

**ANALISA PERHITUNGAN NILAI JATUH TEGANGAN PADA JARINGAN TEGANGAN
MENENGAH SISTEM DISTRIBUSI
PT.PLN (PERSERO) RAYON KOTA PONTIANAK**

Rachmad Nur Herdiansyah, Bonar Sirait, M. Iqbal Arsyad
Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak
e-mail : herdiansyah3114@gmail.com

Abstract : A good electric power system must have good voltage quality and small of power losses. The quality of the voltage and power losses that occur in the medium voltage line can be known by the analysis of voltage drops and active power losses. In this study was analyzed of the medium voltage line distribution system PLN (Persero) Rayon City of Pontianak used AAAC-S 150 mm² conductive cable. The analysis carried out of Raya feeder 7 with a channel length is 39.95 km and a Raya feeder 10 with a channel length is 27.90 km. Based on the results of calculations, the maximum voltage drop percentage in Raya feeder 7 is 4.52% and Raya feeder 10 is 4.63%. While the maximum current at feeder Raya 7 is 293,254 Ampere with the total active power losses of 66.6204 kW and the maximum current at feeder Raya 10 is 237.418 Ampere with a total active power losses of 55.88462 kW. Based on the provisions of SPLN No. 72 of 1987 and SNI 04-0225-2000 (PUIL 2000) Feeder Raya 7 and Feeder Raya 10 are still worthy to serve burden and allow for future burden additions.

Key words: Voltage drops, Maximum Current, Active Power Losses, Medium Voltage networks

LATAR BELAKANG

Tenaga listrik merupakan salah satu infrastruktur dasar yang menyangkut kebutuhan hidup orang banyak. Oleh karena itu penyediaan tenaga listrik harus dapat menjamin tersedianya tenaga listrik dalam jumlah yang cukup, harga yang wajar dan mutu yang baik. Selain itu, penyediaan tenaga listrik harus memperhatikan kapasitas daya, kualitas profil tegangan dan efisiensi daya listrik pada jaringan sistem distribusi. Kualitas tegangan dan efisiensi energi listrik pada suatu sistem kelistrikan sangat dipengaruhi oleh adanya rugi-rugi (susut daya listrik) akibat tingginya impedansi jaringan, karakteristik induktif jaringan listrik serta beban induktif yang tersambung pada jaringan. Susut daya listrik dalam proses penyaluran dan distribusi energi listrik merupakan suatu pemborosan energi apabila tidak dikendalikan secara optimal.

Kualitas tegangan dan susut daya yang terjadi pada jaringan tegangan menengah dapat diketahui dengan melakukan analisis perhitungan jatuh tegangan dan rugi-rugi daya aktif. Pada penelitian ini dilakukan analisis perhitungan nilai jatuh tegangan pada jaringan tegangan menengah sistem distribusi PLN (Persero) Rayon Kota Pontianak. Analisis dilakukan pada penyulang Raya 7 dengan panjang saluran 39,95 kms dan penyulang Raya 10 dengan panjang saluran 27,90 kms. Analisis ini bertujuan menentukan kelayakan jaringan tegangan menengah penyulang Raya 7 dan penyulang Raya 10 PT. PLN (Persero) Rayon Kota Pontianak berdasarkan ketentuan SPLN No. 72 Tahun 1987 tentang Spesifikasi Desain Untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR).

DASAR TEORI

1. Sistem Tenaga Listrik

Secara umum sistem tenaga listrik dapat dikatakan terdiri dari tiga bagian utama, yaitu:

- a. Sistem pembangkit tenaga listrik,
- b. Sistem transmisi tenaga listrik
- c. Sistem Distribusi tenaga listrik.

Sistem tenaga listrik modern merupakan sistem yang kompleks yang terdiri dari pusat pembangkit, saluran transmisi dan jaringan distribusi yang berfungsi untuk menyalurkan daya dari pusat pembangkit ke pusat beban (Hutahuruk, 1985).

2. Sistem Distribusi Primer

Sistem distribusi tenaga listrik dibatasi mulai dari gardu induk, gardu distribusi dan jaringan ke pelanggan. Jaringan Tegangan Menengah (JTM) merupakan bagian dari sistem distribusi yang berhubungan langsung ke pelanggan. Jaringan Tegangan Menengah memiliki berbagai jenis konfigurasi jaringan. Konfigurasi jaringan menampilkan hubungan antar komponen-komponen utama didalam sistem distribusi tenaga listrik, yaitu gardu induk distribusi, jaringan primer, gardu distribusi, serta peralatan-peralatan pengamanan jaringan. (PLN, 2010). Jenis-jenis konfigurasi jaringan tegangan menengah antara lain:

- a. Struktur Radial
- b. Struktur Tertutup (Loop)
- c. Struktur Spindel
- d. Struktur Gugus (Cluster)

3. Resistansi Saluran

Jenis-jenis penghantar yang digunakan pada saluran udara adalah tembaga dengan konduktivitas 100% (Cu 100%), tembaga dengan konduktivitas 97,5% (Cu 97,5%), atau aluminium dengan konduktivitas 61% (Al 61%) (Hutahuruk, 1985:4). Menurut Saadat (1999:105). Resistansi saluran sangat penting dalam evaluasi efisiensi dan studi ekonomis saluran. Resistansi dc pada penghantar pada temperatur tertentu adalah :

$$R_{dc} = \frac{\rho l}{A} \text{ ohm / km} \quad \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- R_{dc} = Resistansi penghantar dalam Ohm
- ρ = Resistivitas dalam mikro ohm cm
- l = Panjang penghantar dalam meter
- A = Luas penampang penghantar dalam mm²

4. Reaktansi Induktif Saluran

Dalam penurunan rumus-rumus untuk induktansi dan reaktansi induktif dari suatu penghantar biasanya efek kulit (*skin effect*) dan efek sekitar (*proximity effect*) diabaikan (Hutahuruk, 1985:9). Efek kulit adalah gejala pada arus bolak-balik, bahwa kerapatan arus dalam penampang penghantar tersebut makin besar ke arah permukaan penghantar. Sedangkan Efek sekitar ialah pengaruh dari penghantar lain yang berada di samping penghantar yang pertama (yang ditinjau) sehingga distribusi fluks tidak simetris lagi.

5. Perhitungan Persentase Jatuh Tegangan

Jatuh tegangan pada saluran menurut Gonen (1986), adalah selisih tegangan pada ujung kirim dengan tegangan pada ujung terima. Persentase jatuh tegangan sistem tiga fasa dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\Delta V [\%] = \frac{(r \cos \theta + x \sin \theta)}{10 V_s^2} \times \sum_{i=1}^n S_i L_i \quad \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

- ΔV = Besar jatuh tegangan dalam %
- S_i = Besar beban total bus ke-i dalam kVA
- V_s = Besar tegangan ujung kirim dalam kV
- R = Resistansi total saluran dalam Ohm
- X = Reaktansi total saluran dalam Ohm
- r = Resistansi saluran dalam Ohm/Km
- x = Reaktansi Saluran dalam Ohm/Km
- L_i = Panjang Saluran bus ke-i dalam Km

6. Perhitungan Rugi-Rugi Daya Aktif

Menurut Gonen (2016) untuk analisis perhitungan arus cabang yang terjadi pada tiap cabang/seksi sistem distribusi, besarnya arus cabang yang mengalir pada bus ke-i. dengan persamaan sebagai berikut :

$$I = \frac{S_i}{V_i} \quad \dots\dots\dots(3)$$

Rugi-rugi aktif yang terjadi pada cabang tersebut (P_{loss}) dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_{loss_i} = I^2 \times r \times L_i \quad \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

- S_i = Besar beban total pada bus ke-i dalam kVA
- V_i = Besar tegangan pada bus ke-j dalam kV
- R_i = Resistansi dalam Ohm
- r = Resistansi saluran dalam Ohm/Km
- L_i = Jarak saluran ke-i dalam Km
- I_i = Arus cabang saluran bus ke-i dalam Ampere

SISTEM KELISTRIKAN PT. PLN (PERSERO) RAYON KOTA PONTIANAK

1. Gambaran Umum Sistem Khatulistiwa

Saat ini PT. PLN (Persero) Wilayah Kalimantan Barat memiliki sistem kelistrikan yang dinamakan dengan Sistem Khatulistiwa dengan sembilan buah gardu induk (GI), yaitu GI Siantan, GI Sungai Raya, GI Parit Baru, GI Senggiring, GI Singkawang, GI Kota Baru, GI Bengkayang dan GI Sambas. Sistem kelistrikan yang terdapat di Area Kota Pontianak terdiri dari 4 (empat) buah gardu induk, yaitu GI Siantan, GI Sungai Raya, GI Parit Baru dan GI Kota Baru serta 2 (dua) pusat pembangkit yaitu pusat pembangkit Siantan dan pusat pembangkit Sungai Raya.

2. Sistem Kelistrikan PT. PLN (Persero) Rayon Kota Pontianak

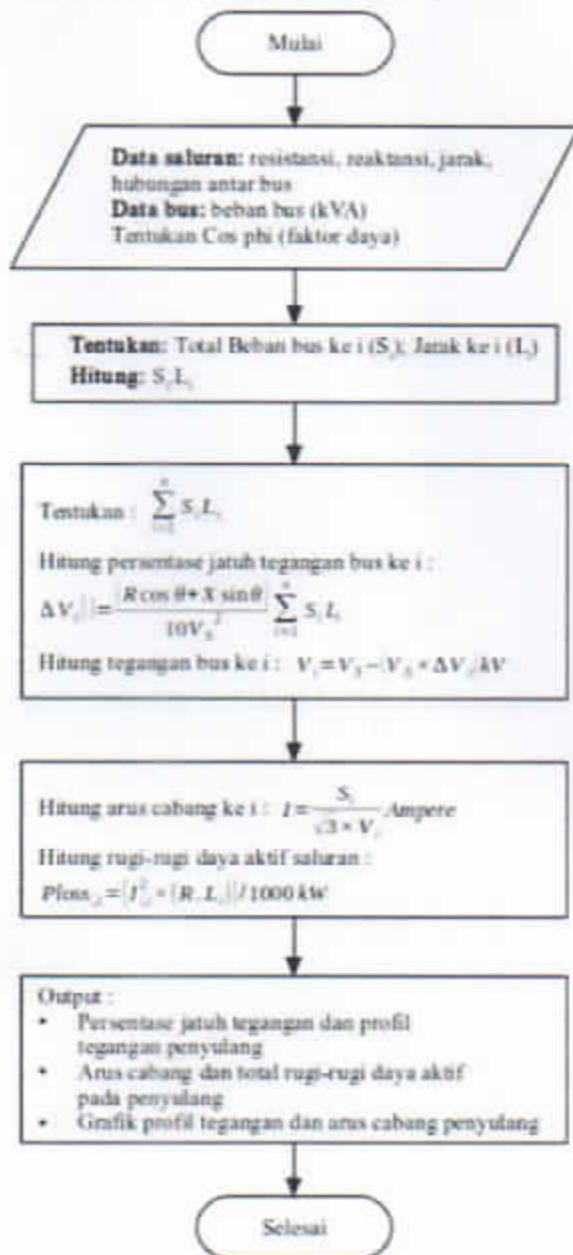
PT. PLN (Persero) Rayon Kota Pontianak merupakan salah satu unit kerja PT. PLN (Persero) Area Pontianak yang terdiri dari 26 penyulang. Diagram satu garis sistem PT. PLN (Persero) Rayon Kota Pontianak ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram satu garis sistem PT. PLN (Persero) Rayon Kota Pontianak

Penyulang yang memiliki jarak terpanjang pada PT. PLN (Persero) Rayon Kota Pontianak adalah penyulang Raya 7 dengan panjang saluran 39,95 kms dan penyulang Raya 10 dengan panjang saluran 27,90 kms. Penyulang Raya 7 memiliki 102 Gardu Distribusi. Sedangkan Penyulang Raya 10 memiliki 79 Gardu Distribusi. Penyulang Raya 7 dan penyulang Raya 10 merupakan jaringan tegangan menengah dengan jenis konfigurasi radial. Jenis penghantar yang digunakan adalah AAAC dengan luas penampang 150mm².

3. Diagram Alir Perhitungan Persentase Jatuh Tegangan dan Rugi-Rugi Daya Aktif

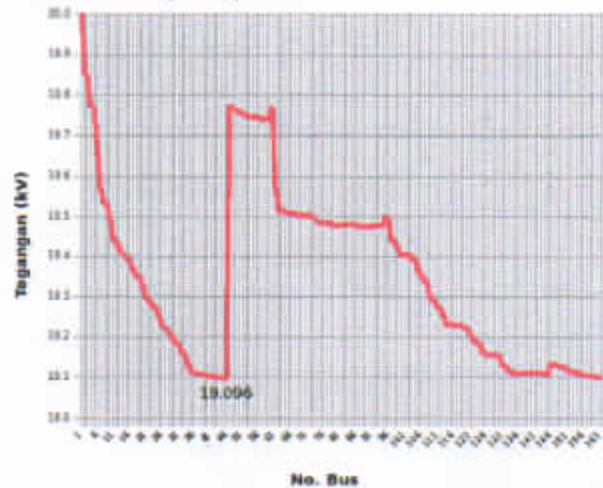


Gambar 2 Diagram Alir Perhitungan Persentase Jatuh Tegangan dan Rugi-Rugi Daya Aktif

PERHITUNGAN DAN ANALISA

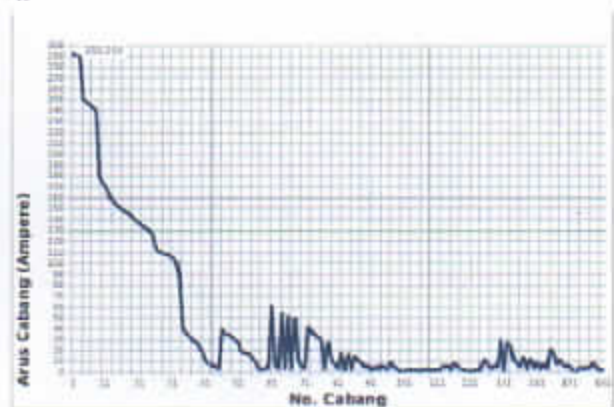
1. Perhitungan Jatuh Tegangan dan Rugi-Rugi Daya Aktif Penyulang Raya 7

Dengan menggunakan data beban dan data saluran dari diagram satu garis Penyulang Raya 7, Grafik hasil perhitungan persentase jatuh tegangan pada seluruh penyulang Raya 7 PT. PLN (Persero) Rayon Kota Pontianak ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Grafik Profil Tegangan Bus Penyulang Raya 7

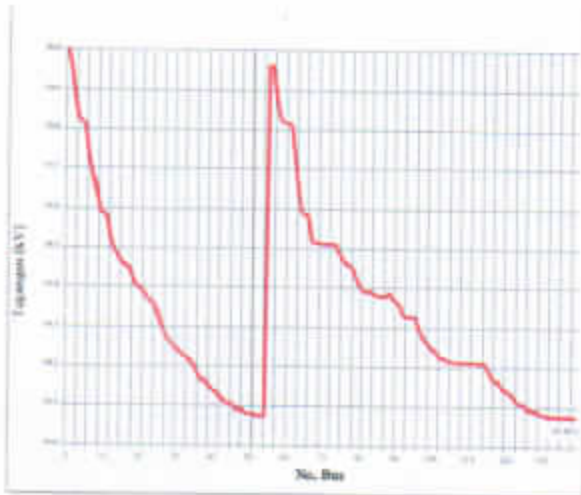
Grafik hasil perhitungan arus dan rugi-rugi daya aktif pada seluruh seksi cabang penyulang Raya 7 PT. PLN (Persero) Rayon Kota Pontianak ditampilkan pada Gambar 4.



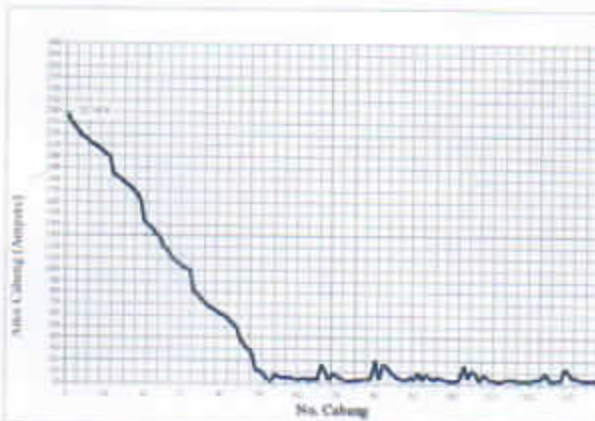
Gambar 4 Grafik Arus Cabang Penyulang Raya 7

2. Perhitungan Jatuh Tegangan dan Rugi-Rugi Daya Aktif Penyulang Raya 10

Grafik hasil perhitungan persentase jatuh tegangan pada seluruh penyulang Raya 10 PT. PLN (Persero) Rayon Kota Pontianak ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik Profil Tegangan Bus Penyulang Raya 10
Grafik hasil perhitungan arus dan rugi-rugi daya aktif pada seluruh seksi cabang penyulang Raya 10 PT. PLN (Persero) Rayon Kota Pontianak ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Grafik Arus Cabang Penyulang Raya 10

3. Analisa Hasil Perhitungan Jatuh Tegangan

Berdasarkan hasil perhitungan, persentase jatuh tegangan maksimum pada Raya 7 terjadi pada Bus 46 yaitu Gardu KT 0059 sebesar 4,52% atau 19,096 kV. Sedangkan pada penyulang Raya 10, persentase jatuh tegangan maksimum terjadi pada Bus 140 yaitu Gardu KT 0199 sebesar 4,63% atau 19,073 kV. Rekapitulasi persentase jatuh tegangan maksimum pada penyulang Raya 7 dan penyulang Raya 10 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Rekapitulasi Persentase Jatuh Tegangan Maksimum

Penyulang	No Bus	Gardu	Persentase Jatuh Tegangan Maksimum	Tegangan (kV)
Raya 7	46	KT 0059	4,52	19,096
Raya 10	140	KT 0199	4,63	19,073

			(%)	
Raya 7	46	KT 0059	4,52	19,096
Raya 10	140	KT 0199	4,63	19,073

Berdasarkan letak gardu distribusinya, persentase jatuh tegangan maksimum pada masing-masing penyulang terjadi pada bus/gardu distribusi yang terletak diujung, karena jatuh tegangan dipengaruhi panjangnya saluran.

Berdasarkan SPLN No. 72 Tahun 1987 tentang Spesifikasi Desain Untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR), dimana persentase jatuh tegangan yang diijinkan untuk jaringan tegangan menengah sistem distribusi radial tidak melebihi 5% dari tegangan sumber. Penyulang Raya 7 dan penyulang Raya 10 dapat dikatakan masih layak dalam melayani beban dan memungkinkan untuk penambahan beban pada masa yang akan datang.

4. Analisa Hasil Perhitungan Arus Maksimum dan Rugi-Rugi Daya Aktif

Berdasarkan hasil perhitungan arus dan rugi-rugi daya aktif pada penyulang Raya 7, arus maksimum terjadi pada cabang 1 yaitu saluran yang menghubungkan bus 1 (Gl. Sei. Raya) ke bus 2 (Gardu KT 0098) sebesar 293,254 Ampere. Besarnya arus disebabkan oleh total beban yang besar terletak pada bus 2 (Gardu KT 0098). Sedangkan total rugi-rugi daya aktif saluran yang terjadi pada penyulang Raya 7 sebesar 66,6204 kW. Sedangkan pada penyulang Raya 10, arus maksimum terjadi pada cabang 1 yaitu saluran yang menghubungkan bus 1 (Gl. Sei. Raya) ke bus 2 (Tiang 5) sebesar 237,418 Ampere. Besarnya arus disebabkan oleh total beban yang besar terletak pada bus 2 (Tiang 5). Sedangkan total rugi-rugi daya aktif saluran yang terjadi pada penyulang Raya 10 sebesar 55,8462 kW. Rekapitulasi arus maksimum dan total rugi-rugi daya aktif pada penyulang Raya 7 dan penyulang Raya 10 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Rekapitulasi Arus Maksimum dan Total Rugi-Rugi Daya Aktif

No	Penyulang	Arus Maksimum (Ampere)	Total Rugi-Rugi Daya Aktif (kW)
1	Raya 7	293,254	66,6204
2	Raya 10	237,418	55,8462

Menurut SNI 04-0225-2000 (PUIL 2000) penghantar AAAC-S 150 mm² memiliki kuat hantar arus sebesar 425 Ampere, sedangkan arus maksimum yang mengalir pada masing-masing penyulang masih berada dibawah kemampuan penghantar yang digunakan. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa penyulang Raya 7 dan Penyulang Raya 10 masih layak dalam melayani beban dan memungkinkan untuk penambahan beban pada masa yang akan datang.

KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan persentase jatuh tegangan serta arus maksimum dan rugi-rugi daya aktif pada penyulang Raya 7 dan penyulang Raya 10 PT. PLN (Persero) Rayon Kota Pontianak, maka dapat disimpulkan :

1. Persentase jatuh tegangan maksimum pada penyulang Raya 7 terjadi pada Bus 46 yaitu Gardu KT 0059 sebesar 4,52% atau 19,096 kV, sedangkan persentase jatuh tegangan maksimum pada penyulang Raya 10 terjadi pada Bus 140 yaitu Gardu KT 0199 sebesar 4,63% atau 19,073 kV. Persentase jatuh tegangan maksimum pada masing-masing penyulang terjadi pada bus/gardu distribusi yang terletak diujung karena jatuh tegangan dipengaruhi panjangnya saluran.
2. Mengacu pada ketentuan SPLN No. 72 Tahun 1987, dimana persentase jatuh tegangan yang diijinkan untuk jaringan tegangan menengah sistem distribusi radial tidak melebihi 5% dari tegangan sumber. Maka penyulang Raya 7 dan penyulang Raya 10 dapat dikatakan masih layak dalam melayani beban dan memungkinkan untuk penambahan beban pada masa yang akan datang.
3. Arus maksimum pada penyulang Raya 7 terjadi di cabang 1 yaitu saluran yang menghubungkan bus 1 (Gl. Sei. Raya) ke bus 2 (Gardu KT 0098) sebesar 293,254 Ampere. Total rugi-rugi daya aktif saluran yang terjadi pada penyulang Raya 7 sebesar 66,6204 kW. Sedangkan arus maksimum pada penyulang Raya 10 terjadi di cabang 1 yaitu saluran yang menghubungkan bus 1 (Gl. Sei. Raya) ke bus 2 (Tiang 5) sebesar 237,418 Ampere. Total rugi-rugi daya aktif saluran yang terjadi pada penyulang Raya 10 sebesar 55,8462 kW.

4. Berdasarkan SNI 04-0225-2000 (PUIL 2000) penghantar AAAC-S 150 mm² memiliki kuat hantar arus sebesar 425 Ampere, sedangkan arus maksimum yang mengalir pada masing-masing penyulang masih berada dibawah kemampuan penghantar yang digunakan. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa penyulang Raya 7 dan Penyulang Raya 10 masih layak dalam melayani beban dan memungkinkan untuk penambahan beban pada masa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- Dri, Adrianus. 2013. *Meminimalikan Rugi-Rugi Pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah Dengan Pemasangan Kapasitor*. Pontianak : Universitas Tanjungpura.
- Gonen, Turan. 1986. *Modern Power System Analysis*. Canada : Jhon Wiley and Sons
- Gonen, Turan. 2008. *Electrical Power Distribution System Engineering Second Edition*. New York : McGraw-Hill Book Company
- Herulan, Suja. 2011. *Perhitungan Susut Tegangan Pada Jaringan Distribusi Primer 20 KV di PT. PLN (Persero) Ranting Rasau Jaya*. Pontianak : Universitas Tanjungpura.
- Hontong Jonal, Noiki dan Tuegeh Maickel, 2015. *Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi di PT. PLN Palu*. E-Journal Teknik Elektro dan Komputer. Jurusan Teknik Elektro FT-UNSRAT, Manado.
- Natarajan, Ramasamy. 2005. *Power System Capacitors*. Taylor dan Francis Group.
- Noverdy, Dedy. 2013. *Analisis Aliran Daya Pada Sistem Distribusi Radial 20KV PT. PLN (Persero) Ranting Rasau Jaya*. Pontianak : Universitas Tanjungpura.
- PLN. 2010. *Kriteria Desain Enjinering Kontruksi Jaringan Distribusi Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta : PT. PLN (Persero)
- Puil. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Saadat, Hadi. 1999. *Power System Analysis*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Sirait, Bonar. 2012. *Diktat Kuliah Sistem Distribusi*. Pontianak : Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- SPLN No. 64 Tahun 1985. *Penunjuk Pemilihan Pelebur dan Penggunaan Pengaman Pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah*. Jakarta : Perusahaan Umum Listrik Negara.

SPLN 59. 1985. *Keanulalan Pada Sistem Distribusi 20KV dan 6KV*. Jakarta : Perusahaan Umum Listrik Negara.

SPLN No. 72. 1987. *Spesifikasi Desain Untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR)*. Jakarta : Perusahaan Umum Listrik Negara.

Teng, Jen-Hao. 2003. A Direct Approach for Distribution System Load Flow Solutions. IEEE Trans. Power Del, Vol.8, no.3, pp. 882-887. July, 2003.

Biografi



Rachmad Nur Herdiansyah, lahir di Pontianak, 31 Maret 1993. Menempuh pendidikan dasar di SD Al-Azhar Pontianak 1999 – 2005, melanjutkan ke SMP N 32 Pontianak tahun 2005 – 2008 dan melanjutkan ke SMA Muhammadiyah Pontianak 2008 – 2001. Merupakan mahasiswa Konsentrasi

Teknik Elektro yang memperoleh gelar Sarjana dari program studi Teknik Elektro di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Prof. Dr. H Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186 Faximile (0561) 740186
Email : ft@untan.ac.id Website : teknik.untan.ac.id

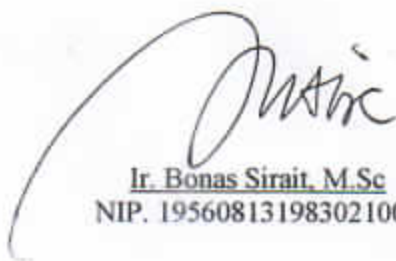
HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA PERHITUNGAN NILAI JATUH TEGANGAN PADA
JARINGAN MENENGAH SISTEM DISTRIBUSI PT. PLN (PERSERO)
RAYON KOTA PONTIANAK**

Rahmad Nur Herdiansyah
D01111037

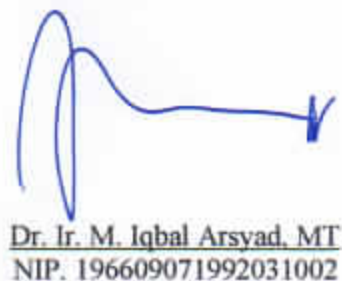
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Ir. Bonas Sirait, M.Sc
NIP. 195608131983021001

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. M. Iqbal Arsyad, MT
NIP. 196609071992031002