

ANALISIS RUGI DAYA DAN JATUH TEGANGAN PADA PENYULANG KIMA

Sonong Wahyudi, Herman N.¹⁾, Zulhaq, Dedi Parantika²⁾

Abstrak: Permasalahan yang timbul pada penyaluran energi listrik adalah bagaimana agar dapat menyalurkan energi listrik secara terus-menerus dan efisien kepada konsumen. Jatuh tegangan terjadi cukup besar apabila jarak pelanggan dengan gardu distribusi terlalu jauh. Gardu induk Tello mengasuh 13 penyulang, salah satunya adalah penyulang yang melayani Kima. Berdasarkan data dari perusahaan PT. PLN Rayon Makassar Timur dan data yang diperoleh dari PDKB. Penyulang Kima juga dikategorikan sebagai penyulang yang belum stabil. Pada gardu induk (GI) tenaga listrik yang diterima kemudian dilepaskan menuju transformator distribusi dalam bentuk tegangan menengah 20kV. Dalam penelitian ini kami menggunakan metode analisis komponen. Variabel yang diketahui adalah panjang penghantar total, jenis penghantar, kapasitas trafo, hubungan belitan, arus sekunder dan arus primer. Sumber data diperoleh dari kantor PLN Rayon Timur Makassar, kantor PLN Wilayah Makassar, serta kantor PDKB Makassar. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pada daerah Jl. Kima 3 memiliki jatuh tegangan terbesar yaitu $\Delta V_x=0,903$, $\Delta V_y = 0,95$ dan jauth tegangan terendah terjadi pada Jl. Kima 4 yaitu $\Delta V_x=0,00$, $\Delta V_y =0,00$, serta rugi daya terbesar terjadi pada Jl. Kima 3 yaitu $\Delta P= 44,149$ dan rugi daya terendah terjadi pada Jl. Kima 4 yaitu $\Delta P= 0,00$. Dari hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar jarak pengiriman energi listrik maka rugi daya dan jatuh tegangan maka semakin besar pula dan semakin kecil jarak pengiriman energi listrik maka semakin kecil pula rugi daya dan jatuh tegangan.

Kata Kunci: GI, PLN Rayon Timur, Jatuh Tegangan.

I. PENDAHULUAN

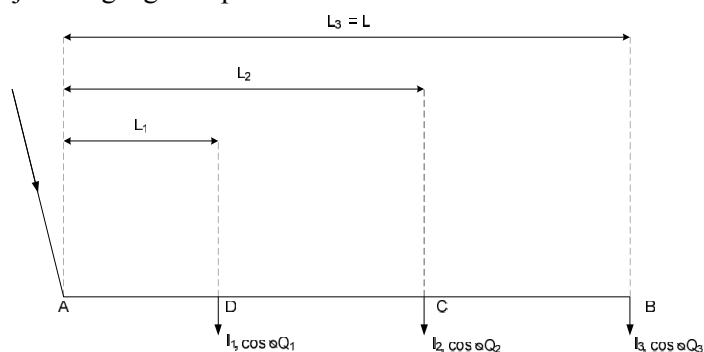
Listrik adalah sumber energi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat sehingga dalam penyaluran energi tersebut harus benar-benar handal. Listrik merupakan salah satu kebutuhan sehari-hari, baik dalam rumah tangga maupun bisnis. Permasalahan yang timbul adalah bagaimana agar dapat menyalurkan energi listrik secara terus-menerus dan efisien kepada konsumen dengan frekuensi, tegangan dan daya yang konstan. Tetapi dalam kenyataannya kerugian daya dalam sistem transmisi tidak dapat dihilangkan tetapi kerugian daya harus diupayakan dalam batas normal yang diizinkan oleh PLN yaitu 5-15% kerugian pada sistem. Dengan meningkatnya beban, besarnya rugi-rugi oleh adanya tahanan pada penghantar akan semakin meningkat pula. Jatuh tegangan terjadi cukup besar apabila jarak pelanggan dengan gardu distribusi terlalu jauh sehingga menaikan rugi-rugi daya (*losses*) secara signifikan. Rugi-rugi (*losses*) berbanding lurus dengan tahanan penghantar dan kuadrat arus beban. Selain itu rugi-rugi daya (*losses*) dapat juga disebabkan non teknis

Di Area Makassar terdapat 13 Gardu Induk, diantaranya adalah Gardu Induk sektor Tello 75 kV. Gardu induk Tello mengasuh 13 penyulang, salah satunya adalah Penyulang yang melayani Kima. Penyulang ini merupakan salah satu pendistribusian tenaga listrik untuk pelanggan yang berada di daerah Kima dan sekitarnya. Berdasarkan data dari perusahaan PT. PLN (Persero) Rayon Makassar Timur dan data yang diperoleh dari PDKB, dalam beberapa bulan

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

² Alumni Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

terakhir penyulang Kima sering terjadi trip. Selain itu penyulang Kima juga dikategorikan sebagai penyulang yang belum stabil. Dalam mencari rugi-rugi pada sistem tenaga listrik menggunakan metode analisis komponen. Dalam jaringan distribusi yang mensuplai beberapa beban dengan besar arus dan faktor daya yang masing-masing berbeda, maka jatuh tegangan dalam jaringan adalah jumlah semua jatuh tegangan individual dari *feederyang* melayani beban-beban tersebut. Gambar berikut memperlihatkan suatu contoh jaringan distribusi sederhana dimana perhitungan jatuh tegangan dapat dilakukan.



Gambar 1. Contoh jaringan distribusi radial sederhana

Perhitungan arus :

$$I_{AD} = \text{ arus dalam seksi AD} = I_1(\cos \varphi_1 - j \sin \varphi_1) + I_2(\cos \varphi_2 - j \sin \varphi_2) + I_3(\cos \varphi_3 - j \sin \varphi_3) \dots \dots \dots (1)$$

$$I_{DC} = \text{ arus dalam seksi DC} = I_2(\cos \varphi_2 - j \sin \varphi_2) + I_3(\cos \varphi_3 - j \sin \varphi_3) \dots \dots \dots (2)$$

$$I_{CB} = \text{ arus dalam seksi CB} = I_3(\cos \varphi_3 - j \sin \varphi_3) \dots \dots \dots (3)$$

Perhitungan Impedansi :

$$Z_{AD} = \text{Impedansi dalam seksi AD} = \frac{L_1}{L} (R + jX) \dots \dots \dots (4)$$

$$Z_{DC} = \text{Impedansi dalam seksi DC} = \frac{L_2 - L_1}{L} (R + jX) \dots \dots \dots (5)$$

$$Z_{CB} = \text{Impedansi dalam seksi CB} = \frac{L_3 - L_2}{L} (R + jX) \dots \dots \dots (6)$$

Perhitungan jatuh tegangan :

$$\Delta V_{AD} = \text{Jatuh tegangan dalam seksi AD} = I_{AD} Z_{AD} \dots \dots \dots (7)$$

$$\Delta V_{DC} = \text{Jatuh tegangan dalam seksi DC} = I_{DC} Z_{DC} \dots \dots \dots (8)$$

$$\Delta V_{CB} = \text{Jatuh tegangan dalam seksi CB} = I_{CB} Z_{CB} \dots \dots \dots (9)$$

Jatuh tegangan total adalah :

$$\Delta V_{AB} = \Delta V_{AD} + \Delta V_{DC} + \Delta V_{CB} \dots \dots \dots (10)$$

Tegangan pada sisi penerima adalah :

$$V_B = V_A - \Delta V_{AB} = V_B \angle \delta \dots \dots \dots (11)$$

Jadi besar jatuh tegangan total adalah :

$$\Delta V_{AB} = V_A - V_B \dots \dots \dots (12)$$

II. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan waktu

Secara alamiah rugi daya pada sistem distribusi tenaga listrik pasti terjadi, hanya saja besar rugi daya yang terjadi di setiap daerah pasti berbeda. Oleh karena itu, pengambilan data dalam penelitian kali ini hanya dikhususkan pada penyulang Kima di PT. PLN (Persero) Rayon Makassar Timur dan pengerjaan analisisnya

dilaksanakan di Politeknik Negeri Ujung Pandang. Adapun waktu pengambilan data dalam penelitian ini, dimulai pada bulan April 2015.

B. Prosedur Penelitian

Dalam menyelesaikan laporan penelitian proyek akhir ini, tentu harus mengikuti langkah-langkah yang terstruktur dan sistematis agar dalam menganalisis rugi dayapada sistem distribusi dapat di kerjakan dengan baik dan benar, adapun prosedur yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Mengenali permasalahan yang terjadi
2. Pengambilan data Konstruksi Sistem Jaringan Distribusi : data tersebut diambil sebagai pendukung data penyebab terjadinya rugi daya. Adapun data yang ingin diketahui dalam hal ini adalah :
 - a. Besar Arus Pada Sisi primer
 - b. Luas Penampang Penghantar
 - c. Jenis Penghantar
 - d. Panjang Penyulang
3. Menghitung besar rugi daya dan jatuh tegangan menggunakan rumus yang telah ditentukan.
4. Menemukan penyebab terjadinya rugi daya dan jatuh tegangan.
5. Menuliskan kesimpulan terhadap permasalahan yang diangkat.

C. Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data ialah cara yang ditempuh untuk mengambil data dari variabel penelitian tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah wawancara, observasi secara langsung, pengumpulan data (dokumentasi). Metode di atas akan di jelaskan lebih rinci sebagai berikut:

1. Wawancara dilakukan dengan mewawancarai narasumber yang berkompeten dengan bidang yang terkait terhadap topik dari tugas akhir yang diangkat. Teknik wawancara yang penulis lakukan adalah menanyakan segala sesuatu yang tidak diketahui atau tidak jelas.
2. Observasi secara langsung yaitu peneliti melakukan pengamatan secara jelas terhadap penyebab penyebab dari rugi daya dan nyata serta pencatatan secara sistematis terhadap gejala atau fenomena yang diselidiki.
3. Metode pengumpulan data (dokumentasi) adalah metode yang dilakukan untuk mengumpulkan seluruh data yang terkait dengan hal hal penelitian. Kesemua data tersebut diperoleh dari *softcopy database* PLN.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Besar penyusutan daya pada jaringan merupakan selisih antara besar daya yang tersalurkan dengan besar daya yang terpakai atau terjual pada pelanggan yang terukur atau dihitung mulai dari keluaran gardu induk sampai pada keluaran trafo distribusi atau input pada gardu distribusi yang dikenal dengan jaringan distribusi sisi primer. Untuk studi susut daya pada tegangan menengah ini, data yang digunakan adalah data pada tahun 2014 dan 2015.

Data-data yang diperlukan untuk dilakukan perhitungan rugi-rugi (*losses*) JTM antara lain:

- a. Gambar single line diagram dan denah dari penyulang Kima.
- b. Data laporan pengukuran pada penyulang yang terdiri dari :

- Kapasitas kVA trafo distribusi pada penyulang.
- Panjang penyulang, luas penampang penghantar, dan jenis kabel pada penyulang.
- Pengukuran jumlah arus beban.

B. Pengolahan Data

1. Secara Umum

Analisa rugi-rugi daya yang dibahas adalah Rugi daya pada Penyulang yang melayani Kima yang diasuh oleh Gardu Induk Tello. Sistem jaringan distribusi tersebut dengan tegangan menengah 20 kV penyulangnya bertipe ring.

2. Prosedur Pengolahan Data

Perhitungan rugi-rugi daya dan jatuh tegangan JTM dilakukan mulai dari gardu induk Dayasampai pada ujung penyulang. Dimana Penyulang akan dihitung besarnya tahanan saluran, rugi-rugi daya dan jatuh tegangan. Dalam perhitungan rugi-rugi daya (*losses*) pada feeder/penyulang kami menggunakan metode analisis komponen,

a. Hasil Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan

Setelah mengetahui seluruh data yang dibutuhkan untuk menghitung rugi daya dan jatuh tegangan, maka perhitungan untuk menghitung rugi daya dan jatuh tegangan dapat dilakukan.

Data-data yang digunakan adalah data pada Arus I11, yakni :

Arus kumparan primer :

$$I_R = 1,06 \text{ A}$$

$$I_S = 1,18 \text{ A}$$

$$I_T = 1,20 \text{ A}$$

Sehingga didapatkan arus rata-rata (I_{rerata}) :

$$I_{\text{rerata}} = 1,15 \text{ A}$$

Arus Komponen. $\cos \varphi$ tidak diketahui sehingga diasumsikan 0,8 dan $\sin \varphi$ 0,6, sehingga didapatkan :

$$I_x = \cos \varphi \cdot I_{\text{rerata}}$$

$$I_x = 0,8 \times 1,15$$

$$I_x = 0,92 \text{ Amper}$$

$$I_y = \sin \varphi \cdot I_{\text{rerata}}$$

$$I_y = 0,6 \times 1,15$$

$$I_y = 0,69 \text{ Amper}$$

Tahanan saluran didapatkan melalui tabel penghantar A3C dan CU, dengan panjang saluran 80 meter, yakni :

$$\text{A3C } 150 \text{ mm}^2 :$$

$$R = 2162 \times 10^{-7} \text{ R } (\Omega/\text{m})$$

$$L = 3035 \times 10^{-7} \text{ R } (\Omega/\text{m})$$

jatuh tegangan dan rugi daya, yakni :

$$\Delta V_x = I_x \cdot R \cdot l$$

$$\Delta V_x = 0,92 \times 2162 \times 10^{-7} \times 80$$

$$\Delta V_x = 0,016 \text{ Volt}$$

$$\Delta V_y = I_y \cdot L \cdot l$$

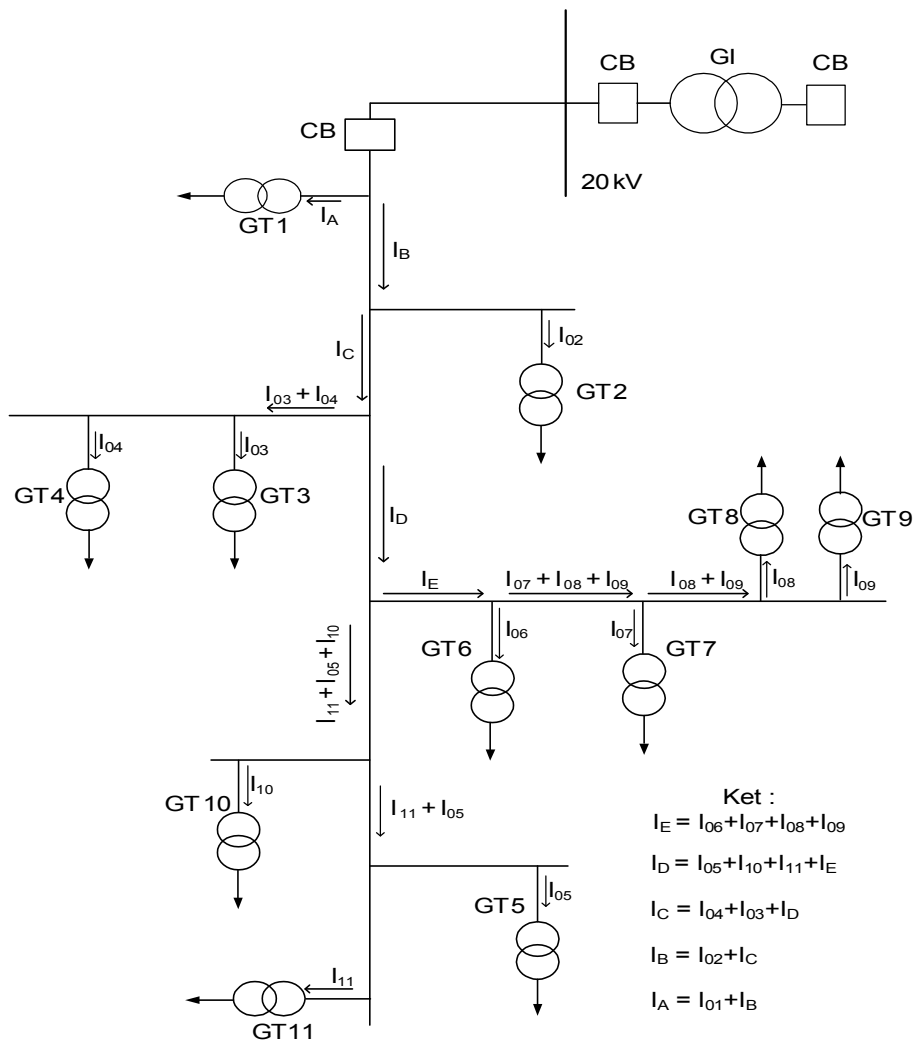
$$\Delta V_y = 0,69 \times 3035 \times 10^{-7} \times 80$$

$$\Delta V_y = 0,017 \text{ Volt}$$

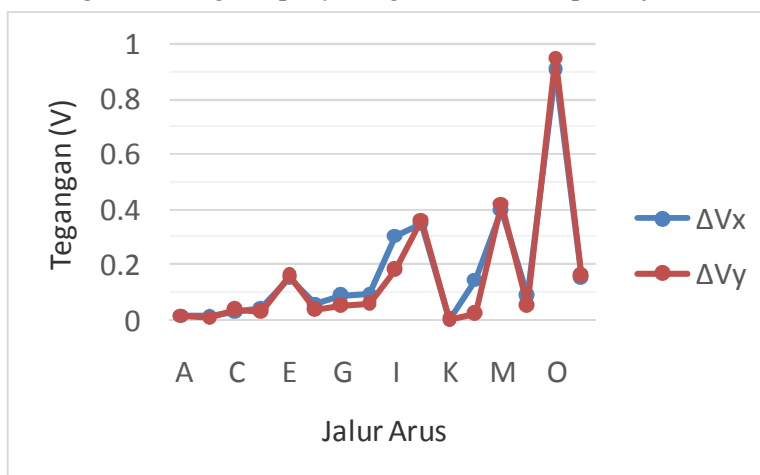
$$\Delta P = 3 \cdot I^2 \cdot R \cdot l$$

$$\Delta P = 3 \times 1,15^2 \times 2162 \times 10^{-7} \times 80$$

$$\Delta P = 0,068 \text{ Watt}$$



Gambar 2. Single line diagram penyulang Kima beserta penunjukan arah arusnya

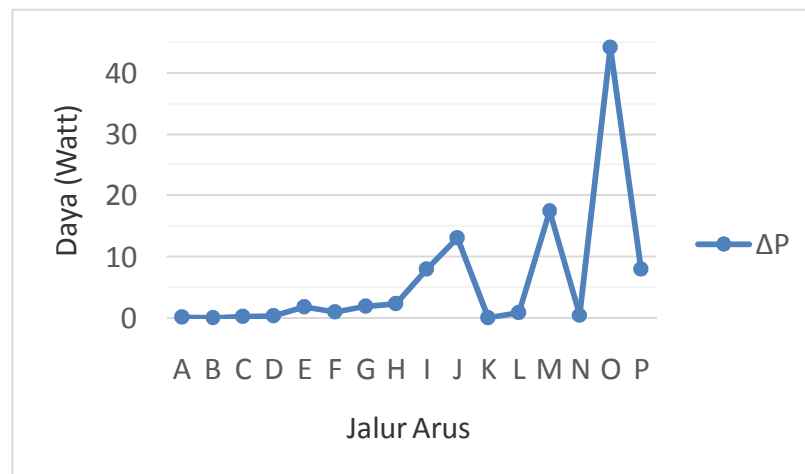


Gambar 3 Grafik jatuh tegangan ΔV_x dan ΔV_y

Keterangan Grafik :

A = I_{11} (Jl.Kima Raya kantor kima)

- B = I_{05} (Jl.Kima Raya UNFJ)
 C = $I_{11}+I_{05}$ (Jl.Kima Raya)
 D = I_{10} (Jl.Kima Raya Kantor Telkom)
 E = $I_{11}+I_{05}+I_{10}$ (Jl.Kima Raya)
 F = I_{09} (Jl.Kima 3)
 G = $I_{09}+I_{08}$ (Jl.Kima 3)
 H = $I_{09}+I_{08}+I_{07}$ (Jl.Kima 9)
 I = $I_{09}+I_{08}+I_{07}+I_{06}$ (Jl.Kima 9)
 J = $I_{11}+I_{05}+I_{10}+I_{09}+I_{08}+I_{07}+I_{06}$ (Jl.Kima Raya)
 K = I_{04} (Jl.Kima 4)
 L = $I_{04}+I_{03}$ (Jl.Kima 4)
 M = $I_{11}+I_{05}+I_{10}+I_{09}+I_{08}+I_{07}+I_{06}+I_{04}+I_{03}$ (Jl. Kima Raya)
 N = I_{02} (Jl.Kima III)
 O = $I_{11}+I_{05}+I_{10}+I_{09}+I_{08}+I_{07}+I_{06}+I_{04}+I_{03}+I_{02}$ (Jl.Kima Raya)
 P = $I_{11}+I_{05}+I_{10}+I_{09}+I_{08}+I_{07}+I_{06}+I_{04}+I_{03}+I_{02}+I_{01}$ (Jl. Masuk GI Daya)



Gambar 4 Grafik rugi daya (ΔP)

Keterangan Grafik :

- A = I_{11} (Jl.Kima Raya kantor kima)
 B = I_{05} (Jl.Kima Raya UNFJ)
 C = $I_{11}+I_{05}$ (Jl.Kima Raya)
 D = I_{10} (Jl.Kima Raya Kantor Telkom)
 E = $I_{11}+I_{05}+I_{10}$ (Jl.Kima Raya)
 F = I_{09} (Jl.Kima 3)
 G = $I_{09}+I_{08}$ (Jl.Kima 3)
 H = $I_{09}+I_{08}+I_{07}$ (Jl.Kima 9)
 I = $I_{09}+I_{08}+I_{07}+I_{06}$ (Jl.Kima 9)
 J = $I_{11}+I_{05}+I_{10}+I_{09}+I_{08}+I_{07}+I_{06}$ (Jl.Kima Raya)
 K = I_{04} (Jl.Kima 4)
 L = $I_{04}+I_{03}$ (Jl.Kima 4)
 M = $I_{11}+I_{05}+I_{10}+I_{09}+I_{08}+I_{07}+I_{06}+I_{04}+I_{03}$ (Jl. Kima Raya)
 N = I_{02} (Jl.Kima III)
 O = $I_{11}+I_{05}+I_{10}+I_{09}+I_{08}+I_{07}+I_{06}+I_{04}+I_{03}+I_{02}$ (Jl.Kima Raya)
 P = $I_{11}+I_{05}+I_{10}+I_{09}+I_{08}+I_{07}+I_{06}+I_{04}+I_{03}+I_{02}+I_{01}$ (Jl. Masuk GI Daya)

Tabel 1 Hasil perhitungan rugi daya dan jatuh tegangan

Kode	Arus Kumparan Primer			Arus Rerata (A)	Komponen		Tahanan Saluran		Panjang Saluran (m)	ΔV		ΔP (Watt)
	I _R (A)	I _S (A)	I _T (A)		I _x (A)	I _y (A)	R (Ω/m) x 10 ⁻³	X (Ω/m) x 10 ⁻³		ΔV _x (V)	ΔV _y (V)	
I ₁₁	1,06	1,18	1,20	1,15	0,92	0,69	0,2162	0,3035	80	0,016	0,017	0,068
I ₀₅	0,25	0,47	0,42	0,38	0,30	0,23	0,4608	0,3572	120	0,017	0,010	0,024
I ₁₁ +I ₀₅	1,31	1,65	1,62	1,53	1,22	0,92	0,2162	0,3035	120	0,032	0,033	0,181
I ₁₀	1,45	1,62	1,62	1,56	1,25	0,94	0,4608	0,3572	80	0,046	0,027	0,270
I ₁₁ +I ₀₅ +I ₁₀	2,76	3,27	3,23	3,09	2,47	1,85	0,2162	0,3035	280	0,150	0,157	1,733
I ₀₉	4,00	4,20	3,96	4,05	3,24	2,43	0,4608	0,3572	40	0,060	0,035	0,908
I ₀₉ +I ₀₈	5,78	6,00	5,80	5,86	4,69	3,52	0,4608	0,3572	40	0,086	0,050	1,899
I ₀₉ +I ₀₈ +I ₀₇	6,38	6,49	6,50	6,46	5,16	3,87	0,4608	0,3572	40	0,095	0,055	2,304
I ₀₉ +I ₀₈ +I ₀₇ +I ₀₆	6,79	6,89	7,10	6,93	5,54	4,16	0,4608	0,3572	120	0,306	0,178	7,959
I ₁₁ +I ₀₅ +I ₁₀ +I ₀₉ +I ₀₈ +I ₀₇ +I ₀₆	9,55	10,16	10,33	10,02	8,01	6,01	0,2162	0,3035	200	0,346	0,365	13,012
I ₀₄	0,32	0,13	0,15	0,20	0,16	0,12	0,4850	0,0940	6	0,00046	0,00007	0,00034
I ₀₄ +I ₀₃	1,95	1,40	1,35	1,57	1,25	0,94	0,4850	0,0940	240	0,146	0,021	0,855
I ₁₁ +I ₀₅ +I ₁₀ +I ₀₉ +I ₀₈ +I ₀₇ +I ₀₆ +I ₀₄ +I ₀₃	11,50	11,56	11,68	11,58	9,26	6,95	0,2162	0,3035	200	0,401	0,422	17,396
I ₀₂	1,51	1,48	1,40	1,46	1,17	0,88	0,4608	0,3572	160	0,086	0,050	0,474
I ₁₁ +I ₀₅ +I ₁₀ +I ₀₉ +I ₀₈ +I ₀₇ +I ₀₆ +I ₀₄ +I ₀₃ +I ₀₂	13,02	13,04	13,08	13,05	10,44	7,83	0,2162	0,3035	400	0,903	0,950	44,149
I ₁₁ +I ₀₅ +I ₁₀ +I ₀₉ +I ₀₈ +I ₀₇ +I ₀₆ +I ₀₄ +I ₀₃ +I ₀₂ +I ₀₁	14,16	14,34	14,40	14,30	11,44	8,58	0,2162	0,3035	60	0,148	0,156	7,954
TOTAL										2,838	2,527	99,18
										3,800110444		8

IV. KESIMPULAN

A. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Rugi daya terbesar terjadi pada jalur arus $I_{11} + I_{05} + I_{10} + I_{09} + I_{08} + I_{07} + I_{06} + I_{04} + I_{03} + I_{02}$ tepatnya pada Jl. Kima Raya, dengan nilai sebesar 44,149 Watt. Dan rugi daya terkecil terjadi pada jalur arus I04 tepatnya pada Jl. Kima 4 dengan nilai sebesar 0,00034.
2. Penyebab rugi daya terbagi atas 2, secara teknis dan non-teknis. Secara teknis rugi daya diakibatkan oleh sifat daya hantar material / peralatan listrik itu sendiri dan sangat bergantung dari kualitas bahan dari material / peralatan listrik tersebut. Kerugian tersebut bisa jadi berupa panas, jarak dan luas penampang penghantar. Secara non-teknis muncul akibat masalah pada penyaluran sistem tenaga listrik, misalnya seperti pencurian dan penyambungan listrik secara ilegal, serta adanya pengaruh dari luat seperti pepohonan.
3. Jatuh tegangan terbesar terjadi pada jalur arus $I_{11} + I_{05} + I_{10} + I_{09} + I_{08} + I_{07} + I_{06} + I_{04} + I_{03} + I_{02}$ tepatnya pada Jl. Kima Raya, dengan nilai sebesar ΔV_x 0,902, ΔV_y 0,950 dan jatuh tegangan terkecil terjadi pada jalur arus tepatnya pada I04 Jl. Kima 4, dengan nilai ΔV_x 0,00046, ΔV_y 0,00007.

B. SARAN

1. Sebaiknya perlu diperhatikan rugi-rugi yang terjadi pada penyulang, karena dapat mengurangi efektifitas penyaluran listrik.
2. Sebaiknya dilakukan maintenance terhadap komponen-komponen pada penyulang, seperti penghantar, busing dan panel listrik.

V. DAFTAR PUSTAKA

Arsip PT. PLN (Persero) Wilayah Sultan Batara cabang Makassar, Diakses.

Arsip PT. PLN (Persero) Rayon Makassar Timur, Diakses 2015.

Arsip PT. PLN (Persero) Kantor PDKB Makassar, Diakses 2015.

Duncan, Glover J. Dan Sarma Mulukutla. 1994. *Power System Analysis And Design second edition*. Boston: PWS Publishing Company.

Hamma. dan Agussalim. 2012. *Perancangan Proyek Distribusi dan Gardu Distribusi*. Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang.

James as apongliku.blogspot.com. Diakses 2015.

Liem, E. Bien. dkk. 2009. *Analysis Of Power Losses Calculation In Medium Voltage Network Of Feeder Serimpi, Pam 1 And Pam 2 At Network Area Gambir Pt.Pln (Persero) Distribusi Jakarta Raya And Tangerang*. Teknik Elektro-FTI, Universitas Trisakti. Volume 8, Nomor 2 Halaman 53 - 72, ISSN 1412-0372, Februari 2009.

Nasir, M M. 2009. *Analisis Loses Jaringan Distribusi Primer*. Media Elektrik, Volume 4 Nomor 1, Juni 2009

SPLN 64 (1995). *Impedansi Kawat Penghantar* (PT. PLN). From <http://http://arisganteng13.blogspot.co.id/2012/09/impedansi-kawat-penghantar-menurut-spln.html>, 18 Oktober 2015.

Suhadi, dkk 2008, *Teknik Distribusi Tenaga Listrik*. Jilid 1. Jakarta. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.

Surat Keputusan Menteri Keuangan Nomor: 431/KMK.06/2002 (2002:4) *tentang Tata Cara Penghitungan dan Pembayaran Subsidi Listrik*.

----- 2010d. Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) Nomor : 606. K/DIR/2010. *Tentang Satndar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik*. Buku 5. Jakarta 2010.

----- 2010b. Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) Nomor : 473. K/DIR/2010. *Tentang Satndar Konstruksi Jaringan Tegangan Rendah Tenaga Listrik*. Buku 3. Jakarta 2010.