

Analisis Kinerja Sistem Kelistrikan Akibat Penambahan Gedung Fakultas Keguruan Ilmu Pendidikan Universitas Lancang Kuning

Abrar Tanjung

Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro, Universitas Lancang Kuning

Jl. Yos Sudarso Km 08 Rumbai

E-mail: abrar@unilak.ac.id

ABSTRAK

Universitas Lancang Kuning merupakan suatu lembaga pendidikan yang memiliki beberapa fakultas yang mempunyai kegiatan administrasi dan belajar mengajar, yang menggunakan peralatan listrik. Pemakaian beban listrik juga banyak dipakai dalam pemasangan lampu penerangan dan peralatan-peralatan listrik lainnya. Seperti penggunaan infokus dalam perkuliahan, penggunaan lampu penerangan setiap ruangan, penerangan jalan dan pemakaian peralatan kantor yang juga menggunakan energi listrik. Penambahan pembangunan Gedung Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) yang baru merupakan faktor dari akibat bertambahnya beban pemakaian energi listrik yang ada di Unilak. Berdasarkan hasil perhitungan rugi-rugi daya total sebesar 41.476 watt atau 41,476 kW dan tegangan terendah sebesar 236,60 volt di fakultas Hukum, total jatuh tegangan 278,75 volt dan ketidak seimbangan beban pada fasa R sebesar 266,52 Amper, fasa S sebesar 186,3 Amper dan fasa R sebesar 133,4 Amper. Penambahan gedung Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan dengan memasang transformator daya sebesar 60 kVA

Kata kunci: Rugi-Rugi Daya, Energi Listrik, Jatuh Tegangan

ABSTRACT

Lancang Kuning University is an educational institution that has a faculty that has administration and teaching and learning activities, the use of electrical equipment. The use of electrical load is also widely used in the installation of lighting and other electrical equipment. Such infocus use in lectures, the use of any room lighting, street lighting and the use of office equipment that also uses electrical energy. Addition Building of the Faculty of Teacher Training and Education (Guidance and Counseling) is a factor of the new ones due to the increasing burden of electrical energy consumption in Unilak. Based on the calculation of total power loss of 41 476 watts or 41.476 kW and the lowest voltage of 236.60 volts at the faculty of Law, a total of 278.75 volts and the voltage drop across the load imbalance in phase R of 266.52 Amper, S phase by 186, 3 amperes and phase R of 133.4 amperes. The addition of the building of the Faculty of Teacher Training and Education by installing a power transformer of 60 kVA.

Keywords: *Power Losses, Electrical Energy, Voltage Drop.*

Pendahuluan

Penggunaan energi listrik 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. Untuk menyalurkan kebutuhan tenaga listrik tersebut dari produsen listrik ke konsumen diperlukan suatu jaringan dan gardu distribusi. Berdasarkan Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN), sistem dapat dikatakan efektif bila drop tegangannya tidak melebihi + 5 % dan - 10 % dari tegangan nominal, rugi-rugi daya dan dari total daya yang disalurkan (3). Universitas Lancang Kuning merupakan lembaga pendidikan yang memiliki beberapa fakultas yang mempunyai kegiatan administrasi dan belajar mengajar, yang menggunakan peralatan listrik. Pemakaian beban listrik juga banyak dipakai dalam pemasangan lampu penerangan dan peralatan-peralatan listrik lainnya. Seperti penggunaan infokus dalam perkuliahan, penggunaan lampu penerangan setiap ruangan, penerangan jalan dan pemakaian peralatan kantor yang juga menggunakan energi listrik.

Penambahan pembangunan Gedung Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) yang baru merupakan faktor dari akibat bertambahnya jumlah mahasiswa yang akan belajar dan kuliah di Universitas Lancang Kuning. Penambahan gedung tersebut juga akan mengakibatkan bertambahnya beban pemakaian energi listrik yang ada di Unilak. Hal ini dikarenakan terlaksananya kegiatan belajar mengajar yang akan menggunakan peralatan dan perlengkapan listrik. Dengan bertambahnya beban pemakaian energi listrik akan mempengaruhi besar kapasitas beban yang terpasang pada transformator dan mengakibatkan terjadinya beban lebih dan rugi daya serta drop tegangan di Universitas Lancang Kuning. Penelitian ini dilakukan untuk membahas tentang Kinerja kelistrikan di Universitas Lancang Kuning. Penambahan Gedung Fakultas Keguruan Ilmu Pendidikan (FKIP) merupakan faktor utama dalam penambahan energi atau daya listrik yang akan mempengaruhi kinerja sistem kelistrikan pada kondisi eksisting.

Metode Penelitian

Dalam rangka pengisian transformator, metoda oposisi yang diuraikan di dalam Standard IEC 60076-2 telah digunakan untuk merubah beban dan faktor daya. Sensor untuk mengukur getaran dan temperatur telah rangkai di transformator. transformator berbeda beroperasi pada masing-masing kondisi. Dalam rangka memverifikasi kemampuan model untuk mendeteksi kegagalan, suatu kelainan bentuk telah disebabkan oleh lilitan transformator (1)(5). Transformator atau trafo adalah jenis mesin listrik statis yang bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik. Secara umum trafo terdiri dari trafo daya, trafo tegangan dan trafo arus. Trafo daya adalah trafo yang bisaa digunakan di gardu induk maupun gardu distribusi. Sedangkan trafo tegangan dan trafo arus adalah trafo yang digunakan untuk pengukuran dan proteksi. Transformator atau trafo adalah jenis mesin listrik

statis yang bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik. Secara umum trafo terdiri dari trafo daya, trafo tegangan dan trafo arus. Trafo daya adalah trafo yang bisa digunakan di gardu induk maupun gardu distribusi. Sedangkan trafo tegangan dan trafo arus adalah trafo yang digunakan untuk pengukuran dan proteksi (2)(5)(6).

Jenis-jenis Penghantar (*Conductor*)

Kawat penghantar adalah suatu jenis alat yang berfungsi untuk memindahkan tenaga listrik dari suatu tempat ke tempat lain. Pemasangannya dapat berupa saluran udara (*overhead lines*) ataupun saluran bawah tanah (*underground cable*). Jenis-jenis penghantar yang biasa digunakan yaitu : tembaga dengan konduktivitas 100% (CU 100%), tembaga dengan konduktivitas 97,5% (CU 97,5%) atau aluminium dengan konduktivitas 61% (Al 61%) (2).

Impedansi Saluran

Untuk perhitungan jatuh tegangan, resistansi dan reaktansi kedua konduktor perlu diperhitungkan. Kombinasi antara resistansi dan reaktansi disebut dengan impedansi yang dinyatakan dalam satuan ohm.

Impedansi dapat dihitung dengan rumus :

$$Z = R + jX \quad (1)$$

Maka :

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad \text{Ohm} \quad (2)$$

Keterangan :

Z = Impedansi saluran (Ohm)

R = Tahanan saluran (Ohm)

X = Reaktansi (Ohm)

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 :

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad \text{Ohm} \quad (3)$$

Keterangan :

R = Resistansi (Ohm)

ρ = Resistivitas (tahanan jenis penghantar)

l = Panjang kawat (meter)

A = Luas penampang kawat (mm²)

Rugi Daya pada Jaringan Distribusi

Dalam penyediaan tenaga listrik, disyaratkan suatu level standar tertentu untuk menentukan kualitas tegangan pelayanan. Secara umum ada 3 hal yang perlu dijaga kualitasnya (2), yaitu :

1. Frekwensi (50 Hz)
2. Tegangan (+ 5% dan – 10%)
3. Keandalan

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 :

$$\Delta P = I^2 \times R \quad (\text{Watt}) \quad (4)$$

Keterangan :

ΔP = Rugi daya pada jaringan (Watt)

I = Arus beban pada jaringan (Ampere)

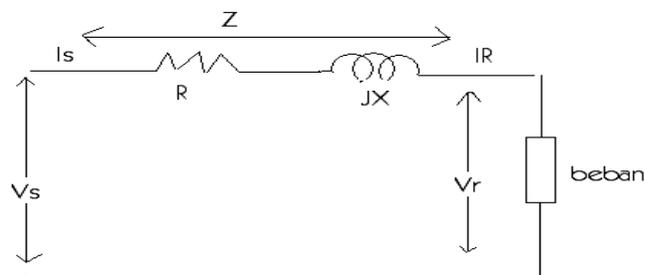
R = Tahanan murni (Ohm)

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 :

$$\Delta P = 3 \times I^2 \times R \quad (\text{Watt}) \quad (5)$$

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. Berdasarkan rangkaian ekivalen saluran distribusi Gambar 1, jika ada arus yang mengalir melalui saluran distribusi maka akan terjadi penurunan tegangan sepanjang saluran (3).



Gambar 1. Rangkaian ekivalen sistem distribusi

Penurunan tegangan terdiri dari dua komponen :

- $I.R_s$ yaitu rugi-rugi tegangan akibat tahanan saluran
- $I.X_1$ yaitu rugi-rugi tegangan akibat reaktansi induktif saluran

Besarnya rugi tegangan dapat dinyatakan sebagai berikut :

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

$$\Delta V = I x Z \quad (6)$$

keterangan :

ΔV = Jatuh tegangan (Volt)

I = Arus yang mengalir (Amper)

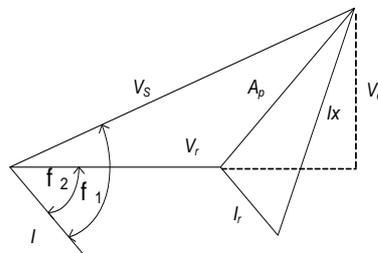
R = Tahanan saluran (Ohm)

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 2.



Gambar 2. Diagram Fasor hubungan tegangan dengan R dan X

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

$$V_s = V_r + I R \cos\Phi + I X \sin\Phi$$

$$= V_r + I x Z \quad (7)$$

keterangan :

V_s = Tegangan kirim (Volt)

V_r = Tegangan terima (Volt)

I = Arus yang mengalir (Amper)

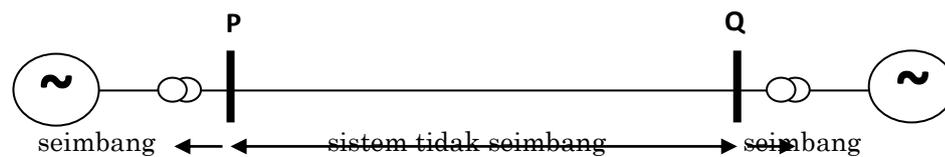
R = Tahanan saluran (Ohm)

X = Reaktansi saluran (Ohm)

Φ = Sudut dari faktor daya beban

Ketidakseimbangan Sistem

Sistem tidak seimbang merupakan tegangan-tegangan dan arus-arus tidak seimbang pada keadaan kerja normal, hal ini berarti walaupun tegangan generator simetris tetapi arus tidak seimbang. Dalam hal ini suatu arus urutan akan menimbulkan jatuh tegangan dari semua urutan bersama-sama. Pada sistem satu garis bagian yang tidak seimbang yaitu antara titik P dan titik Q dapat ditunjukkan pada gambar 3 (6).



Gambar 3. Diagram satu garis sistem pada bagian yang tidak simetris

Tiga fasa seimbang jika :

- a. besar arus atau tegangan sama besar
- b. beda fasa sebesar 120°

Untuk sistem 3 fasa seimbang berlaku hubungan seperti persamaan 8.

$$I_n = I_R + I_S + I_T = 0 \quad (8)$$

Ketidakseimbangan arus atau tegangan dapat terjadi jika :

- a. impedansi pada ketiga fasa tidak sama
- b. beban pada ketiga fasa tidak sama

Bila beban dari fasa banyak seimbang merupakan beban dimana arus yang mengalir pada beban-beban simetris dan beban seperti ini biasanya diasumsikan dipasok oleh tegangan yang simetris. Dengan demikian analisisnya dapat dilakukan pada basis per fasa saja. Dalam hal ini beban selalu diasumsikan seimbang setiap phasanya, sedangkan pada kenyataannya beban-beban tersebut tidak seimbang

Hasil dan Pembahasan

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 disupply 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 380 volt dan tegangan satu fasa 220 volt.

2. Data dan Objek Pembahasan.

Pada penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2019 dengan melakukan survey lapangan untuk mendapatkan data-data primer serta gambaran umum tentang kelistrikan di Universitas Lancang Kuning. Dari hasil survey penelitian di lapangan diperoleh data pemakaian beban pada masing-masing gedung fakultas dan gedung rektorat.

Tabel 1. Data pemakaian beban di Universitas Lancang Kuning

No	Nama Gedung	Beban (A)			Total Beban (A)
		R	S	T	
1	Rektorat	35,6	24,5	30,5	90,6
2	Fakultas Ilmu Budaya	7,2	2,6	1,6	11,4
3	Fakultas KIP	9,3	6,9	3,2	19,4
4	Fakultas Ilmu Komputer	12,6	20,8	8,4	41,8
5	Fakultas Pertanian	23,2	16,4	12,7	52,3
6	Fakultas Kehutanan	1,92	1,9	0,8	4,62
7	Fakultas Teknik	37,6	18,7	18,2	74,5
8	Fakultas Ekonomi	20,5	25,8	21,4	67,7
9	Fakultas Ilmu Administrasi	16,3	17,2	22,8	33,5
10	Fakultas Hukum	68,1	32,1	19,3	119,5
11	Perpustakaan	16,9	7,3	7,8	32
12	LPPM	1,8	1,2	0,6	3,6
13	Puskom	6,5	3,5	5,2	15,2
14	Asrama Mahasiswa	2,3	1,2	0,4	3,9
15	Mesjid Kampus	0,4	0,9	0,5	1,8
16	Kantin	6,3	5,3	2,8	14,4
Total		266,52	186,3	133,4	586,22

3. Data Pemakaian Daya

Penggunaan kabel yang dipasang pada sistem kelistrikan di Universitas Lancang Kuning ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi kabel Universitas Lancang Kuning

No	Nama Gedung	Jenis kabel	Luas Penampang (mm ²)	Tahanan (ohm)	Impedansi (R+jX) (ohm/km)	Panjang (m)
1.	Rektorat	NYFGbY	4 X 25	0,76	0,09	120
2.	Fak. Ilmu Budaya	NFA2X-T	3 X 25 + 25	1,2	0,14	100
3.	Fakultas KIP	NFA2X-T	3 X 25 + 25	1,2	0,14	100
4.	Fak. Ilmu Komputer	NYFGbY	4 X 25	0,76	0,06	100
5.	Fakultas Pertanian	NFA2X-T	3 X 25 + 25	1,2	0,30	250
6.	Fakultas Kehutanan	NFA2X-T	3 X 25 + 25	1,2	0,36	300
7.	Fakultas Teknik	NYFGbY	4 X 25	0,76	0,27	350
8.	Fakultas Ekonomi	NFA2X-T	3 X 25 + 25	1,2	0,50	350
9.	Fak. Ilmu	NFA2X-T	3 X 25 + 25	1,2	0,58	400

	Administrasi					
10.	Fakultas Hukum	NFA2X-T	3 X 25 + 25	1,2	1,20	1000
11.	Perpustakaan	NFA2X-T	3 X 25 + 25	1,2	0,36	250
12.	LPPM	NFA2X-T	3 X 25 + 25	1,2	0,36	250
13.	Puskom	NFA2X-T	3 X 25 + 25	1,2	0,36	250
14.	Asrama Mahasiswa	NFA2X-T	3 X 25 + 25	1,2	1,15	800
15.	Mesjid Kampus	NFA2X-T	3 X 25 + 25	1,2	0,94	650
16.	Kantin	NFA2X-T	3 X 25 + 25	1,2	0,36	300

4. Menghitung Jatuh Tegangan

Berdasarkan data Tabel 1 dapat dilakukan perhitungan drop tegangan diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Delta V &= I \times Z \\ &= (90,6) \times 0,09 \\ &= 8,15 \text{ volt}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka tegangan diperoleh} &= 380 - 8,15 \\ &= 371,85 \text{ volt}\end{aligned}$$

Hasil perhitungan jatuh tegangan untuk gedung selanjutnya ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan jatuh tegangan dan tegangan terendah di Universitas Lancang Kuning

No	Nama Gedung	Tegangan (volt)	
		Jatuh Tegangan (ΔV)	Tegangan Terendah (Vs)
1.	Rektorat	8,26	371,74
2.	Fakultas Ilmu Budaya	1,64	378,36
3.	Fakultas KIP	2,79	377,21
4.	Fakultas Ilmu Komputer	2,41	377,59
5.	Fakultas Pertanian	15,69	364,31
6.	Fakultas Kehutanan	1,66	378,34
7.	Fakultas Teknik	19,82	360,18
8.	Fakultas Ekonomi	34,12	345,88
9.	Fakultas Ilmu Administrasi	19,30	360,70
10.	Fakultas Hukum	143,40	236,60
11.	Perpustakaan	11,52	368,48
12.	LPPM	1,30	378,70
13.	Puskom	5,47	374,53
14.	Asrama Mahasiswa	4,49	375,51
15.	Mesjid Kampus	1,68	378,32
16.	Kantin	5,18	374,82
Jumlah Total		278,75	

5. Menghitung Rugi-Rugi Daya

Berdasarkan Tabel 1 dapat dihitung rugi-rugi daya pada gedung rektorat:

$$\begin{aligned}\Delta P &= I^2 \times R \text{ (Watt)} \\ &= (90,6)^2 \times 0,76 \\ &= 6238 \text{ watt} \\ &= 6,238 \text{ kWatt}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan rugi-rugi daya untuk gedung selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5. Rugi daya Universitas Lancang Kuning

No	Nama Gedung	Rugi Daya (ΔP) (watt)
1.	Rektorat	6238
2.	Fakultas Ilmu Budaya	156
3.	Fakultas KIP	452
4.	Fakultas Ilmu Komputer	1328
5.	Fakultas Pertanian	3282
6.	Fakultas Kehutanan	26
7.	Fakultas Teknik	4218
8.	Fakultas Ekonomi	5500
9.	Fakultas Ilmu Administrasi	1347
10.	Fakultas Hukum	17136
11.	Perpustakaan	1229
12.	LPPM	16
13.	Puskom	277
14.	Asrama Mahasiswa	18
15.	Mesjid Kampus	4
16.	Kantin	249
Total		41476

Berdasarkan hasil perhitungan rugi-rugi daya total sebesar 41476 watt atau 41,476 kW dan tegangan terendah, jatuh tegangan dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil perhitungan

No	Nama Gedung	Tegangan (volt)		
		Jatuh Tegangan (ΔV)	Tegangan Terendah (Vs)	Rugi Daya (ΔP)
1.	Fakultas Teknik	19,82	360,18	4218
2.	Fakultas Ekonomi	34,12	345,88	5500
3.	Fakultas Ilmu Administrasi	19,30	360,70	1347
4.	Fakultas Hukum	143,40	236,60	17136

Pemakaian beban dilingkungan Universitas Lancang Kuning terjadi ketidak seimbangan beban pada masing-masing phasa R sebesar 266,52 Amper, phasa S sebesar 186,3 Amper dan phasa T sebesar 133, 4 Amper, sehingga jumlah total pemakaian beban sebesar 586,22 Amper.

Pemasangan energi listrik di gedung FKIP dipakai melebihi pemakaian energi listrik yang lebih besar khususnya di laboratorium. Maka perhitungan kapasitas daya untuk penambahan gedung Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan adalah :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{P}{\cos \varphi} \\
 &= \frac{44629 \text{ watt}}{0,8} \\
 &= 55786 \text{ VA} \\
 &= 55,786 \text{ kVA} \\
 &\approx 60 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan kapasitas daya untuk gedung Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan sebesar 60 kVA.

Simpulan

1. Tegangan terima terendah di lingkungan Universitas Lancang Kuning terdapat pada fakultas teknik sebesar 360,18 volt, fakultas Ekonomi sebesar 345,88 volt, fakultas Ilmu Administrasi sebesar 360,70 volt dan fakultas Hukum sebesar 236,60 volt.
2. Jatuh tegangan terjadi di lingkungan Universitas Lancang Kuning terdapat di fakultas Teknik sebesar 19,82 volt, fakultas Ekonomi sebesar 34,12 volt, fakultas Ilmu Administrasi sebesar 19,30 volt dan fakultas Hukum sebesar 143,40 volt.
3. Jumlah rugi-rugi daya total di lingkungan Universitas Lancang Kuning sebesar 41,476 kWatt.
4. Untuk penambahan gedung Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan dibutuhkan kapasitas daya sebesar 60 kVA untuk memenuhi pemakaian energi di gedung FKIP yang baru.
5. Pemakaian beban dilingkungan Universitas Lancang Kuning terjadi ketidak seimbangan beban pada masing-masing phasa R sebesar 266,52 Amper, phasa S sebesar 186,3 Amper dan phasa T sebesar 133, 4 Amper, sehingga jumlah total pemakaian beban sebesar 586,22 Amper.

Daftar Pustaka

Belén G., Juan C.B., & Ángel M.A. Transformer Tank Vibration Modeling as a Method of Detecting Winding Deformations. *IEEE Transactions On Power Delivery*, 21(1).

Zuhal. (2000). *Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*. PT Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.

Abdul, K. *Transformator*. PT. Elex Komputindo Kelompok Gramedia: Jakarta.

Berahim, H. *Pengantar Teknik Tenaga Listrik*. Andi Offset: Yogyakarta.

Soebagio. (2012). *Transformator*. ITS Press. Surabaya.

Julius, S.S. (2012). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban terhadap Netral dan Losses pada Trafo. *Jurnal Teknik*.

Kshira T., Muthanna, Abhinanda Sarkar, Kaushik D., & Kurt W. Transformer Insulation Life Assessment. (2006). *IEEE Transactions On Power Delivery*, 21(1).