

Analisis Sistem Kelistrikan pada Pemakaian Daya di Laboratorium *Central Plantation* Services Pekanbaru

Abrar Tanjung¹, Arlenny², Lambok Simanjuntak³

^{1,2,3} Universitas Lancang Kuning.

^{1,2}Dosen Program Studi Teknik Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning, ³Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning.

*e-mail: Abrar@unilak.ac.id¹, Arlenny@unilak.ac.id², Lamboksimanjuntak0801@gmail.com³

Abstract

Pekanbaru Central Plantation Services Laboratory is a laboratory that provides applied research- based services for the plantation industry. This laboratory uses a lot of laboratory equipment that uses electrical energy. The purpose of this study was to analyze the electrical system on power consumption at the Central Plantation Services Laboratory Pekanbaru and at to analyze the electrical system of the Pekanbaru Central Plantation Services Laboratory with the General Requirements for Electrical Installation and SPLN. Based on the results of the calculations on the results of the discussion, it is obtained that the total power consumption of the equipment is around 86,637.30 W, from the results of measuring the operating power of 82,606,66 W, while according to the simulation results using Dig SILENT Power Factory 15.1.7, the power obtained is 82,604,95 W. The percentage of transformer loading is 44.08%, this includes loading according to the SPLN standard, while the percentage of generator set loading of 89.496% is declared overloaded. In the simulation results, the transformer is 44.08% and the generator set is 89.5%. For the type of conductor and safety installed and grounding resistance in the building, it has met the PUIL standard (General Electrical Installation Requirements). The ground resistance in the CPS laboratory building is 2.6 (< 5).

Keywords: Power, PUIL, SPLN, Dig SILENT Power Factory 15.1.7.

Abstrak

Laboratorium Central Plantation Sevices Pekanbaru merupakan laboratorium yang menyediakan layanan berbasis penelitian terapan untuk industri perkebunan. Laboratorium ini menggunakan banyak peralatan laboratorium yang menggunakan energi listrik. Tujuan penelitian ini dilakukan adalah untuk menganalisis sistem kelistrikan pada pemakaian daya di Laboratorium Central Plantation Services Pekanbaru dan sekaligus melakukan analisis antara sistem kelistrikan Laboratorium Central Plantation Services Pekanbaru dengan Persyaratan Umum Instalasi Listrik dan SPLN. Berdasarkan hasil perhitungan pada hasil pembahasan diperoleh bahwa pemakaian daya total peralatan yaitu berkisar 86.637,30 W, dari hasil pengukuran daya yang beroperasi 82.606,66 W sedangkan sesuai hasil simulasi menggunakan Dig SILENT Power Factory 15.1.7 didapatkan daya sebesar 82.604,95 W. Persentase pembebanan transformator didapatkan sebesar 44,08%, hal ini termasuk pembebanan sesuai standar SPLN, sementara untuk persentase pembebanan generator set sebesar 89,496% dinyatakan overload. Pada hasil simulasi pada transformator 44,08% dan generator set sebesar 89,5%. Untuk jenis penghantar dan pengamanan yang terpasang serta tahanan pentanahan pada gedung sudah memenuhi standar PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik). Tahanan pentanahan pada gedung laboratorium CPS yaitu 2,6 Ω ($< 5 \Omega$).

Kata kunci: Daya, PUIL, SPLN, Dig SILENT Power Factory 15.1.7.

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Listrik merupakan salah satu energi yang dibutuhkan untuk kehidupan sehari-hari. Fakta ini memicu peningkatan permintaan energi listrik dari tahun ke tahun, dengan berkembangnya sektor perumahan, hotel, pusat perbelanjaan, perusahaan, dll. Dengan peningkatan tersebut, maka pendistribusian energi listrik yang baik dan efisien sesuai standar yang berlaku harus diikuti agar diperoleh energi listrik dengan suplai kontinu yang tinggi. Selain itu, estimasi kapasitas daya juga sangat diperlukan bagi konsumen untuk menghindari beberapa gangguan, seperti kelebihan beban.

Oleh karena itu, inventarisasi peralatan listrik juga diperlukan untuk mengetahui seberapa besar kapasitas daya suatu gedung atau kebutuhan pelanggan.

Laboratorium Central Plantation Services Pekanbaru adalah bagian dari PT. Central Alam Resources Lestari yang menyediakan layanan berbasis penelitian terapan untuk industri perkebunan. CPS ini didukung dengan fasilitas lengkap peralatan laboratorium terkini untuk menjamin presisi dan akurasi. Dengan banyaknya pemakaian daya pada Laboratorium maka akan semakin rumit sistem kelistrikan yang dipakai. Namun sering kali saat perencanaan manajemen pemasangan dan pemakaian tenaga listrik diabaikan, sehingga terjadi ketidaksesuaian pemasangan dengan standar PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik) dan SPLN. Dengan meninjau kembali sistem kelistrikan dan dianalisis dengan Standar PLN(SPLN) dan standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik tahun 2000 dan 2011, maka sesuai atau tidaknya sistem kelistrikan pada gedung ini dapat diketahui.

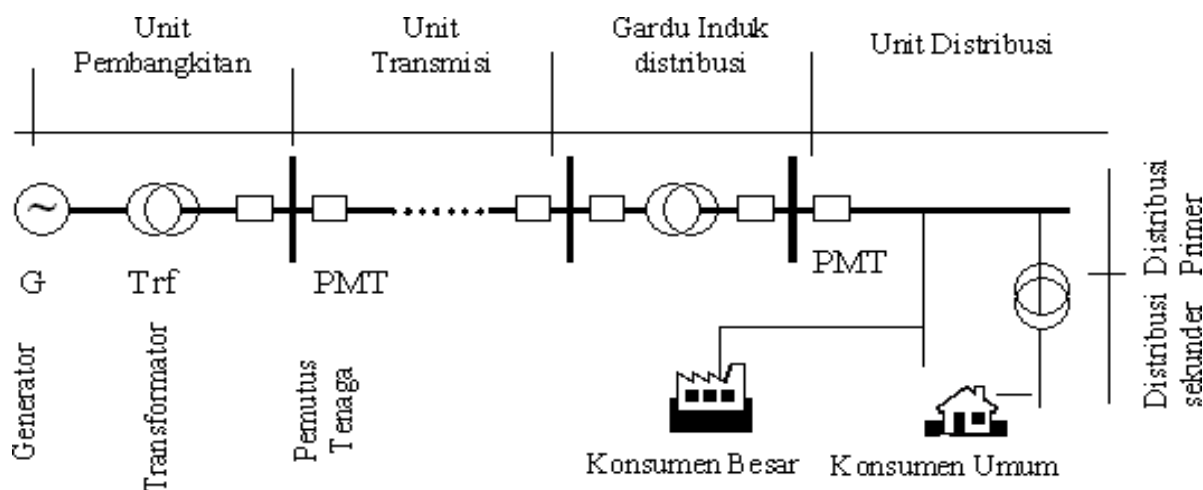
Rumusan masalah meliputi Menentukan beban keseluruhan berdasarkan pengukuran beban dan daya setiap peralatan listrik, Ukuran pengaman dan ukuran penghantar serta kapasitas hantar arus, Kemampuan kapasitas daya transformator dan generator set untuk melayani pemakaian listrik pada Laboratorium, Pengukuran tahanan pentanahan. Tujuan penelitian adalah menganalisis pemakaian daya pada Laboratorium Central Plantation Services Pekanbaru, Melakukan analisis sistem kelistrikan Laboratorium central plantation services Pekanbaru terhadap:

- a) PUIL 2011 pada bab 5 pasal 5.3.1 tentang kapasitas hantar arus (Hal :51)
- b) PUIL 2011 tentang penentuan pemutus sirkit /pengaman (Hal 51)
- c) PUIL 2000 tentang tahanan pentanahan (Hal :68)
- d) SPLN D3.002-1: 2007 No.160 tentang pembebanan (IEC 60076-1 Edition 2.1 Tahun 2000).

Kajian Literatur

Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik adalah kumpulan dari beberapa pembangkit listrik dengan berbagai macam pembangkit listrik (PLTA, PLTG, PLTD, PLTU, PLTGU, dst) yang di interkoneksi antara satu dengan lainnya, yang dihubungkan melalui suatu jaringan transmisi atau saluran distribusi untuk menyediakan dan menyalurkan energi listrik sampai ke beban/pemakai atau dari pusat listrik dari beberapa unit generator yang diparalelkan sampai ke pelanggan. Seperti terlihat pada Gambar 1. berikut:



Gambar 1. Skema Sistem Tenaga Listrik

Gambar 1. memberikan informasi bahwa arah arus listrik mengalir berasal dari pusat tenaga listrik (pembangkit), tegangan dinaikkan dengan transformator step up menuju saluran transmisi (TT) kemudian diturunkan dengan transformator step down menuju jaringan distribusi (TM) dan diturunkan dengan trafo step down menjadi tegangan rendah (TR), disalurkan sampai pada instalasi pemakai/pelanggan (Anisah,2018).

a. Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) D3.002-1: 2007 No.160. Spesifikasi Transformator 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. Tujuannya adalah untuk memberikan panduan untuk pesanan dan produksi PLN dan pengujian oleh produsen, penjual, dan agen pengujian dalam dan luar negeri. Kedua standar tersebut memiliki fungsi yang sama yaitu memberikan perlindungan bagi konsumen, pekerja dan masyarakat dalam hal keselamatan dan Kesehatan. Penjaminan mutu dengan memperhatikan sektor terkait, meningkatkan ketersediaan, kegunaan dan produktivitas untuk mencapai mutu produk dan/atau pemenuhan standar. Pelayanan yang memungkinkan persaingan yang 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 ini, transformator dikatakan kelebihan beban atau kekurangan beban. maka dari itu diusahakan untuk menjaga beban transformator dalam kisaran ini (SPLN, 2007).

b. Transformator

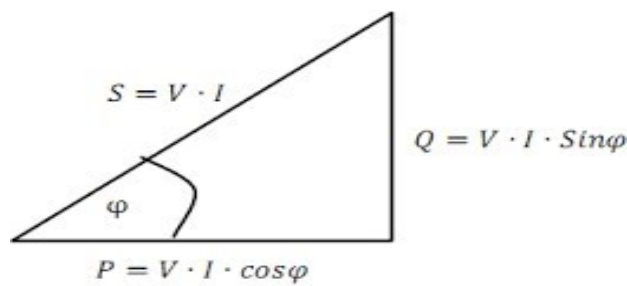
Transformator atau trafo dapat diartikan sebagai suatu alat listrik yang berfungsi untuk mengubah dan memindahkan arus listrik dari suatu rangkaian listrik kerangkaian listrik lainnya dengan tegangan yang berbeda tanpa mengubah sistem frekuensinya. Bahan pembuatan transformator terdiri dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Kumparan primer ini dihubungkan ke sumber energi listrik dan kumparan sekunder terhubung ke beban/pemakai energi listrik. Rasio perubahan tegangan akan tergantung dari rasio jumlah lilitan pada kedua kumparan tersebut (Zuhal,1991).

c. Faktor Daya

Faktor daya atau yang biasa dikenal dengan $\cos \varphi$ dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara daya aktif dan daya semu. Faktor daya menentukan nilai penggunaan daya yang dapat digunakan/tersedia. Faktor daya optimum sama dengan satu. Faktor daya tertinggal (lagging) dan terdepan (leading) mengurangi nilai pakai. Secara umum, sebagian besar listrik yang digunakan di industri adalah listrik induktif, sehingga dayanya tertinggal (Tanjung dkk, 2015).

d. Daya Listrik

Daya merupakan banyaknya perubahan tenaga terhadap waktu dalam besaran tegangan dan arus. Daya didefinisikan sebagai laju energi yang dibangkitkan atau digunakan oleh berbagai macam peralatan listrik. Secara umum daya dibagi 3 yaitu daya semu, daya aktif dan daya reaktif (M. Moenif, E, 2018). Seperti terlihat pada Gambar 2. berikut:



Gambar 2. Segitiga Daya

e. Penghantar/Konduktor

Konduktor merupakan benda dalam bentuk logam atau non-logam dengan sifat konduktif. Konduktor adalah properti listrik yang mampu mengalirkan arus dari satu titik ke beberapa titik lainnya. Kabel berfungsi sebagai konduktor logam yang dilindungi oleh isolasi sedangkan kawat adalah konduktor yang juga logam tetapi tidak terisolasi (Abidin, 2014).

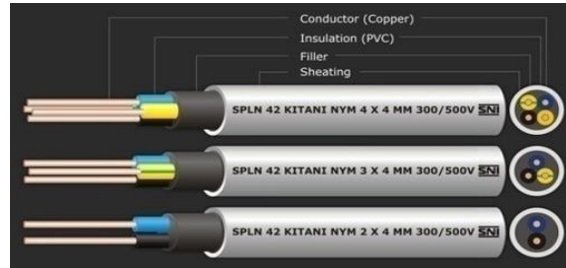
Ada tiga bagian penting yang ada pada kabel yaitu:

1. Penghantar (Konduktor)
2. Isolasi
3. Pelindung

Jenis-Jenis Kabel

Jenis-jenis kabel yang biasa digunakan dalam instalasi diantaranya:

Kabel NYM



Gambar 3. Kabel NYM

Kabel NYA



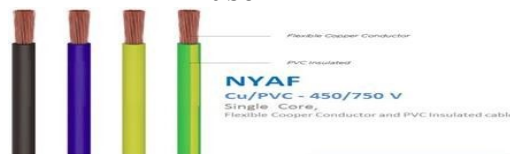
Gambar 4. Kabel NYA

Kabel NYY



Gambar 5. Gambar kabel NYY

Kabel NYAF



Gambar 6. Kabel NYAF

Kabel NYYHY



Gambar 7. Kabel NYYHY

Kabel NFA2X



Gambar 8. Kabel NFA2X

f. Kapasitas Hantar Arus (KHA)

Kapasitas hantar arus (KHA) adalah arus maksimum yang dapat dialirkan dengan kontinyu oleh penghantar pada keadaan tertentu tanpa menimbulkan kenaikan suhu yang melampaui nilai tertentu. Besarnya kapasitas hantar arus kabel harus lebih besar dari rating MCB (Miniatur Circuit Breake) karena prinsipnya adalah MCB harus trip sebelum kabelnya bermasalah, salah satu contohnya terbakar [6].

Menurut PUIL (Peraturan Umum Instalasi Listrik) 2011 Bab 5 pasal 5.3.1 (Hal:51) menyatakan bahwa “Penghantar sirkit akhir yang menyuplai motor tunggal tidak boleh mempunyai KHA kurang dari 125% arus pengenal beban penuh”.

Pengaman

Pengaman adalah suatu peralatan yang digunakan pada instalasi listrik yang berfungsi untuk melindungi manusia atau peralatan yang tersambung pada instalasi itu jika terjadi arus gangguan akibat dari keadaan yang tidak normal. Arus pengenal GPAL motor sekurang-kurangnya 110% - 115% arus pengenal motor (PUIL 2011 Hal:51), yang artinya pemutus sirkit yang dipasang tidak boleh trip pada $1,13 \times I_n$ (SNI IEC 60898- 1:2009) (PUIL 2011).

Miniatur Circuit Breaker (MCB)



Gambar 9. Miniatur Circuit Breaker (MCB)

Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)



Gambar 10. Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)
Thermal Over Load Relay (TOR)



Gambar 11. Thermal Overload Relay (TOR)

Magnetic Contactor



Gambar 12. Kontaktor Sistem Pentanahan

Pengertian pentanahan atau pembumian adalah upaya menyalurkan arus listrik pada sebuah instalasi listrik dalam sebuah gedung atau rumah menuju bumi agar tidak terjadi lonjakan listrik dan sambaran petir. Tujuan dari dipasangnya sistem grounding pada instalasi listrik sebuah gedung adalah untuk mencegah terjadinya kontak antara makhluk hidup dengan tegangan listrik akibat kebocoran isolasi (Tanjung dan Zulfahri, 2020).

Tabel 1. 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

g. Generator set

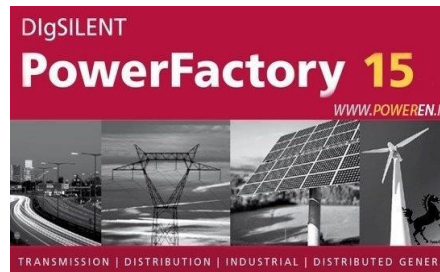
Generator set (Genset) adalah suatu alat yang berfungsi untuk menghasilkan listrik. Genset adalah seperangkat peralatan yang merupakan kombinasi dari dua perangkat yang berbeda, mesin dan generator atau alternator. Mesin biasanya merupakan mesin diesel dalam unit putar, sedangkan generator atau alternator adalah unit pada pembangkit listrik. Mesin dapat berupa blok mesin diesel, solar atau bensin, sedangkan generator atau alternator adalah kumparan tembaga atau kumparan yang terdiri dari stator (kumparan statis) dan rotor (kumparan berputar). Tujuan utama dari genset adalah untuk menyediakan tenaga cadangan ketika aliran listrik ke PLN tiba-tiba padam. Berbicara tentang genset, hal pertama yang terlintas di pikiran adalah alat untuk menyalakan lampu saat listrik padam, meski tujuannya bukan hanya untuk fokus pada lampu atau penerangan saja, masih banyak hal lain yang membutuhkan daya, seperti pekerjaan di luar ruangan yang jauh dari listrik (Saputro, 2017). Seperti terlihat pada Gambar 13 berikut:



Gambar 13. Generator Set

h. DIg SILENT Power Factory 15.1.7

DIgSILENT adalah nama singkatan dari Digital SIMulation of Electrical NeTworks. DIgSILENT digunakan untuk alat teknik berbantuan komputer untuk analisis transmisi, distribusi, dan sistem tenaga listrik industri. Program ini telah dirancang sebagai paket perangkat lunak terintegrasi dan interaktif canggih yang didedikasikan untuk sistem tenaga listrik dan analisis kontrol untuk mencapai tujuan utama perencanaan dan pengoptimalan operasi. Seperti terlihat pada Gambar 14 berikut:



Gambar 14. Tampilan DIgSILENT Power Factory 15.1.7

DIgSILENT Power Factory 15.1.7 adalah perangkat lunak analisis sistem tenaga terbaru di dunia dengan antarmuka grafis satu baris terintegrasi. Diagram garis tunggal interaktif itu mencakup fungsi menggambar, kemampuan mengedit, dan semua fitur perhitungan statis dan dinamis yang relevan. DIgSILENT Power Factory ini `dirancang dan dikembangkan oleh para insinyur dan pemrogram yang berkualifikasi dengan pengalaman bertahun-tahun di bidang analisis sistem tenaga listrik dan bidang pemrograman. Keakuratan dan validitas hasil yang diperoleh dengan powerfactory telah dikonfirmasi dalam sejumlah besar implementasi, oleh organisasi yang terlibat dalam perencanaan dan pengoperasian sistem tenaga di seluruh dunia. Untuk memenuhi kebutuhan analisis sistem tenaga pengguna, pembangkit listrik dirancang sebagai alat rekayasa terintegrasi untuk menyediakan rangkaian lengkap fungsi analisis sistem tenaga dalam satu program yang dapat dieksekusi.

Perhitungan Daya Semu, Daya Aktif dan Persentase Pembebanan Transformator
 Untuk menghitung daya semu dan daya aktif dapat menggunakan rumus berikut [5]:

$$S = V \cdot I \text{ atau Daya Semu} = \text{Daya aktif} \cdot \cos \varphi$$

$$P = S \times \cos \varphi \text{ atau } V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (3)$$

Dimana:

- S = daya semu (VA)
- V = tegangan (Volt)
- I = arus yang mengalir pada penghantar (Ampere)
- P = daya aktif (Watt)
- cos φ = faktor daya

$$\% \text{ beban Trafo} = \frac{kVA \text{ Beban}}{kVA \text{ Trafo}} \times 100 \% \quad (4)$$

a) Perhitungan Arus masuk (*In*) dan Arus Beban
 Untuk Arus Searah (Van Harten, 1992: 144):

$$I_n = \frac{P(\text{Watt})}{V(\text{Volt})} [\text{Ampere}] \quad (5)$$

Untuk Arus Bolak balik Satu phasa:

$$n = \frac{P(\text{Watt})}{V(\text{Volt}) \cdot \cos\phi}$$

$$\text{Arus Beban} = 125\% \times I_n \quad (8)$$

Dimana:

I_n = Arus Nominal Beban Penuh

(A)P = Daya Aktif (W)

V = Tegangan (V)

VL-L = Tegangan phasa-

phasacos ϕ = Faktor Daya

b) Perhitungan Tahanan Pentanahan

Menentukan nilai tahanan pentanahan bangunan, persamaan yang di peroleh adalah:

$$R = \rho \sqrt{\frac{L}{\pi}} \quad (9)$$

Dimana:

R: tahanan pentanahan (ohm)

ρ : resistivitas tanah (ohm-meter)

c) Perhitungan Penentuan Pengaman

$$\text{Pemutus sirkit} = 1,13 \times I_n \quad (10)$$

Dimana:

1,13 = Ketentuan antara 110-115% I_n = Arus masuk pada sirkit.

2. METODE

a. Deskripsi Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pemakaian daya pada Laboratorium central plantation sevices mulai dari kapasitas daya peralatan listrik, kapasitas daya pengaman, kapasitas hantar arus penghantar, pengukuran tahanan pentanahan untuk melakukan analisis sistem kelistrikan yang terpasang pada gedung ini dengan persyaratan umum instalasi listrik 2011 dan SPLN. Dalam penelitian ini penulis menggunakan data yang diperoleh dari lapangan berupa data pengukuran, kemudian simulasi dilakukan lebih lanjut dengan menggunakan Dlg SILENT Power factory 15.1.7.

b. Tempat Dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian ini dilaksanakan di PT. Central Alam Resources Lestari Pekanbaru tepatnya digedung Laboratorium Central Plantation Sevices Pekanbaru di Jln. Soekarno-Hatta No. 488, Kelurahan perhentian, Kec. Marpoyan damai, Kota Pekanbaru dengan metode yang dilakukan pengambilan data langsung ke lokasi. Waktu penelitian ini dimulai bulan Maret 2022 sampai dengan bulan Mei 2022.

c. Metode Penelitian

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

1. Metode Pustaka

Yaitu melakukan studi ke perpustakaan dan kajian dari buku-buku teks pendukung, serta jurnal yang relevan yang menunjang penelitian untuk menyusun tugas akhir ini.

2. Metode Penelitian

Mengadakan penelitian observasi lapangan dan pengambilan data pada laboratorium

central plantation services Pekanbaru. Kemudian mengadakan pembahasan/analisa hasil pengamatan dan menyimpulkan hasil analisa tersebut.

3. Metode Diskusi/Wawancara

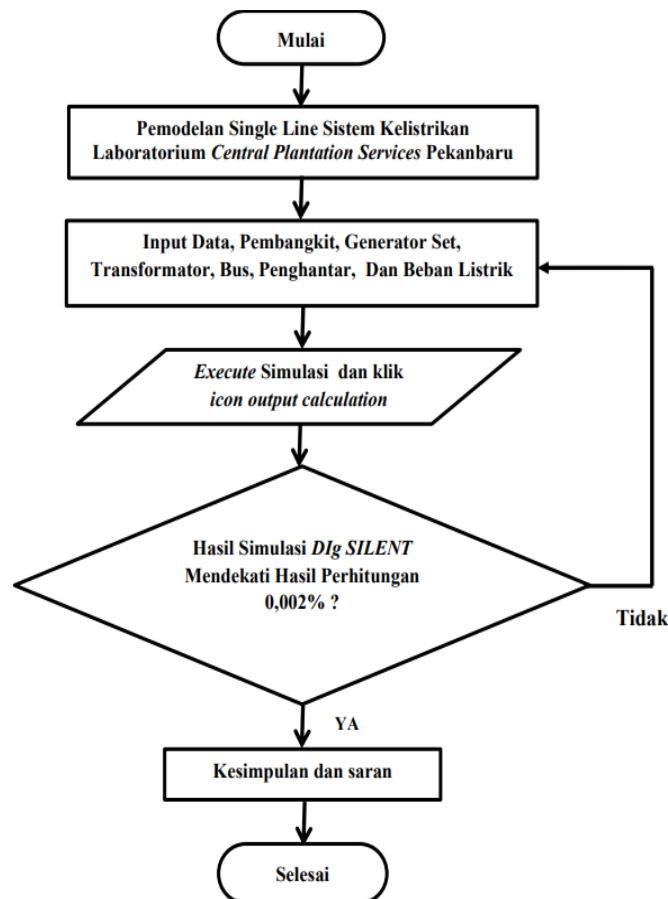
Yaitu mengadakan diskusi/wawancara dengan teknisi laboratorium serta dengan karyawan-karyawan pada perusahaan untuk mendapatkan data yang lebih akurat. Bimbingan dengan dosen pembimbing agar mempermudah selesainya tugas akhir ini dan juga diskusi bersama teman-teman teknik elektro.

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan metode kuantitatif. Teknik ini digunakan untuk menganalisis berdasarkan orientasi output data dalam bentuk angka dan juga dengan observasi lapangan. Angka-angka inilah yang digunakan untuk menganalisa keterangan supaya tujuan penelitian dapat tercapai sesuai dengan yang diharapkan.

Tahapan/Langkah-Langkah penelitian

1. Melakukan pengambilan data mulai dari kapasitas daya transformator, kapasitas daya KWH-Meter, kapasitas daya genset.
2. Membuat gambar single line Laboratorium central Plantation Services Pekanbaru.
3. Melakukan pengambilan data setiap nama peralatan listrik, jenis penghantar yang digunakan dan kapasitas dayanya.
4. Melakukan pengambilan data jenis dan ukuran pengaman yang digunakan (10).
5. Melakukan pengukuran arus dan tegangan untuk mengetahui daya yang terpakai setiap saat serta membandingkan dengan kapasitas daya yang tersedia dari transformator dan genset.
6. Menentukan besar faktor daya dengan persamaan (1).
7. Menentukan berapa besar daya semu dan daya aktif dengan menggunakan persamaan (2) dan (3).
8. Menghitung persentase pembebanan transformator dan generator set dengan menggunakan persamaan (4).
9. Menghitung kapasitas hantar arus yang digunakan untuk analisa ukuran luas penampang kabel pada setiap penghantar yang digunakan disetiap peralatan listrik sesuai PUIL 2011 pada tabel KHA penghantar menggunakan persamaan (5), (6), (7) dan (8).
10. Melakukan pengukuran pentanahan dan menganalisa dengan menggunakan persamaan (9).

Data yang diperoleh dalam penelitian ini bersifat kualitatif, sehingga data tersebut akan dituangkan secara tertulis. Gambar 14 menunjukkan diagram alir tahapan pembahasan:



Gambar 14. Diagram Alir tahapan Simulasi

d. Pengumpulan Data

Berikut adalah data-data yang didapatkan hasil observasi lapangan mulai dari penelitian dan wawancara secara langsung :

Tabel 2. Data transformator distribusi yang terpasang

	Daya	200 kVA
1	Tegangan	Tegangan primer
2		Tegangan sekunder
3	Frekuensi	50 Hz
4	Arus	Arus primer
5		Arus sekunder
6	Posisi tap	3/5
7	Merk	Mastergreen
8	Phasa trafo	3 phasa

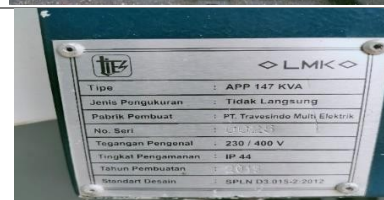
Sumber Data: Laboratorium Central Plantation Services Pekanbaru

Tabel 3. 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 4. Pengukuran Arus Setiap Kelompok Beban

NO	Tempat	Beban (A)			Total Beban(A)
		R	S	T	
1	Lantai 1	44,10	40,30	46,40	130,80
2	Aquantron 1	9,28	9,27	9,27	27,82
3	Aquantron 2	9,27	9,28	9,28	27,83
4	Blower Oven	6,80	6,81	6,80	20,41
5	Muffle	7,42	7,42	7,41	22,25
6		21,42	20,35	20,36	62,13
7	Lantai 2	16,97	12,63	13,10	42,70
8	Lantai 3	10,67	8,41	7,70	26,78
9	Lantai 4Lift	1,24	1,57	1,43	4,24
10		7,28	7,24	7,25	21,77
Total Arus		134,45	123,28	129,00	389,73

Sumber Data: Laboratorium Central Plantation Services Pekanbaru

Tabel 5. Pengukuran tegangan di panel setiap lantai

NO	Tempat	V _{L-L}			V _{L-N}		
		R-S	R-T	S-T	R-N	S-N	T-N
1	Lantai 1	398,1 V	399,0 V	398,1 V	228,8 V	229,3 V	229,2 V
2	Aquantron 1	398,2 V	398,4 V	398,6 V	227,9 V	229,8 V	229,6 V
3	Aquantron 2	398,1 V	398,7 V	398,4 V	229,3 V	229,5 V	228,5 V
4	Blower	398,5 V	398,1 V	398,6 V	228,1 V	228,2 V	229,0 V
5	Oven	398,2 V	398,9 V	398,1 V	227,8 V	230,0 V	229,5 V
6	Muffle	398,1 V	398,5 V	398,5 V	229,6 V	229,5 V	228,2 V
7	Lantai 2	396,4 V	397,5 V	396,5 V	224,8 V	226 V	226,3 V
8	Lantai 3	395,8 V	396,2 V	396,0 V	223,1 V	224,6 V	224,0 V
9	Lantai 4	395,6 V	395,8 V	395,7 V	223,3 V	223,9 V	223,3 V
10	Lift	398,5 V	398,1 V	398,6 V	229,2 V	228,3 V	229,8 V

Sumber Data: Laboratorium Central Plantation Services Pekanbaru

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Jenis Peralatan Listrik dan Kapasitas Daya

Peralatan listrik adalah semua alat atau benda yang menggunakan listrik sebagai sumber energinya untuk dapat beroperasi yang dapat digunakan untuk melakukan sesuatu sesuai dengan fungsinya baik untuk rumah tangga, industri, perkantoran dan lain-lain. Berikut total daya peralatan listrik yang digunakan di Laboratorium Central Plantation Services Pekanbaru yang dibagi atas 10 kelompok:

Tabel 6. Total daya keseluruhan yang sering beroperasi

NO	Tempat	Beban Daya (W)
1	Lantai 1	28.636,9
2	Aquantron 1	6.000
3	Aquantron 2	6.000
4	Blower	4.400
5	Oven	4.800
6	Muffle	13.340
7	Lantai 2	11.040
8	Lantai 3	6.874,4
9	Lantai 4	896
10	Lift	4.650
Total Daya Keseluruhan		86.637,3

b. Faktor Daya (Cos φ)

Karena panel tidak dipasang Cos φ meter, maka untuk mengetahui besar Cos φ peneliti menggunakan rumus persamaan (1). Hasil pengukuran pada blower ruang asam yang menggunakan motor induksi 3phasa dengan :

$$\text{Daya} = 1.100 \text{ W}$$

Tabel 7. Pengukuran Tegangan Blower

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

$$I_{\text{Terukur}} = 1,7 \text{ A}$$

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

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

c. Menentukan Daya semu dan Daya Aktif

Untuk menentukan besarnya daya semu dan daya aktif listrik yang terpakai disetiap lantai ditentukan dengan persamaan (5), (6), (7) dan (8). Berikut adalah besar daya semu dan daya aktif pada setiap lantai sesuai dengan hasil pengukuran arus dan tegangan yaitu :

Tabel 8. Daya Semu dan Daya Aktif

NO	Tempat	Beban (VA)			Total Beban (VA)	Total Beban (W)
		R	S	T		
1	Lantai 1	10.103,31	9.232,73	10.630,24	29.966,28	28.078,40
2	Aquantron 1	2.126,04	2.123,75	2.123,75	6.373,56	5.972,02
3	Aquantron 2	2.123,75	2.126,04	2.126,04	6.375,85	5.974,17
4	Blower	1.557,88	1.560,17	1.557,88	4.675,93	4.381,34
5	Oven	1.699,92	1.699,92	1.697,63	5.097,47	4.776,33
6	Muffle	4.907,32	4.662,18	4.664,47	14.233,98	13.337,24
7	Lantai 2	3.830,13	2.850,60	2.956,67	9.637,40	9.030,24
8	Lantai 3	2.380,05	1.883,00	1.724,03	5.987,08	5.609,89
9	Lantai 4	277,14	350,89	319,60	947,64	887,93
10	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 yang terukur maka pembebanan Transformator dan generator set dapat dihitung dengan rumus persamaan (4) :

Tabel 9. Analisa Pembebanan Perkelompok

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

Tabel 10. Analisa Pembebanan Transformator dan Genset

Nama	Beban	Persentase Pembebanan	
		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. Kapasitas Hantar Arus Penghantar

Tabel 11. Luas penampang penghantar dan KHA Setiap Peralatan

NO	Peralatan 3phasa dan 1phasa	Daya	I _n (A)	KHA (A)	Jenis Kabel Terpasang (mm ²)	Standar PUIL 2011 bab 5 pasal 5.3.1 (mm ²)
1	KWH-Meter	147 kVA	213,02	266,28	NFA2X-T 3x70+50 (2Jalur)	NFA2X- T3x120+95
2	Genset	100 KVA	144,91	181,14	NY 4x50	NY 4x 50
3	Panel induk	147 KVA	213,03	266,28	NY 4x120	NY 4x95
4	Blower	1100W	1,7	2,12	NY 3x1,5	NY 3x1,5
5	Oven UFE 800	4800W	7,42	9,28	NY 4x6	NY 4x1,5
6	Aquatron	6000W	9,27	11,59	NY 4x6	NY 4x1,5
7	AC	595W	2,77	3,46	NYM 3x2,5	NYM 3x2,5
8	Lampu	21W	0,09	0,12	NYA 2 x 1,5	NYHY 2X1,5
9	Grinding	650W	3,02	3,78	NYHY 3x1,5	NYHY 3x1,5
10	Kipas	50W	0,23	0,29	NYHY2X0,75	NYHY 2X0,75
11	Blower	38W	0,17	0,22	NYM 3x1,5	NYM 3x1,5
12	Muffle	4370W, 4370W, 4600W	20,3 20,3 21,4	25,44	NY 3x6	NY 3x2,5
13	Blower	120W	0,55A	0,69	NYM 3x1,5	NYM 3x1,5
14	Heating blok	2300 W	10,71A	13,39	NYHY 3x2,5	NYHY 3x1,5
15	Hotplate Cimarec	1515 W	7,05A	8,82	NYHY 3x1,5	NYHY 3x1,5
16	Thermo Scientific	3200 W	14,90	18,63	NYHY 3x2,5	NYHY 3x1,5
17	Pompa scriber	370 W	1,72	2,15	NYHY 3x1,5	NYHY 3x1,5
18	Pompa Air	400 W	1,86	2,3	NYM 3x1,5	NYM 3x1,5
19	Blender	350 W	1,63	2,03	NYHY 2x0,75	NYHY 2x0,75
20	Fume board	21 W	0,09	0,12	NYM 2 x 1,5	NYM 2 x 1,5
21	Timbangan digital	11 W	0,05	0,06	NYHY 2x0,5	NYHY 2x0,5
22	AC	390 W	1,82	2,27	NYM 3x2,5	NYM 3x2,5
23	AC	595 W	2,77	3,46	NYM 3x2,5	NYM 3x2,5
24	Impulse Sealer	300 W	1,39	1,74	NYHY 2x0,75	NYHY 2x0,75
25	Laptop	40 W	0,18	0,23	NYHY 3x0,75	NYHY 3x0,75
26	AC	367 W	1,71	2,13	NYM 3x2,5	NYM 3x2,5
27	AC	1740W 595W	8,10 2,77	10,13	NYM 3x2,5	NYM 3x2,5
28	Oven UFB 400	1400 W	6,52	8,15	NYHY 3x1,5	NYHY 3x1,5
29	Oven Granity	800 W	3,72	4,65	NYHY 3x1,5	NYHY 3x1,5
30	Hotplate Stirrer	1130 W	5,26	6,57	NYHY 3x1,5	NYHY 3x1,5
31	Kjeltec	2400 W	11,18	13,97	NYHY 3x1,5	NYHY 3x1,5
32	Shacker Machine	45 W	0,20	0,26	NYHY 3x1,5	NYHY 3x1,5
33	Voltex Mixer	15 W	0,06	0,08	NYHY 3x1,5	NYHY 3x1,5
34	Kulkas	130 W, 80 W	0,60 0,37	0,75	NYHY 3x1,5	NYHY 3x1,5
35	AAS	420 W	2,09	2,62	NYHY 3x1,5	NYHY 3x1,5
36	Flame photometer	310 W	1,53	1,92	NYHY 3x1,5	NYHY 3x1,5
37	Printer	11 W	0,05	0,06	NYHY 2x0,75	NYHY 2x0,75
38	Spectrofotometer	80 W	0,37	0,46	NYHY 3x1,5	NYHY 3x1,5
39	Multimeter Inolab	9,9 W	0,04	0,05	NYHY 2x0,5	NYHY 2x0,5
40	Blower	120 W,	0,55	0,69	NYM 3x1,5	NYM 3x1,5

41	AC	820 W	3,81	4,77	NYM 3x2,5	NYM 3x2,5 m
42	AC	595 W	2,77	3,46	NYM 3x2,5	NYM 3x2,
43	Dispenser	190 W	0,88	1,10	NYHYH 3x0,75	NYHYH 3x0,75
44	Laptop	40 W	0,18	0,23	NYHYH 3x0,75	NYHYH 3x0,75
45	Printer	11 W	0,05	0,06	NYHYH 2x0,75	NYHYH 2x0,75
46	AC	390 W	1,81	2,27	NYM 3x2,5	NYM 3x2,5
47	Komputer	180 W	0,83	1,04	NYHYH 3x0,75	NYHYH 3x0,75
48	Lampu	9 W	0,04	0,05	NYA 2x1,5	NYA 2x1,5
49	Kompressor	558 W	2,59	3,24	NYHYH 3x1,5	NYHYH 3x1,5
50	Stok kontak				NYA 3x2,5	NYA 3x2,5

f. Pengaman Listrik

Tabel 12. Pengaman Terpasang dan Standarnya

NO	Penggunaan Pengaman 3phasa	Jenis dan Ukuran Terpasang	In Perphasa	Standar PUIL 2011 (SNI IEC 60898-1:2009)
1	KWH-Meter	MCCB 225 A	213,03 A	MCCB 225 A
2	Generator Set	MCCB 160 A	144,91 A	MCCB 160 A
3	Panel Induk	MCCB 250 A	131,18 A	MCCB 160 A
4	Oven	MCCB 20 A	7,42 A	MCB 10 A
5	Aquatron 1	MCCB 50 A	9,27 A	MCB 10 A
6	Aquatron 2	MCCB 50 A	9,27 A	MCB 10 A
7	Blower Fume	MCCB 25 A	6,80 A	MCB 10 A
8	Muffle	MCCB 25 A	20,70 A	MCB 25 A
9	Lantai 1	MCCB 100 A	43,60 A	MCCB 50 A
10	Lantai 2	MCB 32 A	14,20 A	MCB 16 A
11	Lantai 3	MCB 25 A	8,90 A	MCB 10 A
12	Lantai 4	MCB 20 A	1,40 A	MCB 2 A
13	Lift	MCB 20 A	7,26 A	MCB 10 A

g. Pentanahan

Tabel 13. Hasil Pengukuran Pentanahan

Range	Pembacaan	Hasil	Standar PUIL 2000 (Hal 68)
x 20 Ω	0,13 Ω	2,6 Ω	<5 Ω



Gambar 15. Hasil Pengukuran Tahanan

Menentukan nilai tahanan pentanahan bangunan, dengan menggunakan persamaan (9) maka tahanan pentanahan di peroleh sesuai jenis tanah liat bekas ladang adalah:

$$R = \frac{\rho}{4} \sqrt{\frac{\pi}{4}}$$

$$R = \frac{100}{4} \sqrt{\frac{3,14}{4}}$$

$$= 11,07 \Omega$$

Ketidaksesuaian hasil pengukuran dengan hasil perhitungan sesuai dengan persamaan yang dilakukan disebabkan oleh beberapa faktor, antar lain:

- a) Kedalaman elektroda
- b) Jenis dan jumlah elektroda yang digunakan
- c) Kelembapan dari tanah atau jenis tanah pentanahan.

h. Hasil Simulasi Daya DIg SILENT Power Factory 15.1.7

DIg SILENT Power Factory 15.1.7 adalah software komputer yang digunakan dalam kelistrikan untuk melakukan validasi simulasi dari suatu aliran daya listrik.

Berikut ini adalah hasil simulasi dari rangkaian single line sistem kelistrikan pada Laboratorium Central Plantation Services Pekanbaru:

Tabel 14. Perbandingan Hasil Simulasi Dengan Perhitungan Pembebanan

NO	Nama Peralatan	Hasil Simulasi	Hasil Perhitungan
1	Transformator	44,08 %	44,08 %
2	Generator Set	89,50 %	89,49 %

Hasil Perbandingan Pengukuran Dengan Simulasi Menggunakan DIg SILENT Power Factory 15.1.7

Tabel 15. Perbandingan Hasil Pengukuran Dengan Hasil Simulasi

NO	Nama	Hasil Pengukuran			Hasil simulasi		
		V	I	P	V	I	P
1	Lantai 1	398,4	43,60	28.078,40	398,50	43,41	28.078
2	Aquantron 1	398,4	9,27	5.972,02	398,56	9,23	5.971,94
3	Aquantron 2	398,4	9,27	5.974,17	398,46	9,23	5.974,0
4	Blower	398,4	6,80	4.381,34	398,48	6,77	4.381,28
5	Oven	398,4	7,41	4.776,33	398,49	7,38	4.776,26
6	Muffle	398,3	20,71	13.337,24	398,46	20,62	13.337
7	Lantai 2	396,8	14,23	9.030,24	396,93	14,017	9.029,65
8	Lantai 3	396	8,92	5.609,89	396,33	8,72	5.609,37
9	Lantai 4	395,3	1,41	887,93	395,8	1,383	887,62
10	Lift	398,4	7,25	4.559,06	398,52	7,048	4.559

Hasil pengukuran dan penghitungan manual yang dilakukan tidak sama persis dengan hasil simulasi DIg SILENT Power Factory 15.1.7. Hal ini disebabkan oleh adanya error pada software simulasi. Dari hasil perbandingan terlihat bahwa semakin besar tegangan mengalir pada terminal maka arus akan semakin kecil dan daya akan semakin besar.

4. KESIMPULAN

a. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian di Laboratorium Central Plantation Services Pekanbaru, maka peneliti mendapatkan beberapa kesimpulan tentang sistem kelistrikan pada penakiaian daya di gedung laboratorium dari hasil penelitian antara lain:

1. Setelah melakukan penelitian dan pengukuran pada Laboratorium Central Plantation Services Pekanbaru hasil perhitungan total pemakaian daya dan pengukuran yang dilakukan yaitu didapatkan hasil perhitungan daya sebesar 88.160,79 VA (daya semu), kemudian dikonversikan ke daya aktif setara dengan 82.606,66 W (daya aktif). Validasi hasil pengukuran dan perhitungan dari hasil penelitian dilakukan menggunakan software Dig SILENT Power Factory 15.1.7. Hasil simulasi total daya yang didapatkan pada simulasi yaitu 82.604,95 W, sedangkan pada pengukuran 82.606,66 W. Hasil Pengukuran ini berbeda dengan hasil validasi simulasi karena adanya error pada simulasi pada persentase tertentu.
2. Sistem kelistrikan Laboratorium central plantation services Pekanbaru mulai dari persentase pembebanan transformator sudah sesuai dengan SPLN D3.002-1: 2007 No.160, kapasitas hantar arus penghantar sudah sesuai dengan PUIL 2011 pada bab 5 pasal 5.3.1 (Hal :51), pemutus sirkit/ pengaman listrik sudah sesuai terhadap PUIL 2011 (Hal 51) serta tahanan pentanahan pada Gedung ini sudah sesuai dengan PUIL 2000 (Hal :68). Untuk pembebanan generator set melebihi standar PLN, genset ini hanya akan di operasikan dalam kondisi emergensi (off grid) sistem jaringan PT.PLN. Untuk itu dalam memenuhi kebutuhan beban di lakukan dengan metode skala prioritas sehingga tidak mengganggu operasional perusahaan. Hasil simulasi pembebanan pada transformator dan genset yaitu 44,08% dan 89,5%, sedangkan hasil pengukuran yaitu 44,08% dan 89,49 %.

b. Saran

1. Untuk kapasitas daya generator set yang telah overload agar dilakukan penambahan daya genset supaya genset bekerja dengan baik dan menghindari umur trafo yang singkat sehingga kerusakan pada genset dapat dihindari dan saat terjadi gangguan agar generator set dapat bekerja secara maksimal tanpa melakukan skala prioritas pada sistem kelistrikan Laboratorium tersebut.
2. Saat terjadinya off grid pada jaringan PT. PLN maka dilakukan skala prioritas untuk menghindari overload pada genset yaitu dengan menghentikan operasional aquatron 2, Oven UFB 800, dan Lift agar generator set dapat bekerja secara optimal. Sehingga tidak melebihi standar PLN. Dari hasil simulasi didapatkan persentase pembebanan generator set hanya 72,9 % (dibawah SPLN). Untuk transformator supaya dilakukannya maintenance secara rutin, mulai dari pengecekan bushing trafo, pengecekan oli trafo bahkan penggantian komponen trafo apabila sudah tidak sesuai lagi kegunaannya agar menghindari kerusakan trafo.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Zainal, 2014, Penyedia Daya Cadangan Menggunakan Inverter. Jurnal Intekna 2: 102-209.
- Abrar Tanjung, Arlenny, 2015, Analisis Kinerja Sistem Kelistrikan Fakultas Hukum Universitas Lancang Kuning Pekanbaru. Jurnal Teknologi, Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning Volume 8 Nomor 1, 75-82.
- Abrar Tanjung, Zulfahri, 2020, Analisis Sistem Pengaman Gedung Rektorat Universitas Lancang Kuning Pekanbaru. Jurnal . ELEMENTER Vol. 6, No. 2, Jurnal Politeknik Caltex Riau e-ISSN : 2460 – 5263 (online) | ISSN : 2443 – 4167.
- Anisah, S, 2018, Analisis Perbaikan Tegangan Ujung Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 KV Express Trienggadeng Daerah Kerja PT PLN (Persero) Area Sigli Rayon Meureudu Dengan Simulasi E-Tap. Journal of Electrical and System Control Engineering, 2(1), 2–7. <https://doi.org/10.31289/jesce.v2i1.1916>
- M. Moenif, E, 2018, Mesin-Mesin Listrik AC Dan Peralatan Proteksi. Provinsi Riau PUIL 2011, Persyaratan Umum Instalasi Listrik. Jakarta,2014,
- Saputro,B, 2017, Analisis Keandalan Generator Set Sebagai Power Supply Darurat Apabila Power Supply Dari Pln Mendadak Padam Dimorodadi Poultry Shop Blitar. Jurnal Qua Teknika 7(2): 19-25.

SPLN D3.002-1: 2007 No.160. Spesifikasi Transformator Distribusi

Zuhal, 1991, Dasar Tenaga Listrik, Bandung: ITB.