

PERHITUNGAN RUGI-RUGI DAYA DAN JATUH TEGANGAN PADA PENYULANG PANDJAJARAN

Syamsuri¹, C. Paripurna¹, W. Adipradana¹ dan Herlina^{1*}

¹ Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya, Palembang
Corresponding author: herlinawahab@unsri.ac.id

ABSTRAK: Rugi-rugi daya dan jatuh tegangan merupakan dua hal yang terpisahkan dari sistem kelistrikan. Rugi-rugi daya adalah kebocoran daya atau daya yang hilang di sepanjang jalur penyaluran tenaga listrik, hal ini disebabkan oleh resistansi yang ada pada bahan pembentuk konduktor. Sedangkan jatuh tegangan adalah kondisi tegangan di ujung titik terima yang lebih rendah daripada ujung kirim. Kedua kondisi ini perlu diperhatikan di setiap jalur distribusi tenaga listrik, karena indikator baik atau tidaknya kualitas daya yang diterima oleh konsumen dipengaruhi oleh besarnya tegangan jatuh dititik terima atau lebih dekat ke area konsumen. Untuk itu penelitian ini bertujuan untuk menganalisis rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada jaringan distribusi saluran tegangan menengah 20 kV. Studi kasus yang dituju adalah penyulang Padjajaran pada gardu induk *New Jakabaring*. Metode yang digunakan adalah metode perhitungan dengan pengambilan data sekunder. Data awal yang digunakan berupa diagram garis saluran distribusi, jenis, kapasitas panjang saluran penyulang Padjajaran pada PT. PLN (Persero) UP2D S2JB area Palembang rayon Ampera. Hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan nilai jatuh tegangan pada penyulang pandjajaran adalah sebesar 258,8 V atau sebesar 1,3 % dan rugi-rugi daya yang terjadi adalah sebesar 21,6 kW. Untuk panjang saluran 11 km dan faktor kerja 0,89, nilai jatuh tegangan dan rugi-rugi daya yang terjadi masih dalam batas toleransi yang ditetapkan oleh standar PLN yaitu sebesar 10%. Namun untuk keandalan dan kenyamanan kedepannya perlu dipikirkan untuk penggantian luas penampang konduktor jika pertumbuhan beban di area tersebut semakin besar untuk menjaga kinerja penyaluran tenaga listrik.

Kata Kunci: Perhitungan, Rugi-rugi daya, jatuh tegangan, penyulang, kinerja.

ABSTRACT: Power losses and voltage drops are two things inseparable from the electrical system. Power losses are power leaks or power loss along the line of electricity distribution, this is led to by the resistance present in the conducting material. While the voltage drop is a condition of the voltage at the receiving point, which is less than the end. These two conditions require to be dealt with in every electric power distribution line, because the indicator of whether the quality of the power received by consumers is impressed by the value of voltage dropped at the received point or dearer to the consumer area. For this reason, this research intends to figure out the power losses and voltage drops in the 20 kV medium voltage distribution network. The intended case investigation is the Padjajaran feeder at the *New Jakabaring* substation. The method employed is a computation method with secondary data compilation. Initial data employed are in the form of distribution channel line diagrams, types, lengthy capacities of Padjajaran feeders at PT. PLN (Persero) UP2D S2JB Palembang area, Ampera area. The proceeds of the research conducted made the value of the voltage drop in the feeder line is 258.8 V or 1.3% and the power losses that take place are 21.6 kW. For a 11 km line length and a work factor of 0.89, the value of the voltage drop and power losses that appear are still within the tolerance limits set by the PLN standard, which is 10%. However, for future reliability and convenience, it is crucial to consider taking over the cross-sectional area of the conductor if the load growth in that area is getting bigger to provide the performance of electricity distribution.

Key Words: Calculation, Power losses, voltage drop, feeder, performance.

PENDAHULUAN

Daya listrik dalam kehidupan sehari-hari memiliki peran yang sangat penting. Setiap bidang kehidupan sekarang ini tergantung dengan ketersediaan daya listrik. Kebutuhan yang tinggi ini terkadang tidak sesuai dengan ketersediaannya. PT. PLN (Persero) sebagai penyedia jasa daya listrik di Indonesia, memiliki standar pelayanan untuk menjaga keberlangsungan penyediaan daya listrik ke konsumen. Standar PLN atau yang biasa disingkat dengan SPLN merupakan standar yang ditetapkan oleh PT. PLN (Persero) untuk menentukan standar-standar yang menyangkut pelayanan dan spesifikasi pekerjaan dalam ruang lingkup penyediaan daya listrik mulai dari sistem pembangkit, transmisi, distribusi jaringan tegangan menengah, jaringan tegangan rendah sampai ke instalasi penerangan.

Keandalan dari sistem tenaga listrik yang dimiliki oleh PLN sangat menentukan tingkat kepuasan konsumen terhadap pelayanan yang diberikannya. Salah satu indikator dari pelayanan yang baik adalah minim waktu pemadaman, dip tegangan kecil, tegangan lebih maupun tegangan kurang yang tidak melebihi batas toleransi dari standar PLN yang ada. Kualitas daya sudah menjadi isu penting di dunia, banyak penelitian dan bahasan yang membahas mengenai kualitas pelayanan dalam ketersediaan daya listrik. Pengawasan terhadap kualitas daya bukan hanya menjadi fokus bagi penyedia jasa tenaga listrik, tetapi juga menjadi fokus bagi para peneliti di dunia dan di Indonesia sendiri.

Banyaknya peneliti yang melakukan penelitian dibidang ini terbukti dengan beberapa jurnal yang menjadi referensi, antara lain: asesmen dan pengawasan terhadap kualitas daya listrik (Suslov, Solonina, & Gerasimov, 2018), evaluasi kualitas daya listrik terhadap system distribusi tenaga listrik tegangan rendah (Kai et al., 2019), evaluasi komprehensif kualitas penyediaan daya listrik untuk perusahaan penyedia jasa daya listrik (Wu et al., 2018), kualitas daya di jaringan mikro dengan pembangkit listrik tersebar (Shalukho, Lipuzhin, & Voroshilov, 2019), penelitian penerapan komprehensif unit distribusi daya tegangan rendah cerdas dalam meningkatkan kualitas daya (Chenyi et al., 2018).

Salah satu bentuk dari asesmen kualitas daya nilai rugi-rugi daya dan jatuh tegangan yang terjadi di ujung terima dari saluran distribusi jaringan tegangan menengah maksimal tidak melebihi 5% dan minimal tidak kurang dari 10% (PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN), 1995). Rugi-rugi daya adalah daya yang hilang di sepanjang jalur penyaluran arus listrik, bisa terjadi di sisi transmisi, maupun sisi distribusi. Hal ini disebabkan oleh di sepanjang penyaluran arus listrik menggunakan kawat penghantar yang memiliki nilai resistansi, induktansi

maupun kapasitansi yang bersifat menahan arus, sehingga arus di ujung terima penghantar akan lebih kecil dibandingkan dengan arus di ujung kirim. Hal ini juga sama dengan tegangan jatuh, yang memiliki tegangan di ujung terima akan lebih kecil dibandingkan dengan tegangan di ujung kirim. Jika tegangan jatuh dan rugi-rugi daya nilainya melebihi standar yang telah ditentukan, maka kualitas daya yang diterima oleh konsumen menjadi buruk. Banyak peneliti yang telah melakukan penelitian terkait rugi-rugi daya dan jatuh tegangan, antara lain menganalisis rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada saluran transmisi tegangan tinggi 150 kV di gardu induk (Hariyadi, 2017), menganalisis perhitungan rugi-rugi daya pada saluran transmisi tegangan tinggi (Rifai, 2019) dan lainnya.

Melihat pentingnya untuk mengetahui besarnya rugi-rugi daya dan jatuh tegangan yang terjadi pada jalur transmisi, dan distribusi, maka perlu untuk meneliti hal-hal tersebut di atas. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis rugi-rugi daya dan jatuh tegangan yang terjadi pada penyulang Padjajaran di Gardu Induk New Jakabaring dengan menggunakan metode perhitungan, kemudian menganalisis hasil perhitungan yang didapatkan dengan standar PLN yang telah ditentukan untuk toleransi besaran nilai rugi-rugi daya di sepanjang saluran dan besaran nilai jatuh tegangan yang terjadi di ujung terima.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode perhitungan dengan data sekunder yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) UP2D S2 JB Area Palembang. Penyulang Padjajaran merupakan bagian dari Gardu Induk New Jakabaring. GI ini memiliki dua trafo penurun tegangan 150/20 kV yang masing-masing memiliki kapasitas sebesar 60 MVA.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode perhitungan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- Perhitungan arus pada saluran penyulang Padjajaran didapatkan dengan menggunakan persamaan (1) berikut ini.

$$I = \frac{S}{V_{L-L}} \quad (1)$$

Dimana : S merupakan daya semu dalam satuan kilo Volt Amper (kVA), I merupakan arus beban dalam satuan Amper (A) dan V_{L-L} adalah tegangan fasa ke fasa dalam satuan kilo Volt (kV).

- Perhitungan Rugi-rugi daya di sepanjang saluran penyulang Padjajaran didapat dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan berikut ini:

$$P_{losses} 3\phi = P_{losses} R + P_{losses} S + P_{losses} T \quad (2)$$

Jika dihitung sebagai persentase, maka dapat menggunakan persamaan berikut ini:

$$\% P_{losses} = \frac{P_{losses}}{P_r} \times 100\% \quad (3)$$

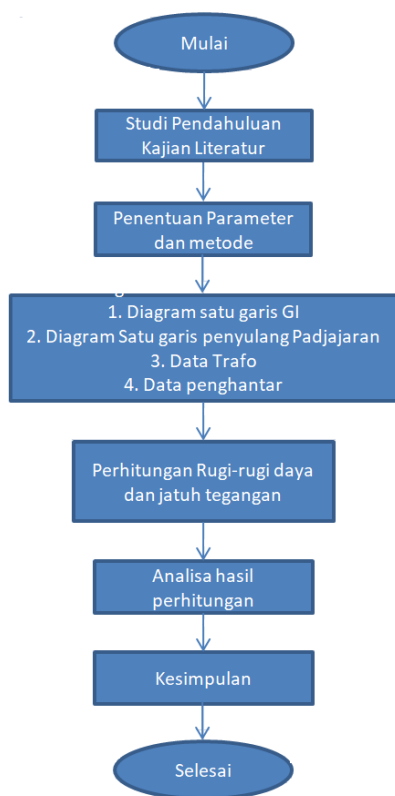
Dimana $P_r = S \cos \Theta$

- Perhitungan jatuh tegangan yang terjadi pada penyulang Padjajaran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_D = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana V_D adalah jatuh tegangan yang terjadi dengan satuannya Volt (V), V_s adalah nilai tegangan di ujung kirim dengan satuannya Volt (V) dan V_r adalah nilai tegangan pada ujung terima dengan satuannya Volt (V)

Adapun alur penelitian mengikuti diagram alir pada Gambar 1 berikut ini:



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Untuk menghitung rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada penyulang Padjajaran dibutuhkan data-data sebagai berikut:

- Diagram satu garis jalur distribusi penyulang Padjajaran
- Panjang jalur distribusi beserta jenis penghantarnya
- Kapasitas transformator dan pembebanan pada transformator tersebut.

Data-data di atas akan dihitung dan dianalisa pada pada bagian selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini nilai rugi-rugi daya dan jatuh tegangan didapatkan melalui metode perhitungan. Untuk menghitung nilai rugi-rugi daya diperlukan data-data panjang saluran, jenis penghantar. Diagram satu garis bisa dilihat pada lampiran. Data penghantar yang didapatkan dari penyulang Padjajaran berupa jenis penghantar dan panjang jalur distribusi. Jenis penghantar yang digunakan sepanjang jalur distribusi ini beragam, yaitu jenis penghantar A3C 70 mm², A3C 150 mm² dan jenis penghantar XLPE 240 mm², dan XLPE 150 mm² yang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1 Data jenis penghantar dan panjang saluran pada Penyulang Padjajaran

| ID SALURAN | Jenis saluran (mm ²) | Panjang saluran (km) |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| GI-LBS WATER FUN OPI | XLPE 240 | 0,18 |
| LBS WATER FUN OPI-LBS DEKRANASDA | A3C 150 | 0,432 |
| LBS DEKRANASDA-PD 0354 | A3C 150 | 0,1386 |
| LBS DEKRANASDA-PD 0219 | A3C 150 | 0,123 |
| PD 0219-PD0116 | A3C 70 | 0,257 |
| PD 0116-PD 0223 | A3C 70 | 0,257 |
| PD 0223-PDX 053 | A3C 70 | 0,12 |
| PDX 053-PD 0736 | A3C 70 | 0,165 |
| PD 0736-PD 0211 | A3C 70 | 0,217 |
| PD 0211-PDX 006 | A3C 70 | 0,022 |
| PD 0736-PD 0115 | A3C 70 | 0,187 |
| PD 0115-PD 0721 | A3C 70 | 0,031 |
| PD 0115-PD 0747 | A3C 70 | 0,206 |
| PD 0747-PD 0230 | A3C 70 | 0,220 |
| PD 0230-PD 0157 | A3C 70 | 0,396 |
| PD 0230-PD 0181 | A3C 70 | 0,146 |
| PD 0181-PDJ 046 R 005 | A3C 150 | 0,202 |
| PDJ 046-PD 0144 | A3C 70 | 0,056 |
| PD 0144-PD 0666 | XLPE 150 | 0,015 |
| PDJ 046 R 005-PD 0091 | A3C 70 | 0,262 |
| PD 0091-PD 0448 | A3C 70 | 0,024 |
| PD 0091-PD 0746 | A3C 70 | 0,069 |
| PD 0181-PD 0334 | A3C 150 | 0,247 |

| ID SALURAN | Jenis saluran (mm2) | Panjang saluran (km) |
|-----------------------|---------------------|----------------------|
| PD 0334-PDJ 064 | A3C 150 | 0,156 |
| PDJ 064-PDX 005 | A3C 70 | 0,261 |
| PDJ 064-PDJ 061 | A3C 150 | 0,403 |
| PDJ 061-PDJ 061 R 005 | A3C 70 | 0,215 |
| PDJ 061 R 005-PD 0410 | A3C 70 | 0,247 |
| PDJ 061 R 005-PD 0101 | A3C 70 | 0,07 |
| PDJ 061-PD 0403 | A3C 150 | 0,1 |
| PD 0403-PD 0698 | A3C 150 | 0,08 |
| PD 0698-PD 0398 | A3C 150 | 0,137 |
| PD 398-PD 0205 | A3C 150 | 0,225 |
| PD 0205-PD 0418 | A3C 150 | 0,013 |
| PD 0698-PD 0614 | A3CS 150 | 0,56 |
| PD 0614-PD 0316 | A3CS 150 | 0,51 |
| PD 0316-PDJ 091 | A3C 150 | 0,122 |
| PDJ 091-PD 0366 | A3C 150 | 0,17 |
| PDJ 091-PD 0252 | A3C 150 | 0,15 |
| PD 0252- PDJ 098 | A3C 150 | 0,166 |
| PDJ 098- PDJ 098 R010 | A3C 70 | 0,292 |
| PDJ 098 R 010-PD 0298 | A3C 70 | 0,146 |
| PDJ 098 R 010-PD 0667 | A3C 70 | 0,143 |
| PD 0667-PD 0125 | A3C 70 | 0,034 |
| PDJ 098-PD 0447 | A3C 150 | 0,095 |
| PD 0447-PD 0204 | A3C 150 | 0,047 |
| PD 0204-PDJ 104 | A3C 150 | 0,159 |
| PDJ 104-PD 0224 | A3C 70 | 0,292 |
| PD 0224-PD 0275 | A3C 70 | 0,144 |
| PD 0275-PD 0274 | A3C 70 | 0,15 |
| PDJ 104-PD 0244 | A3C 150 | 0,152 |
| PD 0244-PD 0103 | A3C 150 | 0,208 |
| PD 0103-PD 0178 | A3C 150 | 0,238 |
| PD 0178-PD 0648 | A3C 150 | 0,17 |
| PD 0648-PD 0179 | A3C 150 | 0,214 |
| PD 0648-PD 0240 | A3C 150 | 0,159 |
| PD 0240-PD 0269 | A3C 150 | 0,166 |
| PD 0178-PD 0124 | A3C 150 | 0,238 |
| PD 0124-PD 0329 | A3C 150 | 0,048 |
| PD 0124-PDJ 126 | A3C 150 | 0,073 |
| PDJ 126-PD 0328 | A3C 150 | 0,031 |
| PDJ 126-PD 0615 | A3C 150 | 0,094 |
| PD 0615-PDJ 130 | A3C 150 | 0,084 |
| PDJ 130-PD 0297 | A3C 150 | 0,016 |
| PDJ 130-PDJ 132 | A3C 150 | 0,106 |
| PDJ 132-PD 0384 | A3C 150 | 0,026 |
| PDJ 132-PDJ 134 | A3C 150 | 0,043 |
| PDJ 134-PD 0348 | A3C 150 | 0,111 |
| PDJ 134-PD 0327 | A3C 150 | 0,042 |

Selain data jenis penghantar dan panjang saluran, diperlukan juga data transformator yang terpasang di sepanjang jalur distribusi di penyulang Padjajaran. Transformator yang terpasang sepanjang saluran terdiri dari 55 transformator dengan kapasitas terpasang beragam, mulai dari 25 kVA sampai dengan 315 kVA. Data pembebanan transformator dan persentasenya juga diperlukan. Data transformator selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini :

Tabel 2 Data Transformator yang terpasang sepanjang saluran pada Penyulang Padjajaran

| Kode Trafo | Beban Trafo (kVA) | Kapasitas Trafo (kVA) | Persentase Beban (%) |
|------------|-------------------|-----------------------|----------------------|
| PD 0219 | 16,91 | 160 | 7,56 |
| PD 0116 | 61 | 100 | 60,5 |
| PD 0223 | 20 | 250 | 7,83 |
| PDX 053 | 68 | 100 | 67,92 |
| PD 0736 | 2 | 25 | 9,68 |
| PD 0211 | 6 | 100 | 5,94 |
| PDX 006 | 101 | 160 | 62,94 |
| PD 0115 | 1 | 500 | 0,26 |
| PD 0721 | 20 | 250 | 7,83 |
| PD 0747 | 8 | 100 | 8,14 |
| PD 0230 | 12 | 100 | 12,1 |
| PD 0157 | 83 | 160 | 51,84 |
| PD 0181 | 8 | 160 | 4,81 |
| PD 0144 | 85 | 250 | 33,97 |
| PD 0666 | 9 | 200 | 4,29 |
| PD 0091 | 6 | 200 | 2,97 |
| PD 0448 | 61 | 100 | 60,94 |
| PD 0746 | 4 | 315 | 1,26 |
| PD 0334 | 13 | 100 | 12,98 |
| PDX 005 | 74 | 100 | 74,36 |
| PD 0101 | 29 | 630 | 4,61 |
| PD 0410 | 97 | 160 | 60,64 |
| PD 0403 | 27 | 50 | 54,56 |
| PD 0403 | 44 | 100 | 43,78 |
| PD 0698 | 53 | 100 | 53,02 |
| PD 0398 | 55 | 100 | 55,44 |
| PD 0205 | 217 | 250 | 86,68 |
| PD 0418 | 20 | 100 | 20,02 |
| PD 0614 | 52 | 100 | 52,36 |
| PD 0316 | 46 | 100 | 45,98 |
| PD 0366 | 61 | 200 | 30,58 |
| PD 0252 | 70 | 100 | 69,52 |
| PD 0298 | 74 | 200 | 36,96 |
| PD 0667 | 132 | 100 | 13,69 |
| PD 0125 | 172 | 160 | 10,25 |
| PD 0447 | 32 | 160 | 20,21 |
| PD 0204 | 143 | 200 | 71,61 |
| PD 0224 | 102 | 200 | 51,05 |
| PD 0275 | 39 | 200 | 19,25 |
| PD 0274 | 125 | 200 | 62,48 |

| Kode Trafo | Beban Trafo (kVA) | Kapasitas Trafo (kVA) | Persentase Beban (%) |
|------------|-------------------|-----------------------|----------------------|
| PD 0244 | 136 | 315 | 43,09 |
| PD 0103 | 88 | 200 | 43,78 |
| PD 0178 | 82 | 250 | 32,82 |
| PD 0648 | 32 | 100 | 31,68 |
| PD 0179 | 40 | 160 | 25,03 |
| PD 0240 | 75 | 160 | 47,03 |
| PD 0269 | 16 | 100 | 15,84 |
| PD 0124 | 80 | 160 | 49,78 |
| PD 0329 | 61 | 100 | 61,16 |
| PD 0328 | 17 | 50 | 33 |
| PD 0615 | 29 | 100 | 29,48 |
| PD 0297 | 25 | 160 | 15,4 |
| PD 0384 | 8 | 100 | 8,14 |
| PD 0348 | 18 | 100 | 18,48 |
| PD 0327 | 19 | 200 | 9,57 |

Setelah mendapatkan data-data di atas, tahapan penelitian selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai rugi-rugi daya dan jatuh tegangan yang terjadi di sepanjang saluran penyulang Padjajaran. Perhitungan rugi-rugi daya dihitung dengan menggunakan persamaan (2) dengan menghitung arus saluran penyulang Padjajaran terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan (1). Hasil perhitungan arus dan rugi-rugi daya selengkapnya di sepanjang saluran penyulang Padjajaran dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3 Hasil perhitungan rugi-rugi daya pada Penyulang Padjajaran

| ID SALURAN | Panjang Saluran (km) | R (Ohm/km) | Arus Saluran (A) | Rugi-Rugi Daya (Watt) |
|----------------------------------|----------------------|------------|------------------|-----------------------|
| GI-LBS WATER FUN OPI | 0,18 | 0,098 | 84,114 | 374,41 |
| LBS WATER FUN OPI-LBS DEKRANASDA | 0,432 | 0,216 | 84,114 | 1.981,69 |
| LBS DEKRANASDA-PD 0354 | 0,1386 | 0,216 | 0,488 | 0,02 |
| LBS DEKRANASDA-PD 0219 | 0,123 | 0,216 | 83,626 | 557,69 |
| PD 0219-PD 0116 | 0,257 | 0,461 | 81,865 | 2381,00 |
| PD 0116-PD 0223 | 0,257 | 0,461 | 81,287 | 2347,54 |
| PD 0223-PDX 053 | 0,12 | 0,461 | 79,324 | 1043,83 |
| PDX 053-PD 0736 | 0,165 | 0,461 | 79,267 | 1433,18 |
| PD 0736-PD 0211 | 0,217 | 0,461 | 2,944 | 2,600 |
| PD 0211-PDX 006 | 0,022 | 0,461 | 0,029 | 0,00003 |

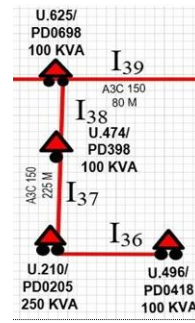
| ID SALURAN | Panjang Saluran (km) | R (Ohm/km) | Arus Saluran (A) | Rugi-Rugi Daya (Watt) |
|----------------------|----------------------|------------|------------------|-----------------------|
| PD 0736-PD 0115 | 0,187 | 0,461 | 76,149 | 1499,01 |
| PD 0115-PD 0721 | 0,031 | 0,461 | 0,231 | 0,002 |
| PD 0115-PD 0747 | 0,206 | 0,461 | 75,341 | 1616,45 |
| PD 0747-PD 0230 | 0,22 | 0,461 | 74,995 | 1710,47 |
| PD 0230-PD 0157 | 0,396 | 0,461 | 0,231 | 0,029 |
| PD 0230-PD 0181 | 0,146 | 0,461 | 72,368 | 1.056,99 |
| PD 0181-PDJ 046 | 0,202 | 0,216 | 0,924 | 0,112 |
| PDJ 046-PD 0144 | 0,056 | 0,461 | 0,433 | 0,015 |
| PD 0144-PD 0666 | 0,015 | 0,159 | 0,173 | 0,0002 |
| PDJ 046-PD 0091 | 0,262 | 0,461 | 0,491 | 0,087 |
| PD 0091-PD 0448 | 0,024 | 0,461 | 0,115 | 0,0004 |
| PD 0091-PD 0746 | 0,069 | 0,461 | 0,375 | 0,0134 |
| PD 0181-PD 0334 | 0,247 | 0,216 | 68,990 | 762,24 |
| PD 0334-PDJ 064 | 0,156 | 0,216 | 66,854 | 452,06 |
| PDJ 064-PDX 005 | 0,261 | 0,461 | 0,837 | 0,253 |
| PDJ 064-PDJ 061 | 0,403 | 0,216 | 66,017 | 1.138,76 |
| PDJ 061-PDJ 061 R5 | 0,215 | 0,461 | 3,579 | 3,81 |
| PDJ 061 R 005-PD410 | 0,247 | 0,461 | 0,779 | 0,21 |
| PDJ 061 R 005-PD101 | 0,07 | 0,461 | 2,800 | 0,76 |
| PDJ 061-PD 0403 | 0,1 | 0,216 | 62,438 | 252,76 |
| PD 0403-PD 0698 | 0,08 | 0,21612 | 61,165 | 194,06 |
| PD 0698-PD 0398 | 0,137 | 0,21612 | 8,429 | 6,31 |
| PD 0398-PD 0205 | 0,225 | 0,21612 | 6,842 | 6,8281 |
| PD 0205-PD 0418 | 0,013 | 0,216 | 0,577 | 0,003 |
| PD 0698-PD 0614 | 0,56 | 0,216 | 51,208 | 952,10 |
| PD 0614-PD 0316 | 0,51 | 0,216 | 49,707 | 817,00 |
| PD 0316-PDJ 091 | 0,122 | 0,216 | 48,379 | 185,12 |
| PDJ 091-PD 0366 | 0,17 | 0,216 | 1,761 | 0,34 |
| PDJ 091-PD 0252 | 0,15 | 0,216 | 46,618 | 211,36 |
| PD 0252- PDJ 098 | 0,166 | 0,216 | 44,958 | 217,54 |
| PDJ 098- PDJ 098R010 | 0,292 | 0,461 | 10,912 | 48,06 |
| PDJ 098 R 010-PD298 | 0,146 | 0,461 | 2,136 | 0,92 |
| PDJ 098 R 010-PD667 | 0,143 | 0,461 | 8,776 | 15,22 |
| PD 0667-PD 0125 | 0,034 | 0,461 | 4,965 | 1,16 |
| PDJ 098-PD 0447 | 0,095 | 0,216 | 33,686 | 69,89 |
| PD 0447-PD 0204 | 0,047 | 0,216 | 32,762 | 32,71 |
| PD 0204-PDJ 104 | 0,159 | 0,216 | 28,634 | 84,52 |
| PDJ 104-PD 0224 | 0,292 | 0,461 | 7,677 | 23,78 |
| PD 0224-PD 0275 | 0,144 | 0,461 | 4,734 | 4,46 |
| PD 0275-PD 0274 | 0,15 | 0,461 | 3,609 | 2,69 |
| PDJ 104-PD 0244 | 0,152 | 0,216 | 20,958 | 43,29 |
| PD 0244-PD 0103 | 0,208 | 0,216 | 17,032 | 39,19 |
| PD 0103-PD 0178 | 0,238 | 0,216 | 14,491 | 32,40 |

| ID SALURAN | Panjang Saluran (km) | R (Ohm/k m) | Arus Saluran (A) | Rugi-Rugi Daya (Watt) |
|-----------------|----------------------|-------------|------------------|-----------------------|
| PD 0178-PD 0648 | 0,17 | 0,216 | 4,705 | 2,44 |
| PD 0648-PD 0179 | 0,214 | 0,216 | 1,155 | 0,19 |
| PD 0648-PD 0240 | 0,159 | 0,216 | 2,627 | 0,71 |
| PD 0240-PD 0269 | 0,166 | 0,216 | 0,462 | 0,023 |
| PD 0178-PD 0124 | 0,238 | 0,216 | 7,419 | 8,49 |
| PD 0124-PD 0329 | 0,048 | 0,216 | 1,761 | 0,097 |
| PD 0124-PDJ 126 | 0,073 | 0,216 | 3,349 | 0,53 |
| PDJ 126-PD 0328 | 0,031 | 0,216 | 0,491 | 0,005 |
| PDJ 126-PD 0615 | 0,094 | 0,216 | 2,858 | 0,498 |
| PD 0615-PDJ 130 | 0,084 | 0,216 | 2,021 | 0,222 |
| PDJ 130-PD 0297 | 0,016 | 0,216 | 0,721 | 0,005 |
| PDJ 130-PDJ 132 | 0,106 | 0,216 | 1,299 | 0,116 |
| PDJ 132-PD 0384 | 0,026 | 0,216 | 0,231 | 0,0009 |
| PDJ 132-PDJ 134 | 0,043 | 0,216 | 1,068 | 0,0318 |
| PDJ 134-PD 0348 | 0,111 | 0,216 | 0,519 | 0,019 |
| PDJ 134-PD 0327 | 0,042 | 0,216 | 0,549 | 0,0082 |
| Total | | | | 21.618,32 |

Dari Tabel 3 di atas dapat baris yang diberi warna kuning adalah nilai rugi-rugi daya terbesar terjadi pada ID saluran LBS WATER FUN OPI-LBS DEKRANASDA dimana nilainya adalah sebesar 1.981,69 Watt atau sebesar 1.9 kW. Sedangkan nilai rugi-rugi daya terendah terjadi pada baris yang diberi warna hijau dengan ID saluran PD 0211-PDX 006 yang memiliki nilai rugi-rugi daya sebesar 0,00003 watt. Total rugi-rugi daya yang terjadi sepanjang saluran penyulang Padjajaran adalah sebesar 21.618,32 watt atau 21,6 kW. Besarnya nilai rugi-rugi daya ini dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain adalah panjang saluran dan jenis penghantar yang digunakan.

Perhitungan jatuh tegangan pada penyulang Padjajaran dilakukan dengan menggunakan persamaan (4). Dari persamaan tersebut diperlukan data tegangan di ujung kirim dan tegangan yang diterima di ujung terima.

Penyulang Padjajaran memiliki panjang saluran sepanjang 11 km dengan jumlah transformator sebanyak 55 dan faktor kerja ($\cos \phi$) 0,89. Untuk perhitungan jatuh tegangan dilakukan dengan membagi saluran penyulang menjadi blok-blok antara satu transformator ke transformator lainnya. Contoh pembagian blok antar transformator dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini:



Gambar 2 Contoh pembagian blok antar transformator

Hasil perhitungan jatuh tegangan untuk 55 blok saluran antar transformator pada saluran penyulang Padjajaran dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini:

Tabel 4 Hasil perhitungan jatuh tegangan pada Penyulang Padjajaran

| ID SALURAN | R (Ohm/k m) | X (Ohm/k m) | Panjang Saluran (km) | Arus Saluran (A) | Jatuh Tegangan (V) |
|----------------------------------|-------------|-------------|----------------------|------------------|--------------------|
| GI-LBS WATER FUN OPI | 0,09 | 0 | 0,18 | 84,114 | 2,2873 |
| LBS WATER FUN OPI-LBS DEKRANASDA | 0,216 | 0,3305 | 0,432 | 84,114 | 21,4663 |
| LBS DEKRANASDA-PD 0354 | 0,216 | 0,3305 | 0,1386 | 0,488 | 0,04 |
| LBS DEKRANASDA-PD 0219 | 0,216 | 0,3305 | 0,123 | 83,626 | 6,0765 |
| PD 0219-PD 0116 | 0,461 | 0,3572 | 0,257 | 81,865 | 20,8024 |
| PD 0116-PD 0223 | 0,461 | 0,3572 | 0,257 | 81,287 | 20,6557 |
| PD 0223-PDX 053 | 0,461 | 0,3572 | 0,12 | 79,324 | 9,4118 |
| PDX 053-PD 0736 | 0,461 | 0,3572 | 0,165 | 79,267 | 12,9318 |
| PD 0736-PD 0211 | 0,461 | 0,3572 | 0,217 | 2,944 | 0,6317 |
| PD 0211-PDX 006 | 0,461 | 0,3572 | 0,022 | 0,029 | 0,0006 |
| PD 0736-PD 0115 | 0,461 | 0,3572 | 0,187 | 76,149 | 14,0796 |
| PD 0115-PD 0721 | 0,461 | 0,3572 | 0,031 | 0,231 | 0,0071 |
| PD 0115-PD 0747 | 0,461 | 0,3572 | 0,206 | 75,341 | 15,3455 |
| PD 0747-PD 0230 | 0,461 | 0,3572 | 0,22 | 74,995 | 16,3131 |
| PD 0230-PD 0157 | 0,461 | 0,3572 | 0,396 | 0,231 | 0,0904 |
| PD 0230-PD 0181 | 0,461 | 0,3572 | 0,146 | 72,368 | 10,4467 |
| PD 0181-PDJ 046 | 0,216 | 0,3305 | 0,202 | 0,924 | 0,1102 |
| PDJ 046-PD 0144 | 0,461 | 0,3572 | 0,056 | 0,433 | 0,024 |
| PD 0144-PD 0666 | 0,16 | 0 | 0,015 | 0,173 | 0,0006 |
| PDJ 046-PD 0091 | 0,461 | 0,3572 | 0,262 | 0,491 | 0,1271 |
| PD 0091-PD 0448 | 0,461 | 0,3572 | 0,024 | 0,115 | 0,0027 |
| PD 0091-PD 0746 | 0,461 | 0,3572 | 0,069 | 0,375 | 0,0256 |
| PD 0181-PD 0334 | 0,216 | 0,3305 | 0,247 | 68,99 | 10,0668 |
| PD 0334-PDJ 064 | 0,216 | a | 0,156 | 66,854 | 6,1611 |
| PDJ 064-PDX 005 | 0,461 | 0,3572 | 0,261 | 0,837 | 0,216 |
| PDJ 064-PDJ 061 | 0,216 | 0,3305 | 0,403 | 66,017 | 15,7169 |
| PDJ 061-PDJ 061 R5 | 0,461 | 0,3572 | 0,215 | 3,579 | 0,7609 |
| PDJ 061 R 005-PD410 | 0,461 | 0,3572 | 0,247 | 0,779 | 0,1903 |

Perhitungan rugi-rugi daya dan jatuh tegangan

| ID SALURAN | R (Ohm /km) | X (Ohm/k m) | Panjang Saluran (km) | Arus Saluran (A) | Jatuh Tegangan (V) |
|----------------------|-------------|-------------|----------------------|------------------|--------------------|
| PDJ 061 R 005-PD101 | 0,461 | 0,3572 | 0,07 | 2,8 | 0,1938 |
| PDJ 061-PD 0403 | 0,216 | 0,3305 | 0,1 | 62,438 | 3,6885 |
| PD 0403-PD 0698 | 0,216 | 0,3305 | 0,08 | 61,165 | 2,8908 |
| PD 0698-PD 0398 | 0,216 | 0,3305 | 0,137 | 8,429 | 0,6822 |
| PD 0398-PD 0205 | 0,216 | 0,3305 | 0,225 | 6,842 | 0,9094 |
| PD 0205-PD 0418 | 0,216 | 0,3305 | 0,013 | 0,577 | 0,0044 |
| PD 0698-PD 0614 | 0,216 | 0,3305 | 0,56 | 51,208 | 16,9408 |
| PD 0614-PD 0316 | 0,216 | 0,3305 | 0,51 | 49,707 | 14,976 |
| PD 0316-PDJ 091 | 0,216 | 0,3305 | 0,122 | 48,379 | 3,4868 |
| PDJ 091-PD 0366 | 0,216 | 0,3305 | 0,17 | 1,761 | 0,1768 |
| PDJ 091-PD 0252 | 0,216 | 0,3305 | 0,15 | 46,618 | 4,131 |
| PD 0252- PDJ 098 | 0,216 | 0,3305 | 0,166 | 44,958 | 4,4088 |
| PDJ 098- PDJ 098R010 | 0,461 | 0,3572 | 0,292 | 10,912 | 3,1504 |
| PDJ 098 R 010-PD298 | 0,461 | 0,3572 | 0,146 | 2,136 | 0,3084 |
| PDJ 098 R 010-PD667 | 0,461 | 0,3572 | 0,143 | 8,776 | 1,2408 |
| PD 0667-PD 0125 | 0,461 | 0,3572 | 0,034 | 4,965 | 0,1669 |
| PDJ 098-PD 0447 | 0,216 | 0,3305 | 0,095 | 33,686 | 1,8905 |
| PD 0447-PD 0204 | 0,216 | 0,3305 | 0,047 | 32,762 | 0,9097 |
| PD 0204-PDJ 104 | 0,216 | 0,3305 | 0,159 | 28,634 | 2,6896 |
| PDJ 104-PD 0224 | 0,461 | 0,3572 | 0,292 | 7,677 | 2,2163 |
| PD 0224-PD 0275 | 0,461 | 0,3572 | 0,144 | 4,734 | 0,6741 |
| PD 0275-PD 0274 | 0,461 | 0,3572 | 0,15 | 3,609 | 0,5352 |
| PDJ 104-PD 0244 | 0,216 | 0,3305 | 0,152 | 20,958 | 1,8819 |
| PD 0244-PD 0103 | 0,216 | 0,3305 | 0,208 | 17,032 | 2,0928 |
| PD 0103-PD 0178 | 0,216 | 0,3305 | 0,238 | 14,491 | 2,0375 |
| PD 0178-PD 0648 | 0,216 | 0,3305 | 0,17 | 4,705 | 0,4725 |
| PD 0648-PD 0179 | 0,216 | 0,3305 | 0,214 | 1,155 | 0,146 |
| PD 0648-PD 0240 | 0,216 | 0,3305 | 0,159 | 2,627 | 0,2467 |
| PD 0240-PD 0269 | 0,216 | 0,3305 | 0,166 | 0,462 | 0,0453 |
| PD 0178-PD 0124 | 0,216 | 0,3305 | 0,238 | 7,419 | 1,0431 |
| PD 0124-PD 0329 | 0,216 | 0,3305 | 0,048 | 1,761 | 0,0499 |
| PD 0124-PDJ 126 | 0,216 | 0,3305 | 0,073 | 3,349 | 0,1444 |
| PDJ 126-PD 0328 | 0,216 | 0,3305 | 0,031 | 0,491 | 0,009 |
| PDJ 126-PD 0615 | 0,216 | 0,3305 | 0,094 | 2,858 | 0,1587 |
| PD 0615-PDJ 130 | 0,216 | 0,3305 | 0,084 | 2,021 | 0,1003 |
| PDJ 130-PD 0297 | 0,216 | 0,3305 | 0,016 | 0,721 | 0,0068 |
| PDJ 130-PDJ 132 | 0,216 | 0,3305 | 0,106 | 1,299 | 0,0813 |
| PDJ 132-PD 0384 | 0,216 | 0,3305 | 0,026 | 0,231 | 0,0035 |
| PDJ 132-PDJ 134 | 0,216 | 0,3305 | 0,043 | 1,068 | 0,0271 |
| PDJ 134-PD 0348 | 0,216 | 0,3305 | 0,111 | 0,519 | 0,0341 |
| PDJ 134-PD 0327 | 0,216 | 0,3305 | 0,042 | 0,549 | 0,0136 |
| Total | | | | | 258,8545 |

Pada Tabel 4 di atas terdapat baris yang diberi warna hijau dan kuning. Sama seperti penjelasan pada Tabel 3

yang menunjukkan bahwa baris yang diberi tanda kuning adalah nilai jatuh tegangan terbesar yang terjadi pada ID saluran LBS WATER FUN OPI-LBS DEKRANASDA sebesar 21,4663 Volt. Sedangkan nilai jatuh tegangan terendah terjadi pada baris yang berwarna hijau dengan ID saluran PD 0211-PDX 006 dan PD 0144-PD 0666 sebesar 0,0006 Volt. Besarnya nilai jatuh tegangan ini juga dipengaruhi oleh persentase pembebanan yang terjadi pada transformator.

Hasil analisa dari kedua nilai yang dihitung, yaitu nilai rugi-rugi daya dan nilai jatuh tegangan, didapatkan bahwa keduanya masih berada di bawah nilai yang ditentukan oleh PLN (SPLN 1:1995). Untuk tegangan sistem 20 kV batas toleransi yang ditetapkan pada SPLN 1:1995 adalah +5% maksimum dan -10% minimum dari tegangan sistem.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa nilai rugi-rugi daya dan jatuh tegangan yang terjadi di penyulang Padjajaran masih berada dalam batas toleransi standar yang ditetapkan oleh PT. PLN (Persero) yaitu sebesar 1,3%. Besarnya nilai rugi-rugi daya dan jatuh tegangan yang terjadi di pengaruhi oleh beberapa factor, antara lain : panjang saluran, jenis penghantar (material) dan diameter penampang penghantar. Makin panjang saluran yang dilalui oleh arus dan makin besar penampang penghantar akan makin memperbesar nilai jatuh tegangan dan rugi-rugi daya yang terjadi. Sedangkan jenis atau material juga mempengaruhi nilai tahanan jenis yang akan mempengaruhi nilai perhitungan dari rugi-rugi daya dan jatuh tegangan. Untuk itu diperlukan pertimbangan yang cermat untuk memilih jenis penghantar, juga perlu diperhitungkan persentase pembebanan pada masing-masing transformator agar tidak memberatkan dan memperkecil jatuh tegangan di ujung terima. Untuk memperbaiki nilai jatuh tegangan dapat dilakukan melalui pemilihan luas penampang penghantar yang akan digunakan pada saluran penyulang ataupun saluran Distribusi Jaringan Tegangan Menengah.

DAFTAR PUSTAKA

- Hariyadi, Shahlan. (2017). Analisis Rugi-Rugi Daya dan Jatuh Tegangan pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 kV pada Gardu Induk Palur - Masaran. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Kai, D., Wei, L., Yuchuan, H., Yuchuan, H., Pan, H., & Yimin, Q. (2019, 15-17 March 2019). Power Quality Comprehensive Evaluation for Low-Voltage DC

Power Distribution System. Paper presented at the 2019 IEEE 3rd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC).

L, Chenyi, X, L. E. I., H, Shuilian, Z, Hengdong, & F, Xiaobo. (2018, 17-19 Sept. 2018). Research of Comprehensive Application of Intelligent Low-Voltage Power Distribution Units in Improving Power Quality. Paper presented at the 2018 China International Conference on Electricity Distribution (CICED).

PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN), Persero. (1995). Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) Tegangan-Tegangan Standar. 1(1995). Jakarta: PT. PLN (Persero).

Rifai, Utomo, S. B., Haddin, M. (2019, 18 Oktober 2019). Analisis Perhitungan Rugi-Rugi Daya pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 kV Gardu Induk Tambak Lorok - Bawen dengan menggunakan ETAP 12.6.0. Paper presented at the Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) 2, Semarang.

2019 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon).

Suslov, K., Solonina, N., & Gerasimov, D. (2018, 13-16 May 2018). Assessment of an impact of power supply participants on power quality. Paper presented at the 2018 18th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP).

Wu, Z., Ni, X., Wu, G., Shi, J., Liu, H., & Hou, Y. (2018, 6-8 Nov. 2018). Comprehensive Evaluation of Power Supply Quality for Power Sale Companies Considering Customized Service. Paper presented at the 2018 International Conference on Power System Technology (POWERCON).

Gambar lampiran : diagram satu garis Penyulang Padjajaran

