



Analisa Rugi-Rugi Daya dan Drop Tegangan Pada SUTM 20 kV GH Lubuk Gadang PT. PLN (Persero) Rayon Muaralabuh

Dasman

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

Informasi Artikel

Diserahkan tanggal:

8 Januari 2021

Direvisi tanggal:

18 Januari 2021

Diterima tanggal:

25 Januari 2021

Dipublikasikan tanggal:

31 Januari 2021

Digital Object Identifier:

10.21063/JTE.2021.31331009



Abstrak

Kerugian atau daya yang hilang dapat mempengaruhi keseimbangan beban yang mengalir. Dari uraian diatas maka dapat disimpulkan bahwa rugi-rugi daya yang terbesar terjadi pada percabangan koto ramba yaitu sebesar 31,560 kW. Sedangkan jika ditinjau rugi-rugi daya dalam persentasenya maka terbesar terjadi pada percabangan TranS sebesar 35,255%. Ditinjau dari rugi-rugi daya yang terjadi berdasarkan daya yang hilang pada pasaluran (dalam kW) bahwa rugi-rugi daya yang terkeci terjadi pada percabangan Sirumbuk yaitu sebesar 0,020 kW. Sedangkan jika ditinjau rugi-rugi daya dalam persentasenya maka terkeci juga terjadi pada percabangan Sirumbuk sebesar 0,123%. Sedangkan drop tegangan terbesar terjadi pada Percabangan TranS yaitu sebesar 35,225% dengan panjang saluran 27,191 kms dengan luas penampang 70 mm², dan drop tegangan terkeci terjadi Percabangan Sirumbuk dengan panjang saluran 0,226 kms yaitu sebesar 0,115 %. Sebab timbulnya jatuh tegangan dan rugi-rugi daya pada saluran adalah luas penampang saluran, arus beban, panjang saluran dan $\cos \phi$ beban.

Kata kunci: Rugi-rugi daya, drop tegangan, SUTM

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat akan energi listrik dari waktu ke waktu terus meningkat seiring dengan meningkatnya gaya hidup dan peralatan-peralatan elektronik yang dipakai. Kondisi ini mensyaratkan ketersediaan energi listrik yang efisien dan berkualitas. Efisien dalam pengertian energi yang diproduksi dapat digunakan secara maksimal oleh pelanggan atau tidak mengalami kehilangan energi pada jaringan maupun peralatan listrik seperti trafo. Kebutuhan masyarakat akan energi listrik dari waktu ke waktu terus meningkat seiring dengan meningkatnya gaya hidup dan peralatan-peralatan elektronik yang dipakai. Kondisi ini mensyaratkan ketersediaan energi listrik yang efisien dan berkualitas. Efisien dalam pengertian energi yang diproduksi dapat digunakan secara maksimal oleh pelanggan atau tidak mengalami kehilangan energi pada jaringan maupun peralatan listrik seperti trafo. Perusahaan umum listrik negara adalah satu perusahaan yang diberi wewenang oleh pemerintah untuk menangani masalah kelistrikan. Kerugian atau daya yang hilang dapat mempengaruhi keseimbangan beban yang mengalir, dan kerugian yang sering dihadapi oleh masyarakat Lubuk Gadang Solok Selatan adalah seringnya terjadi pemadaman, mengingat sistem jaringannya merupakan jaringan yang cukup lama seiring dengan perkembangan ekonomi Lubuk Gadang Solok Selatan maka perlu dilakukan peninjauan atau menganalisa kemampuan jaringan yang berada di Lubuk Gadang Solok Selatan.

Berkenaan dengan dirancangnya usaha hemat energi dewasa ini maka perlu diusahakan untuk menekan rugi-rugi daya sistem tenaga listrik hingga sekecil mungkin yakni hingga sistem tersebut dapat dikatakan efisien bila rugi-ruginya hanya sekitar 10 % dari total daya yang dibangkitkan. Pada umumnya rugi-rugi dari suatu sistem tenaga listrik sebagian besar terjadi pada bagian sistem distribusi baik sisi primer (Tegangan Menengah) maupun di sisi skunder (Tegangan Rendah). Mengingat bahwa rugi-rugi ini berhubungan langsung dengan bentuk dan peralatan sistem distribusi maka untuk perencanaan dan pengembangan suatu sistem distribusi diperlukan data besarnya rugi-rugi pada sistem tenaga listrik. Dengan diketahuinya rugi-rugi maka dapat dihitung berapa investasi tambahan yang diperlukan untuk mengurangi rugi-rugi daya itu sendiri melalui bentuk dan peralatan sistem dan menjadi salah satu perbandingan untuk penentuan tarif listrik yang dijual kepada konsumen. Mengingat hal-hal yang

diuraikan diatas sangat penting dan menjadi pedoman dalam perencanaan jaringan distribusi tenaga listrik, maka sangat diperlukan untuk dilakukan perhitungan-perhitungan rugi-rugi daya pada sistem distribusi tenaga listrik.

2. METODOLOGI

2.1 RUGI-RUGI DAYA PADA JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

Rugi-rugi daya merupakan daya yang hilang dalam penyaluran daya listrik dari sumber daya listrik utama ke suatu beban seperti ke rumah-rumah, ke gedung-gedung, dan lain sebagainya. Dalam setiap penyaluran daya listrik ke beban pasti terdapat rugi-rugi daya yang diakibatkan oleh faktor-faktor tertentu seperti jarak saluran listrik ke beban yang terlalu jauh, yang juga akan berakibat bertambahnya besarnya tahanan saluran kabel yang digunakan. Besarnya rugi-rugi daya pada jaringan tiga fasa adalah sebagai berikut:

$$P_{loss} = 3 \times I^2 \times R \times L \quad (1)$$

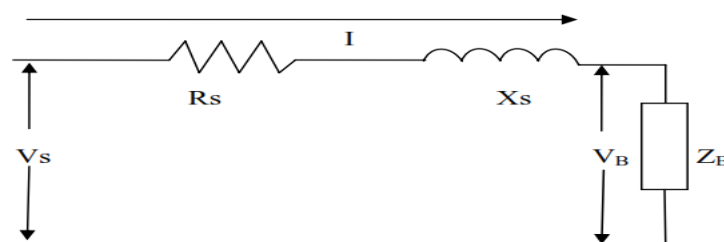
$$P_{loss} = (P^2 \times R \times L) / (V^2 \times (\cos \phi)^2) \quad (2)$$

Jika $I = P / (\sqrt{3} \times V \times \cos \phi)$, Maka

$$P_{losses} = 3 \times I^2 \times R \times L \quad (3)$$

$$P_{losses} = (3 \times (P)^2 \times R \times L) / ((\sqrt{3})^2 \times (V)^2 \times (\cos \phi)^2)$$

Setiap Penyaluran energi listrik dari sumber tenaga listrik ke konsumen yang letaknya berjauhan selalu terjadi kerugian-kerugian. Kerugian-kerugian tersebut meliputi kerugian daya listrik dan tegangan. Hal ini disebabkan saluran distribusi mempunyai hambatan, induktansi dan kapasitansi. Nilai kapasitansi saluran distribusi biasanya kecil sehingga dapat diabaikan. Dengan demikian dapat dibuat rangkaian ekuivalen saluran distribusi seperti gambar berikut.



Gambar 1. Rangkaian ekuivalen saluran distribusi

Dimana :

- V_s = tegangan pengiriman
- V_B = tegangan beban (volt)
- Z_B = impedansi beban (ohm)
- R_s = resistansi saluran (ohm)
- X_s = reaktansi saluran (ohm)
- I = Arus yang mengalir (ampere)

2.2 DROP TEGANGAN

Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam persen atau dalam besaran Volt. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. Perhitungan jatuh tegangan praktis pada batasbatas tertentu dengan hanya menghitung besarnya tahanan masih dapat dipertimbangkan, namun pada sistem jaringan khususnya pada sistem tegangan menengah masalah induktansi dan kapasitansinya diperhitungkan karena nilainya cukup berarti.

Drop tegangan merupakan selisih antara tegangan kirim dengan tegangan terima pada jaringan distribusi. Tegangan jatuh disebabkan oleh beberapa faktor yaitu arus, impedansi saluran dan jarak. $VD = I (R \cos \phi + X \sin \phi)$ (Volt) untuk satu fasa dan $VD = \sqrt{3} I (R \cos \phi + X \sin \phi)$ (Volt) untuk tiga fasa.

Dimana :

V_d = Jatuh Tegangan

R = Resistansi saluran

X = Reaktansi saluran Rumus mencari sudut antara R dengan X

Sistem tenaga listrik merupakan kumpulan peralatan/mesin listrik seperti generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban yang merupakan satu kesatuan sehingga membentuk suatu sistem yang disebut sistem distribusi tenaga listrik yang berfungsi untuk mensuplai tenaga dan mengalirkan listrik dari sumber tenaga listrik (pembangkit, gardu induk, dan gardu distribusi) ke beban atau konsumen [2]. Dalam sistem distribusi terdapat beberapa bentuk jaringan yang umum digunakan dalam menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik yaitu sistem jaringan distribusi radial, sistem jaringan distribusi rangkaian tertutup (loop) dan sistem jaringan distribusi spindel. Sistem distribusi mempunyai peranan yaitu untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik ke masing-masing beban atau konsumen dengan mengubah tegangan listrik yang didistribusikan menjadi tegangan yang dikehendaki, karena kedudukan sistem distribusi merupakan bagian yang paling akhir dari keseluruhan sistem tenaga listrik yang mempunyai fungsi mendistribusikan langsung tenaga listrik pada beban atau konsumen yang membutuhkan. Dalam pendistribusian tenaga listrik kekonsumen, tegangan listrik yang digunakan bervariasi tergantung dari jenis konsumen yang membutuhkan [1].

Untuk konsumen industri biasanya digunakan tegangan menengah 20 kV atau 6,3 kV sedangkan untuk konsumen tegangan rendah 0,4 kV yang merupakan tegangan siap pakai untuk peralatan pabrik perkantoran dan rumah tangga [3]. Tegangan Jatuh atau drop voltage adalah besar penurunan atau kehilangan nilai tegangan listrik pada suatu penghantar dari nilai tegangan normalnya, atau bisa juga disebut bahwa tegangan jatuh adalah selisih antara besar tegangan pangkal (Sumber) dengan besar tegangan ujung (beban) dari suatu instalasi listrik [4]. Besarnya kerugian tegangan atau tegangan jatuh (drop voltage) yang terjadi pada suatu jaringan listrik, dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain.

1. Panjang kabel Penghantar, Semakin panjang kabel penghantar yang digunakan, maka semakin besar kerugian tegangan atau drop tegangan
2. Besar arus, Semakin besar arus listrik yang mengalir pada penghantar, maka semakin besar kerugian tegangan atau tegangan jatuh yang terjadi.
3. Tahanan jenis (Rho), Semakin besar tahanan jenis dari bahan penghantar yang digunakan, maka semakin besar kerugian tegangan atau tegangan jatuh yang terjadi. Kombinasi antara resistansi dan reaktansi disebut dengan impedansi yang dinyatakan dalam satuan ohm [5].
4. Luas Penampang penghantar, Semakin besar ukuran luas penampang penghantar yang digunakan, maka semakin kecil kerugian tegangan atau tegangan jatuh yang terjadi.

Perhitungan jatuh tegangan pada jaringan distribusi adalah selisih antara tegangan pangkal pengirim (*sending end*) dengan tegangan pada ujung penerima (*receiving end*). Jatuh tegangan terjadi karena ada pengaruh dari tahanan dan reaktansi saluran, perbedaan sudut fasa antara arus dan tegangan serta besar arus beban. Jatuh tegangan pada saluran bolak-balik tergantung pada impedansi, beban, dan jarak suatu sistem arus bolak-balik, besar jatuh tegangan dapat dihitung berdasarkan diagram fasor [7].

2.3 PERHITUNGAN DROP TEGANGAN

Untuk menganalisa dan menghitung jatuh tegangan dapat dilakukan dengan dua cara yakni secara *eksak* dan *pendekatan*. Secara eksak jatuh tegangan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.3 dengan terlebih dahulu menghitung tegangan ujung kirim dan ujung terima. Dengan menggunakan diagram fasor dari rangkaian pengganti saluran distribusi jarak pendek maka jatuh tegangan dapat ditentukan sebagai berikut.

$$\Delta V = |V_k| - |V_t| \quad (4)$$

Dengan :

Sehingga V_k dapat ditulis :

V_k = nilai mutlak tegangan ujung kirim

V_t = nilai mutlak tegangan ujung terima

Drop tegangan dalam persen (%)

Jatuh tegangan dalam proses menurut definisi adalah:

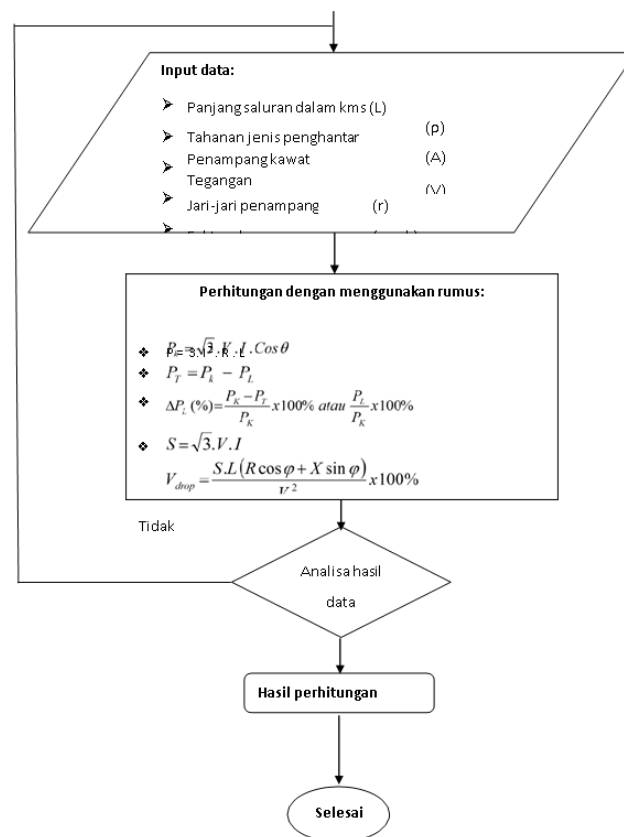
$$\left(\frac{\Delta V}{V_t}\right) \% = \frac{|V_k| - |V_t|}{V_t} \quad (5)$$

V_t biasanya diambil tegangan sistem yang bersangkutan, dalam hal ini V_f yang merupakan tegangan fasa sistem. Jadi persamaan 2.14 biasanya ditulis dalam bentuk:

$$\left(\frac{\Delta V}{V_t}\right) \% = \frac{\Delta V}{V_t} \times 100\% \quad (6)$$

Karena $\Delta V = |V_k| - |V_t|$ atau $\Delta V = IR \cos \theta + IX_L \sin \theta$ maka persamaan dapat ditulis sebagai berikut:

$$\left(\frac{\Delta V}{V_t}\right) \% = (\Delta V) \% \cong \frac{IR \cos \theta + IX_L \sin \theta}{V_t} \times 100\% \quad (7)$$



Gambar 2. Flowchart penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan yang dilakukan adalah menghitung rugi-rugi daya dan drop tegangan yang terjadi pada Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV GH Lubuak Gadang Feeder Lubuak Malako. Dari hasil perhitungan rugi-rugi daya dan jatuh tegangan yang telah dilakukan sesuai dengan aplikasi penelitian yaitu Saluran Udara Tegangan Memengah (SUTM) 20 kV GH Lubuk Gadang Feeder Lubuak Malako PT. PLN (Persero) ULP Muaralabuh seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.4. Dari tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa rugi-rugi daya sangat dipengaruhi oleh arus beban dan panjang saluran, dimana semakin panjang saluran maka rugi-rugi daya semakin besar. Dari Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa rugi-rugi daya yang terjadi pada Feeder Lubuak Malako dengan panjang saluran 12,5 kms dan menggunakan luas penampang 150 mm² didapat rugi-rugi daya sebesar 1,0056 kW atau sebesar 6,032%. Pada panjang saluran 61,393 kms dengan luas penampang 70 mm² didapat rugi-rugi daya sebesar 5,609 kW atau 31,8745.

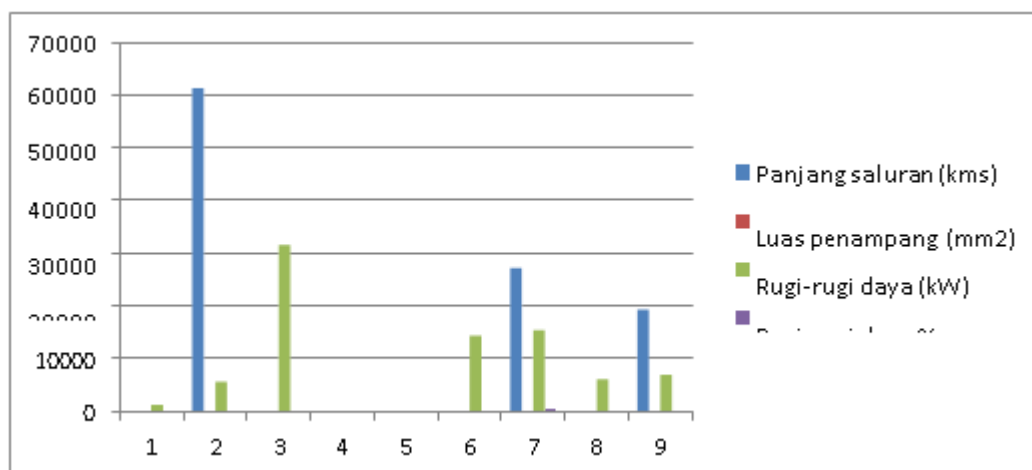
Pada Percabangan kotoramba dengan panjang saluran 0,391 kms dan menggunakan luas penampang 70 mm² didapat rugi-rugi daya sebesar 31,560 kW atau sebesar 6,060%. Pada Percabangan

Sirumbuk dengan panjang saluran 0,226 kms dan menggunakan luas penampang 70 mm² didapat rugi-rugi daya sebesar 0,020 kW atau sebesar 0,123%. Pada Percabangan Sirumbuk dengan panjang saluran 1,1 kms dan menggunakan luas penampang 35 mm² didapat rugi-rugi daya sebesar 0,106 kW atau sebesar 0,604%. Pada Percabangan Padang Darek dengan panjang saluran 2,2 kms dan menggunakan luas penampang 70 mm² didapat rugi-rugi daya sebesar 14,316 kW atau sebesar 11,435%. Pada Percabangan Tran S dengan panjang saluran 27,191 kms dan menggunakan luas penampang 70 mm² didapat rugi-rugi daya sebesar 15,357 kW atau sebesar 35,255%. Pada Percabangan Tanjung Durian dengan panjang saluran 2,7 kms dan menggunakan luas penampang 70 mm² didapat rugi-rugi daya sebesar 6,032 kW atau sebesar 6,969%. Pada Percabangan Sungai Kunyit dengan panjang saluran 19,302 kms dan menggunakan luas penampang 70 mm² didapat rugi-rugi daya sebesar 6,910 kW atau sebesar 16,939%.

Ditinjau dari rugi-rugi daya yang terjadi berdasarkan daya yang hilang pada pasaluran (dalam kW) bahwa rugi-rugi daya yang terbesar terjadi pada percabangan koto ramba yaitu sebesar 31,560 kW. Sedangkan jika ditinjau rugi-rugi daya dalam persentasenya maka terbesar terjadi pada percabangan TranS sebesar 35,255%. Ditinjau dari rugi-rugi daya yang terjadi berdasarkan daya yang hilang pada pasaluran (dalam kW) bahwa rugi-rugi daya yang terkeci terjadi pada percabangan Sirumbuk yaitu sebesar 0,020 kW. Sedangkan jika ditinjau rugi-rugi daya dalam persentasenya maka terkeci juga terjadi pada percabangan Sirumbuk sebesar 0,123%.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil perhitungna rugi-rugi daya dan drop tegangan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV GH Lubuak Gadang Feeder Lubuak Malako

GH Lubuak Gadang	Panjang Saluran (kms)	Luas Penampang (mm ²)	Rugi-Rugi Daya (Kw)	Rugi-Rugi Daya %	Drop Tegangan (kV)
Feeder lubuak malako jalur utama SD Sinuek	12,5	150	1,056	6,032%	6,03
Feeder lubuak malako jalur utama SD Sinuek Percabangan	61,393	70	5,609	31,874%	32,015
Kotoramba	0,391	70	31,560	6,060%	6,09
Percabangan sirumbuk	0,226	70	0,020	0,123%	0,115
Percabangan sirumbuk	1,1	35	0,106	0,604%	0,605
Percabangan padang dare	2,2	70	14,316	11,435%	11,437
Percabangan Trans	27,191	70	15,357	32,255%	35,255
Percabangan Tanjuang Durian	2,7	70	6,032	6,969%	6,96
Sungai Kunik	19,302	70	6,910	16,939%	16,94

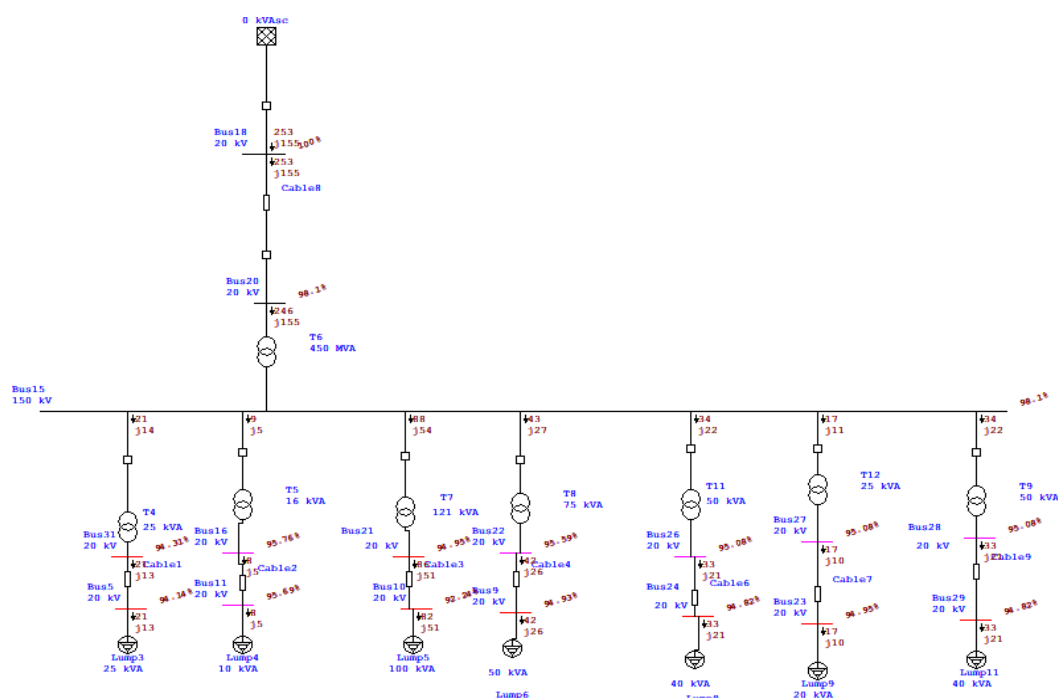


Gambar 3. Grafik hasil perhitungan rugi-rugi daya dalam bentuk (kw) rugi-rugi daya dalam bentuk (%) dan drop tegangan

Sedangkan drop tegangan sangat dipengaruhi oleh arus beban dan impedansi saluran atau panjang saluran. Dimana semakin panjang saluran atau semakin besar impedansi saluran maka drop tegangan semakin besar. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan seperti tertera pada Tabel 4.4, maka dapat dijelaskan bahwa drop tegangan yang terjadi pada masing-masing saluran yang ada pada Feeder Lubuk Malako adalah sebagai berikut, yaitu pada Feeder Lubuk Malako jalur utama SD Sinuek dengan panjang saluran 12,5 kms dengan menggunakan luas penampang 150 mm², maka drop tegangannya adalah 6,03%. Dan pada Feeder Lubuk Malako jalur utama SD Sinuek dengan panjang saluran 61,393 kms dengan menggunakan luas penampang 70 mm², maka drop tegangannya adalah 32,015%. Pada Percabangan Kotoramba dengan panjang saluran 0,391 kms dengan menggunakan luas penampang 70 mm², maka drop tegangannya adalah 6,09%.

Pada Percabangan Sirumbuk dengan panjang saluran 0,226 kms dengan menggunakan luas penampang 70 mm², maka drop tegangannya adalah 0,115%. Dan Pada Percabangan Kotoramba dengan panjang saluran 1,1 kms dengan menggunakan luas penampang 35 mm², maka drop tegangannya adalah 0,605%. Pada Percabangan Padang Darek dengan panjang saluran 2,2 kms dengan menggunakan luas penampang 70 mm², maka drop tegangannya adalah 11,435%. Sedangkan pada Percabangan TranS dengan panjang saluran 27,191 kms dengan menggunakan luas penampang 70 mm², maka drop tegangannya adalah 35,255%. Pada Percabangan tanjung Durian dengan panjang saluran 2,7 kms dengan menggunakan luas penampang 70 mm², maka drop tegangannya adalah 6,96%. Dan pada Percabangan Sungai Kunik dengan panjang saluran 19,302 kms dengan menggunakan luas penampang 70 mm², maka drop tegangannya adalah 16,94%. Ditinjau dari drop tegangan terbesar terjadi Percabangan TranS yaitu sebesar 35,225% dengan panjang saluran 27,191 kms dengan luas penampang 70 mm², dan drop tegangan terkeci terjadi pada Percabangan Sirumbuk dengan panjang saluran 0,226 kms yaitu sebesar 0,115 %.

Dari uraian diatas maka dapat disimpulkan bahwa rugi-rugi daya yang terbesar terjadi pada percabangan koto ramba yaitu sebesar 31,560 kW. Sedangkan jika ditinjau rugi-rugi daya dalam persentasenya maka terbesar terjadi pada perancangan TranS sebesar 35,255%. Ditinjau dari rugi-rugi daya yang terjadi berdasarkan daya yang hilang pada pasaluran (dalam kW) bahwa rugi-rugi daya yang terkeci terjadi pada percabangan Sirumbuk yaitu sebesar 0,020 kW. Sedangkan jika ditinjau rugi-rugi daya dalam persentasenya maka terkeci juga terjadi pada percabangan Sirumbuk sebesar 0,123%. Sedangkan drop tegangan terbesar terjadi pada Percabangan TranS yaitu sebesar 35,225% dengan panjang saluran 27,191 kms dengan luas penampang 70 mm², dan drop tegangan terkeci terjadi Percabangan Sirumbuk dengan panjang saluran 0,226 kms yaitu sebesar 0,115 %



Gambar 4. Simulasi drop tegangan feeder lubuk malako

Tabel 3.2 Hasil simulasi etap

Bus ID	Nominal kV	Voltage	kW Loading	kvar Loading	Amp Loading
Bus5	20	19.817	21.172	13.121	0.726
Bus9	20	19.981	42.484	26.329	1.444
Bus10	20	19.724	84.534	52.39	2.911
Bus11	20	19.607	8.434	5.227	0.292
Bus15	150	147.109	249	158	1.157
Bus16	20	19.62	8.441	5.227	0.292
Bus18	20	20	256	158	8.679
Bus20	20	19.615	249	158	8.679
Bus21	20	19.983	86.044	52.428	2.911
Bus22	20	20.11	42.856	26.339	1.444
Bus23	20	19.981	16.994	10.532	0.578
Bus24	20	19.955	33.969	21.052	1.156
Bus26	20	20.006	34.088	21.055	1.156
Bus27	20	20.007	17.023	10.532	0.578
Bus28	20	20.006	34.088	21.055	1.156
Bus29	20	19.955	33.969	21.052	1.156
Bus31	20	19.849	21.219	13.123	0.726

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisa data yang dilakukan untuk melihat pengaruh rugi-rugi daya dan jatuh tegangan terhadap panjang saluran dapat disimpulkan bahwa rugi-rugi daya yang terbesar terjadi pada percabangan Kotoramba yaitu sebesar 31,560 kW, atau daya dalam persentasenya maka terbesar terjadi pada percabangan TranS sebesar 35,255%. Rugi-rugi daya yang terkeci terjadi pada percabangan Sirumbuk yaitu sebesar 0,020 kW. Sedangkan jika ditinjau rugi-rugi daya dalam persentasenya maka terkeci juga terjadi pada percabangan Sirumbuk sebesar 0,123%. Sementara itu, drop tegangan terbesar terjadi pada Percabangan TranS yaitu sebesar 35,225% dengan panjang saluran 27,191 kms dengan luas penampang 70 mm², dan drop tegangan terkeci terjadi Percabangan Sirumbuk dengan panjang saluran 0,226 kms yaitu sebesar 0,115 %. Sebab timbulnya jatuh tegangan dan rugi-rugi daya pada saluran adalah luas penampang saluran, arus beban, panjang saluran dan cos ϕ beban.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar DR.A. (1993). Teknik Tenaga Listrik. Jakarta : penerbit, Pradnya paramita.
- [2] Basri hasan. Sitem Distribusi Daya Listrik. Jakarta: Penerbit ISTN.
- [3] Gonen, Turan (1987). Electric Power Distribution System Engineering. University of Missouri at Colombia. Mc Grow-Hill series in Electrical Engineering.
- [4] Hutaeruk, T.S, MEE. Ir, " Transmisi Daya Listrik ", Erlangga, 1993.
- [5] Pabla. A. S. " Sistim Distribusi Daya Listrik " Erlangga, 1991.
- [6] Dalam, Henrey Daniel, 2007 "Analisa susut distribusi", Yogyakarta : PT. PLN APJ Yogyakarta UPJ Wonosari Unit Semanu
- [7] Ir.Erhanelli.MT,2011 "Distribusi Tenaga Listrik", Padang : Institut Teknologi Padang
- [8] Joni, Syafri. ST, 2011 "Analisa rugi-rugi daya feeder IV pasar using sampai feeder IV bumi kasai melalui pemodelan Etap power stasion 4.0.0", Tugas Akhir. Padang : Intitut teknologi Padang
- [9] Joseph A.Edminister, 1984 "Rangkaian Listrik ",Edisi Kedua, Jakarta: Erlangga.
- [10] Muhammad, Golan Candra Sari, 2008 " Analisa jatuh tegangan gardu distribusi primer 20 kV pada PT. PLN (persero) Sektor Keramasan Palembang". Semarang : Universitas Diponegoro
- [11] Ramadhianto. Danang , 2008 "susut energi pada sistem distribusi tenaga listrik melalui analisa pengukuran dan perhitungan", Tugas akhir.Jakarta.Universitas Indonesia.