

EVALUASI RUGI DAYA SALURAN TRANSMISI 150 kV PADA PENYULANG KEBONAGUNG-SENGKALING

Oleh
A.N. Afandi, Nurhening Yuniarti

Abstrak

Paper ini mengkaji rugi daya yang terjadi pada sistem transmisi yang menggunakan tegangan 150 kV antara Kebonagung dan Sengkaling. Dengan menggunakan EDSA, rugi daya dievaluasi pada kondisi beban puncak. Pada proses pengiriman daya listrik ke Sengkaling telah mengalami rugi daya sebesar 96,973 kW dan penurunan tegangan sebesar 2,864%.

Kata kunci: EDSA, tegangan, rugi daya, saluran transmisi

Abstract

This paper is concerned to evaluate losses on transmission line on 150 kV between Kebonagung and Sengkaling. It was done by using EDSA on peak load. The transmission between Kebonagung and Sengkaling had losses and voltage drop during power delivery to the load, it was 96.973 kW for losses and the voltage drop was 2.864%

Keywords: EDSA, voltage, losses, transmission line

¹Staf pengajar Fakultas Teknik Elektro, Universitas Negeri Malang
²Stat pengajar Fakultas Teknik Elektro, Universitas Negeri Yogyakarta

PENDAHULUAN

Proses penyaluran daya pada sistem tenaga listrik diawali dari pembangkitan, kemudian disalurkan melalui sistem jaringan transmisi, lalu disalurkan kepada pelanggan distribusi. Selanjutnya untuk mendukung kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat, maka pemenuhan kebutuhan daya listrik di setiap beban harus dilayani dengan tepat. Baik kecukupan pasokan daya pembangkit, kesiapan sistem transmisi maupun keseimbangan daya beban di sistem distribusi.

Pemenuhan kebutuhan energi listrik dapat difasilitasi dengan baik, apabila didukung oleh infrastruktur yang cukup. Dengan demikian sistem interkoneksi harus diterapkan dengan benar untuk mencukupi pasokan daya listrik yang sesuai kebutuhannya. Selain itu pengoperasian sistem tenaga listrik juga harus mampu mengatasi semua gangguan dan masalah yang ada, agar penyaluran daya listrik berjalan dengan aman dan andal.

Oleh karena itu, untuk melayani seluruh daerah beban perlu dilakukan pemerataan pemaknaan listrik secara tepat, agar kondisi seluruh sistem dapat terjaga keseimbangannya. Selain itu, secara operasional juga harus mampu mengimbangi kondisi dinamis perubahan beban setiap saat yang terus meningkat. Kondisi dinamis perubahan beban ini menyebabkan pasokan daya listrik harus benar-benar terjaga dan cukup untuk melayani semua beban yang tersebar di setiap titik pusat beban.

Dengan letak beban yang tersebar diberbagai lokasi menyebabkan daya listrik harus dikirim melalui saluran transmisi yang cukup jauh. Hal ini akan berdampak menimbulkan masalah tersendiri, misalnya rugi daya (losses). Rugi daya yang terjadi pada saluran transmisi sangat penting untuk diperhatikan, karena menyebabkan hilangnya daya yang cukup besar, sehingga menjadi persoalan yang sangat penting untuk dikaji.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem 150 kV

Daya listrik yang dikirim ke beban harus aman dan andal, dengan kualitas yang baik agar terjamin kefungsungannya, tanpa terjadi pemadaman. Secara operasional, daya listrik dilayani dengan menggunakan sistem interkoneksi, hal ini dilakukan untuk menunjang penyaluran daya listrik hingga ke beban secara optimal.

Selanjutnya pengiriman daya ke beban, biasanya dilayani dengan berbagai level tegangan yang berbeda, tergantung pada interkoneksi yang ada. Secara umum, tegangan dari pembangkit dinaikkan pada saluran transmisi dan diturunkan kembali pada jaringan distribusi ke beban. Pada saluran transmisi dikenal sistem 500 kV (SUTET) yang memegang peranan pada proses pengiriman daya antar area, sedangkan sistem yang lain menggunakan tegangan 150 kV (Afandi, 2010).

Sistem 150 kV dikenal dengan nama SUTT, yaitu menggunakan interbus transformer atau IBT. IBT digunakan untuk menurunkan tegangan 500 kV menjadi 150 kV agar mampu mensuplai beban di setiap area. Pada sistem 150 kV biasanya pembangkit hanya tersambung untuk menanggung beban yang ada di area masing-

masing. Namun ada kalanya berinterkoneksi dengan area lain melalui sistem 150 kV

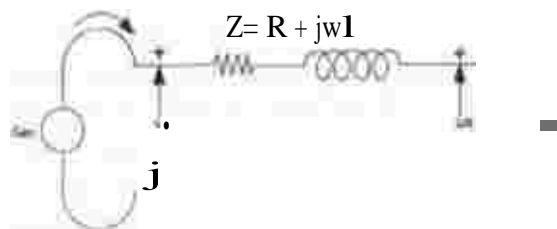
sesuai dengan kondisi saat operasi dan tingkat kebutuhan daya yang diperlukan.

Sistem 150 kV umumnya melayani beban-beban yang ada di areanya, misalnya pada area 4 sistem tenaga listrik Jawa Bali. Jaringan 150 kV hanya mengurus beban-beban yang ada di area 4 saja, yaitu Jawa Timur, Madura dan Bali. Sedangkan pada area 3 hanya melayani beban-beban di area tersebut, yaitu Jawa Tengah dan Yogyakarta. Namun secara keseluruhan beban terlayani bersarna-sama, karena setiap jaringan listrik terhubung melalui sistem interkoneksi.

2.2 Rugi Daya Saluran Transmisi

Saluran transmisi mempunyai empat parameter yang mempengaruhi kemampuannya untuk berfungsi sebagai bagian dari suatu sistem tenaga yaitu resistansi, induktansi, konduktansi dan kapasitansi. Selanjutnya setiap saluran transmisi dapat didekati dengan ukuran panjangnya, yaitu panjang, menengah dan pendek. Sedangkan rangkaian ekuivalen untuk saluran transmisi pendek dapat dilihat seperti pada Gambar

1.



Gambar 1 Rangkaian Ekuivalen Saluran Transmisi Pendek

Pada saluran transmisi selain terjadi drop tegangan, juga terjadi rugi daya. Rugi daya mencerminkan adanya daya yang terbuang sehingga mengakibatkan daya yang diterima di sisi penerima lebih kecil dari daya yang dikirim pada sisi pengirim. Pembuangan daya ini dikonversikan dalam bentuk panas pada sistem transmisi setarna selang waktu tertentu. Sehingga energi yang diterima pada sisi penerima lebih kecil dari energi yang dikirim. Secara umum rugi daya ini disebabkan oleh tahanan pada penghantar dan daya korona.

Dengan menggunakan rangkaian ekuivalen pendek, maka rugi daya pada saluran transmisi dapat ditentukan melalui saluran 3 fasa yang dinyatakan dalam persamaan (Arismunandar, 1993):

$$i' = I_2 R \quad (1)$$

Selanjutnya rugi daya pada saluran transmisi dapat dikurangi dengan cara meninggikan tegangan transmisi, memperkecil tahanan konduktor, dan memperbesar faktor daya beban (Tobing, 2003). Tetapi cara yang cenderung dilakukan adalah meninggikan tegangan transmisi dengan beberapa pertimbangan teknis.

2.3 Aliran

Daya

Perhitungan aliran daya dan tegangan pada sistem tenaga listrik merupakan bagian yang sangat penting dalam menentukan rugi daya, hal ini dapat dilakukan pada seluruh jaringan yang direpresentasikan dalam rangkaian satu fasa. Selanjutnya setiap bus dikategorikan berdasarkan empat kondisi yaitu tegangan (V), daya aktif (P), daya reaktif (Q) dan sudut fasa (θ). Sehingga dikenal nama bus referensi (*swing bus*), bus beban (*load bus*) dan bus pembangkit (*generator bus*).

Salah satu metode aliran daya yang banyak digunakan adalah metode *Newton-Raphson*, karena iterasinya lebih singkat dan proses komputasinya lebih cepat. Selanjutnya dalam metode tersebut, persamaan daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) pada bus p terlihat pada persamaan 2.

$$P, -jQ, = E, Ir \quad (2)$$

2.4 Transmisi Kebonagung dan Sengkaling

Saturan transmisi Kebonagung ke Sengkaling secara umum strukturnya berbentuk radial, karena pada jaringan ini menggunakan satu saturan yang terhubung langsung ke masing-masing gardu induk dan kemudian disalurkan ke beban melalui jaringan distribusi. Selain itu untuk mendukung proses pengiriman daya listrik antara kedua gardu induk menggunakan konduktor jenis ASCR-HAWK, yaitu *aluminium konduktor steel reinforced* dengan tegangan 150 kV.

Kondisi teknis sistem transmisi tersebut memiliki panjang sekitar 15,100 km dengan ukuran $477 \text{ mm}^2/\text{mcm}$ pada Luas penampang aluminium $241,50 \text{ mm}^2$ dan luas penampang baja $39,34 \text{ mm}^2$. Selain itu kapasitas arusnya 600 A dengan suhu maksimum 75°C pada suhu udara 40°C dan hambatan DC pada suhu 20°C adalah

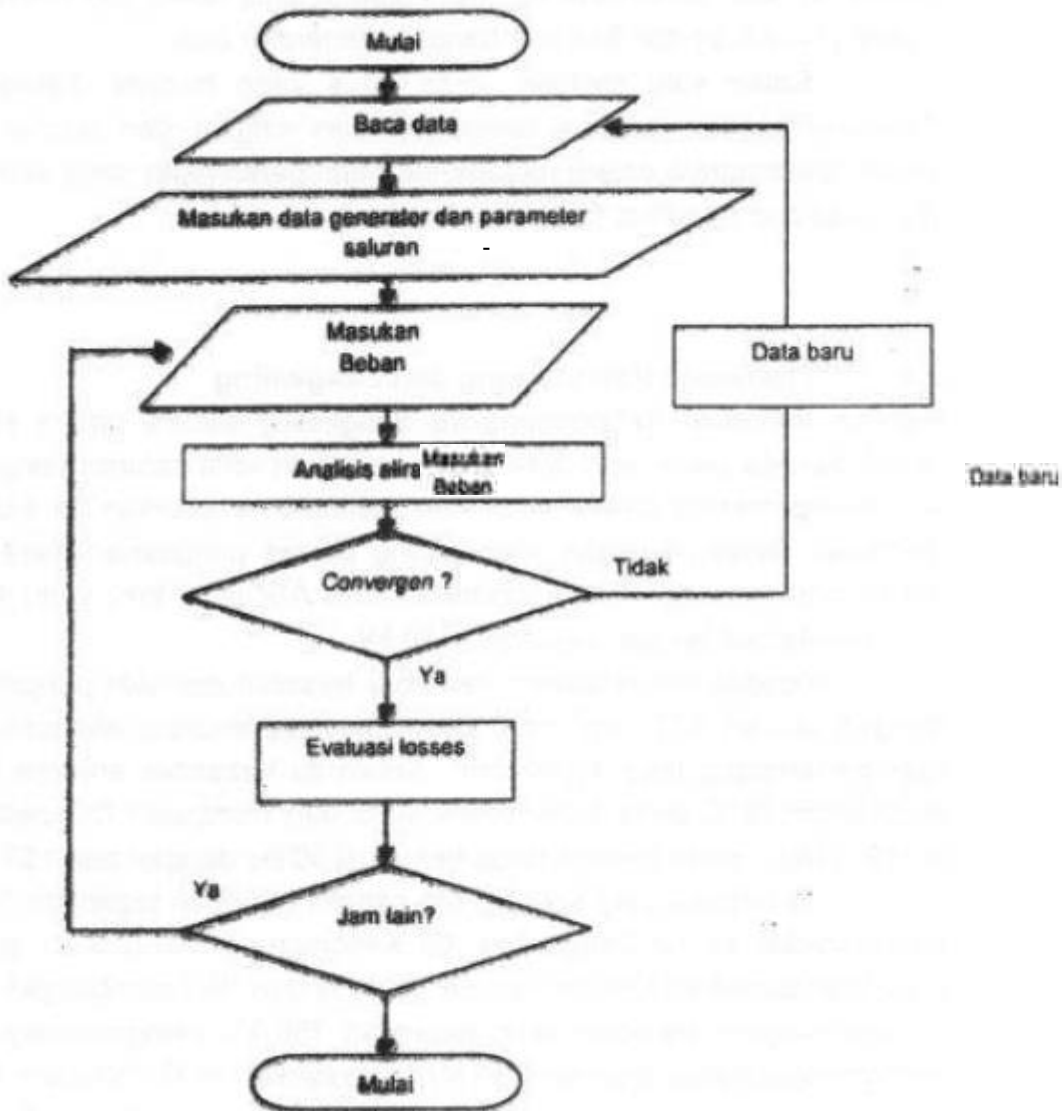
0,1196 Ω/km , serta bekerja pada frekuensi 50 Hz dengan berat 977 kg/km.

Gt Kebonagung sebagai sisi pengirim dengan tegangan 150 kV menggunakan sistem radial ke GI Sengkaling. Gt Kebonagung merupakan gardu induk penyatur, yaitu mendapatkan kiriman dari GI Lawang dan dari pembangkit Sutami. Selanjutnya Gt Kebonagung menggunakan tegangan 150 kV mengirim daya ke GI Sengkaling, serta menggunakan tegangan 70 kV menyalurkan ke GI Polehan, ke Gt Turen.

Sedangkan GI Sengkaling sebagai sisi penerima bertegangan 150 kV, menyalurkan daya listrik dengan tegangan 70 kV ke GI Bimbing, Setorejo dan Mendatan. Kemudian diturunkan tegangannya menjadi 20 kV untuk disalurkan ke distribusi, antara lain Setecta, Batu, dan Bumiaji

III METODE

Untuk mengetahui rugi daya pada saluran Kebonagung ke : Sengkaling yang menggunakan tegangan 150 kV, maka dilakukan melalui prosedur seperti pada gambar berikut ini dengan menggunakan software aplikasi EDSA.



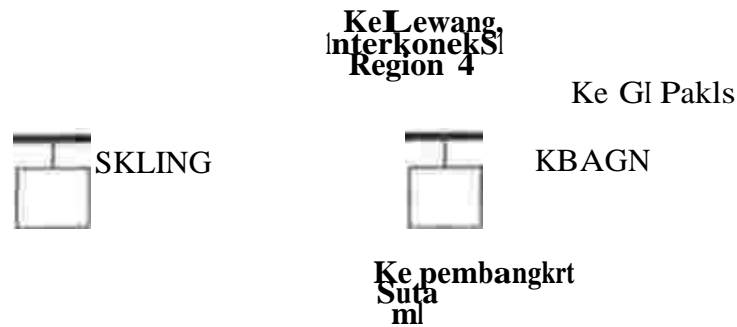
Gambar 2 Tahapan Evaluasi

IV HASIL PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Beban

Saluran transmisi antara Kebunagung dan Sengkaling merupakan saluran transmisi Yang tergabung dalam tenaga listrik di Malang . Sehingga saluran ini menjadi bagian dari sistem interkoneksi yang secara langsung bergandengan dengan region 4 PLN. Secara umum, sistem di Malang Raya dilayani menggunakan tegangan 150 kV dan memiliki pusat beban yang terintegrasi di Lawang, Kebon Agung, Pakis, Sengkaling dan Wlingi.

Selanjutnya pada kajian ini, pusat beban dipandang pada Ittik Kebonagung dan Sengkaling, yang terhubung melalul saluran transmisi diantara pusat beban itu. Seperti pada Gambar 2. kedua pusat beban tersebut dinotasikan sebagai SKLING untuk Sengkaling dan KBAGN untuk Kebonagung. Sedangkan interkoneksi ke lainnya yang merupakan sistem interkoneksi Region 4 dinyatakan sebagai Infnit ke Bus Lawang dan Pembangkit Sutaml.



Gambar 3 Saluran Transmisi Kebonagung-Sengkaling

Kondisi beban pada evaluasi rugi daya di saluran transmisi antara Kebonagung dan Sengkaling dikaji pada layanan beban puncak, hal ini sangat penting sekali karena layanan tersebut menyerap daya listrik yang besar. Sehingga harus mendapat layanan kiriman daya yang cukup untuk semua kebutuhan beban yang ada. Beban puncak yang digunakan dilihat pada kondisi malam dan pagi, yang merupakan beban puncak untuk masing-masing pusat beban, yaitu Kebonagung dan Sengkaling. Selanjutnya nilai beban puncak masing-masing seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2. Pada beban Sengkaling menutup semua saluran yang melayani beban dibawah 150 kV, sehingga semua beban yang masuk dalam interkoneksi diintegrasikan dalam pusat beban Sengkaling.

Tabel 1 Kondisi Beban Kebonagung

No	Jam	MW	Mvar	kV
1.	10.00	25,7	9,4	137,7
2.	19.00	39,8	18	133,1

Tabel 2 Kondisi Beban Sengkaling

No	Jam	MW	k
1.	10.00	40,1	8,2
2.	19.00	57,9	15,9

Seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2, bahwa beban puncak antara siang dan malam sangat berbeda untuk kedua kondisi pusat beban tersebut Namun kebutuhan

daya di Sengkaling lebih besar. karena harus dikirim ke interkoneksi lainnya yang menggunakan tegangan 70 kV ke bawah. Sehingga secara interkoneksi harus mendapat layanan daya yang memadai untuk digunakan di beban-beban yang tersebar melalui saluran-saluran yang terdangeng ke GI Sengkaling.

4.2 Rugl Daya

Aliran daya dianalisa menggunakan metode Newton Raphson, perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui besarnya aliran daya dan losses yang terjadi pada saluran antara Kebonagung dan Sengkaling. Hasil evaluasi rugl daya yang terjadi pada saluran tersebut dapat dilihat seperti pada Tabel 3.

Tabet 3 Rugl
Daya

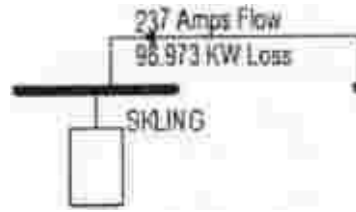
No	Kebonaauna-Senakallna			
	Jam	kW	A	kV ϕ --
1.	10.00	42,781	158	2,136
2.	19.00	96,973	237	2,864

Dengan memperhatikan Tabel 3, maka terlihat bahwa terjadi rugi daya (losses) yang cukup besar saat pengiriman daya ke Sengkaling. Hal ini menunjukkan bahwa, terjadi pembuangan energi listrik yang cukup besar saat terjadi beban puncak pada siang hari ataupun malam hari. Rugi daya yang terjadi pada saluran transmisi antara Kebonagung dan Sengkaling pada siang hari (10.00 WIB) sebesar 42.781 kW, sedangkan pada beban puncak malam hari hampir dua kali slang hari, yaitu sebesar 96,973 kW. Terjadinya rugi daya pada saluran ini menunjukkan bahwa, selama proses pengiriman daya listrik ke GI Sengkaling, hampir sejumlah energi listrik telah terbuang.

4.3 Allran Arus

Pada kajian *losses* atau rugi daya yang terjadi pada saluran sangat penting untuk diketahui arah aliran arusnya. hal ini untuk menunjukkan kearah mana sesungguhnya kiriman daya yang terjadi dan sejauhmana perbedaan tegangan yang

terjadi selama proses pengiriman daya. Aliran arus selama proses pengiriman daya ditunjukkan seperti pada Gambar 3.



KBAGN

Gambar 4 Arah Aliran Arus

Dengan memperhatikan Gambar 3, maka dapat diketahui bahwa pengiriman daya tersebut terjadi dari Kebonagung menuju Sengkaling Hal ini sesuai dengan terjadinya drop tegangan yang ada yaitu pada beban puncak di malam hari sebesar

2,864%. Sehingga secara operasional tegangan layanan saat terjadi beban puncak hanya berkisar 137 kV. Jeleknya kondisi tegangan ini menunjukkan perlu adanya perbaikan pada sisi Sengkaling saat terjadi beban puncak, agar profil tegangan semakin baik ketika melayani beban yang cukup besar

V PENUTUP

Mengacu pada hasil pembahasan rugi daya saluran transmisi antara Kebonagung dan Sengkaling, maka dapat disimpulkan bahwa terjadi rugi daya yang cukup besar pada saat terjadi beban puncak, yaitu 42,781 kW pada siang hari dan 96,973 kW pada malam hari. Sedangkan penurunan tegangan berkisar 2,136% pada siang hari dan 2,864 pada malam hari.

VI OAFKAR PUSTAKA

1. Aland[. AN. 2010. Operasi Sistem Tenaga Listrik. Media. Yogyakarta
2. Arismunandar Artono, DR. Dan OR. S. 1993. Teknik Listrik Jilid II, Pradnya Paramita Jakarta
3. Gross. Charles A. 1986. "Power System Analysis". John Wiley & Sons.
4. Hutahuruk, Prof, tr., Msc. Transmisi Daya Listrik. Erlangga. Jakarta
5. K.C. Lai. W.J. Lee. M.S. Chen. 1991. *Design of a Microcomputer Based Operator Assistance System for Real Time Voltage and Reactive Power Correction*, IEEE Transactions on Power Systems. Vol. 6, No. 2 · pp. 723-728: May 1991
6. Sadaat. H. 1999. "Power System Analysis". McGraw Hill. Singapore
7. Show-Kang Chang, Farrokh Albuyeh, Michel L. Gilles, George E. Marks. Ken Kato. 1990. *Optimal Real-Time Voltage Control*. IEEE Transactions on Power Systems. Vol. 5, No. 3, pp. 750-758
8. SPLN. 1978. Kriteria Pengaturan Tegangan. Perusahaan Listrik Negara. Jakarta
9. Stevenson, William. 1996. "Power System Analysis". McGraw Hill. Singapore
10. Tobing Bonggas L. 2003. Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

