

PENINGKATAN KUALITAS SALURAN TRANSMISI DENGAN STATIC VAR COMPENSATOR DI RANTAU PARAPAT SUMATERA UTARA

Solly Aryza¹, Zulkarnain Lubis²

Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pembangunan Panca Budi
Medan, Sumatera Utara, Indonesia

ABSTRAK

Energi listrik yang dibangkitkan pada pusat-pusat pembangkit perlu disalurkan ke pusat-pusat beban melalui saluran transmisi. Hal yang menjadi perhatian dalam penyaluran daya pada saluran transmisi adalah adanya rugi-rugi daya yang terdapat ada saluran tersebut. Perlu suatu kajian dasar tentang pengaruh pemasangan Static VAR Compensator (SVC) pada sistem transmisi tenaga listrik dalam menanggulangi factor-faktor yang mempengaruhi terjadinya rugi-rugi daya pada saluran tersebut. Metode yang digunakan dalam studi ini adalah simulasi menggunakan komputer dan perhitungan untuk mendapatkan parameter-parameter SVC yang akan disimulasikan. Simulasi dilakukan untuk melihat profil tegangan pada sistem sebelum dan sesudah dipasang SVC. Dari hasil simulasi sebelum pemasangan SVC diperoleh data Bus yang memiliki tegangan kritis atau dibawah standar. Dalam penelitian ini akan dikaji apa saja yang menjadi factor terhadap terjadinya rugi-rugi daya tersebut. Pembahasan yang dilakukan adalah rugi daya transmisi, regulasi tegangan, dan efisiensi saluran transmisi Rantau Parapat - Padang Sidempuan menggunakan pendekatan saluran transmisi jarak menengah sesuai pada keadaan di lapangan. Konstanta-konstanta dan parameter-parameter saluran akan dihitung sesuai data-data yang ada di lapangan. Dari parameter dan konstanta tersebut baru analisis rugi-rugi daya yang terjadi pada saluran transmisi tersebut. Dari hasil perhitungan dapat diketahui faktor utama yang mempengaruhi besarnya rugi-rugi daya pada transmisi adalah arus beban yang fluktuasi. Sedangkan jatuh tegangan yang terjadi sebesar 13,35 KV. Rugi-rugi daya yang terjadi sebesar 4,722 MW dengan efisiensi sebesar 92,12 %, sehingga tidak perlu penggantian bahan atau perbaikan alat pada saluran tersebut

Kata Kunci : *Transmisi, daya, rugi-rugi daya, arus, tegangan*

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan tenaga listrik di Indonesia terus meningkat sesuai dengan laju pertumbuhan ekonomi dan industri serta penambahan penduduk. 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 (Aryza et al., 2018).

Sistem transmisi tenaga listrik merupakan bagian penting dalam penyaluran tenaga listrik dari pembangkit sampai ke saluran distribusi. Oleh sebab itu keandalan sebuah sistem transmisi sangat perlu ditingkatkan. Salah satu permasalahan pada sistem transmisi adalah stabilitas tegangan. Masalah stabilitas tegangan ini akan berdampak pada kualitas daya pada sistem tenaga listrik. Stabilitas tegangan pada saluran transmisi dapat dikendalikan dengan berbagai cara antara lain adalah pemasangan reactor, Phase Shifting Transformer (PST), dan peralatan Flexible AC Transmission Systems (FACTS). Ketiga peralatan tersebut bekerja dengan cara menginjeksikan ataupun menyerap daya reaktif dari sistem. Pemasangan reactor pada saluran transmisi merupakan solusi yang sudah lama diterapkan, hal ini dikarenakan reactor merupakan solusi yang paling ekonomis. Solusi lain yang juga sudah lama diaplikasikan adalah pemasangan PST yang biasa dipasang di saluran transmisi yang bekerja dengan cara mengatur tegangan di sisi penerima dan pengirim (Abdullah, 2017).

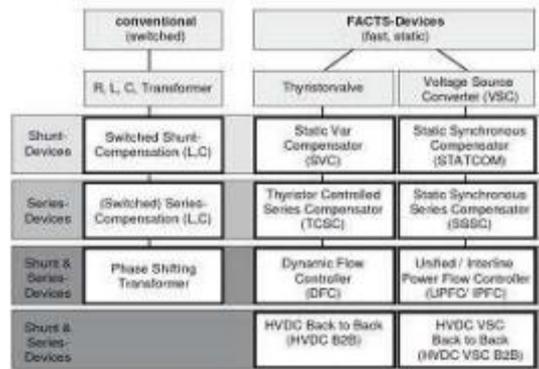
Saluran saluran transmisi membawa tenaga listrik dari pusat-pusat pembangkitan ke pusat-pusat beban melalui saluran tegangan tinggi 150 kV. Trafo penurunan akan merendahkan tegangan ini menjadi tegangan subtransmisi 70 kV yang kemudian di gardu induk diturunkan lagi menjadi tegangan distribusi primer 20 kV. Pada gardu induk distribusi yang terse- bar di pusat-pusat beban tegangan diubah oleh trafo distribusi menjadi tegangan rendah 220/380V (Carlsson et al., 2018). 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), 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 (Solly ARyza, Muhammad Irwanto, 2016).

Berdasarkan dari hal tersebut diatas maka penulis mencoba melakukan studi tentang kerugian daya yang terjadi pada saluran transmisi tegangan tinggi Rantau Prapa – 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 (Haxhibeqiri et al., 2017).

Perkembangan penelitian dan teknologi telah menghasilkan berbagai macam peralatan FACTS yang dapat dimanfaatkan untuk mengatasi permasalahan pada sistem transmisi AC. Berbagai macam peralatan FACTS dan kompensator konvensional dapat dilihat pada Gambar 1 berikut



Gambar 1. Peralatan FACTS dan kompensator konvensional

II. LANDASAN TEORI

2.1 Umum

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. 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 (Zorbas & O’Flynn, 2019).

2.2 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 sistem 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 (Handoko & Diponegoro, 2017). Sistem tiga fasa memiliki keuntungan lainnya, antara lain:

- Daya yang disalurkan lebih besar,
- Nilai sesaat (*instantaneous value*) konstan,
- 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.

2.3 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 (Mayasari & Ramdhan, 2013).

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.

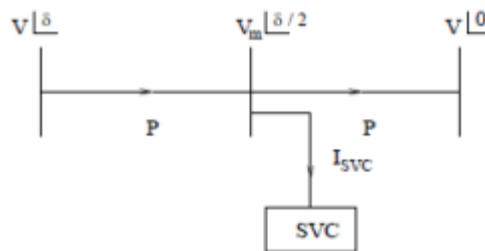
Pemerintah telah menyeragamkan urutan tegangan tinggi sebagai berikut:

- Tegangan Nominal (kV): (30) - 66 - 150 - 220 - 380 - 500,
- 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).

2.4. Static Var Compensator (SVC)

SVC yang berfungsi untuk mengatur aliran daya pada sistem dengan cara mengubah tegangan pada sistem dengan menginjeksikan atau menyerap daya reaktif pada sistem [4-5]. SVC bekerja berdasarkan magnitude tegangan pada sistem. Jika tegangan sistem rendah maka SVC akan menginjeksikan daya reaktif (kapasitif) dan sebaliknya jika tegangan sistem tinggi maka SVC akan menyerap daya reaktif (induktif). Berikut ini beberapa keuntungan penggunaan SVC antara lain; menjaga stabilitas tegangan sistem, mengurangi rugi-rugi transmisi, dan meningkatkan kapasitas transmisi penyaluran tenaga listrik.



Gambar 2. Pemasangan SVC

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini direncanakan akan dimulai dari bulan Januari s/d Oktober 2014, sejak mulai penetapan disetujuinya proposal ini, lalu pengambilan data sampai publikasi. Penelitian ini merupakan aplikasi perhitungan rugi-rugi daya saluran transmisi dengan pengambilan data langsung pada saluran transmisi P.T. PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengaturan Beban Rantau Prapat – Padang Sidempuan.

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:

- Resistansi pada saluran transmisi
- Induktansi pada saluran transmisi
- Admitansi pada saluran transmisi
- Jenis penghantar yang digunakan
- Besar factor daya ($\cos \phi$) pada saluran transmisi
- Besar Tegangan kirim (V_S) dan tegangan Terima (V_R)
- Besar arus kirim (I_S) dan Arus terima (I_R)

3.3 Alat Penelitian

Alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah satu set PC dengan kemampuan cukup untuk mengoperasikan perangkat lunak Matlab versi 5.3. Spesifikasi minimum memiliki RAM 32 MB dan *processor* P100 ke atas, untuk pengolahan data.

3.4 Prosedur dan Tahapan Penelitian

- Analisis Perhitungan Daya

Rumus yang digunakan untuk mencari resistansi adalah sebagai berikut :

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad \dots(10)$$

Nilai reaktansi dapat dicari setelah nilai resistansinya diketahui, untuk menghitung nilai reaktansi adalah dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$X_L = 2\pi f 2 \cdot 10^{-7} \cdot 10^3 \ln \frac{GMD}{GMR} \quad \dots (11)$$

2. Menentukan konstanta-konstanta ABCD :

a. Metode nominal phi

$$A = D = 1 + \frac{ZY}{2} \quad \dots (12)$$

$$B = Z \quad \dots (13)$$

$$C = Y \left(1 + \frac{ZY}{4} \right) \quad \dots (14)$$

b. Metode nominal T

$$A = D = \left(1 + \frac{ZY}{2} \right) \quad \dots (15)$$

$$B = Z \left(1 + \frac{ZY}{4} \right) \quad \dots (16)$$

$$C = Y \quad \dots (17)$$

3. Menghitung besar arus pada sisi pengirim:

$$I_S = \frac{P_{S \angle \theta}}{\sqrt{3} \cdot V_S \cos \theta} \quad \dots (18)$$

Dengan :

I_S = Arus pada sisi pengirim (Ampere)

V_S = Besar tegangan pada sisi pengirim (volt)

P_S = Daya pada sisi pengirim (watt)

4. Menghitung besar tegangan pada sisi penerima

$$V_R = AV_S - BI_S \quad \dots (19)$$

5. Menghitung besar arus pada sisi penerima:

$$I_R = CV_S + AI_S \quad \dots (20)$$

6. Menghitung $\cos \theta$ pada sisi penerima

$$\theta_R = \theta_{V_R} - \theta_{I_R} \quad \dots (21)$$

$$\cos \theta_R = \arccos \theta_R \quad \dots (22)$$

Dengan:

θ_R = Besar sudut pada sisi penerima

θ_{V_R} = Besar sudut pada tegangan sisi penerima

θ_{I_R} = Besar sudut pada arus sisi penerima

7. Menentukan daya yang diterima oleh sisi pengirim :

$$P_R = \sqrt{3} \cdot V_{R(L-L)} \cdot I_R \cos \theta_R \quad \dots (23)$$

8. Menentukan efisiensi saluran transmisi pada ujung penerima adalah:

$$\eta = \frac{P_R}{P_S} \times 100\% \quad \dots (24)$$

Dengan:

η = efisiensi saluran transmisi

P_S = Daya pada sisi pengirim (Watt)

P_R = Daya pada sisi penerima (Watt)

9. Menentukan regulasi tegangan

$$VR(\%) = \frac{V_{R(NL)} - V_{R(FL)}}{V_{R(FL)}} \times 100\% \quad \dots (25)$$

3.5. Diagram Alir



IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Penelitian ini diaplikasikan pada studi kasus, dimana objek kasus adalah transmisi saluran udara tegangan tinggi 150 KV Rantau Prapat – Padang Sidempuan pada Tanggal 03 Juni 2014 sampai dengan 20 Juni 2014.

Data – data yang diperoleh dari hasil penelitian transmisi saluran udara 150 KV adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 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 x10 ⁻³ H/Km
Kapasitansi	0.015 x 10 ⁻⁶ F/Km
Panjang saluran	124.109 Km
konduktor ACSR type HAWK	1 x 240mm ²

Setelah melakukan penelitian dan mendapat hasil yang diperoleh maka kita akan menganalisa rugi-rugi daya 150KV Rantauprapat–Padang sidempuan dengan menggunakan parameter seperti tahanan (R), induktor (L), dan

kapasitor (C) yang nilainya sudah diketahui setelah itu kita dapat mencari nilai impedansi saluran (Z) dan admitansi saluran (Y) untuk mendapatkan nilai konstanta ABCD.

275

Setelah kita mendapatkan nilai konstanta ABCD, maka selanjutnya kita cari nilai tegangan pengirim (V_S), arus pengirim (I_S) faktor daya pengirim (θ_S), daya penerima (P_R), daya pengirim (P_S), efisiensi (η), dan pengatur tegangan VR (%), dengan menggunakan nilai arus penerima masing-masing yang didapatkan dari hasil riset dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah dijelaskan pada BAB II, kita dapat menggunakannya untuk mencari nilai-nilai tersebut

Selanjutnya setelah kita selesai menganalisis nilai-nilai di atas maka kita dapat menggunakan nilai-nilai tersebut untuk membuat grafik-grafik. Dengan menggunakan nilai impedansi (Z), tegangan pengirim (V_S), dan tegangan penerima (V_R) untuk membuat diagram fasor, dengan nilai arus penerima masing-masing. Menggunakan nilai konstanta ABCD, tegangan pengirim (V_S), dan tegangan penerima (V_R). Terakhir untuk membuat diagram segitiga daya kita dapat menggunakan faktor daya penerima (θ_R) dan nilai arus penerima masing-masing.

Dalam analisa data ini, penulis menggunakan dua metode perhitungan, yaitu menggunakan metode nominal π dan metode nominal T untuk mengetahui besar rugi-rugi daya yang terjadi pada saluran transmisi 150 KV Rantau Prapat – Padang Sidempuan

❖ Menentukan Impedansi pada saluran transmisi

$$\begin{aligned} Z &= R + j\omega L \\ &= R + j2\pi fL \\ &= 0,13 + j2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,408 \times 10^{-3} \\ &= 0,13 + j0,128 \\ &= 0,18 \angle 44,55^{\circ} \text{ ohm/Km} \end{aligned}$$

Maka ;

$$\begin{aligned} Z &= 0,18 \angle 44,55^{\circ} \text{ ohm / km} \times 124,109 \text{ km} \\ &= 22,33 \angle 44,55^{\circ} \text{ ohm} \end{aligned}$$

❖ Menentukan admitansi pada saluran transmisi

$$\begin{aligned} Y &= G + j\omega C \\ G &= 0 \\ &= j2\pi fC \\ &= j2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,015 \times 10^{-6} \text{ F / Km} \\ &= j0,00471 \times 10^{-3} \text{ mho / Km} \\ &= j0,00471 \times 10^{-3} \text{ mho/km} \times 124,109 \text{ km} \\ &= j0,58 \times 10^{-3} \text{ mho} \\ &= 0,58 \times 10^{-3} \angle 90^{\circ} \text{ mho} \end{aligned}$$

❖ Menentukan konstanta – konstanta ABCD pada saluran

$$\begin{aligned} A &= 1 + \frac{ZY}{2} \\ &= 1 + \frac{22,33 \angle 44,55^{\circ} \times 0,00058 \angle 90^{\circ}}{2} \\ &= 1 + 0,006475 \angle 134,55^{\circ} \\ &= 1 - 0,0045 + j0,0046 \\ &= 0,9955 + j0,0046 \\ &= 0,99 \angle 0,26^{\circ} \\ C &= 1 + \frac{ZY}{4} = 1 + \frac{22,33 \angle 44,55^{\circ} \times 0,00058 \angle 90^{\circ}}{4} \\ &= 1 + 0,0032 \angle 134,55^{\circ} \\ &= 1 - 0,0022 + j0,0022 \\ &= 0,99 + j0,0022 \\ &= 0,98 \angle 0,127^{\circ} \\ A = D &= 1 + \frac{ZY}{2} = 0,99 \angle 0,26^{\circ} \\ B = Z &= 22,33 \angle 44,55^{\circ} \\ C = Y \left(1 + \frac{ZY}{4} \right) &= 0,56 \times 10^{-3} \angle 90,127^{\circ} \end{aligned}$$

Besar arus pada sisi pengirim adalah

$$\begin{aligned} I_S &= \frac{P_S \angle \theta}{\sqrt{3} \cdot V_S \cos \theta} = \frac{60000 \angle 27,12}{\sqrt{3} \cdot 150 \cdot 0,89} \\ &= 259,5 \angle -27,12^{\circ} \text{ Ampere} \end{aligned}$$

$$V_R = AV_S - BI_S$$

$$V_R = \left(0,99 \angle 0,26^\circ \times \frac{150}{\sqrt{3}}\right) - (22,33 \angle 44,55^\circ \times 259,5 \angle -27,12^\circ)$$

$$V_R = 139,11 \angle -0,96^\circ_{(L-L)} \text{ Kv}$$

Maka diperoleh tegangan pada sisi penerima adalah $V_R = 139,11 \angle -0,96^\circ_{(L-L)}$

276

Besar arus pada sisi penerima adalah :

$$I_R = CV_S + AI_S$$

$$I_R = \left(0,00056 \angle 90,127^\circ \times \frac{150}{\sqrt{3}}\right) + (0,99 \angle 0,26^\circ \times 259,5 \angle -27,12^\circ)$$

$$I_R = 238,972 \angle -16,54^\circ \text{ Ampere}$$

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

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

$$\theta_R = -0,96^\circ - (-16,54^\circ)$$

$$\cos \theta_R = 0,96$$

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 regulasi tegangan pada ujung penerima

Effisiensi saluran transmisi pada ujung penerima

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

$$\eta = \frac{55,276}{60} \times 100 \%$$

$$\eta = 92,12 \%$$

Regulasi tegangan pada saluran transmisi

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

Dengan:

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

$$V_{R(NL)} = \frac{96,602}{0,99} = 87,477 \text{ KV}$$

$$V_{R(FL)} = 80,319 \text{ KV}$$

Maka diperoleh besar regulasi tegangan adalah:

$$VR(\%) = \frac{87,477 - 80,319}{80,319} \times 100 \%$$

$$VR(\%) = 8,9 \%$$

Regulasi Tegangan yang diperoleh dengan menggunakan perhitungan metode nominal π 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 π bahwa rugi-rugi daya yang terjadi sebesar 4,722 MW

$$A = D = 1 + \frac{ZY}{2} = 0,99 \angle 0,26^\circ$$

$$B = Z \left(1 + \frac{ZY}{4}\right) = 22,33 \times 0,98 \angle 0,127^\circ$$

$$B = 21,88 \angle 0,127^0$$

$$C = Y = 0,58 \times 10^{-3} \angle 90^0 \text{ mho}$$

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

Maka besar tegangan pada sisi penerima adalah:

$$V_R = AV_S - BI_S$$

$$V_R = \left(0,99 \angle 0,26^0 \times \frac{150}{\sqrt{3}} \right) - (21,88 \angle 0,127^0 \times 259,5 \angle -27,12^0)$$

$$V_R = 139,833 \angle -2,10^0_{(L-L)} \text{ KV}$$

277

Dan diperoleh tegangan pada sisi penerima adalah $V_R = 139,833 \angle -2,10^0_{(L-L)}$

Menentukan Arus pada sisi penerima:

$$I_R = CV_S + AI_S$$

$$I_R = \left(0,00058 \angle 90,127^0 \times \frac{150}{\sqrt{3}} \right) + (0,99 \angle 0,26^0 \times 259,5 \angle -27,12^0)$$

$$I_R = 240,898 \angle -16,15^0 \text{ Ampere}$$

Arus pada sisi penerima adalah $I_R = 240,898 \angle -16,15^0 \text{ Ampere}$

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

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

$$\theta_R = 2,10^0 - (-16,15^0)$$

$$\cos \theta_R = 0,94$$

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 regulasi tegangan pada ujung penerima

Effisiensi pada ujung penerima adalah

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

$$\eta = \frac{54,844}{60} \times 100\%$$

$$\eta = 91,407\%$$

Regulasi tegangan pada ujung penerima

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

Dengan:

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

$$V_{R(NL)} = \frac{86,602}{0,99} = 87,477 \text{ KV}$$

$$V_{R(FL)} = 80,733 \text{ KV}$$

Maka diperoleh besar regulasi tegangan adalah:

$$VR(\%) = \frac{87,477 - 80,733}{80,733} \times 100\%$$

$$VR(\%) = 8,35\%$$

Regulasi Tegangan yang diperoleh 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

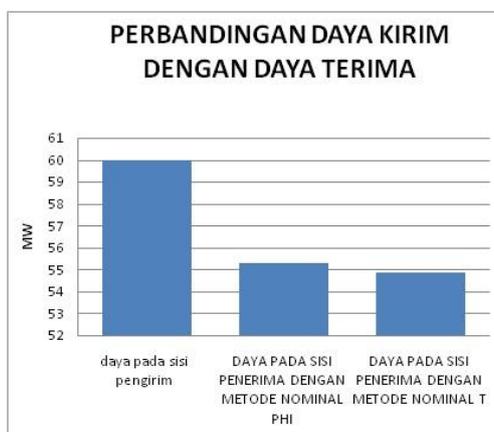
Tabel 4.2 menunjukkan perbandingan antara V_R , I_R dan P_R pada ujung penerima yang menggunakan metode saluran pengganti nominal phi dan saluran pengganti nominal T

Tabel 2 perbandingan hasil V_R , I_R dan P_R nominal phi dan nominal T

Hasil Pengukuran		Hasil Perhitungan	
Pengirim	Penerima	Penerima	
		Nominal ϕ	Nominal T
$V_s = 150 \text{ KV}$	$V_R = 139,72 \text{ KV}$	$V_R = 139,11 \angle 0,96^\circ \text{ kV}$	$V_R = 139,833 \angle 2,10^\circ \text{ KV}$
$I_s = 259,5 \angle 27,12^\circ \text{ A}$	$I_R = 238,032 \text{ A}$	$I_R = 238,972 \angle 16,54^\circ \text{ A}$	$I_R = 240,898 \angle -16,15^\circ \text{ A}$
$P_s = 60 \text{ MW}$	$P_R = 55,527 \text{ MW}$	$P_R = 55,276 \text{ MW}$	$P_R = 54,844 \text{ MW}$

278

Dari tabel di atas dapat kita tarik kesimpulan bahwa terjadinya rugi-rugi daya disebabkan oleh impedansi dan admitansi yang di sebabkan oleh panjang nya konduktor, 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.



Gambar 3. Grafik Perbandingan antara daya pada sisi pengirim dengan penerima

V. KESIMPULAN.

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

1. Faktor utama yang mempengaruhi besarnya rugi-rugi daya pada transmisi adalah arus beban yang fluktuasi, sedangkan faktor-faktor lain yang juga mempengaruhi rugi-rugi daya transmisi walaupun nilainya tidak fluktuasi seperti : panjang saluran, resistansi dan reaktansi dari saluran itu sendiri.
2. Jatuh tegangan yang terjadi pada saluran transmisi tegangan tinggi 150KV Rantau Prapat – Padang Sidempuan pada tanggal 19 Juni 2014 pukul 09:10 wib masih dalam batas standar $\pm 10 \%$ yaitu sebesar 13,35 KV
3. Rugi-rugi daya yang terjadi pada saluran transmisi 150kv Rantauprapat – Padang Sidempuan masih dalam batas yang diizinkan $\pm 10 \%$ yaitu sebesar 4,722 MW sehingga tidak perlu penggantian bahan atau perbaikan alat pada saluran tersebut
4. Effisiensi yang terjadi pada saluran transmisi Rantau Prapat – Padang Sidempuan sebesar 92,12 %. Hal ini disebabkan oleh panjangnya saluran yang dilalui.

Daftar Pustaka.

Abdullah, B. (2017). PENINGKATAN KADAR ANTOSIANIN BERAS MERAH DAN BERAS HITAM MELALUI BIOFORTIFIKASI / Increasing Anthocyanin of Red and Black Rice through Biofortification. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 36(2), 91. <https://doi.org/10.21082/jp3.v36n2.2017.p91-98>

Aryza, S., Irwanto, M., Khairunizam, W., Lubis, Z., Putri, M., Ramadhan, A., Hulu, F. N., Wibowo, P., Novalianda, S., & Rahim, R. (2018). An effect sensitivity harmonics of rotor induction motors based on fuzzy logic. *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, 7(2.13 Special Issue 13), 418–420. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i2.13.16936>

Carlsson, A., Kuzminykh, I., Franksson, R., & Liljegren, A. (2018). Measuring a LoRa Network:

Performance, Possibilities and Limitations. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 11118 LNCS*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01168-0_11

Handoko, S., & Diponegoro, U. (2017). *PERBANDINGAN SISTEM PENGENDALIAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA DENGAN METODE FIELD ORIENTED CONTROL MENGGUNAKAN PI CONTROLLER DAN FUZZY*. June 2012.

Haxhibeqiri, J., Van den Abeele, F., Moerman, I., & Hoebeke, J. (2017). LoRa scalability: A simulation model based on interference measurements. *Sensors (Switzerland)*, 17(6). <https://doi.org/10.3390/s17061193>

Mayasari, K., & Ramdhan, T. (2013). Strategi Pengembangan Agrowisata Perkotaan. *Buletin Pertanian Perkotaan*, 3(1), 21–28. http://jakarta.litbang.pertanian.go.id/ind/artikel/bptp/agrowisata_perkotaan_vol.3_no.1_2013.pdf

279

Solly ARyza, Muhammad Irwanto, Zu. L. (2016). IMPLEMENTASI MODUL KONTROL MOTOR DIDALAM AKUSISI DATA BERBASIS MODUL DAQ LABVIEW. *Jurnal Teknik Elektro Dan Telekomunikasi*.

Zorbas, D., & O’Flynn, B. (2019). Autonomous collision-free scheduling for lora-based industrial internet of things. *20th IEEE International Symposium on A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks, WoWMoM 2019*. <https://doi.org/10.1109/WoWMoM.2019.8792975>

