



Analisa Pembangunan Penyulang Ekspres Terhadap Aliran Daya Pada Penyulang Sungai Dareh Pt Pln (Persero) Rayon Sitiung

Erhaneli*, Kartiria, Fadli Rahman

Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang
Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo, Padang, Indonesia
E-mail: erhanelimarzuki@gmail.com

Informasi Artikel

Diserahkan tanggal:

28 Desember 2020

Direvisi tanggal:

8 Januari 2021

Diterima tanggal:

15 Januari 2021

Dipublikasikan tanggal:

31 Januari 2021

Digital Object Identifier:

10.21063/JTE.2021.31331002



Abstrak

Penyaluran energi listrik akan optimal jika dalam penyaluran sesuai dengan standar mutu PT. PLN (Persero). Jika jaringan terlalu panjang dan pembebanan yang berlebih (overload) akan mengakibatkan mutu tegangan akan berkurang. Penyulang Sungai Dareh dengan panjang jaringan 291 kms dengan luas penampang 150 mm² untuk jaringan utama, penghantar 70 mm² untuk percabangannya dengan beban puncak 240 A. Tegangan kirim GI sebesar 20,6 kV maka pada saat beban puncak tegangan terukur pada GH Sungai Dareh 18 kV pada saat yang bersamaan tegangan terbaca pada GH Balitan 17,2 kV. Sehingga drop tegangan melebihi standar mutu pelayanan minimal yaitu 18 kV. Solusi yang dapat dilakukan adalah dengan membangun penyulang ekspres baru. Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi ETAP, dengan membangun penyulang ekspres baru dari GI Sungai Lansek sampai GH Balitan menggunakan A3C dengan luas penampang 240 mm², tegangan pada penyulang Sungai Dareh terbaca pada GH Sungai Dareh pada saat beban puncak 19 kV dengan tegangan kirim dari GI Sungai Lansek 20,6 kV. Sedangkan pada GH Balitan tegangan terbaca 18,3 kV. Dengan demikian tegangan sudah memenuhi standar mutu pelayanan yang telah ditetapkan yaitu 18 kV. Aplikasi ETAP dapat digunakan untuk membantu menganalisa efektifitas rencana pembangunan penyulang ekspres baru yang dapat dijadikan solusi untuk mengurangi rugi - rugi daya teknis pada penyulang Sungai Dareh.

Kata kunci: *penyulang ekspres, aliran daya, ETAP*

1. PENDAHULUAN

Energi listrik yang disalurkan ke konsumen mestinya diberikan sesuai dengan mutu yang harus dipenuhi oleh PT. PLN (Persero). Dalam penyaluran energi listrik ke konsumen melalui beberapa tahapan yakni mulai dari energi yang dihasilkan dari generator pembangkit adalah tegangan menengah, di GI pembangkit dinaikkan ke tingkat Tegangan Tinggi dan disalurkan melalui saluran transmisi [1]. Tegangan tinggi dari transmisi diturunkan kembali pada Trafo step-down yang ada pada GI pusat beban untuk disalurkan ke sistem distribusi Tegangan Menengah yang kemudian pada Trafo Distribusi diturunkan menjadi tegangan pelayanan yaitu Tegangan Rendah. Karena jaringan yang terlalu panjang serta pembebanan pada saluran distribusi yang berlebih (*overload*) mengakibatkan rugi rugi daya (*losses*) akan meningkat [3-5]. Sehingga, diperlukannya sebuah penyulang ekspres baru untuk membagi beban guna mengurangi rugi-rugi daya serta drop tegangan yang dapat merugikan konsumen.

Seperti halnya yang terjadi pada PT. PLN (Persero) Rayon Sitiung, penyulang sungai dareh dengan total panjang jaringan 291 kms dengan luas penampang 150 mm² untuk jaringan utama dan penghantar 70 mm² untuk percabangannya. Beban total penyulang tersebut pada saat beban puncak mencapai 240 A. Hal ini mengakibatkan terjadinya drop tegangan dan meningkatnya rugi rugi daya pada jaringan sehingga tegangan yang diterima pelanggan yang berada dibagian ujung penyulang kurang dari mutu yang harus diberikan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan adalah merencanakan pembangunan sebuah penyulang *ekspres* baru sepanjang 25,6 kms dari Gardu induk Sungai Lansek sampai gardu hubung Sungai Dareh. Kemudian, dibutuhkan juga data-data yang perlu diukur dan dihitung terlebih dahulu untuk selanjutnya akan di simulasikan dengan menggunakan aplikasi ETAP agar dapat mengetahui bahwa tegangan yang sampai pada konsumen akan menjadi lebih baik. Dari hasil analisa ini akan didapat perbandingan besarnya susut

yang terjadi antara hasil perhitungan dengan hasil simulasi. Perhitungan dan analisa juga berpedoman kepada formula-formula yang digunakan untuk menentukan berapa besar losses dan drop tegangan yang terjadi pada aplikasi penelitian yaitu di PT PLN (Persero) Rayon Sitiung.

Dalam penyaluran tenaga listrik melalui jaringan distribusi, terjadi rugi - rugi daya/rugi teknis yaitu rugi-daya (I^2R) yang disebabkan adanya tahanan (R) pada saluran. Untuk sistem fasa-tiga beban tunggal (beban terpusat di ujung penyulang), rugi daya disebabkan oleh arus beban yang mengalir pada penghantar. Jatuh tegangan pada jaringan distribusi adalah sebagai akibat dari impedansi seluruh jaringan itu sendiri. Impedansi jaringan tersebut besarnya dipengaruhi oleh hambatan (resistansi) serta reaktansinya, karena besarnya nilai impedansi adalah sebagai berikut.

$$Z = R + jX_L \quad (1)$$

R = resistansi kawat penghantar

L = induktansi

$R + jX_L$ = impedansi saluran

Losses teknis merupakan susut yang terjadi karena karakteristik komponen dan peralatan, dengan kata lain susut yang sudah pasti ada dan biasanya dapat dibuat model perhitungannya. Secara umum rumusan dari susut teknis berasal dari rumus berikut.

$$P_{\text{Susut}} = I^2_{\text{Saluran}} \cdot R_{\text{Kabel}} \quad (2)$$

I = Besar arus yang mengalir (A)

R = Besar hambatan dalam penghantar (Ω)

Dari persamaan di atas dapat dilihat bahwa secara sederhana rugi-rugi di jaringan diakibatkan oleh besar arus yang mengalir terutama oleh pusat-pusat beban, semakin banyak beban yang bekerja maka akan semakin besar pula arus yang mengalir di jaringan. Kemudian juga disebabkan oleh penghantar itu sendiri, semakin bagus penghantar maka hambatan dalam penghantar juga akan lebih kecil. Pada saluran arus bolak-balik besarnya susut tegangan merupakan fungsi dari arus beban dan cosinus sudut impedansi dari beban. Secara matematis jatuh tegangan pada penghantar ditunjukkan pada persamaan 3 berikut.

$$V_{\text{drop}} = I \cdot Z_{\text{penghantar}} \quad (3)$$

V_{drop} = Jatuh tegangan (volt)

I = Arus (Amper)

Z = Impedansi penghantar (ohm)

Terdapat berbagai macam faktor yang mempengaruhi susut teknik yang terjadi di Jaringan Tegangan Menengah, antara lain arus beban yang mengalir di jaringan, tegangan antar fasa, panjang penghantar, besarnya luas penampang penghantar, faktor beban, serta kerapatan beban. Untuk dapat menghitung nilai susut teknis JTM, maka harus dihitung nilai arus trafo di sisi tegangan menengah (I_{TM}). Untuk menghitung nilai arus trafo di sisi tegangan menengah (I_{TM}) menggunakan persamaa di bawah ini.

$$I_{TM} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \quad (1)$$

I_{TM} = Arus Tegangan Menengah (A)

S = Pengukuran beban (kVA)

V = Tegangan Menengah (V)

Untuk perhitungan susut teknis JTM, seperti rumusan di bawah ini.

$$P = 3 \times I^2 \times R.$$

P = Susut Daya Saluran (Watt atau kW)

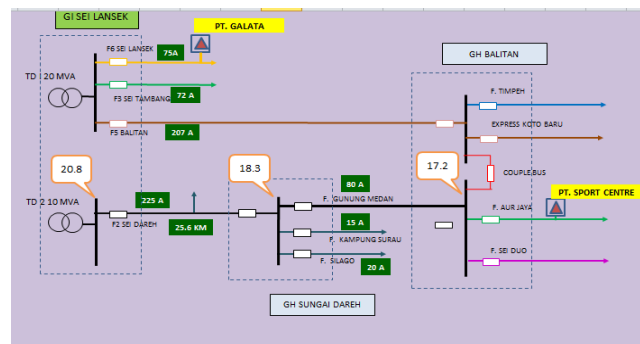
I = Arus Saluran (Amper)

R = Resistansi Penghantar (Ω)

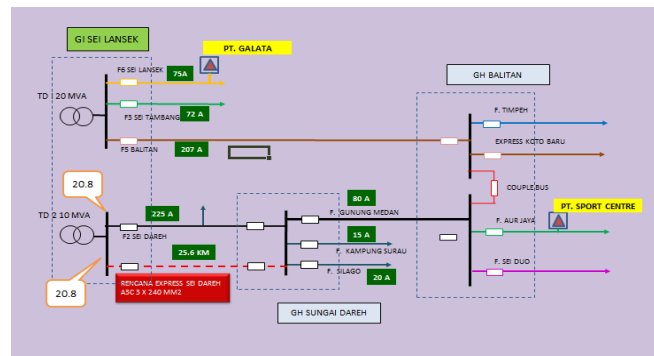
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem distribusi PLN Rayon Sitiung disuplai Gardu Induk Lansek dengan dua buah transformator daya yang berfungsi untuk menurunkan tegangan transmisi 150 kV menjadi tegangan menengah 20 kV dengan kapasitas T1/ 20 MVA dan T2/10 MVA. Bus trafo daya 1 mensuplai 3 buah outgoing yaitu penyulang sungai tambang, penyulang sungai lansek dan penyulang balitan. Ketiga penyulang tersebut dapat dilakukan manuver satu dengan yang lain melalui kopel bus yang terletak di GI sungai lansek. Penyulang balitan merupakan penyulang ekspres (tanpa beban) yang mengalirkan listrik dari GI sungai lansek hingga ke Gardu Hubung (GH) balitan.

Sistem distribusi pada Rayon Sitiung masih menggunakan sistem radial. Hal ini disebabkan karena suplai aliran listrik hanya dari satu buah gardu induk. Sehingga jika terjadi gangguan pada penyulang utama yang langsung dari GI tidak dapat dilakukan manuver. Oleh karena itu tingkat kehandalannya rendah. Luas penampang pada penyulang ekspres balitan adalah AAAC 240 mm². Pada penyulang sungai dareh luas penampangnya adalah AAAC 150 mm² pada line utama, sedangkan pada percabangannya menggunakan penghantar dengan luas penampang 70 mm². Hal ini mengakibatkan rugi – rugi daya pada penyulang sungai dareh cukup besar. Gambar 1 menunjukkan single line diagram Rayon Sitiung pada **kondisi eksisting** dan Gambar 2. Single line diagram Rayon Sitiung **kondisi rencana penyulang ekspres**.



Gambar 1. Single line diagram Rayon Sitiung pada (**kondisi eksisting**)



Gambar 2. Single line diagram Rayon Sitiung (**kondisi rencana penyulang ekspres**)

Dengan mempertimbangkan bahwa rugi - rugi daya distribusi pada penyulang sungai dareh masih cukup tinggi dan kehandalan jaringan masih rendah, maka untuk mengatasi masalah tersebut direncanakan untuk dibangun penyulang ekspres. Penyulang ekspres tersebut bertujuan untuk memecah beban penyulang sungai dareh. Penyulang ekspres akan dibangun dari GI sungai lansek hingga ke GH sungai dareh dengan panjang penyulang 25,6 KMS. Penghantar yang akan digunakan adalah AAAC dengan luas penampang 240 mm². Jadi beban pada penyulang sungai hanya dari GI sungai lansek hingga ke GH sungai dareh, selebihnya dipindahkan ke penyulang ekspres.

Tabel 1. Data penyulang GI Sungai Lansek

Penyulang	Jenis Penampang	Luas Penampang	Tegangan Sumber (kV)	Beban Puncak (A)	Panjang Jaringan (kms)
Sungai Dareh	AAAC	150 mm ²	20,6	225	291
Sungai Lansek	AAAC	70 mm ²	20,6	68	41
Ekspres Balitan	AAAC	240 mm ²	20,6	272	257

Tabel 2. Data penyulang GH Sungai Dareh

Penyulang	Jenis Penampang	Luas Penampang	Tegangan Sumber (kV)	Beban Puncak (A)	Panjang Jaringan (kms)
Kampung Surau	AAAC	70 mm ²	18,1	21	35
Silago	AAAC	70 mm ²	18,1	13	52
Gunung Medan	AAAC	150 mm ²	18,1	148	199

Tabel 3. Data penyulang GH Balitan

Penyulang	Jenis Penampang	Luas Penampang	Tegangan Sumber (kV)	Beban Puncak (A)	Panjang Jaringan (kms)
Aur Jaya	AAAC	70 mm ²	17	9	16
Timpeh	AAAC	70 mm ²	17	48	57
Sungai Duo	AAAC	70 mm ²	17	43	49

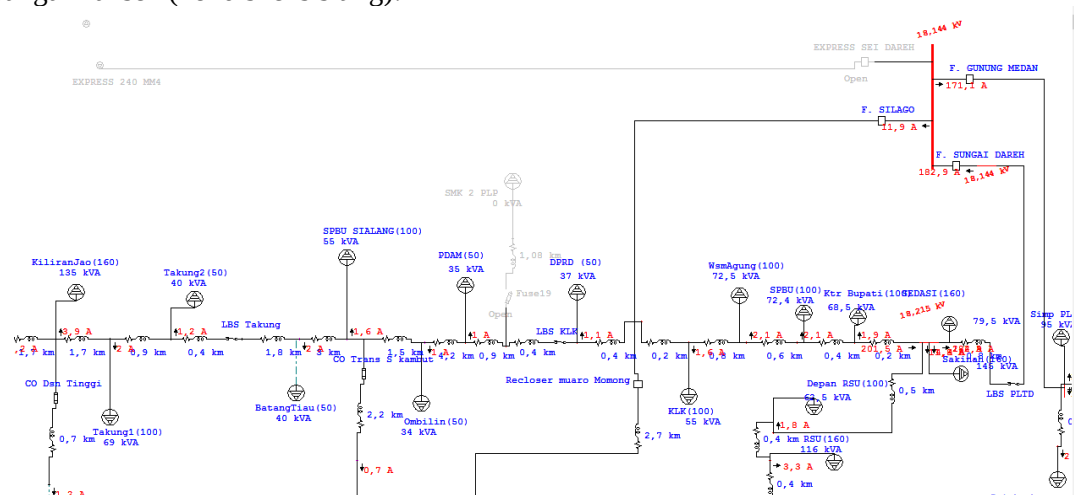
Data impedansi penghantar diambil dari SPLN 64 Tahun 1985. Data impedansi yang digunakan yaitu impedansi jenis penghantar AAAC. Impedansi penghantar tersebut dapat dilihat dalam table di bawah ini.

Tabel 4. Tabel Impedansi JTM jenis AAAC

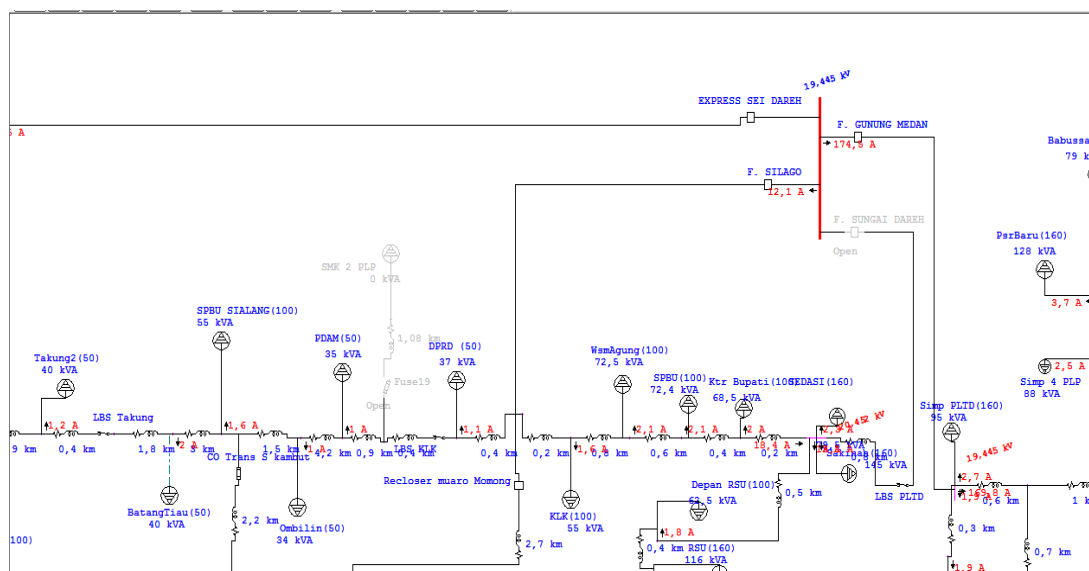
Penampang Nominal	Jari-jari	Jumlah urat	Gmr (mm)	Impedansi urutan positif (ohm/km)	Impedansi urutan nol (ohm/km)
35	3,3371	7	2,4227	0,9217+j0,3790	1,0697+j1,6665
70	4,7193	7	3,4262	0,4608+j0,3572	0,6088+j1,6447
120	6,1791	19	4,6837	0,2688+j0,3376	0,4168+j1,6251

Berdasarkan data pada Tabel 1 s/d 5 maka dilakukan perhitungan-perhitungan dan analisa terhadap pengaruh pembangunan penyulang ekspres terhadap perbaikan drop tegangan penyulang sungai dareh di GH Sungai Dareh dan pengaruh pembangunan penyulang ekspres terhadap penurunan rugi - rugi daya penyulang sungai dareh di GH Sungai Dareh. Menggunakan Program ETAP dalam simulasi analisis efektifitas pembangunan penyulang ekspres baru. Data penyulang yang dimasukan berupa beban, tegangan, panjang penyulang, jenis dan luas penampang penyulang. Setelah mendapatkan data lapangan maka terlebih dahulu dibuat single line jaringan yang akan dianalisa seperti gambar di bawah.

Kemudian dimasukkan data penyulang berupa beban, tegangan, panjang penyulang, jenis dan luas penampang penyulang. Setelah itu klik toolbar load flow analisis untuk melakukan analisa terhadap penyulang yang telah dibuat. Gambar 4. simulasi load flow dan tegangan penyulang sungai dareh (20,6 kV) di GI sungai Lansek (kondisi eksisiting).



Gambar 4. simulasi load flow dan tegangan penyulang sungai dareh (20,6 kV) di GI sungai Lansek (kondisi eksisiting)



Gambar 5. simulasi load flow dan tegangan di GH sungai dareh (kondisi penyulang ekspres beroperasi)

Tabel 6 menunjukkan Tabel perbandingan hasil perhitungan drop tegangan penyulang sungai dareh sebelum dan setelah pembangunan penyulang Ekspres.

Tabel 6. Tabel perbandingan hasil perhitungan drop tegangan penyulang sungai dareh sebelum dan setelah pembangunan penyulang ekspres

Penyulang	Beban (A)	Vsumber (V)	ΔV (V)	% ΔV	V di GH sungai dareh (V)
Sungai Dareh (sebelum pembangunan penyulang ekspres)	225	20.600	2.062,08	10	18.537,92
Sungai Dareh (setelah dilakukan pemecahan beban)	43	20.600	394,086	1,9	20.205,914
Penyulang Ekspres	182	20.600	1.309,235	6,4	19.290,765

Tabel 7. Perbandingan hasil perhitungan rugi-rugi daya penyulang sungai dareh sebelum dan setelah pembangunan penyulang ekspres

Penyulang	Beban (A)	Rugi - rugi daya (kW)	Rugi Energi (kWh)	Saving Daya (kWh)	Saving Cost (Rp/bulan)
Sungai Dareh (sebelum pembangunan penyulang ekspres)	225	10,945	262,68	0	0
Sungai Dareh (setelah dilakukan pemecahan beban)	43	0,4	9,6	146,232	Rp3.531.502,8

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa pembangunan penyulang ekspres dapat memperbaiki drop tegangan penyulang sungai dareh di GH sungai dareh dari 10% menjadi 8,3% dengan tegangan kirim 20.600 Volt dan menurunkan rugi-rugi daya penyulang sungai dareh dari 10,945 kW menjadi 4,852 kW atau sebesar 6,093 kW. Berdasarkan simulasi hasil ETAP pembangunan penyulang ekspres cukup efektif untuk penurunan drop tegangan penyulang sungai dareh di GH Sungai Dareh

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional. 2000. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000). Jakarta: Yayasan PUIL.
- [2] Gonen, T. 1986. Electric Power Distribution System Engineering. Mc Graw Hill. Newyork
- [3] A.S Pabla. 1986. Sistem Distribusi Daya Listrik. Jakarta : Erlangga
- [4] Handoyo, A. 2005. Analisa Perhitungan Susut Teknik pada PT. PLN (Persero) UPJ Semarang Tengah. Jurnal. tidak diterbitkan. Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
- [5] Tanjung, A. 2015. Analisa Sistem Distribusi 20 kV Untuk Memperbaiki Kinerja Sistem Distribusi Menggunakan Electrical Transient Analysis Program. Teknik Elektro Universitas Lancang Kuning.
- [6] Andani, Y. 2008. Analisis Penyebab Losses Energi Listrik Dalam Proses Distribusi Listrik & Usulan Penanganannya. Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [7] Handoyo, A. 2011. Analisa Perhitungan Susut Teknis Pada PT PLN (Persero) UPJ Semarang Tengah.
- [8] Moore, G.F. (Editor). 1997. Electric Cables Handbook (3rd Edition) .John Wiley & Sons.
- [9] PT. PLN Pusat Pendidikan dan Pelatihan. Materi I Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Jakarta : PT PLN (Persero).
- [10] SPLN 1. 1995. Tegangan - Tegangan Standar. Jakarta: PT. PLN (Persero).
- [11] SPLN 56-2. 1994. Sambungan Listrik Tegangan Menengah (SLTM). Jakarta: PT. PLN (Persero).
- [12] Suhadi, dkk. 2008. Teknik Distribusi Tenaga Listrik. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- [13] Suswanto, Daman. 2009. Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Padang.
- [14] Kadir, Abdul. 2000. Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik. Universitas Indonesia : Jakarta.