

Studi Evaluasi Distribusi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) pada Gardu JPR 047 Penyulang Merak

Oktavianus Kati¹, Am Khafabin², Suparno³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Cenderawasih
Jl. Kamp Wolker, Jl. Kambolker Perumnas III, Jayapura, Papua
Telp: (0967) 572118
Email: okecanakota@gmail.com

ABSTRAKS

Sistem distribusi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) yaitu bagian dari distribusi tenaga listrik yang menghubungkan antara transformator distribusi dengan Sambungan Rumah (SR) yang merupakan titik akhir dari pelayanan listrik kepada konsumen. Sehingga potret pelayanan dapat dilihat dari mutu tegangan dan tingkat keandalan dari sisi sambungan rumah. Jumlah tarikan sambungan rumah (SR) deret yang tidak sesuai standar akan berpengaruh terhadap keandalan yang merupakan kerugian bagi PLN yang mengakibatkan drop voltage (tegangan jatuh). Metode yang digunakan pada proyek akhir yaitu dengan melakukan studi literatur dan survei lapangan dengan pengamatan langsung dan mengukur hasilnya. Hasil yang diperoleh dari survei lapangan dan analisa perhitungan tegangan jatuh pada pelanggan pertama SR Tipe Deret pada Gardu JPR 047 Penyulang Merak mencapai 214 volt dengan persentase tegangan jatuh 4,44% nilai tersebut menunjukan bahwa pelanggan pertama SR tipe Deret masih sesuai standar jatuh tegangan. Tegangan jatuh pada pelanggan tarikan ke-5 SR Deret mencapai 194 volt dengan persentase tegangan jatuh 12,22% nilai tersebut menunjukan bahwa pelanggan ke-5 SR tipe Deret sudah tidak sesuai standar jatuh tegangan. Sementara untuk tegangan jatuh pada pelanggan tarikan ke-20 SR Deret mencapai 167 volt dengan persentase tegangan jatuh 26,11% nilai tersebut menunjukan bahwa pelanggan ke-20 SR tipe Deret sudah sangat drop dan tidak sesuai standar jatuh tegangan.

Kata Kunci: JTR(Jaringan Tegangan Rendah), SR Deret, Drop Tegangan, Persentase Tegangan jatuh

1. PENDAHULUAN

Pada pengoperasian sistem tenaga listrik, diperlukan kualitas dan tingkat keandalan yang baik. Salah satunya adalah sistem distribusi jaringan tegangan rendah (JTR) yang baik sesuai dengan standarisasi dari PLN. Faktor kualitas ditentukan dari pusat pembangkitan yang terdiri dari generator dan transformator step-up, yaitu saluran transmisi yang bertegangan tinggi/ekstra tinggi dan pada jaringan distribusi. Jaringan distribusi adalah energi listrik yang disalurkan dari penyulang gardu induk (GI), Dilanjutkan ke jaringan tegangan menengah (JTM) ke sisi primer transformator distribusi step down 20/11kV dan diubah ke sistem tegangan rendah (TR) pada bagian sekunder transformator yaitu 400/231V yang disesuaikan dengan nameplate pada transformator. Dari sisi sekunder transformator, kemudian didistribusikan melalui jaringan tegangan rendah (JTR) dan di saluran ke pelanggan menggunakan sambungan rumah (SR).

Sistem Distribusi berfungsi sebagai pembagi atau penyalur tenaga listrik ke pelanggan dan merupakan sub-sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi. Tenaga listrik

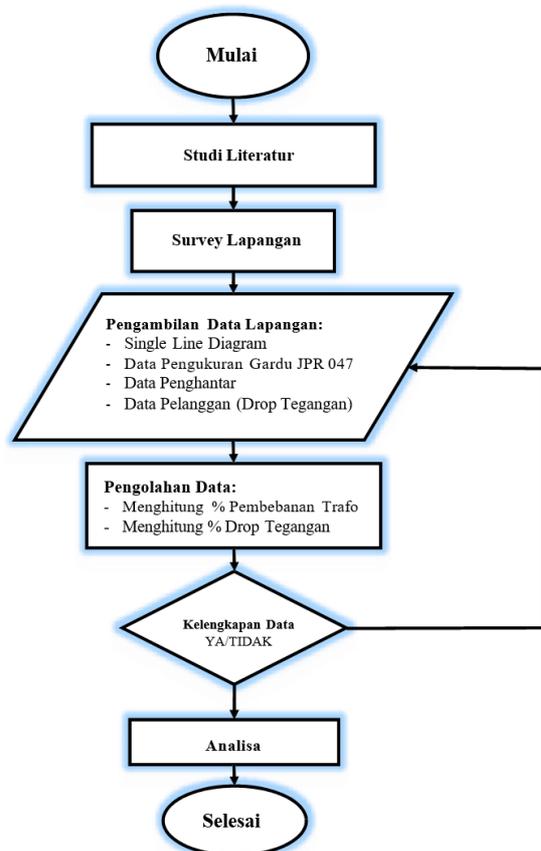
yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai dengan 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 154 kV, 220 kV atau 500 kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer, diturunkan tegangannya dengan transformator distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 V. Selanjutnya, tenaga listrik disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen [1].

Sebuah kasus nyata sampel di lapangan mengenai sambungan rumah yang tidak sesuai standar sangat layak untuk dibahas dan direncanakan solusi perbaikan jaringannya. Jumlah tarikan sambungan rumah (SR) deret yang tidak sesuai standar akan berpengaruh terhadap losses (susut daya) yang merupakan kerugian bagi PLN [2,3]. Kerugian di sisi pelanggan akibat penarikan sambungan rumah yang tidak sesuai standar tersebut adalah drop voltage (tegangan jatuh) yang membuat pelanggan hanya dapat menikmati listrik dengan tegangan kurang dari 220 Volt. Permasalahan drop

voltage ini sangat merugikan pelanggan karena dapat merusak peralatan listrik yang dimiliki oleh pelanggan. Untuk mengatasi permasalahan yang terjadi di lokasi studi kasus ini, perlu diadakan analisis keandalan dan rencana perbaikan jaringan. Sehingga dapat memberikan kontribusi dalam rangka memperbaiki mutu tegangan pada pelanggan yang berdampak bagi peningkatan efisiensi dan kinerjanya serta menjaga efisiensi dari sebuah *transformator*.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan melakukan studi literatur dan studi lapangan dengan menganalisis data yang meliputi tegangan jatuh, JTR, dan sambungan rumah (SR). Keseluruhan metodologi mulai dari studi literatur, pengumpulan dan analisa hingga kesimpulan penulisan proyek akhir ini dapat dilihat pada Gambar 1.

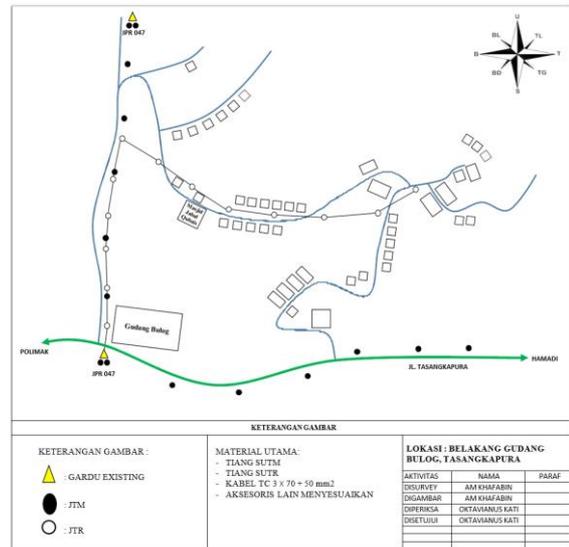


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

Gambar 1 menunjukkan bahwa analisis tingkat keandalan distribusi listrik dinilai dari dua komponen utama, yaitu persentase pembebanan *transformator* dan persentase *drop* tegangan.

Dalam menjaga kontinuitas pelayanan listrik yang baik kepada pelanggan, maka tingkat keandalan sistem distribusi perlu dijaga agar penyaluran listrik kepada pelanggan terjamin dengan baik. Oleh karena itu, pembahasan mengenai Evaluasi Sistem Distribusi pada gardu JPR 047

Penyulang Merak dilakukan. Berikut gambar *Single Line Diagram* penyulang merak dapat ditujukan pada Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi *Single Line Diagram* (SLD) JTR pada Gardu JPR 047 dan Blok Diagram Gardu JPR 047

Gambar 2 menjelaskan bahwa kapasitas *transformator* pada Gardu JPR 047 yaitu 250 KVA [4]. *Transformator* tersebut menyuplai beberapa rumah. Pada tarikan pertama SR rumah tersebut menggunakan R-N. Sementara untuk tarikan ke-5 dan ke-20 SR masing-masing disuplai oleh fasa S-N dan T-N.

Untuk mengetahui berapa persentase dari kapasitas *transformator* yang telah di gunakan, dapat diketahui menggunakan persamaan 1.

$$\% \text{pembebanan} = \frac{\text{Jumlah arus fasa R+S+T}}{3 I_{\text{nominal}}} \times 100\% \quad (1)$$

Sedangkan, untuk menghitung arus nominal sisi primer dan sekunder, persamaan 2 dan 3 digunakan.

$$I_{\text{nominal primer}} = \frac{P_{\text{transformator}}}{\sqrt{3} \times V_{\text{primer}}} \quad (2)$$

$$I_{\text{nominal sekunder}} = \frac{P_{\text{transformator}}}{\sqrt{3} \times V_{\text{sekunder}}} \quad (3)$$

Dimana $P_{\text{transformator}}$ adalah kapasitas *transformator* dalam kVA. Penggunaan listrik banyak didominasi oleh rumah penduduk dengan adanya komponen lain seperti Gudang, kantor, rumah ibadah, dan toko. Pemakaian daya listrik pada gardu JPR 047 telah melebihi beban sebesar 15,1 kVA.

Tegangan jatuh merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Tegangan jatuh pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang

penghantar. Besarnya tegangan jatuh dinyatakan baik dalam persen atau dalam besaran volt. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. Batas tingkat mutu tegangan pelayanan adalah +5 % dan -10 % dari tegangan pelayanan secara keseluruhan (220 Volt) [5]. Tegangan jatuh pada Sambungan Tenaga Listrik dibatasi 1 % dan untuk listrik pedesaan 2%. Regulasi tegangan didefinisikan sebagai besarnya tegangan jatuh pada ujung penerima terhadap tegangan ujung pengirim. Regulasi tegangan biasanya dinyatakan dalam persen.

$$\Delta V = \frac{V_S - V_t}{V_S} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana ΔV adalah persentase tegangan jatuh, V_S adalah tegangan pada pangkal pengiriman, dan V_t adalah tegangan pada ujung penerimaan. Karena adanya resistansi pada penghantar, maka tegangan yang diterima konsumen (V_t) akan lebih kecil dari tegangan kirim (V_k), perbedaan tegangan disebut tegangan jatuh (ΔV).

$$V_t = V_k - \Delta V \quad (5)$$

$$\Delta V = I \times L \times (R \cos \phi + X \sin \phi) \quad (6)$$

Data pengukuran arus dan tegangan beban diukur dua kali dalam sehari pada bagian R, S, T, dan netral. Sedangkan data pengukuran *drop* tegangan juga diambil dua kali dalam sehari dengan data dari R, S, dan T.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis data yang dihitung adalah pembebanan *transformator* pada Gardu JPR 047 pada saat beban puncak. Perhitungan arus nominal sisi primer menunjukkan nilai sebesar 7,22 A, sedangkan perhitungan arus nominal sisi sekunder sebesar 361 A. Selanjutnya, perhitungan persentase pembebanan *transformator* JPR 047 pada saat beban puncak siang hari dan malam hari juga dihitung. Dari hasil perhitungan, persentase pembebanan siang hari mencapai 75,1%, sedangkan persentase pembebanan pada malam hari lebih besar dengan nilai persentase sebesar 82,3%.

Dengan data yang diperoleh dari ULP, berdasarkan PLN (S.E/DIR Tahun 2014) [6]. Disebutkan bahwa kapasitas maksimal pembebanan *transformator* yaitu 80%. Maka berdasarkan itu *transformator* JPR 047 kapasitas pembebanannya tidak boleh melebihi 80%. Sedangkan dari hasil pengukuran dan perhitungan, kapasitas pembebanan pada *transformator* JPR 047 sudah melebihi batas kapasitasnya pada saat beban malam hari (beban puncak).

Di sisi lain, data yang diperoleh berdasarkan SPLN no.1 tahun 1995 [5] disebutkan bahwa tegangan minimum nominal yaitu -10%. Maka berdasarkan data pengukuran tegangan yang di terima

pelanggan tidak boleh lebih dari -10 % (*drop* tegangan).

Analisis perhitungan persentase tegangan jatuh dilakukan sebagai nilai ukur untuk mengetahui apakah tegangan yang di terima oleh pelanggan sudah sesuai atau tidak dengan standar dari PLN, pengukuran dilakukan dari rumah-rumah pelanggan dengan mengambil contoh dari beberapa jumlah tarikan SR yaitu tarikan 1, 5, hingga 20 tarikan.

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan 1 dimana pada setiap kriteria tarikan, dihitung 4 data yang diperoleh, yaitu jam siang dan malam dalam durasi dua hari pada Tabel 1.

Tabel 1. Persentase tegangan jatuh pada 1 tarikan SR

No	Hari	Waktu	ΔV
1.	Kerja	Siang	0,86 %
		Malam	3,94 %
2.	Libur	Siang	2,64%
		Malam	4,44 %

Tabel 1 menunjukkan bahwa baik di hari kerja maupun libur persentase *drop* tegangan pada pelanggan masih dalam batas toleransi PLN yaitu 4,44% sementara untuk batas dari standar PLN yaitu +5% sampai -10%. Selanjutnya, dilakukan analisis dan perhitungan persentase tegangan jatuh pada 5 tarikan SR yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase tegangan jatuh pada 5 tarikan SR

No	Hari	Waktu	ΔV
1.	Kerja	Siang	9,56 %
		Malam	12,89 %
2.	Libur	Siang	11,06%
		Malam	12,22 %

Sama halnya dengan tegangan jatuh pada 1 tarikan SR, Tabel 2 menunjukkan data tegangan jatuh pada siang hari di hari kerja masih dalam batas toleransi yaitu 9,56%. Sementara pada malam hari di hari kerja dan di hari libur, persentase *drop* tegangan pada pelanggan tergolong melebihi batas toleransi dari PLN yaitu >10% sementara untuk batas dari standar PLN yaitu +5% sampai -10%.

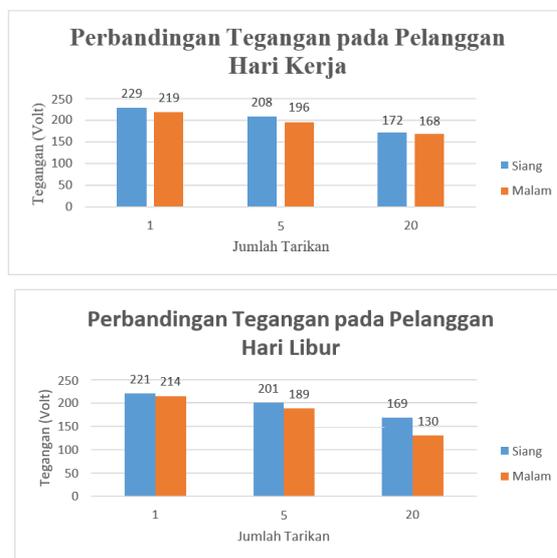
Tabel 3. Persentase tegangan jatuh pada 20 tarikan SR

No	Hari	Waktu	ΔV
1.	Kerja	Siang	25,54%
		Malam	27,11%
2.	Libur	Siang	26,52%
		Malam	26,11%

Tabel 3 menunjukkan baik di hari kerja maupun di hari libur persentase *drop* tegangan pada pelanggan melebihi batas toleransi dan tergolong sangat *drop* karena sangat jauh dari batas toleransi yaitu mencapai 27,11% sementara batas yang diizinkan PLN yaitu +5% sampai -10% [5].

Sedangkan dari hasil perhitungan tegangan jatuh pada pelanggan sesuai standar tarikan yang ditetapkan dalam hal ini 1 tarikan SR di tunjukkan bahwa persentase tegangan jatuh masih masuk dalam batas toleransi. Dan untuk 5 tarikan SR yang di serikan pada pelanggan (SR Deret) sudah melewati batas toleransi, serta untuk 20 tarikan SR (SR Deret) pada pelanggan dapat di ketahui bahwa tegangan yang diterima oleh pelanggan sangat *drop*. Kita dapat melihat grafik perbandingan nilai tegangan pada pelanggan baik waktu siang maupun waktu malam (beban puncak).

Jika dibandingkan kinerja dari analisis tegangan jatuh pada berbagai tarikan SR, maka hasil perbandingan tarikan SR pada 1, 10, dan 30 tarikan pada hari kerja dan hari libur dapat diilustrasikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik perbandingan tegangan pada pelanggan di hari kerja dan hari libur

Berdasarkan perbandingan tegangan yang diterima oleh pelanggan pada waktu siang maupun malam, dapat dilihat bahwa pada pelanggan yang tarikan SR berjumlah 1 memiliki nilai tegangan yang masih berada pada batas toleransi. Sedangkan untuk SR berjumlah 5 tarikan yang di serikan, tegangan pada pelanggan sudah mulai menurun. Untuk tarikan SR yang di serikan hingga 20 pelanggan dapat di lihat disini bahwa sudah melewati batas toleransi yang di tentukan.

Hal ini di sebabkan oleh:

1. Panjang penghantar SR yang digunakan sangat panjang (>30 meter) dari posisi tiang terakhir sampai ke rumah dengan tarikan SR 5 dan juga 20 tarikan SR yang di serikan pada pelanggan yang berada paling ujung.
2. Kabel SR tidak boleh di serikan lebih dari 5 pelanggan sesuai SPLN no 56 tahun 1993 [7].

Beberapa perbaikan yang dapat dilakukan adalah dengan memasang *transformator* sisipan,

memperluas jangkauan JTR, dan melakukan pemerataan beban.

Berdasarkan hasil *survey* dan pengukuran di lapangan, diperoleh data kapasitas pembebanan trofo yang tidak sesuai PLN (S.E/DIR Tahun 2014) [6]. Dimana menurut PLN (S.E/DIR Tahun 2014) [6], kapasitas pebebanan *transformator* tidak lebih dari 80%. Sedangkan berdasarkan hasil *survey* dan perhitungan pada saat beban puncak, kapasitas *transformator* sudah melebihi 80%. Oleh karena itu, perlunya dilakukan penambahan *transformator* sisipan, dalam artian bahwa penambahan *transformator* sisipan dilakukan untuk memperbaiki kualitas system distribusi pada Gardu JPR 047.

Berdasarkan perhitungan persentase *drop* tegangan, maka dapat dikategorikan bahwa *drop* tegangan pada pelanggan sudah lebih dari 10%, dimana terdapat 1 kabel SR melayani sampai ke pelanggan ujung (20 tarikan) dengan panjang SR \pm 150 meter. Hal tersebut menyebabkan tegangan yang diterima pelanggan ujung pada siang hari 169 volt dan pada saat beban puncak malam menurun hingga 130 volt. Oleh karena itu, perlunya dilakukan perluasan JTR, dalam artian bahwa penambahan jaringan baru dilakukan untuk memperbaiki mutu tegangan pada pelanggan.

Berdasarkan data di lapangan, dapat dilihat bahwa untuk satu tarikan SR diserikan hingga 20 pelanggan. Hal ini tidak di anjurkan berdasarkan peraturan SPLN, karena faktor ukuran penghantar SR yang kecil yaitu ukuran kabel SR $2 \times 10 \text{ mm}^2$. Sedangkan, setiap titik sambungan SR harus memperhatikan keseimbangan beban antara fasa. Maka, perlu dilakukannya penyeimbangan pada 20 tarikan SR dibagikan ke fasa yg lainnya agar kabel SR tidak panas dan mudah terbakar. Setelah itu, SR dihubungkan pada JTR di tiang ujung dengan panjang SR tidak melebihi dari 30 meter sehingga tegangan yang diterima oleh pelanggan sesuai standar.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan mengenai performa Gardu JPR 047, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Mutu tegangan pada pelanggan gardu JPR 047, dapat dilihat bahwa pelanggan yang memiliki tarikan SR Deret hingga 20 rumah memiliki tegangan jatuh sebesar 167 volt (persentase tegangan jatuh 42,48%) dengan panjang penghantar SR mencapai 150 meter (tidak sesuai SPLN no.56 tahun 1993) [7].
2. Solusi perbaikan mutu tegangan pada pelanggan gardu JPR 047 yang disebabkan oleh SR deret dapat dilakukan dengan melaksanakan perluasan JTR dan pemerataan beban dimana harus diperhatikan keseimbangan antara fasa dan setiap sambungan rumah (SR) deret tidak boleh melebihi 5 pelanggan berdasarkan SPLN no.56 tahun 1993 [7].

5. SARAN

Peneliti menyadari masih banyak kekurangan dalam studi ini. Berdasarkan hasil analisa dan pengamatan, maka dapat diusulkan suatu bentuk saran.

1. Setiap penyambungan baru untuk calon pelanggan baru, pihak PLN harus *survey* memastikan dilapangan untuk lokasi pelanggan dan lokasi JTR terakhir, agar untuk pelanggan yang berjarak jauh dari line JTR terakhir, dapat dilakukan perluasan JTR. Sehingga tidak terjadi *drop* tegangan karena menggunakan penghantar SR yang sangat panjang dan tidak sesuai standar dimana proses penyambungan baru dilapangan dilakukan oleh pihak anak perusahaan.
2. Perlu adanya dilakukan pengukuran secara berkala oleh pihak PLN terhadap beban R, S, dan T di Gardu JPR 047.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suprianto, "Sistem Distribusi Tenaga Listrik", 17 Oktober 2015.
- [2] Nugroho, Agung. 2015. "Analisa Perbaikan Losses Dan Jatuh Tegangan Pada Jaringan Sambungan Rumah Tidak Standar Dengan Simulasi Software Etap 7.5.0". Jurusan Teknik Elektro. Universitas Diponegoro Semarang.
- [3] Lauw, Denis. 2020. "Studi Jatuh Tegangan Pada Pelanggan Sambungan Rumah (SR) Tipe Deret Gardu JPR 292 Penyulang Garuda Di PT.PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Jayapura". Jurusan Teknik Elektro. Universitas Cenderawasih.
- [4] Perusahaan Umum Listrik Negara. (1987). *SPESIFIKASI DESAIN UNTUK JARINGAN TEGANGAN MENENGAH (JTM) DAN JARINGAN TEGANGAN RENDAH (JTR)*. Jakarta:PLN.
- [5] Perusahaan Listrik Negara. (1995). *TEGANGAN – TEGANGAN STANDAR*. Jakarta: PLN.
- [6] PT.PLN (PERSERO). (2014). *SPESIFIKASI KABEL TEGANGAN RENDAH BAGIAN 1: KABEL PILIN UDARA*. Jakarta:PLN.
- [7] Perusahaan Umum Listrik Negara. (1993). *SAMBUNGAN TENAGA LISTRIK TEGANGAN RENDAH (SLTR)*. Jakarta:PLN.

Halaman ini sengaja dikosongkan