerintah sendiri rupanya sudah cukup banyak yang dikerjakan melalui sektor industri, antara lain melalui kiprah Badan Usaha Milik Pemerintah (BUMN) yang tergabung dalam kelompok industri strategis dan juga melalui industri petrokimia, industri semen, industri logam dan industri berat lainnya. Tidak bisa dipungkiri bahwa semua kegiatan industri seperti di atas dapat berjalan apabila tenaga listrik yang tersedia cukup memadai. Untuk mengatasi kebutuhan tenaga listrik tersebut, pihak pemerintah juga sudah memikirkannya antara lain melalui pembangunan pembangkit tenaga listrik berskala besar. Karena itu tenaga listrik yang dibangkitkan harus disalurkan melalui kawat-kawat saluran transmisi. Saluran saluran transmisi membawa tenaga listrik dari

pusat-pusat pembangkitan ke pusat-pusat beban melalui saluran tegangan tinggi 150 kV. Trafo penurunan akan merendahkan tegangan ini menjadi tegangan subtransmisi 70 kV yang kemudian di gardu induk diturunkan lagi menjadi tegangan distribusi primer 20 kV. Pada gardu induk distribusi yang tersebar di pusat-pusat beban tegangan diubah oleh trafo distribusi menjadi tegangan rendah 220/380V. Saluran transmisi dilihat dari jarak atau panjangnya dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu:

1. Saluran transmisi jarak pendek (*short line*), adalah saluran yang panjangnya kurang dari 80 km.
2. Saluran transmisi jarak menengah (*medium line*), adalah saluran yang panjangnya antara 80-240 km.
3. Saluran transmisi jarak jauh (*long line*), adalah saluran yang panjangnya lebih dari 240 km.

Daya listrik akan selalu mengalir menuju beban karena itu dalam hal ini aliran daya juga merupakan aliran beban. Beban-beban itu direpresentasikan sebagai Impedansi tetap (Z), sebagai Daya tetap (S), Tegangan (V) ataupun Arus (I) yang tetap yang lazim pembebanan dipilih menggunakan tegangan yang konstan. Pada saluran transmisi tegangan tinggi terdapat rugi-rugi tegangan dan rugi-rugi daya yang disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah faktor korona dan faktor kebocoran isolator yang biasanya banyak terjadi pada saluran transmisi tegangan ekstra tinggi, sehingga mengakibatkan tegangan mengalami penurunan atau biasa disebut dengan jatuh tegangan. Hal ini terjadi apabila tegangan pada pangkal pengiriman dengan tegangan pada ujung penerimaan ada perbedaan. Berdasarkan dari hal tersebut diatas maka penulis mencoba melakukan studi tentang kerugian daya yang terjadi pada saluran transmisi tegangan tinggi Rantauprapa-Padang Sidempuan, sehingga dapat memberikan suatu gambaran tentang rugi-rugi yang terjadi pada saluran transmisi tegangan tinggi dengan cara menghitung berapa besar rugi daya yang terjadi pada saluran tersebut, dan nantinya dapat berguna untuk sistem transmisi tenaga listrik terutama pada saluran transmisi tegangan tinggi.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan diatas, maka permasalahan yang akan diamati adalah sebagai berikut:

1. Berapa besar jatuh tegangan dan Rugi-rugi daya yang terjadi pada saluran transmisi tegangan tinggi 150 kV Rantauprapat-Padang Sidempuan.
2. Berapa besar rugi daya pada saluran transmisi tegangan tinggi 150 kV Rantauprapat-Padang Sidempuan
3. Berapa besar efisiensi saluran transmisi tegangan tinggi 150 kV di Rantauprapat-Padang Sidempuan

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui jatuh tegangan pada saluran transmisi tegangan tinggi 150 kV Rantauprapat-Padang Sidempuan
2. Mengetahui rugi daya pada saluran transmisi tegangan tinggi 150 kV Rantauprapat- Padang Sidempuan

Mengetahui efisiensi transmisi pada saluran transmisi tegangan tinggi Rantauprapat- Padang Sidempuan.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian dahulu dilakukan oleh Hermawan Sujatmiko (2010) untuk menghitung tegangan optimal pada transmisi tegangan ekstra tinggi 500kV Ungaran-Pedan yang menggunakan metode W.D stevensen dan kesimpulan yang diperoleh adalah bahwa Jatuh tegangan yang terjadi pada saluran transmisi tegangan ekstra tinggi Ungaran – Pedan masih sangat kecil sekali, karena masih di bawah standarnya yaitu minimal 5 % untuk batas atas dan maksimal 10 %. Penelitian sebelumnya juga telah dilakukan oleh Ahmad fauzi (2006) tentang menentukan tegangan optimal pada transmisi tegangan tinggi 275 kV di Siguragura-Asahan dengan menggunakan metode Alfred steel dan menyimpulkan hasil penentuan tegangan dengan persamaan empiris *Alfred Still* berbeda cukup jauh dari standard PLN dan menghendaki penerapan tegangan yang lebih besar daripada tegangan yang telah direncanakan oleh PLN-Enjiniring (PLN-E).

Berdasarkan penelitian terdahulu tentang menentukan tegangan optimal maka dalam penelitian ini akan membahas mengenai jatuh tegangan serta rugirugi daya pada saluran transmisi 150 kV di Rantauprapat-Padang Sidempuan dengan menggunakan metode nominal T yang bertujuan untuk mengetahui berapa besar rugi-rugi daya total yang terjadi di saluran transmisi 150KV Rantauprapat-Padang Sidempuan.

2.2 Saluran Transmisi

Secara umum saluran transmisi adalah suatu sistem tenaga listrik yang membawa arus yang mencapai ratusan kilo ampere. Energi listrik yang dibawa oleh konduktor melalui saluran transmisi dari

pusat-pusat pembangkit tenaga listrik kepada pemakai tenaga listrik. Tegangan pada saluran transmisi ini disalurkan melalui kawat penghantar yang ditopang oleh tower atau tiang penyangga yang tinggi yang terbuat dari campuran baja yang disesuaikan dengan posisi atau daerah dengan jarak tertentu. Untuk daya yang sama, maka daya guna penyaluran akan naik jika rugi-rugi transmisi turun, apabila tegangan transmisi ditinggikan. Namun dengan naiknya tegangan transmisi berarti juga kenaikan isolasi dan biaya peralatan gardu induk. Oleh karena itu pemilihan tegangan transmisi dilakukan dengan memperhitungkan daya yang disalurkan, jumlah rangkaian, jarak penyaluran, keandalan, biaya peralatan untuk tegangan tertentu serta tegangantegangan yang sekarang dan yang direncanakan. Saluran transmisi di zaman modern sekarang ini bukan hanya digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik tetapi juga dapat digunakan untuk saluran transmisi komunikasi seperti PLC (*Power Line Carrier*) dan data isyarat. Tetapi kemampuan transmisi dari satu saluran dengan tegangan tertentu tidak dapat ditetapkan dengan pasti karena kemampuan ini masih tergantung lagi pada batasan-batasan termal dari penghantar, jatuh tegangan yang diperbolehkan. Pada umumnya saluran transmisi dalam penggunaannya dapat dibagi dua;

2.2.1 Saluran Hantaran Udara

Adalah saluran transmisi yang menyalurkan energi listrik melalui kawat-kawat yang digantung pada isolator antar menara atau tiang transmisi. Keuntungan dari saluran transmisi udara adalah lebih murah, mudah dalam perawatan, mudah dalam mengetahui letak gangguan, mudah dalam perbaikan, dan lainnya. Namun juga memiliki kerugian, antara lain: karena berada di ruang terbuka, maka cuaca sangat berpengaruh terhadap keandalannya, dengan kata lain mudah terjadi gangguan, seperti gangguan hubung singkat, gangguan tegangan lebih karena tersambar petir, dan gangguan-gangguan lainnya. Dari segi estetika/keindahan juga kurang indah, sehingga saluran transmisi bukan pilihan yang ideal untuk suatu saluran transmisi di dalam kota.

2.2.2 Saluran Hantaran Bawah tanah

Adalah saluran transmisi yang menyalurkan energi listrik melalui kabel yang dipendam didalam tanah. Kategori saluran transmisi seperti ini adalah pilihan untuk pemasangan di dalam kota, karena berada didalam tanah, maka tidak mengganggu keindahan kota dan juga tidak terjadi gangguan akibat kondisi cuaca atau kondisi alam. Namun juga memiliki kekurangan. Seperti : mahalnya biaya investasi dan sulitnya menentukan titik gangguan dan perbaikannya.

2.3 Saluran Transmisi AC dan DC

Menurut jenis arusnya dikenal sistem arus bolak-balik yaitu arus bolak-balik (*Alternating*

Current/AC) dan arus searah (*Direct Current/DC*). Oleh karena itu. Di dalam system AC, kenaikan dan penurunan tegangannya sangat mudah dilakukan dengan bantuan transformator. Itulah sebabnya maka dewasa ini saluran transmisi di dunia sebahagian besar adalah saluran AC. Di dalam sistem AC ada sistem fasa tunggal dan sistem fasa tiga. Sistem tiga phasa memiliki keuntungan lainnya, antara lain:

- a. Daya yang disalurkan lebih besar,
- b. Nilai sesaat (*instantaneous value*) konstan,
- c. Mempunyai medan magnet putar.

Sehubungan dengan keuntungan dan kerugiannya, dewasa ini saluran transmisi di dunia sebagian besar menggunakan saluran transmisi AC. Saluran transmisi DC baru dapat dianggap ekonomis jika jarak saluran udaranya antara 400 km sampai 600 km, atau untuk saluran bawah tanah dengan panjang 50 km. Hal itu disebabkan karena biaya peralatan pengubah dari AC ke DC dan sebaliknya (*converter & inverter*) masih sangat mahal, sehingga dari segi ekonomisnya saluran AC akan tetap menjadi primadona dari saluran transmisi.

2.4 Tegangan Transmisi

Apabila tegangan transmisi dinaikkan, maka daya guna penyaluran akan naik oleh karena rugi-rugi transmisi turun, pada besaran daya yang disalurkan sama. Namun, kenaikan tegangan transmisi berarti juga kenaikan isolasi dan biaya peralatan juga biaya gardu induk. Oleh karena itu pemilihan tegangan transmisi dilakukan dengan memperhitungkan daya yang disalurkan, jumlah rangkaian, jarak penyaluran, keandalan (*reliability*), biaya peralatan untuk tegangan tertentu, serta tegangan-tegangan yang sekarang ada dan yang akan di rencanakan. Penentuan tegangan juga harus dilihat dari segi standarisasi peralatan yang ada. Penentuan tegangan transmisi merupakan bagian dari perancangan sistem tenaga listrik secara keseluruhan. Tingkat tegangan yang lebih tinggi, selain untuk memperbesar daya hantar dari saluran transmisi yang berbanding lurus dengan kuadrat tegangan, juga untuk memperkecil rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada saluran transmisi. Jelas sudah, dengan mempertinggi tegangan maka tingkat isolasi pun harus lebih tinggi, dengan demikian biaya peralatan juga akan tinggi.

Pemerintah telah menyeragamkan urutan tegangan tinggi sebagai berikut:

- a. Tegangan Nominal (kV): (30) - 66 - 150 - 220 - 380 - 500,
- b. Tegangan tertinggi untuk perlengkapan (kV): (36) - 72,5 - 170 - 245 - 420 - 525

Tegangan nominal 30 kV hanya diperkenankan untuk daerah yang tegangan distribusi primer 20 kV tidak dipergunakan. Penentuan deret tegangan di atas, disesuaikan dengan rekomendasi dari *International Electrotechnical Commission* (IEC).

2.5 Komponen Utama Saluran Hantaran Udara

2.5.1 Menara atau tiang transmisi

Menara atau tiang transmisi adalah suatu bangunan yang menopang saluran transmisi, yang dapat berupa menara baja, tiang baja, tiang beton bertulang dan tiang kayu. Tiang-tiang baja, beton dan kayu biasanya digunakan pada saluran-saluran tegangan kerja yang relatif rendah (dibawah 70 KV) sedangkan untuk saluran dengan tegangan tinggi biasanya menggunakan menara baja.

2.5.2 Isolator-isolator

Jenis isolator yang digunakan pada saluran transmisi adalah jenis porselin atau gelas. Menurut penggunaan dan konstruksinya dikenal 3 jenis isolator yaitu :

- a. Isolator jenis pasak (22-33 KV)
- b. Isolator jenis pos saluran (22-33KV)
- c. Isolator gantung

2.5.3 Kawat penghantar

Jenis-jenis kawat penghantar yang biasa digunakan pada saluran transmisi adalah

- a. Tembaga dengan konduktivitas 100 % (Cu 100 %)
- b. Tembaga dengan koduktivitas 97,5 % (Cu 97,5 %)
- c. Almunium dengan konduktivitas 61 % (Al 61 %)

Kawat penghantar Almunium terdiri dari beberapa jenis dan lambing sebagai berikut :

- AAC : "*All Aluminium Conductor*" yaitu kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari almunium.
- AAAC : "*All-Aluminium Alloy Conductor*" yaitu kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari campuran almunium.
- ACSR : "*Aluminium Conductor Steel Reinforced*" yaitu kawat penghantar almunium dengan inti kawat baja.
- ACAR : "*Aluminium Conductor Alloy Reinforced*" yaitu kawat penghantar almunium yang diperkuat dengan logam campuran.

III. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi : P.T. PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengaturan Beban Rantauprapat – Padang Sidempuan Unit Pelayanan Transmisi Pematang Siantar Waktu : 31 juli – 01 Agustus 2013.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah obyek penelitian, atau apa yang menjadi titik perhatian suatu penelitian (Suharsimi Arikunto, 1992 : 99). Dalam penelitian ini yang menjadi obyek atau variabel penelitiannya adalah pengamatan terhadap rugi daya pada saluran transmisi tegangan tinggi diantaranya adalah:

1. Resistansi pada saluran transmisi
2. Induktansi pada saluran transmisi

3. Admitansi pada saluran transmisi
4. Jenis penghantar yang digunakan
5. Besar factor daya (cos fi) pada saluran transmisi
6. Besar Tegangan kirim (VS) dan tegangan Terima (VR)
7. Besar arus kirim (IS) dan
8. Arus terima (IR)

3.3 Data

Penelitian ini diaplikasikan pada studi kasus, dimana objek kasus adalah transmisi saluran udara tegangan tinggi 150 KV Rantauprapat - Padang Sidempuan di UPT Pematang siantar pada Tanggal 31 Juli 2013 pukul 09:10 wib. Data – data yang diperoleh dari hasil penelitian transmisi saluran udara 150 KV adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 data- data dan parameter

| Parameter | Nilai |
|------------------------------------|-------------------------------|
| Tegangan pada sisi pengiriman (Vs) | 150 KV |
| Daya yang disalurkan (Ps) | 60 MW |
| Daya yang dibangkitkan | 71,5 MVA |
| Frekuensi | 50 Hz |
| Cos θ pada sisi pengirim | 0.89 |
| Resistansi | 0.13 ohm/Km |
| Induktansi | 0.408 x 10 ⁻³ H/Km |
| Kapasitansi | 0.015 x 10 ⁻⁶ F/Km |
| Panjang saluran | 124.109 Km |
| konduktor ACSR type HAWK | 1 x 240mm ² |

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Menentukan Impedansi pada saluran transmisi

$$\begin{aligned}
 Z &= R + j\omega L \\
 &= R + j2\pi fL \\
 &= 0.13 + j2 \cdot 3.14 \cdot 50 \cdot 0.408 \times 10^{-3} \\
 &= 0.13 + j0.128 \\
 &= 0.18 \angle 44,55^0 \text{ ohm/Km}
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 Z &= 0.18 \angle 44, 55^0 \text{ ohm / km} \times 124, 109 \text{ km} \\
 &= 22,33 \angle 44, 55^0 \text{ ohm}
 \end{aligned}$$

4.2 Menentukan admitansi pada saluran transmisi

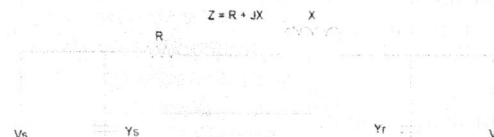
$$\begin{aligned}
 Y &= G + j\omega C \qquad G = 0 \\
 &= j2\pi fC \\
 &= j2 \cdot 3.14 \cdot 50 \cdot 0.015 \times 10^{-6} \text{ F / Km} \\
 &= j0,00471 \times 10^{-3} \text{ mho / Km} \\
 &= j0,00471 \times 10^{-3} \text{ mho/km} \times 124, 109 \text{ km} \\
 &= j0,58 \times 10^{-3} \text{ mho} \\
 &= 0,58 \times 10^{-3} \angle 90^0 \text{ mho}
 \end{aligned}$$

4.3 Menentukan konstanta – konstanta ABCD pada saluran

$$\begin{aligned}
 A &= 1 + \frac{ZY}{2} \\
 A &= 1 + \frac{22.33 \angle 44.55^{\circ} \times 0.00058 \angle 90^{\circ}}{2} \\
 A &= 1 + 0.006475 \angle 134.55^{\circ} \\
 A &= 0.99 \angle 0.26^{\circ}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C &= 1 + \frac{ZY}{4} \\
 C &= 1 + \frac{22.33 \angle 44.55^{\circ} \times 0.00058 \angle 90^{\circ}}{4} \\
 C &= 1 + 0.0032 \angle 134.55^{\circ} \\
 C &= 0.98 \angle 0.127^{\circ}
 \end{aligned}$$

4.4 Perhitungan saluran transmisi menggunakan diagram pengganti metode nominal phi



Gambar 4.1. Rangkaian Transmisi nominal PI

$$\begin{aligned}
 A = D &= 1 + \frac{ZY}{2} = 0.99 \angle 0.26^{\circ} \\
 B = Z &= 22.33 \angle 44.55^{\circ} \\
 C &= Y \left(1 + \frac{ZY}{4} \right) = 0.56 \times 10^{-3} \angle 90.127^{\circ}
 \end{aligned}$$

Besar arus pada sisi pengirim adalah.

$$\begin{aligned}
 I_s &= \frac{P_s \angle \theta}{\sqrt{3} \cdot V_s \cdot \cos \theta} = \frac{60000 \angle 27.12^{\circ}}{\sqrt{3} \cdot 150 \cdot 0.89} \\
 I_s &= 259.5 \angle -27.12^{\circ} \text{ Ampere} \\
 V_R &= AV_s - BI_s \\
 V_R &= \left(0.99 \angle 0.26^{\circ} \times \frac{150}{\sqrt{3}} \text{ kV} \right) - \left(22.33 \angle 44.55^{\circ} \times 259.5 \angle -27.12^{\circ} \text{ kV} \right) \\
 V_R &= 80.319 \angle -0.96^{\circ} \text{ (l-l)} \text{ kV} \\
 V_R &= 139.11 \angle -0.96^{\circ} \text{ (l-n)} \text{ kV}
 \end{aligned}$$

Maka diperoleh tegangan pada sisi penerima adalah $V_R = 139.11 \angle -0.96^{\circ} \text{ (l-L)} \text{ kV}$.

Besar arus pada sisi penerima adalah :

$$\begin{aligned}
 I_R &= CV_s + AI_s \\
 I_R &= \left(0.00056 \angle 90.127^{\circ} \times \frac{150}{\sqrt{3}} \right) + \left(0.99 \angle 0.26^{\circ} \times 259.5 \angle -27.12^{\circ} \right) \\
 I_R &= 238.872 \angle -16.54^{\circ} \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Dengan diperolehnya besar sudut antara arus dan tegangan maka dapat diperoleh besar sudut pada sisi penerima sebesar :

$$\begin{aligned}
 \theta_R &= \theta_{I_R} - \theta_{V_R} \\
 \theta_R &= -0.96^{\circ} - (-16.54^{\circ}) = 15.58^{\circ} \\
 \cos \theta_R &= 0.96
 \end{aligned}$$

Besar daya yang diterima oleh sisi pengirim adalah :

$$P_R = \sqrt{3} \times V_{R(L-L)} \times I_R \cos \theta_R$$

$$P_R = \sqrt{3} \times 139.11 \text{ kv} \times 238.972 \text{ A} \times 0.96$$

$$P_R = 55.276 \text{ MW}$$

Perhitungan efisiensi dan regulasi tegangan pada ujung penerima

1. Efisiensi saluran transmisi pada ujung penerima

$$\eta = \frac{P_R}{P_S} \times 100\% = \frac{55.276}{60} \times 100\%$$

$$\eta = 92.12\%$$

2. Regulasi tegangan pada saluran transmisi :

$$VR(\%) = \frac{V_{R(VL)} - V_{R(FL)}}{V_{R(FL)}} \times 100\%$$

Dengan:

$$V_{R(VL)} = \frac{V_S}{1 + \frac{ZY}{2}}$$

$$V_{R(VL)} = \frac{86.602}{0.99} = 87.477 \text{ kV}$$

$$V_{R(FL)} = 80.319 \text{ kV}$$

Maka diperoleh besar regulasi tegangan adalah :

$$VR(\%) = \frac{87.477 - 80.319}{80.319} \times 100\% = 8.9\%$$

Regulasi Tegangan yang di peroleh dengan menggunakan perhitungan metode nominal phi sebesar 13,35 KV.

Sehingga rugi - rugi daya pada saluran transmisi 150kV Rantauprapat - Padang sidempuan adalah:

$$\text{Rugi-rugi daya} = \frac{60 - 55.276 \text{ MW}}{60 \text{ MW}} \times 100 \%$$

$$\text{Rugi-rugi daya} = 7.87\%$$

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode nominal phi bahwa rugi-rugi daya yang terjadi sebesar 4,722 MW.

4.5 Perhitungan saluran transmisi menggunakan diagram pengganti metode nominal T



Gambar 4.2. Rangkaian Transmisi nominal T

$$A = D = 1 + \frac{ZY}{2} = 0.99 \angle 0.26^\circ$$

$$B = Z \left(1 + \frac{ZY}{4} \right) = 22.33 \times 0.98 \angle 0.127^\circ = 21.88 \angle 0.127^\circ$$

$$C = Y = 0.58 \times 10^{-3} \angle 90^\circ$$

Sebelum mencari besarnya daya pada sisi penerima kita perlu mengetahui besar tegangan dan arus pada sisi penerima

Maka besar tegangan pada sisi penerima adalah :

$$V_R = AV_S - BI_S$$

$$V_R = \left(0.99 \angle 0.26^\circ \times \frac{150}{\sqrt{3}} \text{ kV} \right) - \left(21.88 \angle 0.127^\circ \times 259.5 \angle -27.12^\circ \text{ kV} \right)$$

$$V_R = 80.733 \angle 2.10^\circ \text{ (L-N) kV}$$

$$V_R = 139.833 \angle 2.10^\circ \text{ (L-L) kV}$$

Dan diperoleh tegangan pada sisi penerima adalah $V_R = 139,833 \angle 2,10^\circ \text{ (L-L)}$

Menentukan Arus pada sisi penerima :

$$I_R = CV_S + AI_S$$

$$I_R = \left(0.00058 \angle 90.127^\circ \times \frac{150}{\sqrt{3}} \right) + \left(0.99 \angle 0.26^\circ \times 259.5 \angle -127.12^\circ \right)$$

$$I_R = 240.898 \angle -16.15^\circ \text{ Ampere}$$

Arus pada sisi penerima adalah $I_R = 240,898 \angle -16,15^\circ \text{ Ampere}$

Dengan diperolehnya besar sudut antara arus dan tegangan pada sisi penerima maka dapat diperoleh besar sudut pada sisi penerima sebesar :

$$\theta_R = \theta_{V_R} - \theta_{I_R}$$

$$\theta_R = 2.10^\circ - (-16.15^\circ) = 18.25^\circ$$

$$\cos \theta_p = 0.94$$

Sehingga menentukan besar daya pada sisi penerima adalah:

$$P_R = \sqrt{3} \times V_{R(L-L)} \times I_R \times \cos \theta$$

$$P_R = \sqrt{3} \times 139.833 \text{ Kv} \times 240.898 \text{ A} \times 0.94$$

$$P_R = 54,844 \text{ MW}$$

Perhitungan efisiensi dan regulasi tegangan pada ujung penerima

1. Efisiensi pada ujung penerima adalah

$$\eta = \frac{P_R}{P_S} \times 100\% = \frac{54.844}{60} \times 100\%$$

$$\eta = 91.407\%$$

2. Regulasi tegangan pada ujung penerima :

$$VR(\%) = \frac{V_{R(VL)} - V_{R(FL)}}{V_{R(FL)}} \times 100\%$$

Dengan:

$$V_{R(VL)} = \frac{V_S}{1 + \frac{ZY}{2}}$$

$$V_{R(VL)} = \frac{86.602}{0.99} = 87.477 \text{ kV}$$

$$V_{R(FL)} = 80.733 \text{ kV}$$

Maka diperoleh besar regulasi tegangan adalah :

$$VR(\%) = \frac{87.477 - 80.733}{80.733} \times 100\% = 8.35\%$$

Regulasi Tegangan yang di peroleh dengan menggunakan perhitungan metode nominal T sebesar 12,525 KV

Rugi – rugi daya pada saluran transmisi 150kv Rantauprapat – Padang sidempuan adalah:

$$\text{Rugi-rugi daya} = \frac{60 \text{ MW} - 54.844 \text{ MW}}{60 \text{ MW}} \times 100 \%$$

$$\text{Rugi-rugi daya} = 8.59 \%$$

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode nominal T bahwa rugi-rugi daya yang terjadi sebesar 5,154 MW

Tabel 4.1 menunjukkan perbandingan antara V_R , I_R dan P_R pada ujung penerima yang menggunakan metode saluran pengganti nominal phi dan saluran pengganti nominal T

Tabel 4.1 Perbandingan hasil V_R , I_R dan P_R nominal Phi dan nominal T

| Hasil Pengukuran | | Hasil Perhitungan | |
|------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Pengirim | Penerima | Penerima | |
| | | Nominal π | Nominal T |
| $V_S = 150 \text{ KV}$ | $V_R = 139.72$ | $V_R = 139.11 \pm 0.96\% \text{KV}$ | $V_R = 139.833 \pm 2.10\% \text{KV}$ |
| $I_S = 259.5 \pm 27.12\% \text{A}$ | $I_R = 238.032 \text{ A}$ | $I_R = 238.972 \pm 16.54\% \text{A}$ | $I_R = 240.898 \pm 16.15\% \text{A}$ |
| $P_S = 60 \text{ MW}$ | $P_R = 55.527 \text{ MW}$ | $P_R = 55.276 \text{ MW}$ | $P_R = 54.844 \text{ MW}$ |

Dari tabel diatas dapat kita tarik kesimpulan bahwa terjadinya rugi-rugi daya disebabkan oleh impedansi dan admitansi yang di sebabkan oleh panjang nya konuktor. semakin panjang konduktor maka semakin besar pula rugi-rugi daya yang terjadi pada sisi penerima . berikut adalah grafik perbandingan Daya (P_S) pada sisi pengirim dengan Daya (P_R) pada sisi penerima.

V. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisis data yang telah dilakukan dalam penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Jatuh tegangan yang terjadi pada saluran transmisi tegangan tinggi 150KV Rantauprapat-Padang sidempuan pada tanggal 31 Juli 2013 pukul 09:10 wib masih dalam batas standar $\pm 10 \%$ yaitu sebesar 13,35 KV.
2. Rugi-rugi daya yang terjadi pada saluran transmisi 150kv Rantauprapat- Padang sidempuan masih dalam batas yang di izinkan $\pm 10 \%$ yaitu sebesar 4,722 MW sehingga tidak perlu penggantian bahan atau perbaikan alat pada saluran tersebut.

3. Effisiensi yang terjadi pada saluran Transmisi Rantauprapat-Padang sidempuan sebesar 92,12 %. Hal ini disebabkan oleh panjangnya saluran yang dilalui.

REFERENSI

- [1] Halim Mohammad, Ir, MSIE & OR, *Manajemen*, ITB, Bandung, 1987
- [2] Hutauruk T. S., *Transmisi Daya Listrik*, Erlangga, Jakarta, 1985
- [3] Kadir Abdul, Prof, Ir, *Pengantar Teknik Tenaga Listrik*, PT. Pustaka LP3S, Jakarta, 1993
- [4] Rusdiyanto Otong, *Studi Perencanaan Saluran Transmisi 150 kV Cikande-Citra Habita Serang*, Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, 1994.
- [5] Saadat Hadi, *Power System Analysis*, WCB/McGraw-Hill, 1999.
- [6] Sulasno, Ir, *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Edisi II, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, 1993
- [7] Sulasno, Ir, *Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik*, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, 2001.
- [8] Starr A. T., *Generation, Transmission and Utilization of Electrical Power*, Pitman, New York, 1957.
- [9] Tim. *SPLN 1*, PT. PLN (Persero) Kantor Pusat, Jakarta, 1995.
- [10] Tim, *Statistik PLN 2004*, PT. PLN (Persero) Kantor Pusat, Jakarta, 2004
- [11] Tri Setyo, *Studi Perhitungan Kemampuan Daya Hantar Arus Saluran Transmisi 500 kV Bandung Selatan-Ungaran*, Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, 1990.
- [12] Umar Zulkifli, *Studi Pemilihan Sistem Tegangan dan Jenis Penghantar Transmisi*.