

ANALISIS SISTEM KELISTRIKAN PADA LABORATORIUM *CENTRAL SERVICE* KUALA NAMU

Estrada Ginting^{1*}, Muhammad Fahreza², Muhammad Erpandi Dalimunthe³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan
^{1,2,3}Jln. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Sei Sikambing, Medan, 20128, Sumatera Utara, Indonesia
email: estrada.ginting87@gmail.com

Abstract – – Kuala Namu Central Service Laboratory is a laboratory that provides service-based services for electrical and electronic equipment specifically at kuala namu airport equipment. This laboratory uses a lot of laboratory equipment that uses electrical energy. The purpose of this study is to analyse the electrical system on electrical power consumption in the Kuala Namu Central Service Laboratory as well as conduct an analysis between the electrical system of the Kuala Namu Central Service Laboratory with the General Requirements for Electrical Installation and SPLN. Based on the calculation results in the discussion results obtained total power consumption of equipment around 86,637.30 W, from the measurement of operating power of 82,606.66 W. While according to the simulation results using DIg SILENT Power Factory 15.1 .7, the power is 82,604.95 W. The percentage of transformer loading is obtained at 44.08%, this already includes loading according to SPLN standards, while the percentage of generator loading is 89.496% which is declared overloaded. In the simulation results the transformer is 44.08% and the generator is 89.5%. The type of conductor and safety installed as well as the grounding resistance in the building has met the PUIL (General Requirements for Electrical Installation) standard. The grounding resistance of the CPS laboratory building is 2.6 Ω (<5 Ω).

Abstrak – Laboratorium Central Service Kuala Namu merupakan laboratorium yang memberikan pelayanan berbasis service peralatan listrik serta elektronik khusus pada peralatan bandara kuala namu. Laboratorium ini banyak menggunakan peralatan laboratorium yang menggunakan energi listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis sistem kelistrikan terhadap konsumsi daya listrik di Laboratorium *Central Service* Kuala Namu sekaligus melakukan analisis antara sistem kelistrikan Laboratorium *Central Service* Kuala Namu dengan Persyaratan Umum Instalasi Listrik dan SPLN. Berdasarkan hasil perhitungan pada hasil pembahasan diperoleh total konsumsi daya peralatan sekitar 86.637,30 W, dari hasil pengukuran daya operasi sebesar 82.606,66 W. Sedangkan menurut hasil simulasi menggunakan DIg *SILENT Power Factory* 15.1 .7, daya sebesar 82.604,95 W. Persentase pembebanan trafo didapat sebesar 44,08%, hal ini sudah termasuk pembebanan sesuai standar SPLN, sedangkan persentase pembebanan genset sebesar 89,496% yang dinyatakan kelebihan beban. Pada hasil simulasi trafo sebesar 44,08% dan genset sebesar 89,5%. Jenis konduktor dan pengaman yang dipasang serta tahanan pentanahan pada bangunan telah memenuhi standar PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik). Resistansi pentanahan pada gedung laboratorium CPS adalah 2,6 Ω (<5 Ω).

Kata Kunci – Power, PUIL, SPLN, DIg SILENT Power Factory.

I. PENDAHULUAN

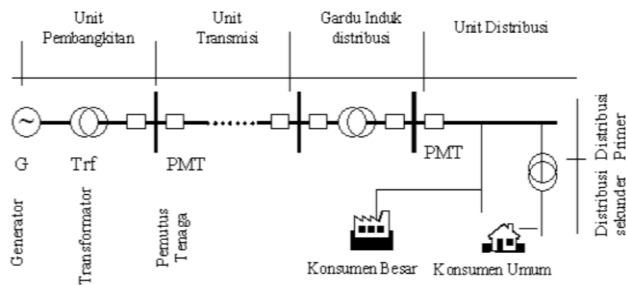
Listrik merupakan salah satu energi yang dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari. Fakta tersebut memicu peningkatan permintaan energi listrik dari tahun ke tahun, seiring dengan berkembangnya sektor tersebut perumahan, hotel, pusat perbelanjaan, perusahaan, dan lain-lain [1]. Dengan peningkatan tersebut maka harus diikuti pendistribusian energi listrik yang baik dan efisien sesuai standar yang berlaku. Energi listrik diperoleh dengan pasokan kontinu yang tinggi. Selain itu, memperkirakan kapasitas daya juga sangat diperlukan bagi konsumen untuk menghindari beberapa gangguan seperti kelebihan beban. Oleh karena itu, inventarisasi peralatan listrik juga diperlukan untuk mengetahui berapa kapasitas listrik yang dimiliki suatu gedung atau kebutuhan pelanggan [2].

Laboratorium *Central Service* Kuala Namu merupakan bagian dari Bandar Udara Kualanamu yang memberikan pelayanan berbasis jasa peralatan kelistrikan khusus untuk peralatan bandar udara Kualanamu. Laboratorium *Central Service* Kuala Namu ini didukung dengan fasilitas yang lengkap dengan peralatan laboratorium terkini untuk menjamin presisi dan ketelitian ketepatan. Dengan banyaknya daya listrik yang digunakan di laboratorium, maka sistem kelistrikan yang digunakan akan menjadi semakin rumit. Namun perencanaan manajemen instalasi dan penggunaan listrik seringkali terabaikan sehingga mengakibatkan ketidaksesuaian instalasi dengan standar PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik) dan SPLN. Dengan meninjau sistem kelistrikan dan dianalisis dengan Standar PLN (SPLN) dan Persyaratan Umum Instalasi Listrik standar 2000 dan 2011, maka dapat diketahui apakah sistem kelistrikan pada gedung ini cocok atau tidak.

II. PENELITIAN YANG TERKAIT

A. *Sistem Tenaga Listrik*

Sistem tenaga listrik merupakan kumpulan beberapa pembangkit tenaga listrik dengan berbagai macam pembangkit tenaga listrik (PLTA, PLTG, PLTD, PLTU, PLTGU, dan lain-lain) yang saling berhubungan satu sama lain, yang dihubungkan melalui suatu jaringan transmisi atau saluran distribusi untuk menyediakan dan mendistribusikan energi listrik sampai ke beban/pengguna atau dari pusat listrik dari beberapa unit pembangkit paralel sampai ke pelanggan [3]. Seperti terlihat pada Gambar 1 di bawah ini:



Gbr. 1 Skema Sistem Tenaga Listrik

Gambar diatas memberikan informasi bahwa arah aliran arus listrik berasal dari pusat tenaga listrik (pembangkit pembangkit), tegangan dinaikkan dengan trafo *step up* menuju saluran transmisi (TT) kemudian diturunkan dengan trafo *step down* menuju jaringan distribusi (TM) dan direduksi dengan trafo *step down* ke tegangan rendah (TR), disalurkan ke instalasi pengguna/pelanggan.

B. Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN)

Spesifikasi Trafo Distribusi Selain Standar Nasional Indonesia, standar lain yang digunakan di Indonesia adalah SPLN yang merupakan standar yang digunakan oleh PLN. Standar ini tidak jauh berbeda dengan SNI karena sama-sama mengacu pada standar internasional [4]. Tujuannya adalah untuk memberikan panduan bagi pesanan dan produksi serta pengujian PLN oleh produsen, penjual, dan agen pengujian dalam dan luar negeri. Kedua standar tersebut mempunyai fungsi yang sama yaitu memberikan perlindungan terhadap konsumen, pekerja dan masyarakat dalam hal keselamatan dan kesehatan. Penjaminan mutu dengan memperhatikan sektor terkait, meningkatkan ketersediaan, kegunaan dan produktivitas untuk mencapai mutu dan/atau pemenuhan standar produk. Jasa yang memungkinkan persaingan sehat dalam perdagangan dan mendukung kelestarian lingkungan. Menurut PT. PLN untuk trafo distribusi sebagaimana ditentukan dalam SPLN D3.002-1:2007 No.160 (IEC 60076-1 Edisi 2.1 2000) tidak boleh melebihi 80% atau di bawah 40%. Jika melebihi atau turun di bawah nilai tersebut, maka transformator dikatakan kelebihan beban atau kekurangan beban. oleh karena itu dilakukan upaya untuk mempertahankan beban trafo pada kisaran tersebut (SPLN, 2007).

C. Transformastor

Trafo atau trafo dapat diartikan sebagai suatu alat listrik yang fungsinya mengubah dan memindahkan arus listrik dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian listrik lain yang tegangannya berbeda tanpa mengubah sistem frekuensi. Bahan pembuatan trafo terdiri dari besi berlapis dan dua buah kumparan yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Kumparan primer ini dihubungkan dengan sumber energi listrik dan kumparan sekunder dihubungkan dengan beban/pengguna energi listrik. Perbandingan perubahan tegangan akan bergantung pada perbandingan jumlah lilitan pada kedua kumparan.

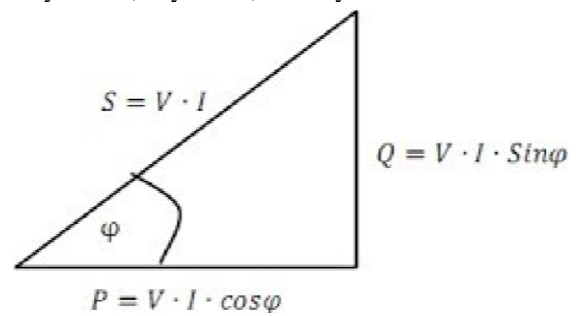
D. Faktor Daya

Faktor daya atau biasa disebut $\cos \phi$ dapat diartikan sebagai perbandingan antara daya aktif dan daya semu. Faktor daya menentukan nilai penggunaan daya yang dapat

digunakan/tersedia. Faktor daya optimal sama dengan satu. Faktor daya tertinggal (*lagging*) dan terdepan (*leading*) mengurangi nilai guna. Pada umumnya listrik yang digunakan pada industri sebagian besar merupakan listrik induktif sehingga dayanya tertinggal.

E. Daya Listrik

Daya adalah jumlah perubahan energi terhadap waktu dalam bentuk tegangan dan arus. Daya didefinisikan sebagai laju energi yang dihasilkan atau digunakan oleh berbagai jenis peralatan listrik. Secara umum daya dibedakan menjadi 3 yaitu daya semu, daya aktif, dan daya reaktif.



Gbr. 2 Segitiga Daya

F. Penghantar /Konduktor

Konduktor adalah benda yang berbentuk logam atau nonlogam yang mempunyai sifat konduktif. Konduktor merupakan sifat listrik yang mampu mengalirkan arus dari satu titik ke beberapa titik lainnya. Kabel berfungsi sebagai penghantar logam yang dilindungi oleh insulasi sedangkan kabel merupakan konduktor yang juga terbuat dari logam namun tidak diisolasi. Ada tiga bagian penting yang ada pada kabel yaitu:

- Penghantar (Konduktor)
- Isolasi
- Pelindung

G. Kapasitas Hantar Arus (KHA)

Daya dukung arus (KHA) adalah arus maksimum yang dapat dialirkan secara terus menerus oleh suatu penghantar dalam kondisi tertentu tanpa menimbulkan kenaikan suhu melebihi nilai tertentu [5]. Daya dukung kabel saat ini harus lebih besar dari ratingnya MCB (*Miniature Circuit Break*) karena prinsipnya MCB harus trip sebelum kabel bermasalah, salah satu contohnya adalah kebakaran. Menurut PUIL (Peraturan Umum Instalasi Listrik) 2011 Bab 5 pasal 5.3.1 (Halaman: 51) menyatakan bahwa "Penghantar rangkaian akhir yang mensuplai motor tunggal tidak boleh mempunyai KHA kurang dari 125% dari arus pengenal beban penuh".

H. Pengaman

Pengaman adalah suatu peralatan yang digunakan pada instalasi listrik yang berfungsi untuk melindungi manusia atau peralatan yang terhubung pada instalasi tersebut jika terjadi gangguan arus karena kondisi tidak normal. Arus pengenal GPAL motor minimal 110% - 115% dari arus pengenal motor (PUIL 2011 Halaman: 51), yang berarti pemutus arus yang terpasang tidak boleh trip pada $1,13 \times I_n$ (SNI IEC 60898-1:2009) (PUIL 2011).

Pengertian *grounding* atau pembumian adalah upaya penyaluran arus listrik pada suatu instalasi listrik pada suatu gedung atau rumah menuju bumi untuk mencegah terjadinya lonjakan listrik dan sambaran petir [6]. Tujuan pemasangan sistem grounding pada instalasi Pengaliran listrik pada suatu bangunan bertujuan untuk mencegah terjadinya kontak antara makhluk hidup dengan tegangan listrik akibat kebocoran isolasi.

TABEL I

TAHANAN JENIS BEBERAPA JENIS TANAH SESUAI DENGAN PUIL

No	Jenis Tanah	Tahanan Jenis (Ωm)
1	Tanah rawa	30
2	Tanah liat dan ladang	100
3	Pasir basah	200
4	Kerikil basah	500
5	Pasir dan kerikil kering	1000
6	Tanah berbatu	3000

1. Generator

Generator set (Genset) merupakan suatu alat yang berfungsi menghasilkan listrik. Generator adalah seperangkat peralatan yang merupakan gabungan dari dua perangkat yang berbeda, yaitu mesin dan generator atau alternator. Mesinnya biasanya berupa mesin diesel dalam satuan putar, sedangkan generator atau alternator merupakan satuan dalam pembangkit listrik. Mesinnya bisa berupa blok mesin diesel, solar atau bensin, sedangkan generator atau alternatornya kumparan atau kumparan tembaga yang terdiri dari stator (kumparan statis) dan rotor (kumparan berputar). Tujuan utama generator adalah menyediakan daya cadangan [7].

ketika pasokan listrik ke PLN tiba-tiba padam. Berbicara genset, hal pertama yang terlintas di benak kita adalah alat untuk menyalakan lampu saat listrik padam, padahal bukan hanya itu tujuannya. untuk fokus pada lampu atau *lighting* saja, masih banyak hal lain yang membutuhkan daya seperti pekerjaan outdoor yang jauh dari listrik [8].

III.METODE PENELITIAN

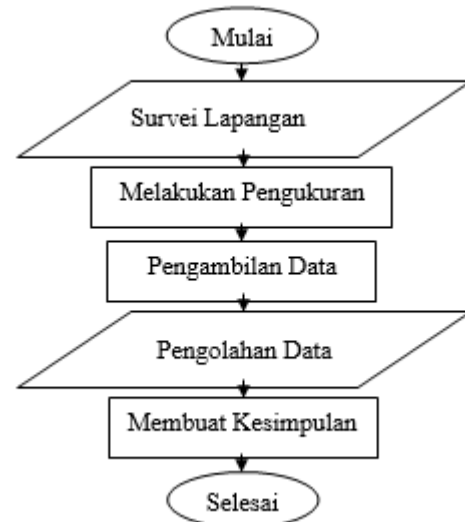
Beberapa metode yang digunakan penulis dalam menyusun tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

a. Metode Pustaka

Yaitu melakukan studi kepustakaan dan kajian terhadap buku-buku teks pendukung, serta jurnal-jurnal relevan yang mendukung penelitian untuk penyusunan tugas akhir ini.

b. Observasi Lapangan

Melaksanakan penelitian observasi lapangan dan pengumpulan data di laboratorium pusat jasa perkebunan Kualanamu. Kemudian mengadakan diskusi/analisis terhadap hasil observasi dan menyimpulkan hasil analisis tersebut.



Gbr. 3 Alur Penelitian

Berikut data yang diperoleh dari observasi lapangan mulai dari penelitian dan wawancara langsung.

TABEL II

DATA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI YANG TERPASANG

1	Tegangan	Tegangan primer	200 kVA
2	Tegangan sekunder		20000 V
3	Frekuensi		230/400 V
4	Arus	Arus primer	50 Hz
5		Arus sekunder	5,77 A
6	Posisi tap		288,67 A
7	Merk		Mastergreen
8	Phasa trafo		3 phasa

TABEL III

DATA GENERATOR SET DAN KWH-METER YANG TERPASANG

Daya generator Set	92,3 kW (100 kVA)
Merk	Lovol
Kecepatan terukur	1500 r/min
Phasa Generator Set	3 phasa
Daya kWH-Meter	147 kVA
Phasa kWH-Meter	3 phasa
Tegangan	230 / 400 V

TABEL IV

PENGUKURAN ARUS SETIAP KELOMPOK BEBAN

Tempat	Beban A			Total Beban(A)
	R	S	T	
Lantai 1	44,10	40,30	46,40	130,80
Aquantron 1	9,28	9,27	9,27	27,82
Aquantron 2	9,27	9,28	9,28	27,83
Blower	6,80	6,81	6,80	20,41
Oven	7,42	7,42	7,41	22,25
Muffle	21,42	20,35	20,36	62,13
Lantai 2	16,97	12,63	13,10	42,70
Lantai 3	10,67	8,41	7,70	26,78
Lantai 4	1,24	1,57	1,43	4,24

Lift	7,28	7,24	7,25	21,77
Total Arus	134,45	123,28	129,00	389,73

TABEL V
PENGUKURAN TEGANGAN DI PANEL SETIAP LANTAI

Tempat	V _{L-L}				V _{L-N}	
	R-S	R-T	S-T	R-N	S-N	T-N
Lantai 1	398,1 V	399,0 V	398,1 V	228,8 V	229,3 V	229,2 V
Aquantron 1	398,2 V	398,4 V	398,6 V	227,9 V	229,8 V	229,6 V
Aquantron 2	398,1 V	398,7 V	398,4 V	229,3 V	229,5 V	228,5 V
Blower	398,5 V	398,1 V	398,6 V	228,1 V	228,2 V	229,0 V
Oven	398,2 V	398,9 V	398,1 V	227,8 V	230,0 V	229,5 V
Muffle	398,1 V	398,5 V	398,5 V	229,6 V	229,5 V	228,2 V
Lantai 2	396,4 V	397,5 V	396,5 V	224,8 V	226,0 V	226,3 V
Lantai 3	395,8 V	396,2 V	396,0 V	223,1 V	224,6 V	224,0 V
Lantai 4	395,6 V	395,8 V	395,7 V	223,3 V	223,9 V	223,3 V
Lift	398,5 V	398,1 V	398,6 V	229,2 V	228,3 V	229,8 V

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Jenis Peralatan Listrik dan Kapasitas Daya

Peralatan listrik adalah segala alat atau benda yang menggunakan listrik sebagai sumber energi untuk beroperasi dan dapat digunakan untuk melakukan sesuatu sesuai fungsinya. Untuk rumah tangga, industri, perkantoran dan lain-lain. Berikut total daya peralatan listrik yang digunakan di Laboratorium Pelayanan Pusat Kualanamu yang dibagi menjadi 10 kelompok.

TABEL VI
TOTAL DAYA KESELURUHAN YANG SERING BEROPERASI

Tempat	Beban Daya (Watt)
Lantai 1	28.636,9
Aquantron 1	6.000
Aquantron 2	6.000
Blower	4.400
Oven	4.800
Muffle	13.340
Lantai 2	11.040
Lantai 3	6.874,4
Lantai 4	896
Lift	4.650
Total Daya Keseluruhan	86.637,3

B. Faktor Daya (Cos φ)

Karena panel tersebut tidak dipasang Cos φ meter. Hasil pengukuran pada blower ruang asam yang menggunakan motor induksi 3 fasa dengan Daya = 1.100 W.

TABEL VII
PENGUKURAN TEGANGAN BLOWER

Pengukuran Tegangan Blower	R-S	T-T	S-T	V _{L-L} Rata-Rata
	398,1 V	398,4 V	398,7 V	398,4 V

I_{Terukur} = 1,7 A

Maka untuk mengetahui Cos φ sesuai rumus persamaan (1) dapat dihitung

$$\begin{aligned}
 \cos \phi &= \frac{P}{S} \\
 &= \frac{P}{V \cdot I \cdot \sqrt{3}} \\
 &= \frac{1100}{398,4 \times 1,7 \times \sqrt{3}} = 0,937
 \end{aligned}$$

C. Menentukan Daya semu dan Daya Aktif

Untuk mengetahui besarnya daya semu dan daya aktif listrik yang digunakan pada setiap lantai, berikut besaran daya semu dan daya aktif pada setiap lantai menurut hasil pengukuran arus dan tegangan yaitu:

TABEL VIII
DAYA SEMU DAN DAYA AKTIF

Tempat	Beban (VA)			Total Beban (VA)	Total Beban (W)
	R	S	T		
Lantai 1	10.103,31	9.232,73	10.630,24	29.966,28	28.078,40
Aquantron 1	2.126,04	2.123,75	2.123,75	6.373,56	5.972,02
Aquantron 2	2.123,75	2.126,04	2.126,04	6.375,85	5.974,17
Blower	1.557,88	1.560,17	1.557,88	4.675,93	4.381,34
Oven	1.699,92	1.699,92	1.697,63	5.097,47	4.776,33
Muffle	4.907,32	4.662,18	4.664,47	14.233,98	13.337,24
Lantai 2	3.830,13	2.850,60	2.956,67	9.637,40	9.030,24
Lantai 3	2.380,05	1.883,00	1.724,03	5.987,08	5.609,89
Lantai 4	277,14	350,89	319,60	947,64	887,93
Lift	1.627,08	1.618,14	1.620,37	4.865,59	4.559,06
Total	30.632,63	28.107,40	29.420,71	88.160,79	82.606,66

D. Pembebanan Transformator dan Generator Set

Setelah mendapatkan hasil pengukuran daya terukur, bebaskan trafo dan genset.

TABEL IX
ANALISA PEMBEBANAN PERKELOMPOK

Nama	Daya	Persentase Pembebanan
Transformator	200 kVA	44,08 %
Generator Set	92,3 kW	89,49 %

TABEL X
ANALISA PEMBEBANAN TRANSFORMATOR DAN GENSET

Persentase Pembebanan			
Nama	Beban	Persentase Transformator	Persentase Generator Set
Lantai 1	29.966,28 VA	14,983 %	30,420 %
Aquantron 1	6.373,56 VA	3,186 %	6,470 %
Aquantron 2	6.375,85 VA	3,187 %	6,472 %
Blower	4.675,93 VA	2,337 %	4,746 %
Oven	5.097,47 VA	2,548 %	5,174 %
Muffle	14.233,98 VA	7,116 %	14,449 %
Lantai 2	9.637,40 VA	4,818 %	9,783 %
Lantai 3	5.987,08 VA	2,993 %	6,077 %
Lantai 4	947,64 VA	0,473 %	9,620 %
Lift	4.865,59 VA	2,432 %	4,939 %

E. Pengaman Listrik

TABEL XI
PENGAMAN TERPASANG DAN STANDARNYA

Penggunaan Pengaman 3phasa	Jenis dan Ukuran Terpasang	In Perphasa	Standar PUIL 2011 (SNI IEC 60898-1:2009)
KWH-Meter	MCCB 225 A	213,03 A	MCCB 225 A
Generator Set	MCCB 160 A	144,91 A	MCCB 160 A
Panel Induk	MCCB 250 A	131,18 A	MCCB 160 A
Oven	MCCB 20 A	7,42 A	MCB 10 A
Aquatron 1	MCCB 50 A	9,27 A	MCB 10 A
Aquatron 2	MCCB 50 A	9,27 A	MCB 10 A
Blower Fume	MCCB 25 A	6,80 A	MCB 10 A
Muffle	MCCB 25 A	20,70 A	MCB 25 A
Lantai 1	MCCB	43,60 A	MCCB 50 A

	100 A		
Lantai 2	MCB 32 A	14,20 A	MCB 16 A
Lantai 3	MCB 25 A	8,90 A	MCB 10 A
Lantai 4	MCB 20 A	1,40 A	MCB 2 A
Lift	MCB 20 A	7,26 A	MCB 10 A

F. Pentanahan

TABEL XI
HASIL PENGUKURAN PENTANAHAN

Range	Pembacaan	Hasil	Standar PUIL 2000
x 20 Ω	0,13 Ω	2,6 Ω	<5 Ω



Gbr. 4 Hasil Pengukuran Tahanan

Tentukan nilai tahanan pentanahan bangunan, kemudian diperoleh tahanan pentanahan sesuai dengan jenis tanah liat yang digunakan di lapangan.

V.KESIMPULAN

- Setelah dilakukan penelitian dan pengukuran di Laboratorium Pelayanan Pusat Kuala Namu, diperoleh hasil perhitungan dan pengukuran konsumsi daya total. Hasil perhitungan daya sebesar 88.160,79 VA (daya semu), kemudian diubah menjadi daya aktif setara dengan 82.606,66 W (daya aktif)
- Sistem kelistrikan Laboratorium Pelayanan Pusat Kuala Namu mulai dari persentase pembebanan trafo sesuai SPLN D3.002-1:2007 No.160, Daya dukung arus penghantar sesuai PUIL 2011 pada bab 5 pasal 5.3.1 (Halaman: 51), pemutus Rangkaian/pengaman kelistrikan sesuai dengan PUIL 2011 (Halaman 51) dan tahanan pentanahan pada gedung ini sesuai dengan PUIL 2000 (Halaman: 68). Untuk beban genset yang melebihi standar PLN, maka genset ini hanya akan dioperasikan pada kondisi darurat (off grid) pada sistem jaringan PT PLN. Untuk itu pemenuhan kebutuhan beban dilakukan dengan metode skala prioritas sehingga tidak mengganggu operasional perusahaan. Hasil simulasi beban pada trafo dan generator sebesar 44,08% dan 89,5%, sedangkan hasil pengukuran sebesar 44,08% dan 89,49%.

Untuk kapasitas daya genset yang sudah kelebihan beban maka harus ditambah daya genset agar generator bekerja dengan baik dan menghindari umur pendek trafo yang mengakibatkan kerusakan pada generator dapat dihindari dan apabila terjadi gangguan sehingga genset dapat bekerja maksimal tanpa adanya gangguan melaksanakan skala prioritas terhadap sistem kelistrikan Laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. PASARIBU, “ANALISIS PENGARUH HARGA MINYAK MENTAH DUNIA, PDB PER KAPITA, SUBSIDI ENERGI LISTRIK, DAN JUMLAH PENDUDUK TERHADAP KONSUMSI ENERGI LISTRIK DI INDONESIA TAHUN 2000-2021,” 2023.
- [2] N. PUTRI, “MEMPERBAIKI TEGANGAN DAN MENGURANGI RUGI-RUGI DAYA PADA SISTEM TRANSMISI DENGAN CARA OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA.” UNIVERSITAS ANDALAS, 2015.
- [3] A. Dwinugraha and E. I. M. Y. Negara, “Analisis Medan Magnetik Terhadap Operator yang Bekerja di Saluran Transmisi Menggunakan Metode 3-D Elemen Hingga,” *Inst. Teknol. Sepuluh Nop.*, 2016.
- [4] A. Tanjung and L. Simanjuntak, “Analisis Sistem Kelistrikan pada Pemakaian Daya di Laboratorium Central Plantation Services Pekanbaru,” in *SENKIM: Seminar Nasional Karya Ilmiah Multidisiplin*, 2022, pp. 134–149.
- [5] A. Syofian and H. A. Novendri, “Evaluasi Sistem Kelistrikan Pada Gedung Bertingkat Plaza Andalas Padang,” *J. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 44–56, 2017.
- [6] A. Tanjung, A. Arlenny, G. Yanti, and D. Setiawan, “Analisis sistem pengaman instalasi listrik pada pondok pesantren Ibnu Al Mubarak,” *J. Unitek*, vol. 15, no. 2, pp. 251–260, 2022.
- [7] S. Rahim and N. Elvikasari, “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid PLTS dan Genset Sebagai Suplai Beban Rumah Untuk Daerah Terpencil.” Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2021.
- [8] S. Anisah, Z. Tharo, and S. Suhardi, “ANALISIS PERBAIKAN TEGANGAN UJUNG PADA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH 20 KV DENGAN SIMULASI E-TAP (STUDI KASUS PT PLN (PERSERO) RAYON KUALA,” in *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU*, 2019, pp. 208–213.