

ANALISIS KINERJA SISTEM KELISTRIKAN UNIVERSITAS LANCANG KUNING

Abrar Tanjung

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning

E-mail : abrar@unilak.ac.id

Abstrak

Untuk menyalurkan kebutuhan tenaga listrik tersebut dari produsen listrik ke konsumen diperlukan suatu jaringan dan gardu distribusi. Berdasarkan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000 dan Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN), sistem dapat dikatakan efektif bila drop tegangannya tidak melebihi 5% dari tegangan nominal dan rugi-rugi daya tidak melebihi 10% dari total daya yang disalurkan.

Sistem kelistrikan di Universitas Lancang Kuning perlu memperhatikan besar penampang penghantar dan tahanan penghantar yang digunakan untuk memperkecil rugi-rugi daya dan jatuh tegangan. Keandalan dari sistem penyaluran daya listrik ditentukan oleh upaya-upaya untuk memperkecil rugi-rugi daya dan jatuh tegangan yang timbul pada sistem kelistrikan. Rugi-rugi daya dan jatuh tegangan mempengaruhi kemampuan penyaluran daya, baik yang terjadi akibat panjang saluran penghantar antara transformator dengan gedung-gedung sebagai pemakai beban, gangguan pada sistem kelistrikan. Penelitian ini bertujuan untuk analisis penghitungan drop tegangan, beban lebih dan rugi-rugi daya serta keseimbangan beban pada Universitas Lancang Kuning.

Hasil analisa dan perhitungan sistem kelistrikan Universitas Lancang Kuning diperoleh rugi-rugi daya total sebesar 23,5 kW dan tegangan terendah (*voltage drop*) tiga fasa terjadi pada gedung Fakultas Hukum sebesar 237, 5 volt serta ketidakseimbangan beban sebesar fasa R = 199,15 Amper ; fasa S = 154,05 Amper ; dan fasa T = 121,6 Amper

Kata Kunci : jatuh tegangan, rugi-rugi daya, Sistem kelistrikan

Abstract

To distribute the electrical power needs of electricity producers to consumers required a distribution network and substations. Based on General Requirements for Electrical Installations (PUIL) 2000 and Standard State Electricity Company (SPLN), the system can be said to be effective if the voltage drop does not exceed 5 % of the nominal voltage and power loss does not exceed 10 % of the total power supplied

The electrical system at the University of Lancang Kuning need to pay attention to large cross-section conductor and conductor prisoners are used to minimize power loss and voltage drop. The reliability of the electrical power distribution system is determined by efforts to minimize power loss and voltage drop occurs in the electrical system. Power loss and voltage drop affects the power distribution capabilities, both of which result from pengahantar channel length between the transformer with the buildings as user load, interference with electrical systems. This study aimed to analyze the voltage drop calculation, over load and power losses and balance the load on the Lancang Kuning University.

Results of analysis and calculation of electrical systems Lancang Kuning University gained power loss total of 23.5 kW and low voltage three phase occurred in the law school of 237, 5 volts and load imbalance of the phase R = 199.15 Amper ; Amper phase S = 154.05; and phase T = 121.6 Amper

Keywords: *electrical system, power losses, voltage drop*

1. Pendahuluan

“Hasil optimasi aliran daya yang dilakukan pada sistem kelistrikan Bali dengan meminimalkan biaya pembangkitan didapat penurunan *Fuel Cost* sebesar Rp.119,940,584.11 selama satu jam pada saat beban puncak malam Sehingga dapat disimpulkan hasil dari metode optimasi aliran daya cukup memuaskan dan dapat digunakan untuk analisa optimasi pada sistem kelistrikan Bali “ [6].

“Penggunaan energi listrik dan utilitas listrik di sebuah gedung harus mematuhi peraturan dan memenuhi standar minimum yang ditentukan. Semarang kota sebagai besar di

Indonesia memiliki banyak bangunan dengan berbagai fungsi. Bangunan-bangunan ini harus memberikan rasa aman dan kenyamanan bagi pengguna dan lingkungan terhadap penggunaan utilitas listrik. Hal ini diperlukan untuk menilai tingkat keandalan bangunan utilitas bertingkat listrik di kota Semarang " [7].

Kebutuhan tenaga listrik untuk rumah tangga maupun industri di Indonesia umumnya selalu menunjukkan gejala yang meningkat. Hal ini tidak bisa dipungkiri lagi, karena tenaga listrik merupakan bentuk energi yang sangat menguntungkan dan sangat membantu manusia dalam menyelenggarakan kehidupannya. Universitas Lancang Kuning merupakan suatu lembaga pendidikan yang memiliki beberapa fakultas yang mempunyai kegiatan administrasi dan belajar mengajar, yang menggunakan peralatan listrik. Penelitian ini dilakukan untuk membahas tentang pemakaian energi listrik di Universitas Lancang Kuning yang sesuai dengan kapasitas transformator yang terpasang, keseimbangan beban, rugi-rugi daya dan drop tegangan. Penambahan gedung fakultas dan ruang kuliah merupakan faktor utama terjadinya gangguan kinerja sistem kelistrikan di Universitas Lancang Kuning.

Dalam penyaluran tenaga listrik dari sumber tenaga listrik ke konsumen yang letaknya berjauhan akan mengalami terjadinya kerugian berupa rugi-rugi daya dan rugi tegangan. Besarnya rugi-rugi daya dan rugi tegangan pada sistem kelistrikan bergantung dari banyak parameter seperti jenis dan panjang saluran penghantar, kapasitas trafo, tipe beban, faktor daya, dan besarnya jumlah daya yang terpasang serta banyaknya pemakaian beban.

2. Metodologi Penelitian

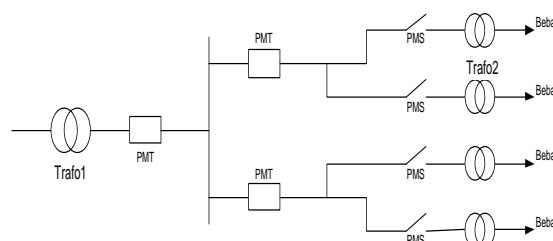
2.1 Sistem Distribusi

Sistem distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan disuplai tenaga listrik sampai pada ujung akhir saluran. Pada pengoperasiannya, sistem distribusi primer ini akan dibebani sampai batas kapasitas maksimum, sejalan dengan pertumbuhan beban. Batas maksimum pembebanan ditentukan oleh kemampuan hantaran arus dari saluran, kapasitas transformator dan jatuh tegangan maksimum yang diizinkan antara sisi kirim dan ujung akhir saluran. Bila dilihat dari bentuk konfigurasi jaringannya, distribusi primer dapat dibedakan dalam beberapa jenis. Jenis-jenis ini dimaksudkan untuk lebih meningkatkan kehandalan dan mengurangi kemungkinan terjadinya gangguan-gangguan penyaluran tenaga listrik kepada konsumen [1].

Untuk mendapatkan mutu dan kehandalan yang tinggi pada sistem distribusi tenaga listrik, ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan [2], yaitu :

1. Regulasi tegangan (*Voltage Regulation*), yaitu variasi tegangan pelayanan (tegangan terminal konsumen) harus dalam batas-batas yang diizinkan.
2. Kontinuitas pelayanan, yaitu tidak sering terjadi pemutusan pelayanan listrik karena gangguan dan walaupun terjadi dapat cepat diatasi.
3. Efisiensi, yaitu menekan serendah mungkin rugi-rugi teknis dengan pemilihan peralatan dan pengoperasian yang baik dan juga menekan rugi-rugi non teknis dengan mencegah kesalahan pengukuran.

Saluran distribusi adalah saluran yang menghubungkan gardu induk dengan konsumen, terdiri atas saluran distribusi *primer* dengan Tegangan Menengah (TM) dan saluran distribusi *sekunder* dengan Tegangan Rendah (TR). Ketiga adalah saluran yang disebut instalasi pemanfaatan, yaitu saluran yang menghubungkan sumber tenaga listrik dengan peralatan pemanfaatan tenaga listrik [2]. Gambar 1 memperlihatkan sistem distribusi.



Gambar 1. Single Line Sistem Distribusi

Keterangan:

GI : gardu induk PMT : pemutus
PMS : pemisah Trafo1 : transformator distribusi
Trafo2 : transformator beban

2.2 Pengoperasian Sistem Distribusi

Pengoperasian dari jaringan distribusi tenaga listrik membutuhkan analisis yang terus menerus untuk menilai keberhasilan suatu sistem dan untuk menekan keefektifan rencana yang lain pada pengembangan sistem. Analisis ini menggunakan perhitungan tegangan dan arus rangkaian pada kondisi-kondisi tertentu. Pada pengoperasian jaringan distribusi tenaga listrik menimbulkan rugi-rugi daya yang terdiri dari rugi-rugi pada saluran distribusi, rugi-rugi pada transformator distribusi, meter-meter dan juga penurunan tegangan atau susut tegangan [4].

2.3 Transformator

Transformator adalah suatu alat yang digunakan untuk mentransformasi tegangan yaitu menaikkan tegangan (*step up transformer*) dan menurunkan tegangan (*step down transformer*). Daya semu (kVA) dari transformator distribusi berkisar antara 5 kVA sampai 1600 kVA [8].

Prinsip kerja transformator adalah :

- Sumber arus AC diberikan pada kumparan primer sehingga terjadi fluks yang berubah sesuai arus yang masuk
- Perubahan *fluks* mengalir pada inti besi dan menginduksikan kumparan sekunder
- Kumparan sekunder terinduksi fluks akan menimbulkan tegangan induksi, dan jika dibebani akan mengalir induksi.

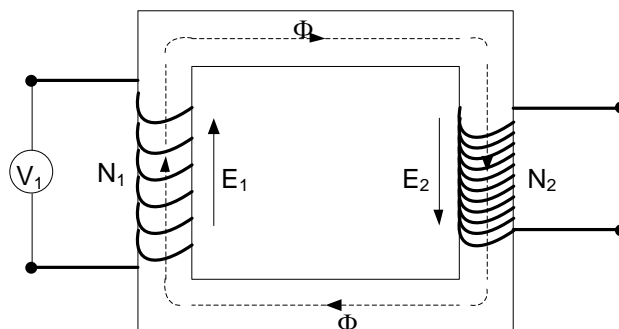
Transformator dibagi dalam beberapa jenis antara lain :

a. Transformator Daya

Transformator daya adalah komponen yang paling utama dalam sebuah gardu induk atau pembangkit, fungsinya untuk mentransformasikan arus dan tegangan pada nilai daya dan frekuensi yang tetap, yaitu menerima tegangan tinggi atau ekstra tinggi pada sisi primer lalu merubahnya menjadi tegangan menengah dan menyalurkannya ke beban (trafo daya *step down*). Atau menerima tegangan menengah pada sisi primer lalu merubahnya menjadi tegangan tinggi atau ekstra tinggi dan menyalurkannya ke sistem transmisi (trafo daya *step up*).

b. Transformator Distribusi

Secara umum, transformator distribusi berfungsi untuk menurunkan sistem tegangan primer dari 6-20 kV ke tegangan pemakaian 110/220 V, 220/380 V (di Indonesia). Kerja transformator yang berdasarkan induksi elektromagnet menghendaki adanya gandengan magnet antara rangkaian/kumparan primer dan sekunder. Gandengan magnet ini berupa tipe inti dan tipe cangkang. Kumparan berfungsi untuk menghasilkan fluksi medan magnet dan menghasilkan tegangan induksi. Sedangkan fungsi inti adalah untuk mengalirkan fluksi yang dihasilkan oleh kumparan primer. Inti trafo biasanya terbuat dari bahan baja berupa susunan lempengan baja tipis. Penyusunan inti trafo dari lempengan baja tipis dimaksudkan untuk mengurangi pengaruh rugi inti dan rugi histerisis.



Gambar 2. Konstruksi dasar Transformator

Bila kumparan primer dengan N_1 -lilitan diberi tegangan bolak-balik V_1 , maka pada kumparan tersebut mengalir arus I_1 dan menimbulkan fluksi medan listrik (Φ) bolak-balik. Fluksi yang dihasilkan oleh kumparan primer ini mengalir pada inti trafo. Saat fluksi mengalir melewati atau memotong kumparan primer, maka sesuai dengan Hukum Faraday pada kumparan primer timbul Gaya Gerak Listrik (GGL) atau tegangan induksi (E_1).

2.4. Tahanan

Tiap konduktor memberi perlawanan atau tahanan terhadap mengalirnya arus listrik dan hal ini dinamakan resistensi. Resistensi atau tahanan dari suatu konduktor (kawat penghantar) diberikan oleh [4] :

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad \text{Ohm} \quad (2.1)$$

Keterangan :

- R = Resistansi (Ohm)
- ρ = Resistivitas (tahanan jenis penghantar)
- l = Panjang kawat (meter)
- A = Luas penampang kawat (mm^2)

2.5 Rugi-Rugi Daya

Dalam penyediaan tenaga listrik, disyaratkan suatu level standar tertentu untuk menentukan kualitas tegangan pelayanan. Rugi-rugi daya adalah besarnya daya yang hilang pada suatu jaringan, yang besarnya sama dengan daya yang disalurkan dari sumber dikurangi besarnya daya yang diterima pada perlengkapan hubungan bagian utama. Besarnya rugi-rugi daya satu fasa dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut [4] :

$$\Delta P = I^2 \times R \quad (\text{Watt}) \quad (2.2)$$

Keterangan :

- ΔP = Rugi daya pada jaringan (Watt)
- I = Arus beban pada jaringan (Ampere)
- R = Tahanan murni (Ohm)

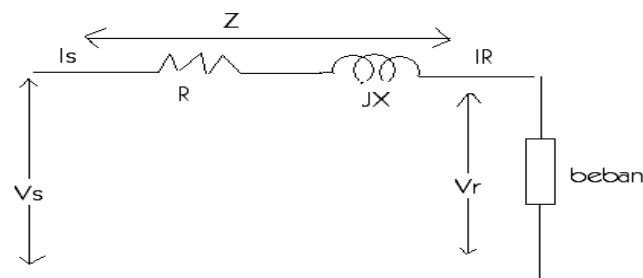
Besar rugi-rugi daya pada jaringan tergantung pada besarnya tahanan dan arus beban pada jaringan tersebut. Untuk mengetahui besar rugi-rugi daya pada jaringan tiga fasa dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta P = 3 \times I^2 \times R \quad (\text{Watt}) \quad (2.3)$$

2.6 Jatuh Tegangan (Voltage Drop)

Terjadinya jatuh tegangan pada saluran disuatu lokasi adalah disebabkan oleh bagian yang berbeda tegangan didalam suatu sistem daya tersebut dan juga dipengaruhi oleh resistansi, reaktansi, dan impedansi pada saluran. Jatuh tegangan pada saluran adalah selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman dengan tegangan pada ujung penerimaan tenaga listrik [5].

Berdasarkan rangkaian ekuivalen saluran distribusi Gambar 3, jika ada arus yang mengalir melalui saluran distribusi maka akan terjadi penurunan tegangan sepanjang saluran. Dengan demikian tegangan pada pusat beban tidak sama besar dengan tegangan ujung saluran.



Gambar 3. Rangkaian Ekuivalen Sistem Distrbusi

Penurunan tegangan terdiri dari dua komponen :

- a. $I.R_s$ yaitu rugi-rugi tegangan akibat tahanan saluran
- b. $I.X_l$ yaitu rugi-rugi tegangan akibat reaktansi induktif saluran

Besarnya rugi tegangan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\Delta V = I.R \cos \varphi + I.X \sin \varphi$$

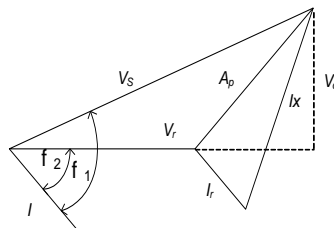
$$\Delta V = I \times R$$

(2.5)

keterangan :

- ΔV = Jatuh tegangan (Volt)
- I = Arus yang mengalir (Amper)
- R = Tahanan saluran (Ohm)
- X = Reaktansi (Ohm)
- φ = Sudut dari faktor daya beban
- $Z = R + jX$ = impedansi saluran

Pada saluran arus bolak-balik besarnya jatuh tegangan tergantung dari impedansi saluran serta beban dan faktor daya. Untuk jarak yang dekat jatuh tegangan tidak begitu berarti. Perhitungan jatuh tegangan yang diperlukan tidak hanya untuk peralatan sistem saja namun juga untuk dapat menjamin tegangan terpasang yang dapat dipertahankan dalam batas-batas yang layak. Oleh karena itu perlu diketahui hubungan fasor antar tegangan dan arus serta reaktansi dan resistansi pada perhitungan yang akurat. Hubungan dengan diagram fasor antara tegangan pada sisi pengirim dari sebuah rangkaian dan jatuh tegangan pada ujung penerima ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Fasor hubungan tegangan dengan R dan X

Selanjutnya rumus jatuh tegangan dan rumus tegangan pada sisi pengiriman (V_s) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_s &= V_r + I R \cos \Phi + I X \sin \Phi \\ &= V_r + I \times Z \end{aligned}$$

(2.6)

keterangan :

- V_s = Tegangan kirim (Volt)
- V_r = Tegangan terima (Volt)
- I = Arus yang mengalir (Amper)
- R = Tahanan saluran (Ohm)
- X = Reaktansi saluran (Ohm)
- Φ = Sudut dari faktor daya beban

2.7 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan survey lapangan pada lingkungan Universitas Lancang Kuning.

a. Teknik Pengumpulan Data

Mengumpulkan data primer dari hasil survey pada tiap-tiap gedung fakultas dan gedung-gedung lainnya serta dan gambaran sistem kelistrikan yang terdapat di lingkungan Universitas Lancang Kuning. Wawancara dengan cara melakukan pembicara langsung dengan pihak terkait seperti operator listrik dan pihak fakultas untuk memperoleh berbagai informasi dan masukan yang berguna tentang apa yang dilakukan berkaitan dengan penggunaan atau pemakaian daya listrik di Universitas Lancang Kuning.

b. Analisis Data

Data yang diperoleh dari survey dilapangan digunakan untuk melakukan perhitungan dan analisa tentang pemakaian energi atau daya listrik sesuai dengan kapasitas transformator, keseimbangan beban, dan drop tegangan serta rugi-rugi daya pada sistem kelistrikan di Universitas lancang Kuning.

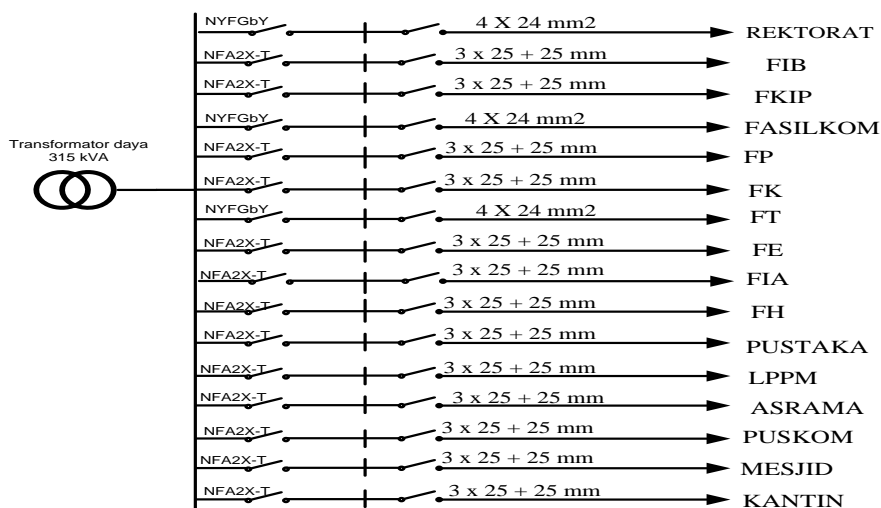
c. Referensi

Mengumpulkan referensi dari berbagai literatur yang diperlukan atau yang terkait untuk melakukan perhitungan dan analisa.

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Sistem Kelistrikan Di Universitas Lancang Kuning

Universitas Lancang Kuning merupakan lembaga pendidikan yang mempunyai beberapa gedung fakultas, gedung rektorat, gedung perpustakaan, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM), Pusat komputer, Masjid dan Asrama mahasiswa. Gedung-gedung tersebut disupplay oleh satu transformator yang dibantu oleh pihak PT. PLN (Persero) cabang Pekanbaru. Adapun tegangan primer transformator sebesar 20 kV dan tegangan sekunder yang dipakai adalah tegangan tiga fasa 330 volt dan tegangan satu fasa 220 volt. Sistem kelistrikan di Universitas Lancang Kuning ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Sistem Kelistrikan Universitas Lancang Kuning

3.2 Data dan Objek Pembahasan.

Pada penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2015 dengan melakukan survey lapangan untuk mendapatkan data-data primer tentang sistem kelistrikan di Universitas Lancang Kuning. Dari hasil survey penelitian di lapangan diperoleh data pemakaian beban pada masing-masing gedung fakultas dan gedung-grdung di Universitas Lancang Kuning.

Tabel 1 Data Pemakaian Beban Di Universitas Lancang Kuning.

| No | Nama Gedung | Beban (A) | | | | Ket |
|----|------------------------|-----------|------|------|-------|-----|
| | | R | S | T | Total | |
| 1 | Rektorat | 25,1 | 21,2 | 18 | 64,3 | |
| 2 | Fakultas Ilmu Budaya | 6,7 | 1,1 | 0,3 | 8,1 | |
| 3 | Fakultas KIP | 8,2 | 5,12 | 2,6 | 15,92 | |
| 4 | Fakultas Ilmu Komputer | 8,3 | 16,2 | 7,1 | 31,6 | |
| 5 | Fakultas Pertanian | 20,1 | 15,2 | 11,8 | 47,1 | |
| 6 | Fakultas Kehutanan | 1,28 | 1,2 | 0,2 | 2,68 | |

| | | | | | | |
|--------------|----------------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--|
| 7 | Fakultas Teknik | 35,3 | 15,6 | 18,2 | 69,1 | |
| 8 | Fakultas Ekonomi | 19,1 | 24,2 | 22,5 | 65,8 | |
| 9 | Fakultas Ilmu Administrasi | 14,6 | 16,1 | 23,2 | 53,9 | |
| 10 | Fakultas Hukum | 67,5 | 30,4 | 20,9 | 118,8 | |
| 11 | Perpustakaan | 15,7 | 6,1 | 8,3 | 30,1 | |
| 12 | LPPM | 1,1 | 0,5 | 0,1 | 1,7 | |
| 13 | Puskom | 5,8 | 3,2 | 4,8 | 13,8 | |
| 14 | Asrama Mahasiswa | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 1,1 | |
| 15 | Mesjid Kampus | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | |
| 16 | Kantin | 5,9 | 4,2 | 1,2 | 11,3 | |
| Total | | 235,28 | 160,82 | 139,5 | 535,6 | |

3.3 Menghitung Drop Tegangan

Berdasarkan data tabel 1 dan 2 dapat dilakukan perhitungan drop tegangan pada saat beban normal dan beban puncak menggunakan persamaan 2.5 diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Delta V &= I \times R \\ &= (59,5) \times 0,09 \\ &= 5,36 \text{ volt}\end{aligned}$$

Hasil perhitungan drop tegangan untuk gedung selanjutnya ditunjukkan pada tabel 2.

3.4 Menghitung Rugi-Rugi Daya

Berdasarkan tabel 1 dapat dihitung rugi-rugi daya pada gedung rektorat menggunakan persamaan 2.3.

$$\begin{aligned}\Delta P &= 3 \times I^2 \times R \quad (\text{Watt}) \\ &= 3 \times (59,5)^2 \times 0,76 \\ &= 955,87 \text{ watt} \\ &= 0,956 \text{ kWatt}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan rugi-rugi daya untuk gedung selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 2 Drop Tegangan Universitas Lancang Kuning

| NO | Gedung | Tegangan Terima (Vs) |
|-----|----------------------------|----------------------|
| 1. | Rektorat | 374,21 |
| 2. | Fakultas Ilmu Budaya | 377,81 |
| 3. | Fakultas KIP | 378,73 |
| 4. | Fakultas Ilmu Komputer | 376,21 |
| 5. | Fakultas Pertanian | 374,55 |
| 6. | Fakultas Kehutanan | 379,2 |
| 7. | Fakultas Teknik | 355,12 |
| 8. | Fakultas Ekonomi | 352,36 |
| 9. | Fakultas Ilmu Administrasi | 354,13 |
| 10. | Fakultas Hukum | 237,44 |
| 11. | Perpustakaan | 370,97 |
| 12. | LPPM | 379,49 |
| 13. | Puskom | 375,86 |
| 14. | Asrama Mahasiswa | 378,94 |
| 15. | Mesjid Kampus | 379,77 |
| 16. | Kantin | 215,93 |

Tabel 3 Rugi-Rugi Daya Universitas Lancang Kuning

| No | Gedung | Rugi-Rugi Daya (kW) |
|--------------|-----------------------------------|---------------------|
| 1. | Rektorat | 1,116 |
| 2. | Fakultas Ilmu Budaya | 0,053 |
| 3. | Fakultas Keguruan Ilmu Pendidikan | 0,061 |
| 4. | Fakultas Ilmu Komputer | 0,360 |
| 5. | Fakultas Pertanian | 0,799 |
| 6. | Fakultas Kehutanan | 0,007 |
| 7. | Fakultas Teknik | 5,157 |
| 8. | Fakultas Ekonomi | 5,455 |
| 9. | Fakultas Ilmu Administrasi | 4,184 |
| 10. | Fakultas Hukum | 5,081 |
| 11. | Perpustakaan | 0,815 |
| 12. | LPPM | 0,003 |
| 13. | Puskom | 0,171 |
| 14. | Asrama Mahasiswa | 0,004 |
| 15. | Mesjid Kampus | 0,001 |
| 16. | Kantin | 0,138 |
| Total | | 23,405 |

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Besar tegangan terendah tiga fasa pada gedung fakultas Hukum Universitas Lancang Kuning sebesar 237,5 volt:
2. Rugi-rugi daya total gedung Universitas Lancang Kuning sebesar 23,405 kW
3. Penggunaan beban listrik yang terdapat pada gedung Universitas Lancang Kuning terjadi ketidak seimbangan beban sebesar fasa R = 199,15 Amper, fasa S = 154,05 Amper dan fasa T = 121,6 Amper

Referensi

- [1] Kadir Abdul, 2000, " *Transformator* ", PT. Elex Komputindo Kelompok Gramedia Jakarta.
- [2] Kadir Abdul, 2000, " *Distribusi dan Utilasi* ", Universitas Indonesia.
- [3] Marsudi, Djiteng, 2006, " *Operasi Sistem Tenaga Listrik* ", Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [4] Muhaimin, 2000, " *Bahan – bahan Listrik* ", PT. Pradya Paramita.
- [5] Stevenson, William Jr. D, 1983., " *Analisa Sistem Tenaga Listrik* ", Edisi Ke – 4, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [6] Eris Meilandri, 2012, " *Analisa Aliran Daya Optimal Pada Sistem Kelistrikan Bali* ", Vol 11, No 1, *JURNAL TEKNOLOGI ELEKTRO*, Bali.
- [7] Suyono, 2011, " *Tingkat Keandalan Utilitas Kelistrikan Bangunan Gedung Bertingkat Di Kota Semarang* ", ISSN 1979-7451, Media Elekrika, Vol. 4 No. 1, Semarang.
- [8] Soebagio, 2012, " *Transformator* ", ITS press, Surabaya.