

VOLUME 7 | NOMOR 1 | APRIL 2021

p-ISSN 2443-0986

e-ISSN 2685-001X

ELEKTRIKA

B O R N E O



Diterbitkan oleh

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

p-ISSN 2443-0986
e-ISSN 2685-001X

ELEKTRIKA BORNEO

Volume 7, Nomor 1, April 2021

Ketua Redaksi
(Editor-in-Chief)

Fitriani Said, S.T., M.T.

Dewan Redaksi
(Editorial Board)

Dr. Eng. Linda Sartika, S.T., M.T.

Abdul Muis Prasetya, S.T., M.T.

Abil Huda, S.T., M.T.

Asisten Redaksi
(Editorial Assistant)

Hendra, S.T.

Alamat Redaksi
(Address)

**Gedung D Lantai 3 Kampus Universitas Borneo Tarakan
Jalan Amal Lama No. 1, Tarakan, 77123
Kalimantan Utara, Indonesia**



Diterbitkan oleh:
Jurusan Teknik Elektro Universitas Borneo Tarakan

ELEKTRIKA BORNEO

Volume 7, Nomor 1, April 2021

DAFTAR ISI

1. Analisis Injeksi Daya Reaktif Untuk Memperbaiki Faktor Daya Pada Line Instalasi Listrik Gedung Workshop AK-Manufaktur Bantaeng
Hermansyah 1 – 4
2. Desain Simulasi Maksimum Power Point Tracking Metode P&O Pada Panel Surya Di Azzahra Hidroponik Juata Tarakan
Abil Huda dan Wahyudi Siraju5 – 10
3. Perancangan Instalasi Penerangan Pada Gedung Laboratorium dan Perkuliahan Terpadu Universitas Borneo Tarakan
Aprizulkifli dan Sugeng Riyanto 11–18
4. Penerapan Regulator Sebagai Pengaturan Tegangan Berbasis Internally Triggered Triac
Abdul Muis Prasetya dan Nur Liya..... 19–22
5. Studi Kapasitas Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah Pada Penyulang 5 PT PLN (Persero) UP3 Tarakan
Ardi Setyo Purnomo dan Achmad Budiman 23–27

Analisis Injeksi Daya Reaktif Untuk Memperbaiki Faktor Daya Pada Line Instalasi Listrik Gedung Workshop AK-Manufaktur Bantaeng

Hermansyah

Akademi Komunitas Industri Manufaktur Bantaeng, Bantaeng, Sulawesi Selatan, Indonesia

anchaogi.hp@gmail.com

Abstract—This research is a case study, namely the electrical installation system for AK-Manufacturing Bantaeng fabrication workshops. This study aims to improve the value of $\cos \phi$ (power factor) from 0.75 to 0.97 and to determine the capacity of the capacitor bank that will be installed on the electrical installation line of the AK-Manufacturing Bantaeng Fabrication Machine workshop building. The problem that occurs is the low value of $\cos \phi$ (power factor) in the installed electrical system which causes the installed active power to be not maximal. For this reason, a capacitor bank with an adjusted capacity value is needed to provide reactive power injection so that the value of $\cos \phi$ can be increased from 0.75 to 0.97. This study uses an analysis method to determine the value of reactive power to be injected into the electrical installation system. The results of this study indicate that the required reactive power injection capacity is 12 KVar or 12,000 Var. This value is sufficient to improve the power factor from 0.75 to 0.97. This means that the electrical installation system is more optimal.

Keywords—Power Factor, Capacitor Bank, Reactive Power, Case Study.

Intisari—Penelitian ini merupakan penelitian study kasus yaitu pada sistem instalasi listrik workshop mesin fabrikasi AK-Manufaktur Bantaeng. Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki nilai $\cos \phi$ (faktor daya) dari 0.75 menjadi 0.97 dan untuk mengetahui kapasitas kapasitor bank yang akan dipasang pada line instalasi listrik gedung workshop Mesin Fabrikasi AK-Manufaktur Bantaeng. Permasalahan yang terjadi adalah rendahnya nilai $\cos \phi$ (faktor daya) pada system kelistrikan yang terpasang sehingga menyebabkan tidak maksimalnya daya aktif yang terpasang. Untuk itu dibutuhkan kapasitor bank dengan nilai kapasitas yang telah disesuaikan untuk memberikan injeksi daya reaktif sehingga nilai $\cos \phi$ dapat dinaikkan dari 0.75 hingga 0.97. Penelitian ini menggunakan metode analisis untuk menentukan nilai daya reaktif yang akan diinjeksikan ke dalam system instalasi listrik. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kapasitas injeksi daya reaktif yang dibutuhkan sebesar 12 KVar atau 12.000 Var. Nilai tersebut cukup untuk memperbaiki faktor daya dari 0.75 menjadi 0.97. Artinya sistem instalasi listrik tersebut lebih optimal.

Kata Kunci—Faktor Daya, Kapasitor Bank, Daya Reaktif, Study Kasus.

I. PENDAHULUAN

Listrik merupakan kebutuhan utama aktivitas rumah tangga dan instansi pemerintah dan industri. Distribusi daya listrik yang handal dapat mempengaruhi kelancaran aktifitas kegiatan produksi khususnya di industri dan

tempat pelatihan yang membutuhkan daya listrik yang stabil dalam rangka mengoperasikan mesin yang menyerap daya yang besar.

Gedung Workshop Mesin Fabrikasi AK-Manufaktur Bantaeng merupakan salah satu sarana prasarana untuk menunjang kegiatan praktikum mahasiswa Program Studi Teknik Perawatan Mesin AK-Manufaktur Bantaeng. Gedung workshop tersebut, didalamnya terdapat 3unit mesin bubut, 4unit mesin frais, 2 unit mesin CNC, 4 unit mesin gerinda, 2 buah mesin bor, 1 buah mesin asah pahat, dan 17 unit mesin las.

Tentunya mesin-mesin tersebut menyerap daya reaktif yang tidak sedikit sehingga menyebabkan tidak maksimalnya daya aktif terpasang di panel induk. Hal tersebut disebabkan oleh $\cos \phi$ total pada mesin-mesin tersebut berada pada angka < 0.85 . Hal tersebut merupakan masalah yang serius bagi industri dan harus mendapatkan perhatian khusus dalam rangka meningkatkan nilai $\cos \phi$ total ke angka yang mendekati 1. Solusi permasalahan tersebut adalah dengan memasang kapasitor bank yang berfungsi memberikan injeksi daya reaktif kepada beban sehingga nilai faktor daya ($\cos \phi$) dapat dinaikkan mendekati angka 1.

Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki nilai $\cos \phi$ (faktor daya) dari 0.75 hingga mendekati angka 1 yaitu 0.97. Selain itu penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui kapasitas kapasitor bank yang akan dipasang pada line instalasi listrik gedung workshop Mesin Fabrikasi AK-Manufaktur Bantaeng.

II. LANDASAN TEORI

A. Beban pada Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik adalah serangkaian peralatan-peralatan kelistrikan yang saling bekerjasama satu sama lain dalam menyalurkan tenaga listrik mulai dari system pembangkitan, transformator, jaringan transmisi, garuda induk, jaringan distribusi, alat-alat proteksi dan beban.

Dalam rangkaian listrik AC, beban terbagi menjadi tiga jenis yaitu beban resistif, beban kapasitif dan beban induktif.

1. Beban Resistif.

Beban resistif dihasilkan oleh komponen-komponen kelistrikan yang memiliki tahanan murni seperti pada lampu pijar dan berbagai macam elemen pemanas. Beban jenis ini bersifat pasif yaitu tidak mampu untuk menghasilkan energy listrik. Beban jenis ini tidak menyerap daya reaktif melainkan beban jenis ini hanya

menyerap daya aktif. Arus dan tegangan pada beban resistif akan sefasa atau tidak akan menimbulkan pergeseran sudut fasa. Dengan kata lain factor daya pada jenis beban ini adalah 1 yang dinotasikan $\cos \phi$. Berikut ini adalah persamaan untuk menentukan daya aktif pada beban resistif (Nur, 2017).

$$P = V \cdot I \quad (1)$$

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \quad (2)$$

2. Beban Induktif

Beban Induktif adalah beban yang terdiri dari kumparan kawat yang dililitkan pada suatu inti. Contoh jenis beban ini adalah inductor, solenoid, motor listrik 1 fasa dan 3 fasa, transformator 1 fasa dan 3 fasa dll. Jenis beban ini dapat memberikan dampak pergeseran sudut fasa pada arus sehingga mengakibatkan arus tertinggal terhadap tegangan (*lagging*). Jenis beban ini menyerap dua jenis daya, yaitu daya aktif dan daya reaktif. Berikut ini adalah persamaan untuk menentukan daya aktif. [6]

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi \quad (3)$$

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi \quad (4)$$

3. Beban Kapasitif

Beban jenis kapasitif memiliki kelebihan yang mampu menyimpan energy listrik yang berasal dari pengisian elektrik pada suatu rangkaian listrik. Jenis beban ini menyebabkan arus mendahului tegangan atau biasa disebut dengan istilah (*leading*). Jenis beban ini menyerap daya aktif dan dapat mengeluarkan daya reaktif sehingga sangat cocok digunakan dalam injeksi daya reaktif pada beban-beban induktif yang pada dasarnya membutuhkan daya reaktif untuk bekerja sehingga daya aktif yang disupply oleh PT.PLN (persero) dapat dimaksimalkan. Berikut ini adalah persamaan untuk menentukan daya reaktif. [6]

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi \quad (5)$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \phi \quad (6)$$

B. Faktor Daya

Faktor daya merupakan salah satu indikator baik buruknya kualitas daya listrik. Faktor daya atau faktor kerja adalah perbandingan antara daya aktif (Watt) dengan daya semu/daya total (VA), atau cosinus sudut antara daya aktif dan daya semu/daya total. Peningkatan daya reaktif akan meningkatkan sudut antara daya aktif dan daya semu sehingga dengan daya aktif yang tetap akan mengakibatkan peningkatan daya semu yang akan dikirimkan. Nilai faktor daya tertinggi adalah 1. Sistem dengan faktor daya seperti ini memiliki efisiensi yang sangat baik dimana hal ini berarti daya total/semu (VA) yang dibangkitkan digunakan secara utuh pada beban resistif (Watt). Dalam hal ini nilai daya total/semu (VA) sama dengan daya aktif (Watt). [3]

Pada suatu sistem tenaga listrik memiliki 3 jenis faktor daya yaitu faktor daya unity, faktor daya mendahului

(*leading*) dan faktor daya terbelakang (*lagging*) yang ditentukan oleh jenis beban pada sistem tenaga listrik.

Perbaikan faktor daya untuk memperbesar harga $\cos \phi$ (pf) yang rendah, hal yang mudah dilakukan adalah dengan cara mempersempit sudut ϕ 1 sehingga menjadi ϕ 2 berarti ϕ 1 > ϕ 2. Usaha untuk memperkecil sudut ϕ itu hal yang mungkin dilakukan adalah memperkecil komponen daya reaktif (VAR) Komponen daya reaktif yang bersifat induktif harus dikurangi dan pengurangan tersebut dilakukan dengan menambah suatu sumber daya reaktif yaitu berupa kapasitor atau lebih dikenal dengan istilah kapasitor bank.

C. Kapasitor Bank

Kapasitor bank merupakan komponen kelistrikan yang berfungsi untuk meningkatkan power faktor (pf). Kapasitor bank terdiri dari rangkaian-rangkaian kapasitor yang saling terhubung satu sama lain baik secara hubung seri maupun secara parallel yang dirangkai kedalam satu panel kapasitor bank. [3]

Kapasitor bank sangat dibutuhkan oleh industri dan institusi pendidikan yang didalamnya terdapat banyak beban induktif. Jika factor daya pada sebuah industri dibawah 0.85 maka industri tersebut akan dikenakan denda oleh PLN. Untuk mendapatkan factor daya >85 maka suatu industri harus memasang kapasitor bank pada instalasi kelistrikannya.

D. Perbaikan Faktor Daya

Secara umum perbaikan factor daya adalah dengan menambahkan komponen sebagai pembangkit daya reaktif yaitu kapasitor bank. Kapasitor bank tersebut berfungsi untuk mensuplai kebutuhan daya reaktif dalam satuan Var pada beban-beban induktif. Untuk merencanakan suatu sistem dalam memperbaiki faktor daya, dapat dipergunakan suatu konsep yaitu kompensator ideal, dimana sistem ini dapat dihubungkan pada titik penyambungan secara parallel dengan beban dan memenuhi 3 fungsi utama, yaitu memperbaiki faktor daya mendekati nilai 1 (unity power factor), mengurangi atau mengeliminasi regulasi tegangan dan menyeimbangkan arus beban dan tegangan fasa. Untuk memenuhi kebutuhan daya reaktif yang efektif dan efisien, maka perlu dilakukan pemilihan sumber daya reaktif untuk perbaikan faktor daya. [1]

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini terbagi kedalam beberapa tahap yaitu:

1. Melakukan study literature dan melakukan pengukuran nilai $\cos \phi$ total pada mesin-mesin yang ada di workshop mesin.
2. Melakukan analisis data dengan menentukan kapasitas kebutuhan kapasitor bank untuk memperbaiki faktor daya ($\cos \phi$) pada instalasi listrik gedung workshop mesin.
3. Memastikan rancangan kapasitor bank sesuai dengan standard dan peraturan yang berlaku.

Tahapan penelitian ini ditampilkan secara detail pada Gambar 1 berikut ini:



Gambar.1 Flow Chart Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil obeservasi (data name plate) dan pengukuran secara langsung diketahui parameter mesin-mesin fabrikasi di workshop mesin yaitu sebagai berikut:

1. Total daya aktif pada mesin-mesin fabrikasi adalah 28.19 KW.
2. Cos φ total yang didapatkan dari hasil perhitungan adalah 0.75.
3. Cos φ total yang didapatkan dari hasil pengukuran adalah 0.76.
4. Tegangan terukur pada L-L 385 Volt
5. Tegangan terukur pada L-N 225 Volt

Data tersebut merupakan data awal untuk menentukan kapasitas kapasitor bank. Dari data tersebut maka daya reaktif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut in:

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Sin } \phi \quad (7)$$

Dengan demikian besarnya daya reaktif (Q) pada mesin-mesin fabrikasi yang ada pada Table.1 adalah sebagai berikut:

- Mesin las besar
 $Q = \sqrt{3} \times 380 \times 32 \times \text{Sin } \phi$
 $= 1051 \times 2 \text{ (unit)}$
 $= 2102 \text{ Var}$
- Mesin las kecil
 $Q = \sqrt{3} \times 380 \times 16 \times \text{Sin } \phi$
 $= 526 \times 15 \text{ (unit)}$
 $= 7890 \text{ Var}$
- Mesin gerinda
 $Q = \sqrt{3} \times 380 \times 2.8 \times \text{Sin } \phi$
 $= 92 \times 4 \text{ (unit)}$
 $= 368 \text{ Var}$

- Mesin Asah Pahat
 $Q = \sqrt{3} \times 380 \times 4 \times \text{Sin } \phi$
 $= 131 \times 1 \text{ (unit)}$
 $= 131 \text{ Var}$
- Mesin Bor
 $Q = \sqrt{3} \times 380 \times 3 \times \text{Sin } \phi$
 $= 99 \times 2 \text{ (unit)}$
 $= 198 \text{ Var}$
- Mesin CNC
 $Q = \sqrt{3} \times 380 \times 159 \times \text{Sin } \phi$
 $= 5.226,33 \times 2 \text{ (unit)}$
 $= 10.452,66 \text{ Var}$
- Mesin Frais
 $Q = \sqrt{3} \times 380 \times 22 \times \text{Sin } \phi$
 $= 723,14 \times 4 \text{ (unit)}$
 $= 2.892,56 \text{ Var}$
- Mesin Bubut
 $Q = \sqrt{3} \times 380 \times 8.4 \times \text{Sin } \phi$
 $= 276,10 \times 3 \text{ (unit)}$
 $= 828,3 \text{ Var}$

Tabel.1

Data total daya aktif dan daya reaktif beban workshop mesin AK-Manufaktur Bantaeng.

N o	Mesin-Mesin Fabrikasi	Jumlah Unit	Total Daya Aktif (Watt)	Total Daya Reaktif (Var)
1	Mesin Las Besar	2	25600	2102
2	Mesin Las Kecil	15	96000	7890
3	Mesin Gerinda	4	8800	368
4	Mesin Asah Pahat	1	550	131
5	Mesin Bor	2	520	198
6	Mesin CNC	2	50000	10452
7	Mesin Frais	4	12000	2.892
8	Mesin Bubut	3	3500	828
Total			281930	24861
Total Daya Aktif			: 28.19 KWatt	
Total Daya Reaktif			: 24.8 KVar	

Dari data perhitungan dan pengukuran, maka nilai kapasitas kapasitor bank untuk injeksi daya reaktif ke system line instalasi listrik gedung workshop mesin AK-Manufaktur Bantaeng dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut:

- Faktor daya sebelum diperbaiki:
 $\text{Cos } \phi \text{ Q1} = 0.75$
 $\text{Cos}^{-1} (0.75) = 41.40$
 $\text{Sin Q1} (41.40) = 0.66$
- Faktor daya sesudah diperbaiki:
 $\text{Cos } \phi \text{ Q2} = 0.97$
 $\text{Cos}^{-1} (0.97) = 14.06$
 $\text{Sin Q2} (14.06) = 0.24$
- KVAR sebelum diperbaiki:
 $P \text{ (Kwatt)} \times \text{Sin Q1}$
 $28.19 \times 0.66 = 18.60 \text{ Kvar}$
- KVAR sesudah diperbaiki:
 $P \text{ (Kwatt)} \times \text{Sin Q2}$
 $28.19 \times 0.24 = 6.76 \text{ Kvar}$

Jadi kapasitas injeksi daya reaktif yang dibutuhkan untuk memperbaiki factor daya Cos φ dari 0.75 menjadi 0.97 pada line instalasi listrik gedung workshop mesin fabrikasi AK-Manufaktur Bantaeng adalah 18.60 Kvar -

6.76 Kvar = **11.84 Kvar**. Untuk itu kapasitor bank yang direkomendasikan adalah kapasitor yang berkapasitas **12 KVar** 220/380 Volt.

[10] Yani, Pemasangan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya. *Journal of Electrical Technology*, Vol.2, No.3. 2017

V. KESIMPULAN

Line instalasi listrik gedung workshop mesin fabrikasi AK-Manufaktur Bantaeng membutuhkan injeksi daya reaktif sebesar 11.84 KVar. Untuk itu digunakan kapasitor bank yang berkapasitas 12 KVar 220/380 Volt. Perbaikan factor daya dapat memaksimalkan daya aktif terpasang secara keseluruhan. Faktor daya ($\cos \phi$) dapat diperbaiki dari 0.75 menjadi 0.97

UCAPAN TERIMA KASIH

Terlaksananya penelitian ini tidak terlepas dari berbagai pihak yang mendukung. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Para pimpinan Akademi Komunitas Industri Manufaktur Bantantaeng yang telah memberikan fasilitas dalam mendukung terlaksananya penelitian ini.
2. Teknisi Akademi Komunitas Industri Manufaktur Bantaeng yang telah banyak membantu dalam proses pengukuran dan pengambilan data awal.
3. Kepada dewan redaksi jurnal yang telah meluangkan waktu untuk bekerja secara maksimal sampai pada prses penerbitan.

REFERENSI

- [1] Alland, Arfah, Perancangan Kebutuhan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada Line Mess I di PT.Bumi Lamongan Sejati (WBL). Universitas Negeri Surabaya. 2017
- [2] Ananta, Isdiyarto, Rancang Bangun Kapasitor Bank Untuk Efisiensi Daya Listrik Pada Industri Kecil. *Journal Saintekno*, 2014, Vol.12 No 1.
- [3] Ardiansyah, Haimi, Pengaruh Penggunaan Kapasitor Bank pada Penyulang Kota di PT. PLN5 (Persero) Rayon Meulaboh Kota. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*. Vol 2 hal. 21-28. 2020
- [4] Aripriharta, Mardianto, Amri, Muharnis. Rancang Bangun Simulator Perbaikan Faktor Daya Listrik Sebagai Modul Praktikum di Laboratorium ElektriKA Daya. *Jurnal INOVTEK*, Vol.2, No.2 2020
- [5] Dugan, R.C, Granaghan, M. F, Beaty H. Wayne, *Electrical Power System Quality*, McGraw-Hill. 1996
- [6] Nur, Hardiranto, Analisa optimasi perbaikan faktor daya dan drop tegangan dengan menggunakan kapasitor bank pada line 5 PT. Bukit Asam (persero) Tbk. Fakultas teknik: Universitas Lampung. 2017
- [7] Jumadi, Tambunan. Analisis Pengaruh Jenis Beban Listrik Terhadap Kinerja Pemutus Daya Listrik Di Gedung Cyber Jakarta. *Jurnal Energy & Kelistrikan* Vol.7 No.2. 2015
- [8] Prasetyo, Assafat. Efektifitas Pemasangan Kapasitor Sebagai Metode Alternatif Penghemat Energi Listrik. *Media ElektriKA*, Vol.3, Vo.2, 2010
- [9] Ulya, Analisis dan Simulasi Pengaruh Pemasangan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Simulink pada Sistem Tenaga Listrik di PT. Bogowonto Prima laras. *Media ElektriKA*, Vol.12, No.1, 2019

DESAIN SIMULASI MAKSIMUM POWER POINT TRACKING METODE P&O PADA PANEL SURYA DI AZZAHRA HIDROPONIK JUATA TARAKAN

Abil Huda¹, Wahyudi Siraju²

^{1,2}Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kaltara, Indonesia

¹abil@engineer.com

Abstrak – Solar panels are electricity generators that utilize solar energy. One of them is the Azzahra Hydroponic solar panel with a capacity of 200 Wp which has a non-linear output. According to Amri, (2015) this is due to the changing conditions of the sun. To solve the non-linear problem of solar panels, there are 2 types of controllers, namely PWM and MPPT. This study uses the Perturb & Observe (P&O) method because this method is simpler, has efficiency and a high level of accuracy compared to other methods (Kesler, 2016). Under conditions of intensity $S = 1000$ and temperature $T = 40^\circ$, P_{max} is 201.5 W, P_o is 201.1 W and the time required for MPPT to track is 0.003 seconds, at $S=500$ $T=25$, $P_{max}= 97,7$ W and $P_o = 96.4$ W and the time required is 0.006 seconds. And in the condition $S = 100$ $T = 10$ obtained $P_{max} = 9.4$ W, $P_o = 9.3$ W and the time required for MPPT to track is 0.04 seconds. Based on the simulation results, it can be concluded that the maximum power point tracking (MPPT) simulation design using the perturb and observe (P&O) method was successful and MPPT was able to track the maximum power on Azzahra Hydroponic solar panels under conditions of varying intensity and temperature.

Keywords: Buck Converter, MPPT, P&O, Solar Panel

Intisari – Panel surya merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi cahaya matahari. Salah satunya panel surya Azzahra Hidroponik dengan kapasitas 200 Wp yang mempunyai keluaran yang non-linear. Menurut Amri, (2015) hal ini disebabkan oleh kondisi matahari yang berubah-ubah. Untuk menyelesaikan masalah non-linear dari panel surya terdapat 2 jenis controller yaitu PWM dan MPPT. Penelitian ini menggunakan metode Perturb & Observe (P&O) di karenakan metode ini lebih sederhana, memiliki efisiensi dan tingkat akurasi yang tinggi dibandingkan metode lainnya (Kesler, 2016). Pada kondisi intensitas $S = 1000$ dan suhu $T = 40^\circ$ didapatkan P_{max} 201,5 W, P_o 201,1 W dan waktu yang dibutuhkan MPPT untuk men-track adalah 0,003 detik, pada saat $S=500$ $T=25$ maka didapatkan $P_{max}= 97,7$ W dan $P_o = 96,4$ W dan waktu yang dibutuhkan adalah 0,006 detik. Dan pada kondisi $S=100$ $T=10$ didapatkan $P_{max} = 9,4$ W, $P_o = 9,3$ W dan waktu yang dibutuhkan MPPT untuk men-track adalah 0,04 detik.

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa desain simulasi maksimum power point tracking (MPPT) menggunakan metode perturb and observe (P&O) berhasil dan MPPT dapat men-track daya maksimum pada panel surya Azzahra Hidroponik dalam kondisi intensitas dan suhu yang berbeda-beda.

Kata Kunci: Buck Converter, MPPT, P&O, Panel Surya

I. PENDAHULUAN

Di Indonesia panel surya banyak digunakan untuk menyuplai kebutuhan listrik, dimana kebutuhan listrik bermacam-macam seperti penerangan lampu, pompa air dan lain-lain. Panel surya ini merupakan pembangkit listrik memanfaatkan energi terbarukan berupa cahaya matahari. Salah satunya di panel surya AZZAHRA HIDROPONIK dengan kapasitas 200 Wp yang juga mempunyai keluaran yang non-linear. Menurut Amri, (2015) hal ini disebabkan oleh kondisi matahari yang berubah-ubah. Untuk menyelesaikan masalah non-linear dari panel surya terdapat 2 jenis controller yaitu PWM dan MPPT. Dari hasil pengujian alat, diketahui bahwa daya keluaran controller MPPT ini lebih efisien dibandingkan dengan controller PWM. Maka dari itu dalam penelitian ini menggunakan controller MPPT untuk menghasilkan daya maksimal yang diperoleh panel surya.

Pada penelitian ini menggunakan algoritma metode Perturb & Observe (P&O) di karenakan metode P&O lebih sederhana memiliki efisiensi yang tinggi dan memiliki tingkat akurasi yang tinggi dibandingkan metode lainnya (Kesler, 2016).

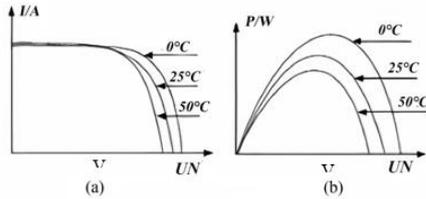
Penelitian ini mensimulasikan sistem sel surya menggunakan MPPT metode P&O di Azzahra Hidroponik Kelurahan Juata Laut menggunakan PSIM, karena di lokasi Azzahra Hidroponik tempat panel surya yang terpasang kondisi geografisnya terbuka dari gedung-gedung dan pohon, sehingga dapat mempengaruhi temperature dan suhu hal ini juga diperkuat oleh Suryana dan Ali (2016) yang mengungkapkan bahwa tegangan listrik yang di hasilkan oleh panel surya tidak hanya bergantung pada besarnya intensitas radiasi yang di terima namun temperatur dan suhu pada permukaan panel surya dapat mempengaruhi tegangan yang dihasilkan panel surya. Sehingga peneliti ingin merancang desain simulasinya menggunakan aplikasi PSIM sesuai dengan judul penelitian.

II. LANDASAN TEORI

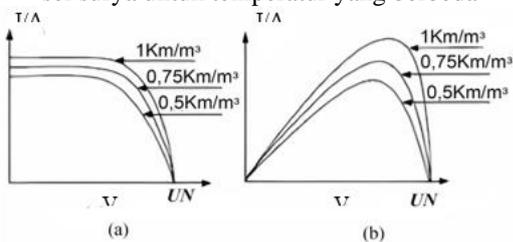
A. Karakteristik Panel Surya

Daya keluaran sel surya merupakan fungsi *non-linear* terhadap temperatur dan intensitas cahaya. Gambar 1 dan 2 menunjukkan hubungan antara temperatur terhadap

daya *output* dan intensitas terhadap daya keluaran sel surya. Gambar 2 mengilustrasikan daya keluaran sel surya naik sesuai dengan nilai intensitas cahaya yang diterimanya. Untuk nilai temperatur dan radiasi yang berbeda, masing-masing daya keluaran maksimum akan diperoleh dan diketahui sebagai *Maximum Power Point* (MPP).



Gambar 1. Karakteristik arus-tegangan dan daya-tegangan sel surya untuk temperatur yang berbeda

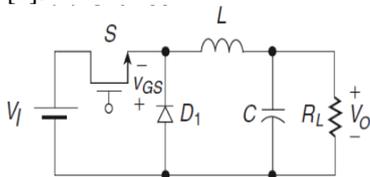


Gambar 2. Karakteristik Arus-Tegangan dan Daya-Tegangan Sel Surya Untuk Intensitas yang Berbeda.

Gambar 1 dan 2 mengilustrasikan karakteristik daya keluaran sel surya selalu berubah sesuai dengan temperatur dan intensitas cahaya yang diterimanya. Untuk mencapai daya keluaran maksimum untuk setiap kondisi yang bervariasi. Panel surya dapat mengadopsi kontroler *maximum power point* (MPP) [1].

B. Buck Converter

Buck converter adalah Dc-Dc *converter* jenis penurun tegangan atau step down. *Buck converter* mampu menghasilkan nilai tegangan *output* sama atau lebih rendah dari tegangan *input*-nya. *Buck converter* ini tersusun dari *mosfet* (saklar aktif) dan dioda (saklar pasif). Saklar pasif dapat diganti dengan aktif pada saat tegangan kerja yang rendah, Sehingga dapat mengurangi daya susut yang terjadi [2].



Gambar 3. rangkaian buck converter

$$D = \frac{T_{ON}}{T} = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} = f_s T_{ON}$$

$$i_L = \frac{(r_L + r_m)(R + r_C) + (r_m - r_d)(R + r_C)^2}{L(R + r_C)}$$

$$V_C = \frac{RD}{(R + r_C)C} i_L - \frac{V_C}{(R + r_C)C} - \frac{R}{(R + r_C)}$$

Keterangan:

- D = Duty cycle ketika off
- i_L = Arus pada induktor
- V_C = Tegangan pada kapasitor

C. Aki

Aki adalah sebuah sumber arus listrik searah yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Aki termasuk elemen elektrokimia yang dapat mem-pengaruhi zat pereaksinya, sehingga disebut elemen sekunder. Aki pertama kali ditemukan oleh ahli fisika Perancis, bernama *Gaston Plante* pada tahun 1859 (Setiono, 2015).

Bagian-bagian utama aki adalah :

1. Kutub positif (anode), ternuat dari timbal dioksida (Pb O₂)
2. Kutub negative, (katode), terbuat dari timbal murni (Pb)
3. Larutan elektrolit, terbuat dari *asam sulfat* (H₂SO₄)

D. Maksimum power Point Tracking (MPPT)

Maximum power point tracking atau yang disingkat MPPT, adalah sebuah sistem elektronis yang mengoperasikan modul sel surya agar dapat menghasilkan daya maksimal yang bisa diproduksi oleh modul sel surya. MPPT bukan merupakan sistem tracking mekanis yang secara fisik menggerakkan modul agar mengarah langsung ke matahari. MPPT merupakan sistem elektronis yang secara keseluruhan mengubah titik operasi elektronis modul sel surya sehingga dapat mengirim daya maksimal yang tersedia. Dari daya tambahan yang terkumpul yang berasal dari modul sel surya, sehingga arus pengisian baterai dapat ditingkatkan. MPPT dapat juga dihubungkan dengan sistem tracking mekanis, tetapi kedua sistem ini benar-benar sangat berbeda (Faisal dan Setyaji, 2016).

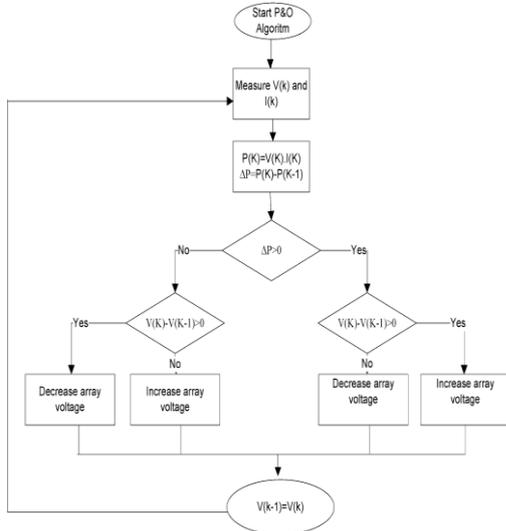
E. Perturb and Observe (P&O)

Metode perturb and observe (P&O) dapat digunakan untuk menentukan titik optimum. Dengan menggunakan metode P&O, nilai daya maksimum bisa didapatkan tanpa harus mengetahui karakteristik dari sistem sel surya. Nilai daya maksimum didapatkan dengan cara mengatur besaran tegangan dc pada konverter. Dengan perubahan besar tegangan dc pada konverter, maka nilai daya juga akan berubah. Metode ini mengatur dan mengamati setiap perubahan tersebut. Perubahan ditentukan pada *step-size* (Δ) tertentu dan waktu tertentu. Besar nilai daya listrik yang dihasilkan dibandingkan dengan daya listrik sebelumnya. Hal ini menentukan variabel Δ berikutnya. Jika besar nilai daya yang dihasilkan meningkat maka variabel Δ akan bernilai tetap, sebaliknya jika besar nilai daya yang tersedia. Dari daya tambahan yang terkumpul yang berasal dari modul sel surya, sehingga arus pengisian baterai dapat ditingkatkan. MPPT dapat juga dihubungkan dengan sistem tracking mekanis, tetapi kedua sistem ini benar-benar sangat berbeda (Faisal dan Setyaji, 2016).

E. Metode Perturb & Observe (P&O)

Metode perturb and observe (P&O) dapat digunakan untuk menentukan titik optimum. Dengan menggunakan metode P&O, nilai daya maksimum bisa didapatkan tanpa harus mengetahui karakteristik dari sistem sel surya. Nilai daya maksimum di dapatkan dengan cara mengatur besaran tegangan dc pada konverter. Dengan perubahan besar tegangan dc pada konverter, maka nilai daya juga akan berubah. Metode ini mengatur dan mengamati setiap perubahan tersebut. Perubahan ditentukan pada *step-size*

(ΔD) tertentu dan waktu tertentu. Besar nilai daya listrik yang dihasilkan dibandingkan dengan daya listrik sebelumnya. Hal ini menentukan variabel ΔD berikutnya. Jika besar nilai daya yang dihasilkan meningkat maka variabel ΔD akan bernilai tetap, sebaliknya jika besar nilai daya yang dihasilkan menurun maka variabel ΔD akan berubah. Prinsip kerja dari metode ini dapat dilihat berdasarkan Gambar 4.



Gambar 4. Flowchart metode perturb and observe

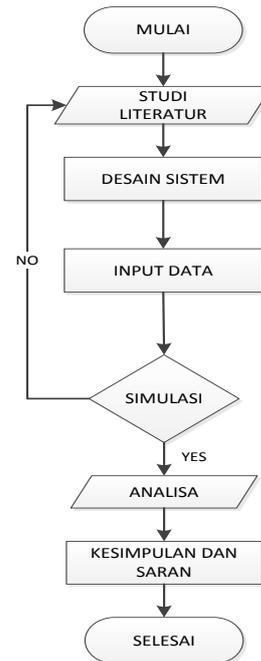
Metode P&O merupakan metode yang paling sederhana dan mudah diaplikasikan diantara metode lainnya. Namun, metode ini memiliki keterbatasan. Tingkat efisiensi dari metode ini tergantung pada besaran variabel ΔD . Apabila nilai ΔD besar maka sistem akan cepat menuju pada nilai maksimum, tetapi akan menghasilkan fluktuasi yang besar saat sudah mencapai nilai maksimum yang mengakibatkan osilasi pada daya yang dihasilkan, sehingga efisiensinya rendah. Jika menggunakan ΔD yang kecil maka efisiensi sistem akan lebih baik, tetapi waktu yang dibutuhkan untuk menuju nilai maksimum sangatlah lambat yang mengakibatkan sistem tidak responsif. Algoritma perturb and observe memiliki beberapa parameter sebagai inisialisasi nilai awal dan besar perubahan nilai step size dari setiap iterasi yang dilakukan. Batasan duty cycle juga diperlukan dalam menjalankan algoritma ini dikarenakan untuk menjaga kemampuan.

Dari konverter buck. Waktu tunda dalam menjalankan program dalam satu kali iterasi ditentukan untuk memberikan respon balik akibat perubahan dari nilai duty cycle yang diberikan. Tabel 2.1 menunjukkan parameter yang digunakan pada algoritma perturb and observe (Ernadi, 2016).

Tabel 1
Parameter Algoritma P&O

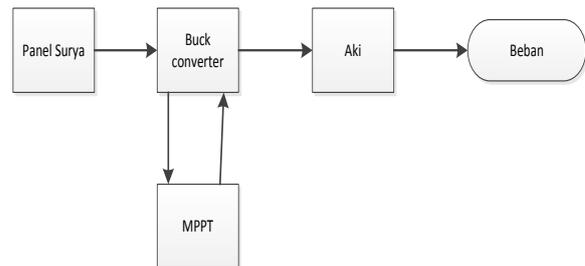
Batasan duty cycle	0.2-0.8
Step size	0.015
Delay	0.5-1 Detik

III. METODE PENELITIAN



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

A. Diagram Blok Sistem



Gambar 6. Diagram Blok Sistem

Tegangan yang akan di hasilkan oleh sel surya akan di olah oleh MPPT yang menggunakan algoritma P&O untuk mendapatkan tegangan maksimum, setelah itu tegangan akan di turunkan oleh Buck Converter ke 12 V lalu akan mengisi Aki yang kemudian Aki akan mensuplay beban.

1) Panel Surya 200 Wp

Sumber listrik yang di pakai adalah panel surya 200 Wp, dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 2
Spesifikasi Panel Surya

Merek	Solarland
Model	SLP200S-24
Tipe	Monocrystalline
Open Circuit Voltage (V_{oc})	43.2 V
Optimum Operating Voltage (V_{MP})	35.2 V
Short Circuit Current (I_{sc})	6.09 A
Optimum Operating Current (I_{MP})	5.69 A
Maximum Power at STC (P_{maks})	200 Wp
Standard Test Condition (STC)	1000W/m ² , AM 1.5 & 25°C

B. Parameter Pengujian

Parameter pengujian yang dilakukan adalah:

a) Pengambilan data pada panel surya
Langkah awal yang dilakukan yaitu melihat data base pada panel surya berupa :

- 1) Daya maksimum (Pmax)
- 2) Tegangan maksimum (Vmax)
- 3) Arus maksimum (Imp)
- 4) Tegangan *Open Circuit* (Voc)
- 5) Arus *shortcircuit* (Isc)

b) Pengambilan Data pada Aki

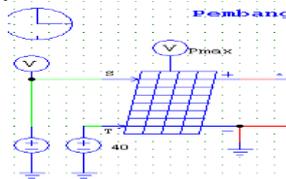
Pengambilan data pada beban yang di ambil dari Aki:

- 1) Tegangan aki (V)
- 2) Kapasitas arus (Ah)

c) Perancangan Desain Simulasi Pada *Software* PSIM

Merancang desain simulasi rangkaian sistem panel surya, yang berupa:

1. Desain Sel Surya

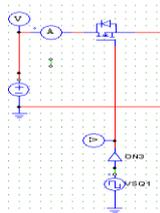


Gambar 7. Desain Panel Surya

Desain sel surya dilakukan di dalam software Psim yang sudah tersedia komponennya di menubar Elements-Power-Renawable Energy lalu Solar Module.

2. Desain Rangkaian Buck Converter

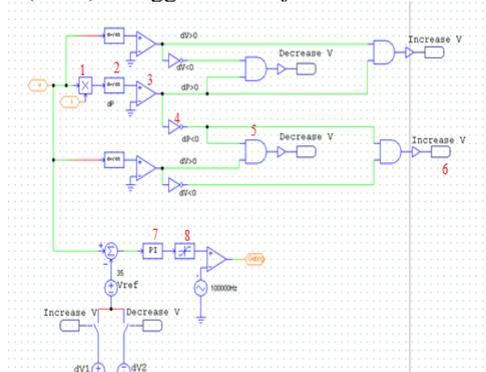
Menginput komponen-komponen untuk buck converter lalu membuat rangkaiannya pada software PSIM.



Gambar 8. Desain Rangkaian Buck Converter

3. Desain rancangan MPPT metode P&O

Membuat desain rancangan MPPT metode P&O menggunakan software psim sesuai dengan algoritma pada gambar 2.9 Flowchart algoritma P&O. Berikut adalah rancangan dan urutan cara kerja *maximum power point tracking* (MPPT) dengan algoritma *perturb and observe* (P&O) menggunakan *software* PSIM.



Gambar 9. Desain MPPT metode P&O

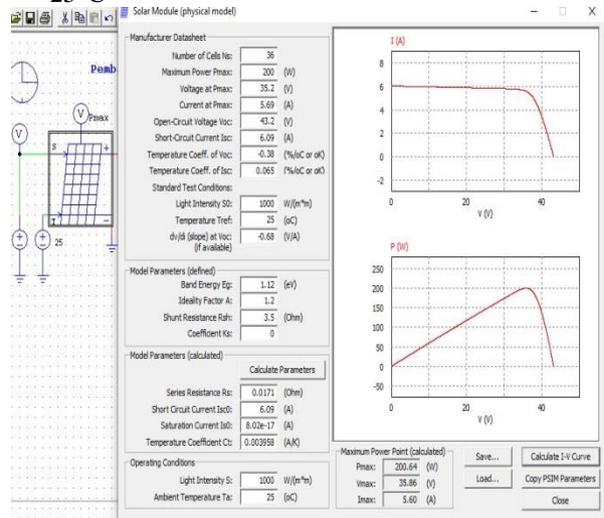
Dalam rangkaian P&O terdapat beberapa komponen di antaranya 1. Multiplier 2. dv/dt function block 3. Kompasator 4. Gerbang Not 5. Gerbang and 6. Label 7. PI controler 8. Limiter.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengimputan Datasheet Panel Surya dan Pengetasan Sistem

Merancang desain sistem Panel surya menggunakan *Software* PSIM, kemudian meng-input *datasheet* panel surya yang akan di uji coba berupa:

1. Daya Maksimum (Pmax) = 200 Wp
2. Tegangan Maksimum (Vmax) = 35,2 V
3. Arus Maksimum (Imp) = 5,69 A
4. Tegangan *Open Circuit* (Voc) = 43,2 V
5. Arus *shortcircuit* (Isc) = 6,09 A
6. *Standard Test Condition* (STC) = 1000/m³, AM 1.5 & 25°C



Gambar 10. Desain sistem dan solar modul software PSIM

Tabel 3
Hasil Pmax, Vmax dan Imax Pada pengaturan suhu dan intensitas berbeda

Intensitas	Suhu		
	10°	25°	40°
1000	Pmax=200.44 W	Pmax= 200.13 W	Pmax= 199.79W
	Vmax= 35.48 V	Vmax= 35.32 V	Vmax= 35.15V
	Imax= 5.65 A	Imax= 5.67 A	Imax= 5.68A
900	Pmax= 181.09W	Pmax= 180.89W	Pmax= 180.66W
	Vmax= 35.75V	Vmax= 35.58V	Vmax= 35.41V
	Imax= 5.07A	Imax= 5.08A	Imax= 5.10A
800	Pmax= 161.32W	Pmax= 161.23W	Pmax= 161.11W
	Vmax= 36.01V	Vmax= 35.84V	Vmax= 35.66V
	Imax= 4.48A	Imax= 4.50 A	Imax= 4.52A
700	Pmax= 141.14W	Pmax= 141.17W	Pmax= 141.17W
	Vmax= 36.26V	Vmax= 36.07V	Vmax= 35.88V
	Imax= 3.89A	Imax= 3.91A	Imax= 3.93A
600	Pmax= 120.56W	Pmax= 120.72 W	Pmax= 120.85W
	Vmax= 36.47V	Vmax= 36.28V	Vmax= 36.08V
	Imax= 3.31A	Imax= 3.33A	Imax= 3.35 A
500	Pmax= 99.61W	Pmax= 99.90W	Pmax= 100.16W
	Vmax= 36.65V	Vmax= 36.45V	Vmax= 36.24V
	Imax= 2.72A	Imax= 2.74A	Imax= 2.76A
400	Pmax= 78.30W	Pmax= 78.73W	Pmax= 79.13W
	Vmax= 36.77V	Vmax= 36.56V	Vmax= 36.50 V
	Imax= 2.13A	Imax= 2.15A	Imax= 2.18A
300	Pmax= 56.70W	Pmax= 57.27W	Pmax= 57.82W
	Vmax= 36.80V	Vmax= 36.56V	Vmax= 36.33V
	Imax= 1.54A	Imax= 1.57A	Imax= 1.59A

	Pmax= 34.87W	Pmax= 35.60W	Pmax= 36.31W
200	Vmax= 36.60V	Vmax= 36.35V	Vmax= 36.10V
	Imax= 0.95A	Imax= 0.98A	Imax= 1.01A
	Pmax= 13.11W	Pmax= 14.00W	Pmax= 14.87W
100	Vmax= 35.45V	Vmax= 35.26V	Vmax= 35.05V
	Imax= 0.37A	Imax= 0.40A	Imax= 0.42A

Ketika telah selesai membuat rancangan dan meng-input *datasheet* panel surya, maka akan dilakukan uji coba untuk mendapatkan Pmax, Vmax dan Imax dengan mengubah intensitas cahaya matahari atau (S) dengan nilai Di asumsikan antara 1000-100 dan suhu atau (T) dengan nilai 10°, 25°, 40°. Berikut adalah table hasil dari pengetesan program

B. Hasil Desain Simulasi Buck Converter

Perancangan desain *buck converter* menggunakan *software* PSIM. Sebelum meng-input data pada komponen rangkaian maka, dilakukan perhitungan manual untuk mendapatkan nilai yang di perlukan pada rangkaian *buck converter* berupa nilai pada D = *dutycycle*, R = Resistor, L = Induktor dan C = Kapasitor.

Diketahui :

- $V_i = 35.2 V$
- $V_o = 12 V$
- $f = 100 KHz$
- $P = 200 W$
- $\%i_L = 5 \%$
- $\%v_o = 5 \%$

Penyelesaian :

$$D = \frac{V_o}{V_i} = \frac{12 V}{35.2 V} = 0,34$$

$$R = \frac{V_o^2}{P} = \frac{12^2}{200} = 0,72$$

$$i_L = \frac{P}{V_o} = \frac{200}{12} = 16,6$$

$$\Delta i_L = \%i_L \times i_L = 5\% \times 16,6 = 0,83$$

$$L = \frac{(V_i - V_o) \times D}{\Delta i_L \times f} = \frac{(35,2 - 12) \times 0,34}{0,83 \times 100000} = 9,50$$

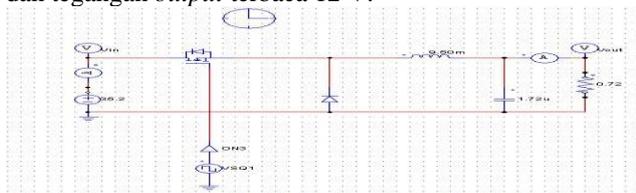
$$\Delta V_o = \%V_o \times V_o = 5\% \times 12 = 0,6$$

$$C = \frac{\Delta i_L}{8 \times \Delta V_o \times f} = \frac{0,83}{8 \times 0,6 \times 100000} = 1,72$$

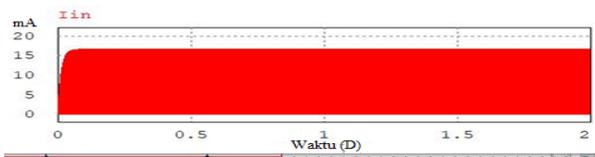
Maka dari perhitungan di atas maka di dapatkan nilai untuk :

- D = 0,34
- R = 0,72
- L = 9,50
- C = 1,72

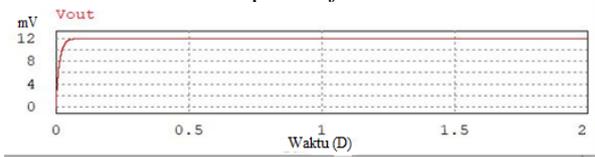
Setelah itu maka dilakukan penginputan nilai ke rangkain *buck converter* pada *software* PSIM dan melakukan pengukuran untuk uji coba apakah sesuai yang diinginkan yaitu pada tegangan *input* terbaca 35,2 V dan tegangan *output* terbaca 12 V.



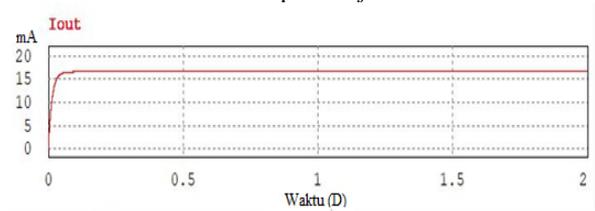
Gambar 11. Rangkaian *Buck Converter* pada *software* PSIM



Gambar 12. Hasil pengukuran arus *input* rangkaian *buck converter* pada *software* PSIM



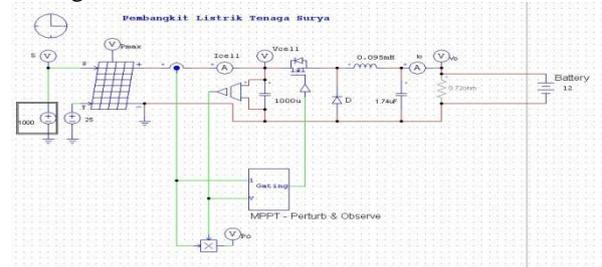
Gambar 13. Hasil pengukuran tegangan output rangkaian *buck converter* pada *software* PSIM



Gambar 14. Hasil pengukuran arus output rangkaian *buck converter* pada *software* PSIM

C. Hasil Desain Simulasi MPPT Metode P&O Pada Panel Surya

Setelah diuji semua sistem sudah berhasil dan berjalan maka akan di lakukan pengujian dengan pengaturan dari berbagai kondisi radiasi 1000-100 dan suhu 10°, 25°, 40°.



Gambar 15. Desain simulasi *maximum power point tracking* (MPPT) pada sel surya menggunakan metode P&O

Berdasarkan dari hasil simulasi yang dilakukan, maka dapat dikatakan bahwa desain simulasi *maksimum power point tracking* (MPPT) menggunakan metode *perturb and observe* (P&O) pada *software* PSIM berhasil dan MPPT dapat *men-track* daya maksimum pada panel surya. Pada saat pengaturan kondisi dengan intensitas S= 1000 dan suhu T = 40° didapatkan Pmax 201,5 W, Po 201,1 W dan waktu yang dibutuhkan MPPT untuk *men-track* adalah 0,003 detik, pada saat S=500 T=25 maka didapatkan Pmax= 97,7 W dan Po = 96,4 W dan waktu yang dibutuhkan adalah 0,006 detik. Dan pada kondisi S=100 T=10 didapatkan Pmax = 9,4 W, Po = 9,3 W dan waktu yang dibutuhkan MPPT untuk *men-track* adalah 0,04 detik.

Tabel 4
Hasil waktu Pmax dan PO Pada pengaturan suhu dan intensitas berbeda

Kondisi	Waktu	Pmax	Po
1000-40°	0,003	201,5 W	201,1 W
1000-25°	0,003	200,6 W	200,1 W
1000-10°	0,003	199,8 W	198,9 W
900-40°	0,003	181,6 W	181,1 W
900-25°	0,003	180,7 W	179,8 W
900-10°	0,003	179,8 W	178,4 W
800-40°	0,003	161,5 W	160,6 W
800-25°	0,003	160,5 W	159,2 W
800-10°	0,004	159,5 W	157,7 W
700-40°	0,004	141 W	140 W
700-25°	0,004	139,8 W	138,4 W
700-10°	0,004	138,7 W	136,8 W
600-40°	0,005	120,2 W	119,1 W
600-25°	0,005	118,9 W	117,5 W
600-10°	0,005	117,6 W	115,6 W
500-40°	0,005	99,1 W	98,2 W
500-25°	0,006	97,7 W	96,4 W
500-10°	0,006	96,3 W	94,5 W
400-40°	0,007	77,9 W	77,1 W
400-25°	0,007	76,3 W	75,2 W
400-10°	0,007	74,7 W	73,3 W
300-40°	0,008	56,3 W	55,8 W
300-25°	0,008	54,6 W	53,9 W
300-10°	0,009	52,8 W	52 W
200-40°	0,013	34,7 W	34,6 W
200-25°	0,014	32,8 W	32,7 W
200-10°	0,014	30,9 W	30,7 W
100-40°	0,028	13,4 W	13,3 W
100-25°	0,033	11,4 W	11,3 W
100-10°	0,04	9,4 W	9,3 W

Setelah di dapatkan Hasil Desain Simulasi MPPT metode P&O Pada Sel Surya Azzahra Hidroponik maka di dapatkan nilai tegangan, arus, dan daya yang di hasilkan oleh panel surya Azzahra Hidroponik dalam kondisi intensitas dan suhu yang berbeda. Dan di dapatkan bagaimanam Cara MPPT metode Perturb and Observe (P&O) mentrack daya maksimum adalah, Sensor akan membaca tegangan (V) dan arus (I) kemudian untuk mendapatkan Daya (P), tegangan dikali arus. Ketika sudah mendapatkan dayanya atau P maka langkah selanjutnya meng-observasi ΔP dan ΔV dengan cara daya atau P di kurang dengan daya sebelumnya maka di dapatkan ΔP begitu juga dengan tegangan. kemudian ketika ΔP lebih besar dari 0 maka lanjut dilakuka meng-observasi ΔV . Jika hasilnya lebih besar dari 0 maka tegangannya akan di tambah ($V_{ref} + step$). Jika 21 lebih kecil dari 0 maka tegangannya akan di kurang ($V_{ref} - step$). Begitu juga ketika ΔP lebih kecil dari 0 maka lanjut meng-observasi ΔV . Jika hasilnya lebih besar dari 0 maka tegangannya akan di tambah ($V_{ref} - step$). Jika lebih kecil dari 0 maka tegangannya akan di kurang ($V_{ref} + step$). kemudian V_{ref} akan di proses oleh control PI dan

menghasilkan Duty cycle. Duty cycle inilah yang akan mengatur tegangan input Buck Converter sesuai dengan tegangan VMP yang dihasilkan oleh panel surya. Nilai $V_{ref} = 35$ V di tentukan berdasarkan pengujian pemodelan panel surya. untuk nilai step = 0,1 V di tentukan berdasarkan rentang VMP pada antara 33 V – 36 V pada pengujian pemodelan panel surya.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian rancangan simulasi MPPT metode P&O pada *software* PSIM, maka penulis dapat menyimpulkan sebagai berikut.

1. Semakin berkurangnya intensitas matahari maka semakin lama waktu yang dibutuhkan MPPT untuk men-track dan mendapatkan daya maksimal, hal ini dapat dilihat ketika pengaturan intensitas 1000 sampai 100 maka waktu yang dibutuhkan MPPT untuk men-track mendapatkan daya maksimal adalah 0,003 detik sampai 0,004 detik.
2. Selisih daya Pmax dan Po pada pengaturan intensitas dan suhu yang berbeda dari $S = 1000-100$ dan suhu $T = 40^\circ, 25^\circ, \text{ dan } 10^\circ$ selisih daya Pmax dan Po hanya 0-2 Watt.
3. MPPT men-track daya maksimum dengan pendekatan secara matematik dengan metode P&O untuk mendapatkan nilai daya maksimum dengan menaikkan dan menurunkan nilai sehingga mendapatkan daya maksimum

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimah Kasih kepada Pemilik Azzahra Hidroponik akan kebaikannya mengizinkan saya sebagai peneliti untuk melakukan penelitian di Azzahra Hidroponik.

REFERENSI

- [1] Utami, S. (2017). Implementasi Algoritma Perturb and Observe untuk Mengoptimasi Daya Keluaran Solar Cell Menggunakan MPPT. *Jurnal Infotel*, Vol.9 No.1.
- [2] Pulungan, A. B., Sukardi, & Ramadhan, t. (2018). Buck Converter Sebagai Regulator Aliran Daya Pada Pengereman Regeneratif. *Jurnal EECCIS*, Vol. 12 No. 2.
- [3] Suryana, D., & Ali, m. M. (2016). Pengaruh Temperatur / Suhu Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin (Study Kasus: Baristand Industri Surabaya). *Jurnal Teknologi Dan Inovasi Industri*, Vol. 2. No 1.
- [4] Setiono, I. (2015). Akumulator, Pemakaian dan Perawatannya. *Metana*, Vol.11 No. 01.
- [5] Ernadi, D. A., Pujiantara, M., & Purnomo, M. H. (2016). Desain Maximum Power Point Tracking untuk Turbin Angin Menggunakan Modified Perturb & Observe (P&O) Berdasarkan Prediksi Kecepatan Angin. *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 5 No. 2.

PERANCANGAN INSTALASI PENERANGAN PADA GEDUNG LABORATORIUM DAN PERKULIAHAN TERPADU UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

Aprizulkifli¹, Sugeng Riyanto²

^{1,2}Teknik Elektro, Universitas Borneo Tarakan

¹aprizulkifli@gmail.com

²sugeng072.sr@gmail.com

Abstract—The design of the lighting installation in the Integrated Lecture and Laboratory Building of the University of Borneo Tarakan. Generates a total power of about 31,048 KW with MCCB capacity on the main panel of 150 A. In this building is divided into 3 floors (1, 2 and Top Floor). Each group has its respective power (18,400, 12,328 and 320 Watt) and the nominal currents of each group are (35, 35, and 2 Ampere). The resulting stress loss is 0.4%.

Keywords— Electricity, Lighting Installation

Intisari—Perancangan instalasi penerangan pada bangunan Gedung Laboratorium dan Perkuliahan Terpadu Universitas Borneo Tarakan. Menghasilkan total daya sekitar 31,048 KW dengan kapasitas MCCB pada panel utama 150 A. Pada gedung ini dibagi menjadi 3 Lantai (1, 2 dan Top Floor). Pada setiap kelompoknya memiliki daya masing-masing (18.400, 12.328 dan 320 Watt) dan arus nominal masing-masing kelompok adalah (35, 35, dan 2 Ampere). Susut tegangan yang dihasilkan adalah 0,4%.

Kata Kunci—Listrik, Instalasi Penerangan.

I. PENDAHULUAN

Listrik memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Semakin bertambahnya jumlah penduduk maka semakin besar pula energi listrik yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Hal ini bisa kita lihat dari kehidupan sehari-hari, hampir setiap bangunan membutuhkan energi listrik seperti sekolah atau kampus, perkantoran, rumah sakit, hotel, dan sebagainya. Dalam oprasionalnya, gedung-gedung bertingkat tersebut pasti memerlukan sistem perancangan instalasi penerangan yang baik dan berkualitas. Instalasi penerangan merupakan suatu instalasi listrik yang bebannya merupakan komponen penerangan. Rangkaian instalasi penerangan terdiri dari beberapa komponen listrik yang saling terhubung dari sumber listrik ke beban yang terletak pada suatu tempat atau ruangan tertentu. Instalasi penerangan umumnya dirangkai dari beberapa titik cahaya sehingga dapat terbentuk suatu sistem yang mempunyai fungsi untuk menerangi suatu tempat. Untuk merancang suatu sistem rangkaian untuk instalasi penerangan, kita harus mempunyai rencana pemasangan sehingga mempunyai acuan dalam pemasangan instalasi tersebut. Selain itu suatu instalasi penerangan dapat berfungsi dengan baik dan aman apabila memenuhi syarat pemilihan pengaman dan juga penghantar. Maka dari itu, seorang perencana haruslah memahami betul peraturan-

peraturan yang berlaku untuk setiap pemasangan instalasi listrik khususnya pada instalasi penerangan. Untuk mengetahui persyaratan umum instalasi listrik agar dapat merancang suatu rangkaian yang aman dan baik, dapat berpedoman pada standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000.

Gedung Laboratorium dan Perkuliahan Terpadu Universitas Borneo Tarakan merupakan salah satu gedung bertingkat yang ada di universitas borneo tarakan yang dalam tahap pembangunan. Untuk menunjukkan kenyamanan pada dosen, mahasiswa, dan civitas akademik, gedung tersebut memerlukan sistem perancangan instalasi penerangan yang baik sesuai dengan standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000. Maka dalam tugas akhir ini penulis mengambil judul “Perancangan Instalasi Penerangan pada Gedung Laboratorium dan perkuliahan terpadu Universitas Borneo Tarakan”.

II. LANDASAN TEORI

A. Instalasi Penerangan

Instalasi penerangan merupakan suatu instalasi listrik yang bebannya merupakan komponen penerangan. Rangkaian instalasi penerangan terdiri dari beberapa komponen listrik yang saling terhubung dari sumber listrik ke beban yang terletak pada suatu tempat atau ruangan tertentu. Instalasi penerangan umumnya dirangkai dari beberapa titik cahaya sehingga dapat terbentuk suatu sistem yang mempunyai fungsi untuk menerangi suatu tempat. Maka dari itu, seorang perencana haruslah memahami betul peraturan-peraturan yang berlaku untuk setiap pemasangan instalasi listrik khususnya pada instalasi penerangan. Untuk mengetahui persyaratan umum instalasi listrik agar dapat merancang suatu rangkaian yang aman dan baik, dapat berpedoman pada standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000.

B. Indeks Ruangan

Indeks ruang atau indeks bentuk k menjelaskan perbandingan antara ukuran-ukuran utama suatu ruangan berbentuk bujur sangkar:

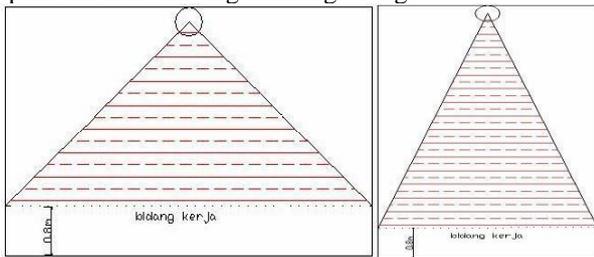
$$k = \frac{p \times l}{h \times (p+l)} \dots\dots\dots(1)$$

$$\eta = \eta_1 + \frac{k - k_1}{k_2 - k_1} \times (\eta_2 - \eta_1) \dots\dots\dots(2)$$

Bidang kerja merupakan suatu bidang horizontal khayalan umumnya 0,80 m (80 cm) di atas lantai. Nilai k yang dihasilkan tidak terdapat pada tabel efisiensi, penerangannya dapat ditentukan dengan interpolasi. Intensitas penerangan yang diperlukan ikut ditentukan oleh berat pekerjaan yang harus dilakukan. Juga panjangnya waktu kerja mempengaruhi intensitas penerangan yang diperlukan.

C. Intensitas Peneranga

Intensitas penerangan *E* dinyatakan dalam satuan lux, sama dengan jumlah *lm/m²*, jadi flux cahaya yang diperlukan untuk suatu bidang kerja seluas *A*m². Flux cahaya yang dipancarkan lampu-lampu tidak semuanya mencapai bidang kerja. Sebagian dan flux cahaya itu akan dipancarkan ke dinding dan langit-langit.



Gambar 1 Pembagian Flux Cahaya[1]

Untuk menghitung jumlah titik lampu pada ruangan, sebelumnya harus ditentukan terlebih dahulu data-data pada ruangan, antara lain:

1. Tinggi langit-langit (*t*)
 2. Tinggi lampu terhadap bidang kerja (*h*)
 3. Tinggi bidang kerja kurang lebih 0,8 meter
- Sehingga didapat persamaan

$$h = t - 0,8 \text{ m} \dots \dots \dots (3)$$

Tabel 1 Intensitas Penerangan yang Diterbitkan Philips[1]

No	Sifat Penerangan	Penerangan Sangat Baik	Penerangan Baik
1	Kantor		
	Ruang gambar	2000 lux	1000 lux
	Ruang kantor (pekerjaan biasa)	1000 lux	500 lux
	Ruang yang jarang digunakan (arsip dan ruang tunggu)	250 lux	150 lux
2	Ruang sekolah		
	Ruang kelas	500 lux	250 lux
	Ruang gambar	1000 lux	500 lux
	Ruang administrasi	1000 lux	500 lux
3	Industri		
	Pekerjaan yang sangat halus (pembuat jam tangan)	5000 lux	2500 lux
	Pekerjaan halus (bubut halus)	2000 lux	1000 lux
	Pekerjaan biasa (pemasangan biasa)	1000 lux	500 lux
4	Toko		
	Ruang jual dan pameran:		
	Toko-toko besar	1000 lux	500 lux
	Toko-toko lain	500 lux	250 lux
	Etalase:		
	Toko-toko besar	2000 lux	1000 lux
	Toko-toko lain	1000 lux	500 lux
Gudang	500 lux	250 lux	
5	Masjid, Gereja, dsb	250 lux	150 lux
6	Rumah tinggal		
	Ruang keluarga	250 lux	150 lux
	Ruang tamu	250 lux	150 lux
	Koridor	100 lux	50 lux
	Dapur	250 lux	150 lux
	Kamar tidur	250 lux	150 lux
	Kamar mandi	100 lux	50 lux
	Wc	100 lux	50 lux
	Gudang/garasi	250 lux	150 lux
	Penerangan umum	250 lux	150 lux

D. Faktor Penyusutan/Depresiasi

Intensitas penerangan *E* dalam keadaan dipakai adalah intensitas penerangan rata-rata suatu instalasi dengan lampu-lampu dan armatur-armatur yang daya gunanya telah berkurang karena kotor, sudah lama tidak dipakai atau sebab-sebab lainnya. Efisiensi penerangannya diberikan pada tabel 2.3 di bawah ini.

Tabel 2 Efisiensi Penerangan dalam Keadaan Baru

Armatur penerangan sebagian besar langsung	v	k	r _{lm}	Efisiensi penerangan untuk keadaan baru									Faktor depresiasi untuk masa pemeliharaan					
				0,7	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	1 tahun	2 tahun	3 tahun					
	%		r _{lm}	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
GCB 2 x TLF 36W	0,5	0,32	0,26	0,22	0,29	0,24	0,21	0,27	0,23	0,20								
	0,6	0,37	0,31	0,27	0,35	0,30	0,26	0,32	0,28	0,25								
	0,8	0,46	0,41	0,36	0,43	0,38	0,35	0,40	0,36	0,33					0,90	0,80	0,75	
	1	0,53	0,48	0,44	0,49	0,45	0,42	0,46	0,42	0,39								
	1,2	0,58	0,52	0,48	0,54	0,49	0,46	0,50	0,46	0,43								
	1,5	0,62	0,58	0,54	0,58	0,54	0,51	0,54	0,51	0,48					0,80	0,75	0,70	
	22	2	0,68	0,64	0,60	0,63	0,59	0,57	0,58	0,55	0,53							
	↑	2,5	0,71	0,67	0,64	0,66	0,63	0,60	0,61	0,59	0,57							
	87	3	0,73	0,70	0,67	0,68	0,65	0,63	0,63	0,61	0,59				X	X	X	X
	↓	4	0,76	0,74	0,71	0,71	0,69	0,67	0,65	0,64	0,62							
	65	5	0,78	0,76	0,74	0,72	0,71	0,69	0,67	0,65	0,64							

armatur	v	k	r _{lm}	Efisiensi penerangan untuk keadaan baru									Faktor depresiasi untuk masa pemeliharaan					
				0,7	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	1 tahun	2 tahun	3 tahun					
	%		r _{lm}	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
LAMPUS 20 W	0,5	0,23	0,18	0,14	0,20	0,16	0,12	0,18	0,14	0,11								
	0,6	0,27	0,21	0,17	0,24	0,19	0,15	0,20	0,16	0,13								
	0,8	0,34	0,28	0,23	0,29	0,24	0,20	0,25	0,21	0,18					0,85	0,80	X	
	1	0,39	0,33	0,28	0,34	0,29	0,25	0,29	0,25	0,21								
	1,2	0,43	0,37	0,32	0,37	0,32	0,28	0,31	0,27	0,24								
	1,5	0,47	0,41	0,36	0,41	0,36	0,32	0,35	0,31	0,28					0,80	0,70	X	
	38	2	0,52	0,47	0,42	0,45	0,41	0,37	0,39	0,35	0,32							
	↑	2,5	0,56	0,51	0,47	0,48	0,44	0,41	0,41	0,38	0,35							
	81	3	0,59	0,54	0,50	0,51	0,47	0,44	0,43	0,41	0,38				X	X	X	X
	↓	4	0,62	0,58	0,55	0,54	0,51	0,48	0,46	0,44	0,42							
	43	5	0,65	0,61	0,58	0,56	0,54	0,51	0,48	0,46	0,44							

Faktor penyusutan atau faktor depresiasi *d* adalah:

$$d = \frac{E \text{ dalam keadaan dipakai}}{E \text{ dalam keadaan baru}} \dots \dots \dots (4)$$

Faktor depresiasinya 0,8 suatu instalasi yang dalam keadaan baru 250 lux, akan menghasilkan 200 lux saja dalam keadaan sudah terpakai.

E. Beban dalam Ruang

Dalam suatu ruangan yang harus diperhatikan adalah sistem penerangan lampu dan jumlah lampu yang dibutuhkan dalam suatu ruangan ditentukan dalam persamaan:

$$n = \frac{E \times A}{\phi \times \eta \times d} \dots \dots \dots (5)$$

F. Menentukan Kapasitas Sekring

Menentukan kapasitas skering / patron lebur atau pengaman pada pembagian tiap group (kelompok) instalasi listrik fasa satu dengan tegangan 220 volt, maka arus yang mengalir menentukan kapasitas patron lebur atau pengaman pada Perangkat Hubung Bagi (PHB) instalasi listrik fasa tiga dengan tegangan 380/220 volt.

Tabel 3 Patron Lebur atau Pengaman[1]

Arus Nominal	Batas Waktu
2 dan 4 Ampere	0,05 sekon
6 dan 10 Ampere	0,1 sekon
16, 20 dan 25 Ampere	0,15 sekon
35, 50 dan 63 Ampere	0,2 sekon

Untuk menentukan kapasitas skering terdapat beberapa rumus persamaan untuk instalasi listrik fasa satu dan fasa tiga, yaitu:

$$I_n = \frac{P}{\cos\phi \times VL \times \sqrt{3}} \text{ untuk fasa tiga (6)}$$

$$I_n = \frac{P}{V_f \times \cos\phi} \text{ untuk fasa satu (7)}$$

G. Luas Penampang Kabel

Luas penampang kabel pada perencanaan instalasi listrik harus memenuhi standar dan ukuran yang telah ditetapkan pada Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000.

$$A = \frac{2 \times I \times l \times \cos\phi}{\gamma \times u} \text{ (8)}$$

H. Susut Tegangan

Susut tegangan atau rugi tegangan terjadi karena adanya pergeseran arus listrik dengan saluran yang dialiri arus listrik tersebut. Karena saluran utama terdiri dari hantaran yang mempunyai hambatan serta induktansi. Susut tegangan tidak boleh melebihi 5% dari tegangan pengenal pada terminal komponen (PUIL 2000), maka secara matematis susut tegangan atau rugi tegangan dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$\Delta V = \frac{[2 \times I \times (R'_L \times \cos\phi + X'_L \times \sin\phi) \times L]}{1000} \text{ (9)}$$

III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

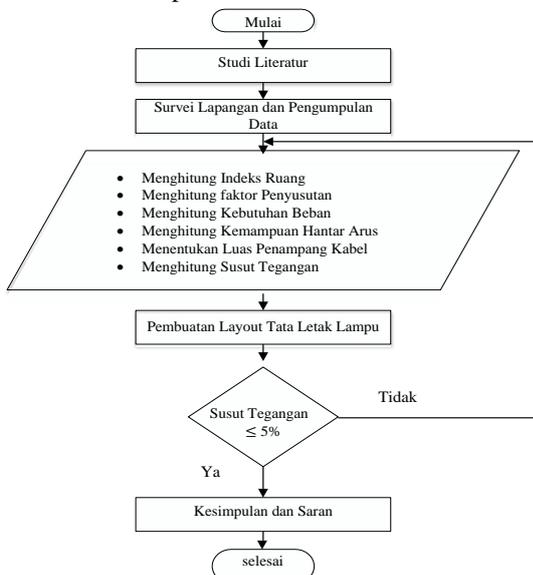
Tempat penelitian tugas akhir ini adalah gedung baru Laboratorium dan Perkuliahan Terpadu Universitas Borneo Tarakan.

B. Metode Pengumpulan Data

Ini berupa pengumpulan data dalam perancangan ini adalah data yang berkaitan dengan gambar bangunan gedung, luas dan panjang setiap ruangan pada gedung Laboratorium dan Perkuliahan terpadu Universitas Borneo Tarakan.

C. Diagram Alir Perancangan

Diagram alir perancangan instalasi listrik ini menghitung indeks ruang, menghitung jumlah titik beban (lampu), menghitung kemampuan sekering, penampang kabel, dan rugi-rugi tegangan pada gedung Laboratorium dan Perkuliahan Terpadu Universitas Borneo Tarakan.



Gambar 2 Flowchart Diagram Alir Perancangan

D. Pengumpulan Data

Pengambilan data gambar gedung diperlukan sebagai acuan untuk melakukan perhitungan titik penerangan dan PHB.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Instalasi pada Gedung Lantai 1

1. Ruang Komputer 1

Ruangan	Panjang Ruangan (m)	Lebar Ruangan (m)	Luas Ruangan (m ²)	Intensitas Penerangan (E) (Lux)	Faktor Penyusutan (d)
RG. Komputer 1	18	7	126	500	0,8

Tinggi lampu terhadap bidang kerja:

$$h = t - \text{tinggi media kerja}$$

$$h = 3,8 - 0,8 \text{ meter}$$

$$= 3 \text{ meter}$$

$$k = \frac{p \times l}{h(p + l)}$$

$$= \frac{18 \times 7}{3(18 + 7)}$$

$$= \frac{126}{75}$$

$$= 1,68$$

Faktor-faktor refleksi (tabel 2.3)

η_p = faktor refleksi langit-langit (0,5)

η_w = faktor refleksi dinding (0,3)

η_m = faktor refleksi bidang pengukuran (0,1)

Untuk :

$$k = 1,68$$

$$k_1 = 1,5$$

$$k_2 = 2$$

$$\eta_1 = 0,54$$

$$\eta_2 = 0,59$$

Efisiensi penerangan untuk nilai Indeks Ruang (k) adalah:

$$\eta = \eta_1 + \frac{k - k_1}{k_2 - k_1} (\eta_2 - \eta_1)$$

$$\eta = 0,54 + \frac{1,68 - 1,5}{2 - 1,5} (0,59 - 0,54)$$

$$= 0,54 + 0,36 \times 0,05$$

$$\eta = 0,558$$

Menggunakan lampu TL 2 x 36 watt, (2 x 2700 lumen), $\cos\phi$ pada lampu TL 0,85

$$n = \frac{E \times A}{\Phi \times \eta \times d}$$

$$= \frac{500 \times 126}{5400 \times 0,558 \times 0,8}$$

$$= \frac{63000}{2561,22}$$

$$= 24 \text{ buah lampu}$$

Maka total daya penerangan pada ruang komputer 1 :

$$24 \times 36 = 864 \text{ watt}$$

Pembagian Grub
Perhitungan Kapasitas Skering Pada Lantai 1 Blok A

$$I_n = \frac{P}{V \times \cos \varphi}$$

$$= \frac{6608}{220 \times 0,85}$$

$$= \frac{187}{0,85}$$

$$= 35,33 \text{ Ampere} \approx 35 \text{ Ampere}$$

Kemampuan Hantar Arus
KHA = 125 % × 35,33
= 44,16 A

Luas Penampang Kabel

$$A = \frac{2 \times l \times I \times \cos \varphi}{\gamma \times u}$$

$$= \frac{2 \times 25 \times 35,33 \times 0,8}{56,2 \times 10^6 \times 4\% \times 220}$$

$$= \frac{1413,20}{1413,20}$$

$$= 494,56$$

$$= 2,85 \times 10^{-6} \text{ meter}^2$$

$$= 2,85 \text{ mm}^2 \approx 2,5 \text{ mm}^2$$

Tabel 4
Hasil Perhitungan Lantai 1 Blok A

No	Ruangan	E	A	k	k ₁	k ₂	η ₁	η ₂	η	n	Daya
1	RG.Kepala Lab Biologi	1000	36	1.00	1	1.2	0.45	0.49	0.5	18	648
2	RG.Lab. Biologi	500	162	2.00	2	2.5	0.59	0.63	0.6	30	1080
3	RG.Laboran Kimia & Biologi	1000	61.2	1.26	1.2	1.5	0.49	0.54	0.5	26	936
4	RG.Lab. Kimia	500	108	1.71	1.5	2	0.54	0.59	0.6	20	720
5	RG.Admin Biologi	1000	36	1.00	1	1.2	0.45	0.49	0.5	18	648
6	RG.Admin Kimia	1000	36	1.00	1	1.2	0.45	0.49	0.5	18	648
7	RG.Instrumen Lab Kimia	1000	54	1.20	1.2	1.5	0.49	0.54	0.5	24	864
8	RG.Kepala Lab Kimia	1000	36	1.00	1	1.2	0.45	0.49	0.5	18	648
9	Koridor 1	100	86.4	1.04	1	1.2	0.45	0.49	0.5	4	144
10	Teras Kiri Kanan	100	36	1.00	1	1.2	0.45	0.49	0.5	2	72
11	Pantry	250	4.5	0.33	0	0.5	0	0.16	0.1	8	160
12	2 Toilet	100	3	0.29	0	0.5	0	0.16	0.1	2	40
Total Daya (watt)											6608

Perhitungan Kapasitas Skering Pada Lantai 1 Blok B

$$I_n = \frac{P}{V \times \cos \varphi}$$

$$= \frac{5472}{220 \times 0,85}$$

$$= \frac{187}{0,85}$$

$$= 29,26 \text{ Ampere} \approx 35 \text{ Ampere}$$

Kemampuan Hantar Arus
KHA = 125 % × 29,26
= 36,57 A

Luas Penampang Kabel

$$A = \frac{2 \times l \times I \times \cos \varphi}{\gamma \times u}$$

$$= \frac{2 \times 25 \times 29,26 \times 0,8}{56,2 \times 10^6 \times 4\% \times 220}$$

$$= \frac{1170,40}{494,56}$$

$$= 2,36 \times 10^{-6} \text{ meter}^2$$

$$= 2,36 \text{ mm}^2 \approx 2,5 \text{ mm}^2$$

Tabel 5
Hasil Perhitungan Lantai 1 Blok B

No	Ruangan	E	A	k	k ₁	k ₂	η ₁	η ₂	η	n	Daya
1	RG.Komputer 1	500	126	1.68	1.5	2	0.54	0.59	0.6	24	864
2	RG.Komputer 2	500	126	1.68	1.5	2	0.54	0.59	0.6	24	864
3	RG.Komputer 3	500	126	1.31	1.2	1.5	0.49	0.54	0.5	26	936
4	RG.Kuliah Bersama	500	84	1.47	1.2	1.5	0.49	0.54	0.5	18	648
5	RG. Dosen	1000	42	1.08	1	1.2	0.45	0.49	0.5	20	720
6	Teras Utama	100	49	1.17	1	1.2	0.45	0.49	0.5	2	72
7	Hall Lobby	100	252	2.55	2.5	3	0.63	0.65	0.6	8	288
8	RG. Security	250	12.25	0.58	0.5	0.6	0.16	0.19	0.2	14	280
9	Gudang	250	21	0.70	0.6	0.8	0.19	0.24	0.2	20	400
10	2 Pantry	250	4.5	0.33	0	0.5	0	0.16	0.1	8	160
11	2 Toilet	100	3	0.29	0	0.5	0	0.16	0.1	2	40
12	RG. Panel	250	5.25	0.35	0	0.5	0	0.16	0.1	10	200
Total Daya (watt)											5472

Perhitungan Kapasitas Skering Pada Lantai 1 Blok C

$$I_n = \frac{P}{V \times \cos \varphi}$$

$$= \frac{6320}{220 \times 0,85}$$

$$= \frac{187}{0,85}$$

$$= 33,79 \text{ Ampere} \approx 35 \text{ Ampere}$$

Kemampuan Hantar Arus
KHA = 125 % × 33,79
= 42,23 A

Luas Penampang Kabel

$$A = \frac{2 \times l \times I \times \cos \varphi}{\gamma \times u}$$

$$= \frac{2 \times 25 \times 33,79 \times 0,8}{56,2 \times 10^6 \times 4\% \times 220}$$

$$= \frac{1351,60}{1351,60}$$

$$= 494,56$$

$$= 2,73 \times 10^{-6} \text{ meter}^2$$

$$= 2,73 \text{ mm}^2 \approx 2,5 \text{ mm}^2$$

Tabel 6
Hasil Perhitungan Lantai 1 Blok C

No	Ruangan	E	A	k	k ₁	k ₂	η ₁	η ₂	η	n	Daya
1	RG.Lab.Fisika Dasar	500	162	2.00	2	2.5	0.59	0.63	0.6	30	1080
2	RG.Laboran Fisika	1000	30.6	0.77	0.6	0.8	0.30	0.38	0.4	18	648
3	RG.Komputer 4	500	135	1.88	1.5	2	0.54	0.59	0.6	26	936
4	RG.Instruktur Lab Komputer	1000	45	1.07	1	1.2	0.45	0.49	0.5	20	720
5	RG.Kepala Lab Komputer	1000	36	1.00	1	1.2	0.45	0.49	0.5	18	648
6	RG.Admin komputer	1000	36	1.00	1	1.2	0.45	0.49	0.5	18	648
7	RG.Kepala Lab Fisika	1000	36	1.00	1	1.2	0.45	0.49	0.5	18	648
8	RG.Admin Fisika Dasar	1000	36	1.00	1	1.2	0.45	0.49	0.5	18	648
9	Koridor 2	100	86.4	1.04	1	1.2	0.45	0.49	0.5	4	144
10	Pantry	250	4.5	0.33	0	0.5	0	0.16	0.1	8	160
11	Toilet	100	3	0.29	0	0.5	0	0.16	0.1	2	40
Total Daya (watt)											6320

B. Perhitungan Instalasi pada Gedung Lantai 2

1. Ruang MKWU 1

Ruangan	Panjang Ruang (m)	Lebar Ruang (m)	Luas Ruang (m ²)	Intensitas Penerangan (E) (Lux)	Faktor Penyusutan (d)
Ruang MKWU 1	7,2	18	129,6	500	0,8

Tinggi lampu terhadap bidang kerja:

$$h = t - \text{tinggi media kerja}$$

$$h = 3,8 - 0,8 \text{ meter}$$

$$= 3 \text{ meter}$$

$$k = \frac{p \times l}{h(p+l)}$$

$$= \frac{18 \times 7,2}{3(18+7,2)}$$

$$= \frac{129,6}{75,6}$$

$$= 1,71$$

Faktor-faktor refleksi (tabel 2.3)

η_p = faktor refleksi langit-langit (0,5)

η_w = faktor refleksi dinding (0,3)

η_m = faktor refleksi bidang pengukuran (0,1)

Untuk :

$$k = 1,71$$

$$k_1 = 1,5$$

$$k_2 = 2$$

$$\eta_1 = 0,54$$

$$\eta_2 = 0,59$$

Efisiensi penerangan untuk nilai Indeks Ruang (k) adalah:

$$\eta = \eta_1 + \frac{k-k_1}{k_2-k_1} (\eta_2 - \eta_1)$$

$$\eta = 0,54 + \frac{1,71-1,5}{2-1,5} (0,59 - 0,54)$$

$$= 0,54 + 0,42 \times 0,05$$

$$\eta = 0,561$$

Menggunakan lampu TL 2 x 36 watt, (2 x 2700 lumen), $\cos \varphi$ pada lampu TL 0,85

$$n = \frac{E \times A}{\Phi \times \eta \times d}$$

$$= \frac{5400 \times 0,561 \times 0,8}{64800}$$

$$= 2423,52$$

$$= 24 \text{ buah lampu}$$

Maka total daya penerangan pada ruang MKWU 1 :

$$24 \times 36 = 864 \text{ watt}$$

Pembagian Grub

Perhitungan Kapasitas Skering Pada Lantai 2 Blok A

$$I_n = \frac{P}{V \times \cos \varphi}$$

$$= \frac{220 \times 0,85}{3392}$$

$$= 187$$

$$= 18,13 \text{ Ampere} \approx 20 \text{ Ampere}$$

Kemampuan Hantar Arus

$$KHA = 125 \% \times 18,13$$

$$= 22,66 \text{ A}$$

Luas Penampang Kabel

$$A = \frac{2 \times l \times I \times \cos \varphi}{\gamma \times u}$$

$$= \frac{2 \times 25 \times 18,13 \times 0,8}{56,2 \times 10^6 \times 4\% \times 220}$$

$$= \frac{494,56}{1091,60}$$

$$= 2,2 \times 10^{-6} \text{ meter}^2$$

$$= 2,2 \text{ mm}^2 \approx 2,5 \text{ mm}^2$$

Tabel 7

Hasil Perhitungan Lantai 2 Blok A

No	Ruangan	E	A	k	k ₁	k ₂	η_1	η_2	η	n	Daya
1	RG.MKWU 1	500	129.6	1.71	1.5	2	0.54	0.59	0.561	24	864
2	RG.MKWU 2	500	86.4	1.50	1.5	2	0.54	0.59	0.540	18	648
3	RG.MKWU 3	500	86.4	1.50	1.5	2	0.54	0.59	0.540	18	648
4	RG.MKWU 4	500	86.4	1.50	1.5	2	0.54	0.59	0.540	18	648
5	RG.Kepala Pengelola	1000	86.4	1.50	1.5	2	0.54	0.59	0.540	34	1224
6	Gudang	50	18	0.67	0.6	0.8	0.19	0.24	0.207	4	80
7	Koridor	100	86.4	1.04	1	1.2	0.45	0.49	0.459	4	144
Total Daya (watt)											3392

Perhitungan Kapasitas Skering Pada Lantai 2 Blok B

$$I_n = \frac{P}{V \times \cos \varphi}$$

$$= \frac{220 \times 0,85}{5104}$$

$$= 187$$

$$= 27,29 \text{ Ampere} \approx 35 \text{ Ampere}$$

Kemampuan Hantar Arus

$$KHA = 125 \% \times 27,29$$

$$= 34,11 \text{ A}$$

Luas Penampang Kabel

$$A = \frac{2 \times l \times I \times \cos \varphi}{\gamma \times u}$$

$$= \frac{2 \times 25 \times 27,29 \times 0,8}{56,2 \times 10^6 \times 4\% \times 220}$$

$$= \frac{494,56}{1091,60}$$

$$= 2,2 \times 10^{-6} \text{ meter}^2$$

$$= 2,2 \text{ mm}^2 \approx 2,5 \text{ mm}^2$$

Tabel 8

Hasil Perhitungan Lantai 2 Blok B

No	Ruangan	E	A	k	k ₁	k ₂	η_1	η_2	η	n	Daya
1	RG.MKWU 9	500	189	2.21	2	2.5	0.59	0.63	0.607	34	1224
2	RG.MKWU 10	500	189	2.21	2	2.5	0.59	0.63	0.607	34	1224
3	RG. Dosen	1000	42	1.08	1	1.2	0.45	0.49	0.465	20	720
4	RG. Tunggu	100	84	1.47	1.2	1.5	0.49	0.54	0.536	4	144
5	RG. Admin Pengelola	1000	84	1.47	1.2	1.5	0.49	0.54	0.536	34	1224
6	Musholla	250	84	1.47	1.2	1.5	0.49	0.54	0.536	8	288
7	4 Pantry	250	4.5	0.33	0	0.5	0	0.16	0.107	8	160
8	2 Toilet	100	3	0.29	0	0.5	0	0.16	0.091	2	40
9	RG. Panel	100	5.25	0.35	0	0.5	0	0.16	0.112	4	80
Total Daya (watt)											5104

Perhitungan Kapasitas Skering Pada Lantai 2 Blok C

$$I_n = \frac{P}{V \times \cos \varphi}$$

$$= \frac{3832}{220 \times 0,85}$$

$$= \frac{187}{20,49 \text{ Ampere}} \approx 25 \text{ Ampere}$$

Kemampuan Hantar Arus

KHA = 125 % × 20,49
= 25,61 A

Luas Penampang Kabel

$$A = \frac{2 \times I \times I \times \cos \varphi}{\frac{y \times u}{2 \times 25 \times 20,49 \times 0,8}}$$

$$= \frac{56,2 \times 10^6 \times 4\% \times 220}{819,60}$$

$$= 494,56$$

$$= 1,65 \times 10^{-6} \text{ meter}^2$$

$$= 1,65 \text{ mm}^2 \approx 2,5 \text{ mm}^2$$

Tabel 9

Hasil Perhitungan Lantai 2 Blok C

No	Ruangan	E	A	k	k ₁	k ₂	η ₁	η ₂	η	n	Daya
1	RG.MKWU 5	500	86.4	1.50	1.5	2	0.54	0.59	0.540	18	648
2	RG.MKWU 6	500	86.4	1.50	1.5	2	0.54	0.59	0.540	18	648
3	RG.MKWU 7	500	86.4	1.50	1.5	2	0.54	0.59	0.540	18	648
4	RG.MKWU 8	500	86.4	1.50	1.5	2	0.54	0.59	0.540	18	648
5	Tempat Wudhu	100	86.4	1.50	1.5	2	0.36	0.59	0.360	6	216
6	RG.Admin Perkuliahan	1000	43.2	1.09	1	1.2	0.29	0.49	0.381	24	864
7	Gudang	250	18	0.67	0.6	0.8	0.19	0.38	0.253	4	80
8	Koridor 2	100	86.4	1.04	1	1.2	0.45	0.49	0.459	4	80
Total Daya (watt)											3832

C. Perhitungan Top Floor

Ruangan	Panjang Ruangan (m)	Lebar Ruangan (m)	Luas Ruangan (m ²)	Intensitas Penerangan (E) (Lux)	Faktor Penyusutan (d)
Blok A	6	18	108	250	0,8
Blok B	12	21	252	250	0,8
Blok C	6	18	108	250	0,8

1. Blok A

Tinggi lampu terhadap bidang kerja:

$$h = t - 0,8 \text{ meter}$$

$$h = 3,8 - 0,8 \text{ meter}$$

$$= 3 \text{ meter}$$

$$k = \frac{p \times l}{h(p + l)}$$

$$= \frac{6 \times 18}{3(6 + 18)}$$

$$= \frac{108}{72}$$

$$= 1,5$$

Faktor-faktor refleksi (tabel 2.3)

- τ_p = faktor refleksi langit-langit (0,5)
- τ_w = faktor refleksi dinding (0,3)
- τ_m = faktor refleksi bidang pengukuran (0,1)

Untuk :

- k = 1,5
- k₁ = 1,5
- k₂ = 2

$$\eta_1 = 0,54$$

$$\eta_2 = 0,59$$

Efisiensi penerangan untuk nilai Indeks Ruang (k) adalah:

$$\eta = \eta_1 + \frac{k - k_1}{k_2 - k_1} (\eta_2 - \eta_1)$$

$$\eta = 0,54 + \frac{1,5 - 1,5}{2 - 1,5} (0,59 - 0,54)$$

$$= 0,54 + 0 \times 0,05$$

$$\eta = 0,54$$

Menggunakan lampu SL 1 × 20 watt, (1 × 1500 lumen)

$$n = \frac{E \times A}{\Phi \times \eta \times d}$$

$$= \frac{100 \times 108}{5400 \times 0,54 \times 0,8}$$

$$= \frac{10800}{2332,8}$$

$$= 4 \text{ buah lampu}$$

Maka total daya penerangan pada Blok A:

$$4 \times 20 = 80 \text{ watt}$$

2. Blok B

Tinggi lampu terhadap bidang kerja:

$$h = t - 0,8 \text{ meter}$$

$$h = 3,8 - 0,8 \text{ meter}$$

$$= 3 \text{ meter}$$

$$k = \frac{p \times l}{h(p + l)}$$

$$= \frac{12 \times 21}{3(12 + 21)}$$

$$= \frac{252}{99}$$

$$= 2,5$$

Faktor-faktor refleksi (tabel 2.3)

- τ_p = faktor refleksi langit-langit (0,5)
- τ_w = faktor refleksi dinding (0,3)
- τ_m = faktor refleksi bidang pengukuran (0,1)

Untuk :

- k = 2,5
- k₁ = 2,5
- k₂ = 3
- η₁ = 0,63
- η₂ = 0,65

Efisiensi penerangan untuk nilai Indeks Ruang (k) adalah:

$$\eta = \eta_1 + \frac{k - k_1}{k_2 - k_1} (\eta_2 - \eta_1)$$

$$\eta = 0,63 + \frac{2,5 - 2,5}{3 - 2,5} (0,65 - 0,63)$$

$$= 0,63 + 0 \times 0,02$$

$$\eta = 0,63$$

Menggunakan lampu SL 1 × 20 watt, (1 × 1500 lumen)

$$n = \frac{E \times A}{\Phi \times \eta \times d}$$

$$= \frac{100 \times 252}{5400 \times 0,63 \times 0,8}$$

$$= \frac{25000}{2721,6}$$

$$= 8 \text{ buah lampu}$$

Maka total daya penerangan pada Blok B:

$$8 \times 20 = 160 \text{ watt}$$

3. Blok C

Tinggi lampu terhadap bidang kerja:

$$h = t - 0,8 \text{ meter}$$

$$h = 3,8 - 0,8 \text{ meter}$$

$$= 3 \text{ meter}$$

$$k = \frac{p \times l}{h(p + l)}$$

$$= \frac{6 \times 18}{3(6 + 18)}$$

$$= \frac{108}{72}$$

$$= 1,5$$

Faktor-faktor refleksi (tabel 2.3)

τ_p = faktor refleksi langit-langit (0,5)

τ_w = faktor refleksi dinding (0,3)

τ_m = faktor refleksi bidang pengukuran (0,1)

Untuk :

$$k = 1,5$$

$$k_1 = 1,5$$

$$k_2 = 2$$

$$\eta_1 = 0,54$$

$$\eta_2 = 0,59$$

Efisiensi penerangan untuk nilai Indeks Ruang (k) adalah:

$$\eta = \eta_1 + \frac{k - k_1}{k_2 - k_1} (\eta_2 - \eta_1)$$

$$\eta = 0,54 + \frac{1,5 - 1,5}{2 - 1,5} (0,59 - 0,54)$$

$$= 0,54 + 0 \times 0,05$$

$$\eta = 0,54$$

Menggunakan lampu SL 1 x 20 watt, (1 x 1500 lumen)

$$n = \frac{E \times A}{\Phi \times \eta \times d}$$

$$= \frac{100 \times 108}{5400 \times 0,54 \times 0,8}$$

$$= \frac{10800}{2332,8}$$

$$= 4 \text{ buah lampu}$$

Maka total daya penerangan pada Blok A:

$$4 \times 20 = 80 \text{ watt}$$

Total Daya pada Top Floor

$$80 + 160 + 80 = 320 \text{ watt}$$

Perhitungan Kapasitas Skering Pada Top Floor

$$I_n = \frac{P}{V \times \cos \varphi}$$

$$= \frac{320}{220 \times 0,85}$$

$$= 1,71 \text{ Ampere} \approx 2 \text{ Ampere}$$

Kemampuan Hantar Arus

$$KHA = 125 \% \times 1,71$$

$$= 2,13 \text{ A}$$

Luas Penampang Kabel

$$A = \frac{2 \times l \times I \times \cos \varphi}{\gamma \times u}$$

$$= \frac{2 \times 50 \times 1,71 \times 0,8}{56,2 \times 10^6 \times 4\% \times 220}$$

$$= \frac{136,8}{494,56}$$

$$= 0,27 \times 10^{-6} \text{ meter}^2$$

$$= 0,27 \text{ mm}^2 \approx 0,3 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan PUIL 2000 ukuran minimum Penampang Kabel adalah 1,5 mm². Maka Luas Penampang Kabel = 1,5 mm²

Tabel 10
Hasil Perhitungan Top Floor

No	Ruangan	E	A	k	k ₁	k ₂	η ₁	η ₂	η	n	Daya
1	BLOK A	100	108	1.50	1.5	2	0.54	0.59	0.540	4	80
2	BLOK B	100	252	2.55	2.5	3	0.63	0.65	0.632	8	160
3	BLOK C	100	108	1.50	1.5	2	0.54	0.59	0.540	4	80
Total Daya (watt)											320

D. Perhitungan Susut Tegangan

Total daya penerangan pada seluruh Gedung adalah:

$$I_n = \frac{P}{V \times \cos \varphi}$$

$$= \frac{31048}{220 \times 0,85}$$

$$= \frac{31048}{187}$$

$$= 166,03 \text{ Ampere} \approx 3 \times 50 \text{ Ampere}$$

Susut Tegangan

$$\Delta V = \frac{[2 \times I \times (R'_L \times \cos \varphi + X'_L \times \sin \varphi) \times l] / 1000}{[2 \times 166,03 \times (7,14 \times 0,8 + 0,104 \times 0,6) \times 50]}$$

$$= \frac{95872,3}{1000}$$

$$= 95,8$$

$$= \frac{95,8}{220} \times 100\%$$

$$= 0,4 \%$$

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan pada perencanaan instalasi penerangan didapat hasil:

1. Daya pada Lantai 1 sebesar 18400 watt dengan arus nominal masing-masing blok adalah sebesar 35 Ampere dan kemampuan hantar arus (KHA) pada masing-masing blok adalah (44,15), (36,57), dan (42,23) Ampere. Sedangkan untuk luas penampang kabel masing-masing blok menggunakan kabel 2,5 mm².
2. Daya pada Lantai 2 sebesar 12328 watt dengan arus nominal masing-masing blok adalah sebesar 20, 35, dan 25 Ampere, untuk kemampuan hantar arus (KHA) pada masing-masing blok adalah (22,66), (34,11), dan (25,61) Ampere. Sedangkan untuk luas penampang

kabel masing-masing blok menggunakan kabel 1,5 mm² untuk blok A dan 2,5 mm² untuk blok B dan C

3. Daya pada Top Floor sebesar 320 watt dengan arus nominal adalah sebesar 2 Ampere dan kemampuan hantar arus (KHA) adalah 2,13 Ampere. Sedangkan untuk luas penampang kabel menggunakan kabel 1,5 mm².
4. Susut tegangan yang didapatkan berdasarkan hasil perhitungan adalah sebesar 0,4 %

REFERENSI

- [1] Setiawan, E., Harten, P.V., 1986. Instalasi Listrik Arus Kuat. Binacipta, Jakarta.
- [2] Badan Standarisasi Nasional, 2000. Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000. Yayasan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000
- [3] P. van. Harten, ir. E. Setiawan, 1991. Instalasi Listrik Arus Kuat Jilid 1, 2, 3 Percetakan Binacipta Bandung.
- [4] Instalasi Penerangan: Teori Dasar Pencahayaan, 2008. . Instal. Penerangan.

PENERAPAN REGULATOR SEBAGAI PENGATURAN TEGANGAN BERBASIS *INTERNALLY TRIGGERED TRIAC*

Abdul Muis Prasetya¹, Nur Liya²

^{1,2}Universitas Borneo Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

¹prasetia.electric@borneo.ac.id

Abstract—*The development of science and technology has changed human civilization a lot. One of these technologies is control technology. Direct voltage source control is simple enough to be implemented by simply setting the voltage using a variable resistor. In contrast to the implementation in circuits with alternating current sources, a dimmer circuit is needed to control the voltage.*

Dimmer is an electronic circuit that modifies the form of a pure AC (Alternative Current) signal into a modulated signal so that the output voltage can be adjusted. The more complex dimmer uses PWM (Pulse Width Modulation) as its controller. This PWM dimmer is able to produce a small power level, so that control becomes more precise. In this study, it was found that the application of a regulator as a voltage regulation based on internally triggered TRIAC with the application of the dimmer method. The results showed that the internally triggered TRIAC was able to control AC voltage well.

Keywords— *Regulation, TRIAC, PWM, Dimmer*

Intisari—Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi telah banyak mengubah peradaban manusia. Salah satu dari teknologi tersebut adalah teknologi kendali. Kendali sumber tegangan searah cukup sederhana untuk diimplementasikan hanya dengan melakukan pengaturan tegangan menggunakan variabel resistor. Berbeda dengan implementasi pada rangkaian dengan sumber arus bolak-balik diperlukan sebuah rangkaian dimmer untuk mengendalikan tegangannya.

Dimmer merupakan rangkaian elektronika yang memodifikasi bentuk sinyal AC (Alternative Current) murni menjadi sinyal termodulasi sehingga tegangan keluaran dapat diatur. Dimmer yang lebih kompleks menggunakan PWM (Pulse Width Modulation) sebagai pengendalinya. Dimmer PWM ini mampu menghasilkan tingkatan daya yang kecil, sehingga pengendalian menjadi lebih presisi. Pada penelitian ini didapatkan penerapan regulator sebagai pengaturan tegangan berbasis *internally triggered TRIAC* dengan penerapan metode dimmer. Hasil penelitian menunjukkan *internally triggered TRIAC* mampu mengendalikan tegangan AC dengan baik.

Kata Kunci— *Regulator, TRIAC, PWM, Dimmer.*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi telah banyak mengubah peradaban manusia. Salah satu dari teknologi tersebut adalah teknologi kontrol. Perkembangan teknologi kontrol saat ini mulai bergeser kearah otomatisasi yang menuntut penggunaan komputer. Sistem peralatan yang dikendalikan oleh komputer akan memberikan efisiensi, keamanan, dan ketelitian yang

lebih jika dibandingkan dengan pengerjaan secara manual oleh manusia.

Pengaturan sumber tegangan searah cukup sederhana untuk diimplementasikan hanya dengan pengaturan tegangan menggunakan variabel resistor. Berbeda dengan implementasi pada rangkaian dengan sumber arus bolak-balik diperlukan sebuah rangkaian dimmer untuk pengaturan sebuah sistem.

Perkembangan sistem elektronika semakin maju, sebagian besar alat tersebut sudah terjamah sistem komputerisasi dan komunikasi internet, seperti TV, VCD, *air conditioner*. Tetapi ada juga perangkat elektronik yang masih manual contohnya lampu (alat penerangan). Untuk menerangi sejumlah ruangan dan halaman rumah sudah barang tentu kita membutuhkan energi yang efektif dan efisien

Konservasi energi merupakan upaya mengefisienkan penggunaan akan energi listrik untuk suatu kebutuhan. Konservasi energi dilakukan untuk penggunaan energi yang lebih sedikit tanpa mengurangi manfaat yang diperoleh dan mengurangi konsumsi energi yang berlebihan. Keadaan tersebut dapat teratasi dengan cara melakukan konservasi energi untuk mengurangi konsumsi energi yang berlebihan dengan cara yang lebih ramah lingkungan. Salah satunya ialah menggunakan dimmer elektronik. Dimmer merupakan rangkaian elektronika yang memodifikasi bentuk sinyal AC murni menjadi sinyal termodulasi sehingga tegangan keluaran dapat diatur. Dimmer yang lebih kompleks menggunakan PWM sebagai pengendalinya. Dimmer PWM ini mampu menghasilkan tingkatan daya yang kecil, sehingga pengendalian menjadi lebih presisi.

Pada sebuah gedung, pencahayaan memberi kontribusi sebesar 20-60% dari total konsumsi pemakaian daya listrik. pengendalian pencahayaan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penggunaan energi cahaya dan waktu operasi sebuah lampu, bahkan pada bangunan nonoffice penerapan pengendalian pencahayaan dapat menghemat energy mencapai 37%. Paper ini akan memaparkan rangkaian dimmer untuk pengaturan iluminasi lampu pijar dengan menggunakan *Internally triggered TRIAC*.

II. LANDASAN TEORI

Pada penelitian akan membahas tentang konversi energi, tegangan AC, *Pulse Width Modulation* dan *Internally triggered TRIAC*

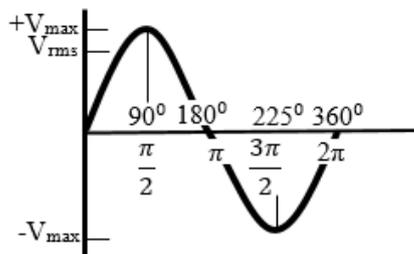
A. Konservasi energi

Konservasi itu sendiri merupakan berasal dari kata *conservation* yang terdiri atas kata *con (together)* dan *servare (keep/save)* yang memiliki pengertian mengenai upaya memelihara apa yang kita punya, namun secara bijaksana. Ide ini di kemukakan oleh Theodore Roosevelt (1902) yang merupakan orang Amerika pertama yang mengemukakan tentang konsep konservasi. Konservasi dalam pengertian sekarang sering diterjemahkan sebagai pemanfaatan sumber daya alam secara bijaksana.

Konservasi energi adalah tindakan mengurangi jumlah penggunaan energi. Konservasi energi dapat dicapai dengan penggunaan energi secara efisien dimana manfaat yang sama diperoleh dengan menggunakan energi lebih sedikit, ataupun dengan mengurangi konsumsi dan kegiatan yang menggunakan energi. Tujuan utama dari konservasi energi adalah untuk menghemat uang serta mengurangi ketergantungan kita pada bahan bakar dominan yang kita gunakan sampai saat ini. Konservasi energi juga dapat membantu lingkungan. Mengurangi penggunaan bahan bakar fosil berarti juga mengurangi emisi CO₂ yang dianggap oleh banyak peneliti sebagai salah satu penyebab utama meningkatnya dampak perubahan iklim

B. Tegangan AC

Tegangan AC satu fasa apabila dilihat dalam sebuah osiloskop berdasarkan grafik pada kawasan waktu (t) terhadap tegangan (V) dapat diilustrasikan seperti pada gambar.



Gambar 1. Bentuk Gelombang Tegangan AC Ideal

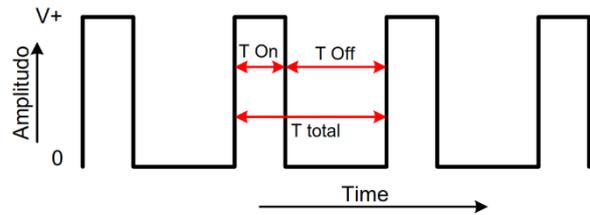
Vrms merupakan *Voltage Root Mean Square*, dengan secara sederhana dapat diartikan sebagai tegangan rata-rata berdasarkan kawasan waktu (t) yang menghasilkan daya ekuivalen dengan tegangan DC pada level tersebut. Dalam penggunaan secara umum, tegangan AC di Indonesia bernilai 220 V. Nilai 220 V tersebut merupakan nilai tegangan Vrms. Artinya daya yang dihasilkan dari tegangan tersebut sebanding dengan daya yang dihasilkan dari tegangan 220 VDC. Berdasarkan teori tersebut maka daya pada beban dapat diatur dengan pengaturan Vrms pada tegangan AC, yaitu dengan pengaturan fasa saat penyalaan gelombang sinusoida.

C. Pulse Width Modulation

Pulse Width Modulation (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. PWM dapat diaplikasikan untuk mengatur daya atau tegangan untuk menyalakan lampu. Pada metode digital setiap perubahan PWM dipengaruhi oleh resolusi dari PWM itu sendiri.

Misalkan PWM digital 8 bit berarti PWM tersebut memiliki resolusi $2^8 = 256$, maksudnya nilai keluaran PWM ini memiliki 256 variasi, variasinya mulai dari 0 – 255 yang mewakili *duty cycle* 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut.

Sinyal PWM pada umumnya memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar Pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, Sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi (antara 0% hingga 100%).



Gambar 2. Sinyal PWM

D. DIAC dan TRIAC

DIAC dan TRIAC merupakan piranti *thyristor bidirectional* yang memungkinkan untuk diimplementasikan pada rangkaian arus bolak-balik. Karakteristik dari DIAC memiliki arus penahan dalam salah satu dari dua arah yang mungkin dari terminalnya. DIAC tidak akan menghantarkan arus sebelum batas tegangan breakdown terlampaui oleh tegangan pada terminal-terminalnya. Prinsip dari DIAC dapat diilustrasikan dengan dua buah dioda yang terpasang secara paralel dan berlawanan arah seperti pada Gambar 2 (a), dimana arus dapat dialirkan secara bolak-balik setiap melewati batas tegangan *breakdown*.

Sedangkan TRIAC merupakan tipe SCR (*Silicon Controlled Rectifier*) yang bekerja secara *bidirectional*. Berbeda dengan DIAC yang dapat digunakan sebagai konduktor dilakukan dengan menaikkan tegangan terminal hingga di atas tegangan breakdown, pada TRIAC terdapat sebuah terminal Gate (G) yang digunakan untuk pemicu (trigger) prategangan maju.

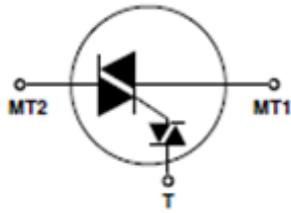
E. Zero Crossing Detector

Zero Crossing Detector adalah rangkaian yang digunakan untuk mendeteksi gelombang sinus AC 220 Volt saat melewati titik nol. Seberangan titik nol yang dideteksi adalah peralihan dari positif menuju negatif dan peralihan negatif menuju positif. Rangkaian zero crossing berfungsi untuk mengkonversi sinyal sinusoida arus dan tegangan menjadi sinyal step.

F. Internally triggered TRIAC

Internally triggered TRIAC merupakan komponen elektronika terintegrasi yang terdiri dari DIAC dan TRIAC. Simbol rangkaian untuk Internally triggered TRIAC ditunjukkan seperti pada Gambar 4, dimana di dalam sebuah TRIAC pemicu tegangan maju pada terminal T, dilewatkan terlebih dahulu melalui DIAC. Sehingga tegangan AC yang terhubung di MT1 dan MT2 dapat kita atur dengan *duty cycle* dari PWM yang sudah dibangkitkan. Apabila tegangan di titik T, kita berikan

tegangan AC dengan frekuensi yang sama dengan tegangan AC yang melintasi MT1 dan MT2, TRIAC akan merespon *duty cycle* sesuai dengan breakdown voltage yang dilakukan pemicu pada DIAC



Gambar 3. *Internally triggered TRIAC*

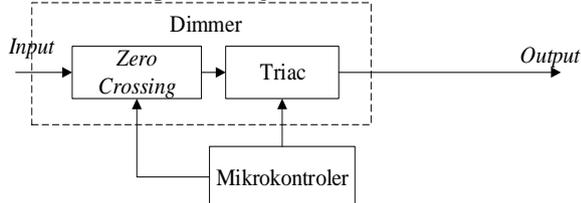
III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini memiliki beberapa proses, yakni mulai dari konsep perancangan, analisis kebutuhan bahan, identifikasi alat dan bahan, pembuatan, serta pengujian.

A. Perancangan

Tahapan awal yang sangat penting dalam pembuatan suatu alat adalah konsep perancangan. Suatu alat dapat bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya apabila telah di rancang dengan matang sebelum proses pembuatan. Perancangan suatu alat dapat dilakukan dengan berbagai cara, misalnya saja dengan menggambar diagram blok, sketsa rangkaian, maupun spesifikasi alat yang akan dibuat.

Pada penelitian ini menggunakan mikrokontroler tipe Arduino Uno. Mikrokontroler berfungsi mengolah data untuk menjalankan dimmer. Rangkaian dimmer merupakan serangkaian modul yang berfungsi pada sistem untuk menurunkan nilai dari tegangan sesuai dengan inputan yang diberikan sebagai komponen utama. Gambar 4 merupakan diagram blok sistem.



Gambar 4. Diagram blok sistem

Sistem diatas merupakan gambaran umum dari perancangan alat dimana komponen utama dari sistem merupakan dimmer yang terdiri dari *Zero Crossing Detector* dan Triac.

B. Analisis Kebutuhan

Pembuatan pengatur tegangan berbasis *Internally triggered TRIAC* membutuhkan peralatan serta bahan sebagai berikut : (1) Catu daya sebagai suplai tegangan agar rangkaian dapat bekerja, (2) *Zero Crossing Detector*, (3) Mikrokontroler sebagai pengenali rangkaian, (4) Bahasa pemrograman untuk menjalankan mikrokontroler dan (6) tempat alat atau casing.

C. Pembuatan Sistem

Pembuatan sistem meliputi pembuatan hardware dan software. Pembuatan hardware ini dimulai dengan perancangan desain PCB, kemudian melarutkan PCB hingga memasang komponen pada PCB. Pembuatan

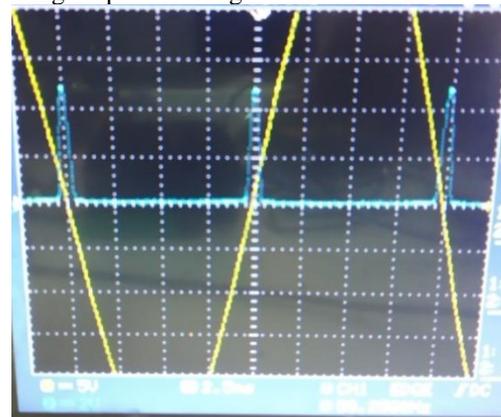
software, untuk menjalankan sebuah mikrokontroler dengan baik dibutuhkan sebuah program, program tersebut membutuhkan sebuah software pendukung untuk membuat Bahasa pemrogramannya ataupun pengunduhan Bahasa program tersebut.

D. Pengujian

Pengujian Alat merupakan proses untuk mengetahui suatu alat bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian yang dilakukan meliputi : (1) uji fungsional, pengujian ini dilakukan dengan cara menguji setiap komponen apakah bekerja dengan baik atau tidak berdasarkan karakteristik dan fungsi dari masing-masing komponen. Hal ini bertujuan agar alat berfungsi dengan baik dan tidak memiliki permasalahan. (2) uji unjuk kerja, uji unjuk kerja alat dilakukan dengan cara mengamati cara kerja alat, yang perlu diamati adalah: *Zero Crossing Detector* dan dimmer.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

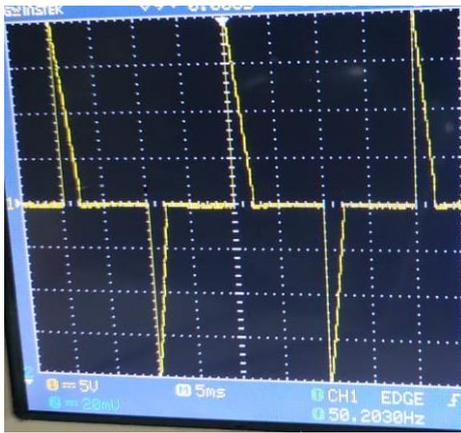
Hasil pengujian dan pengukuran dilakukan dengan menggunakan beberapa alat ukur. Pertama, Hasil pengujian dan pengukuran dilakukan pada keluaran *Zero Crossing Detector* menggunakan osciloscop. Pengujian ini untuk memastikan *Zero Crossing Detector* pada rangkaian bekerja dengan baik dengan menampilkan gelombang output dari rangkaian.



Gambar 5. Gelombang *Zero Crossing Detector* dan sinusoidal 220 Volt

Pada gambar diatas zero crossing ditunjukkan pada gelombang berwarna biru dan berwarna kuning merupakan tegangan AC. Zero crossing mencari persilangan nol dengan tegangan 5 VDC, frekuensi 50 Hz. *Zero Crossing Detector* mendeteksi persilangan nol setiap setengah gelombang.

Pengujian Dimmer dengan mengubah-ubah nilai PWM dan mengukur outputnya dengan osiloskop. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah output dari dimmer sudah bekerja dengan baik dengan menghitung nilai frekuensi dan tegangan dimmer dari gelombang output osiloskop. Adapun hasil pengujian sebagai berikut.



Gambar 6. Output dimmer *duty cycle* 45%

Tabel 4. 3. Hasil Keluaran PWM

<i>Duty cycle</i> (%)	Tegangan <i>Output</i> (V)
99	219
95	218
90	218
85	217
80	214
75	210
70	203
65	192
60	182
55	170
50	156
45	142
40	125
35	106
30	88
25	69
20	46
15	35
10	21
5	10

Pada pengujian, dimmer dapat menurunkan tegangan sesuai dengan nilai *duty cycle* yang diberikan. Dimmer memotong gelombang sinusoidal tetapi tidak merubah nilai frekuensi yang ada sehingga dimmer dapat digunakan pada sistem.

V. KESIMPULAN

Setelah melakukan uji coba dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa rangkaian dimmer berbasis *Internally triggered TRIAC* yang dilakukan pada penelitian ini memiliki respon yang signifikan terhadap perubahan tegangan AC, yang dilakukan dengan pengaturan *duty cycle*.

Pemakaian peralatan semikonduktor untuk mengatur tegangan AC memberikan beberapa keuntungan khususnya peralatan semikonduktor thyristor dua arah (TRIAC) karena penggunaan komponen-komponen tambahan yang sedikit, juga didapatkan suatu pengaturan yang halus dan kerugian daya yang kecil

REFERENSI

- [1] Alimin Nurdin, A. A. (2018). Peranan Automatic Voltage Regulator Sebagai Pengendali Tegangan Generator Sinkron. *Jurnal Ampere*, 164-173.
- [2] Azhar, Kamal, M., & Subhan. (2017). Penerapan Automatic Voltage Regulator pada. *Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro* (pp. 1-7). Aceh: Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- [3] Darmana, I. (2015). Perbaikan Jatuh Tegangan Dengan Pemasangan Automatic Voltage Regulator. *Jurnal IPTEKS Terapan*, 242-151.
- [4] Habibnur, Y., Warsito, A., & Setiawan, I. (2018). Perancangan Automatic Voltage Regulator (Avr) Berbasis Pengaturan Tegangan Catu Daya Arus Searah Inverter 1 Fase Sinusoidal *Pulse Width Modulation* (SPWM) Sinewave. *TRANSIENT*, 334-340.
- [5] Pamungkas, T. D., Haddin, M., & Rijanto3, E. (2017). Modifikasi Topologi Pengendali PID untuk Automatic. *JNTETI*, 380-385.
- [6] Ramadhani, A. (2014). Desain Model Sistem Eksitasi Type 1 Pada Generator Sinkron Menggunakan Kontrol Fuzzy Logic. *Jurnal intake*, 10-18.
- [7] Sandi, B. D., Hakim, L., & Gusmedi, H. (2016). Studi Pemasangan Step Voltage Regulator dengan Model Injeksi Daya pada Jaringan Menengah 20 KV Penyulang Katu Gardu Induk Menggala. *ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 129-139.

STUDI KAPASITAS HUBUNG SINGKAT SATU FASA KE TANAH PADA PENYULANG 5 PT PLN (PERSERO) UP3 TARAKAN

Ardi Setyo Purnomo¹, Achmad Budiman².

^{1,2,3}Teknik Elektro Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

¹setyoardi20@gmail.com

²achmad1177@gmail.com

Abstract—This study uses the *etap 12.6.0* application to simulate the power flow using the Newton Raphson method and uses the impedance method to determine the single-phase short circuit current to the ground in the 5 feeder. 1820 A, on the out going village 4 side, the largest disturbance current value is obtained on bus 112 of 2008 A, and on the out going charity side, the largest disturbance current value on bus 10 is 1734 A. out going results in feeders 5 of 0.330 MVA, out going for charity is 0.322 MVA and out going in village 4 is 0.347 MVA, at capacity of circuit breakers, results in feeders 5 are 0.24 MVA and out going charity is 0.213 MVA and in out going village 4 were 0.213 MVA, the results exceeded the capacity of the existing circuit breakers, so what? if there is a single phase fault to ground in feeder 5 it will result in damage to the circuit breaker installed.

Keywords—Short Circuit Interference, circuit breaker capacity, Short Circuit Capacity, *Etap 12.6.0*.

Intisari—Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan dari circuit breaker yang terpasang pada penyulang 5, terhadap gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah. Penelitian ini menggunakan aplikasi *etap 12.6.0* untuk melakukan simulasi aliran daya menggunakan Metode *newton rapshon* dan menggunakan metode impedansi untuk menentukan arus hubung singkat satu fasa ke tanah pada penyulang 5. kemudian setelah mendapatkan arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah pada bus 112 sebesar 2008 A, Dan pada sisi *out going* amal didapatkan nilai arus gangguan terbesar pada bus 10 sebesar 1734 A. kemudian mencari kapasitas hubung singkat di bagian penyulang dan di bagian *out going* di dapat hasil penyulang 5 sebesar 0,330 MVA, pada *out going* amal sebesar 0,322 MVA dan pada *out going* kampung 4 sebesar 0,347 MVA, pada kapasitas *circuit breaker* di dapat hasil pada penyulang 5 sebesar 0,24 MVA dan pada *out going* amal sebesar 0,213 MVA dan pada *out going* kampung 4 sebesar 0,213 MVA hasil tersebut di dapat pada sisi tegangan menengah 20 KV

Kata Kunci—Gangguan Hubung Singkat, Metode *newton rapshon*, Kapasitas *circuit breaker*, Kapasitas hubung singkat, *Etap12.6.0*.

I. PENDAHULUAN

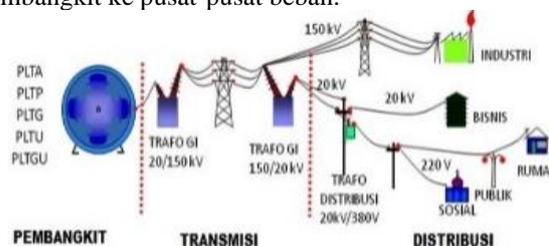
PT PLN (Persero) UP3 Tarakan merupakan BUMN yang berlokasi di kota Tarakan tepatnya di gunung belah. PT PLN bertanggung jawab atas penyediaan energi listrik untuk daerah Tarakan dan sekitarnya yaitu dari sisi pembangkit ke jaringan tegangan distribusi dan ke jaringan tegangan rendah hingga sampai ke pelanggan. Pada sistem tenaga listrik di kota Tarakan

memiliki 9 pembangkit dengan total penyulang 9 dan 1 penyulang untuk cadangan apabila dalam 8 penyulang tersebut salah satunya mengalami gangguan dalam melayani penyaluran energi listrik di kota Tarakan. Pada penyulang 5 yang menyalurkan energi listrik pada daerah kampung 4, kampung 6, dan pantai amal sampai binalatung. Penulis mengangkat judul yang bertujuan untuk mempelajari proteksi *circuit breaker* pada gangguan tanah yang terdapat pada penyulang 5 yang sering mengalami gangguan agar kontinuitas pelayanan energi listrik dapat disalurkan dengan baik ke warga masyarakat dikota Tarakan.

II. LANDASAN TEORI

1. Sistem Tenaga Listrik

Menurut Samin (2019) sistem tenaga listrik terdiri atas 3 bagian yaitu pembangkit tenaga listrik, sistem transmisi dan sistem distribusi. Ketiga bagian ini merupakan bagian utama pada suatu rangkaian sistem tenaga listrik yang bekerja untuk menyalurkan daya listrik dari pusat pembangkit ke pusat-pusat beban.



Energi listrik yang dihasilkan oleh pusat pembangkit listrik kemudian akan disalurkan melalui saluran transmisi selanjutnya akan disalurkan melalui saluran distribusi yang pada akhirnya akan sampai ke konsumen.

2. Jaringan Distribusi Primer

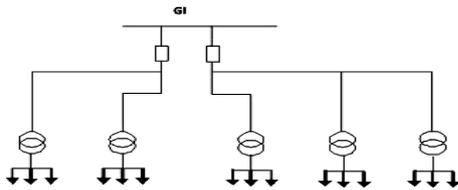
Sistem jaringan distribusi utama yang digunakan untuk menyalurkan daya listrik pada setiap beban adalah disebut pengumpan. Secara umum, setiap repeater diberi nama sesuai dengan area beban yang dilayani. Hal ini bertujuan untuk membuat lebih mudah untuk mengingat dan menandai jalur yang dilayani oleh pengumpan.

Pada jaringan distribusi primer terdapat 4 jenis dasar yaitu :

- ✓ Sistem radial
- ✓ Sistem hantaran penghubung (tie line)
- ✓ Sistem loop
- ✓ Sistem spindle
- ✓ Sistem Radial

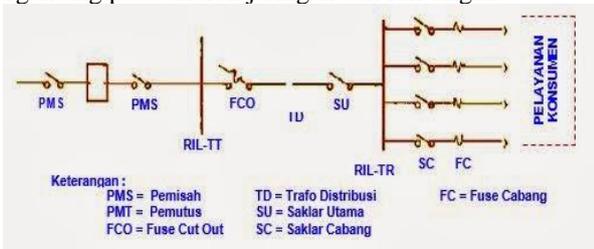
Sistem dengan pola radial adalah sistem penyaluran yang paling mudah dan murah. Pada sistem ini memiliki beberapa penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial.

3. Jaringan Distribusi Sekunder



Gambar 2 Jaringan sistem radial [1]

Sistem distribusi daya AC dimana pelanggan dilayani dari sirkuit tegangan rendah tiga fase, empat kawat yang disuplai oleh dua atau lebih banyak trafo jaringan yang terminal tegangan rendahnya terhubung ke tegangan rendah sirkuit melalui pelindung jaringan. Sistem jaringan sekunder memiliki dua atau lebih tegangan tinggi pengumpanan utama, dengan masing-masing pengumpanan utama biasanya memasok 1–30 jaringan transformator, tergantung pada ukuran jaringan dan rancangannya.



Gambar 3 Jaringan distribusi sekunder [2]

4. Circuit Breaker

Perangkat switching yang memutus arus abnormal atau gangguan. Ini adalah perangkat mekanis yang memutus aliran arus (gangguan) berkekuatan tinggi dan selain itu melakukan fungsi sakelar. Pemutus sirkuit terutama dirancang untuk menutup atau membuka sirkuit listrik, sehingga melindungi sistem kelistrikan dari kerusakan.

5. Pertimbangan Dalam Pemilihan Pemutus Daya

- a. Tegangan efektif dan frekuensi daya tertinggi dari jaringan tempat pemutus akan dipasang.
- b. Nilainya tergantung pada jenis pembumian titik netral sistem.
- c. Arus kontinu maksimum yang akan mengalir melalui pemutus sirkuit. Nilai arus ini tergantung pada arus maksimum sumber daya atau arus nominal beban di mana pemutus dipasang.
- d. Arus hubung pendek tertinggi yang akan pemutus daya putuskan.
- e. Lamanya arus hubung pendek tertinggi yang melewati pemutus. Hal ini berkaitan dengan waktu pembukaan kotak yang di butuhkan.
- f. Jarak antara bagian yang bertegangan tinggi dan benda lain di sekitarnya.
- g. Jarak hantar arus yang hilang pada pengamannya.
- h. Kekuatan dielektrik media isolasi sela kontak.

- i. Cuaca dan ketinggian tempat pemasangan pemutus daya.
6. Kemampuan Arus Pemutus daya
- a. Tugas interupsi, yang merupakan nilai efektif tertinggi dari arus hubung singkat simetris yang dapat diputuskan oleh pemutus daya tanpa menyebabkan kerusakan pada kontak pemutus.
 - b. Tugas sesaat, yang merupakan nilai efektif tertinggi dari arus hubung singkat asimetris yang dapat ditanggung oleh pemutus daya tanpa menyebabkan kerusakan pada pemutus sirkuit.

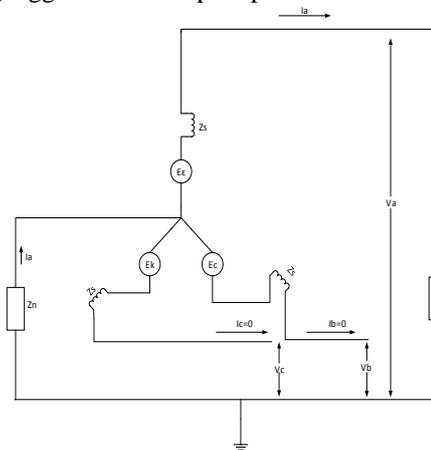
7. Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

Pada sistem saluran tenaga listrik dalam melakukan penyaluran energi listrik tidak selalu berjalan dengan baik, pasti selalu terdapat gangguan baik itu gangguan yang berasal dari sistem tenaga listrik itu sendiri, maupun gangguan yang berasal dari luar sistem tenaga listrik. Salah satu gangguan yang paling sering di temukan dalam sistem tenaga listrik adalah gangguan hubung singkat.

8. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Gangguan satu fasa ke tanah biasanya disebut sebagai gangguan “hubung singkat” dan terjadi ketika salah satu konduktor jatuh ke tanah. Ketika gangguan terjadi pada saluran distribusi, sangat penting untuk mengidentifikasi lokasi gangguan secepat mungkin untuk memulihkan daya sesegera mungkin.

Gangguan ini bersifat sementara, tidak menimbulkan kerusakan yang tetap pada sisi gangguan. Pada gangguan yang tembusnya adalah isolasi udaranya, oleh karena itu tidak ada kerusakan yang permanen. Setelah arus gangguannya terputus, misalnya karena terbukanya *circuit breaker* oleh relai pengamannya, peralatan atau saluran yang terganggu tersebut siap dioperasikan kembali.



Gambar 4 Gangguan Satu Fasa Ke Tanah [3]

Gangguan satu fasa ke tanah terjadi pada fasa a melalui impedansi Z_f , dengan menganggap mula-mula generator tanpa beban, syarat batas pada gangguan titik adalah:

$$V_a = Z_f \times I_a \tag{1}$$

$$I_b = I_c = 0 \tag{2}$$

Substitusi untuk $I_b = I_c = 0$, arus komponen simetris dari persamaan (2) adalah:

$$\begin{bmatrix} I_a^0 \\ I_a^1 \\ I_a^2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \tag{3}$$

I_a^0 = Arus Fasa Urutan Nol

I_a^1 = Arus Fasa Urutan Positif

I_a^2 = Arus Fasa Urutan Negatif

Dari persamaan di atas ditentukan bahwa:

$$I_a^0 = I_a^1 = I_a^2 = \frac{1}{3} I_a \quad (4)$$

Tegangan fasa dalam bentuk komponen simetris adalah:

$$V_a = V_a^0 + V_a^1 + V_a^2 \quad (5)$$

Dengan :

V_a^0 = Tegangan Fasa Urutan Nol

V_a^1 = Tegangan Fasa Urutan Positif

V_a^2 = Tegangan Fasa Urutan Negatif

Substitusi untuk $V_a^0, V_a^1, dan V_a^2$ dari persamaan (4) ke persamaan (5) dan $I_a^0 = I_a^1 = I_a^2$, didapatkan:

$$V_a = E_a - (Z^0 + Z^1 + Z^2) I_a^0 \quad (6)$$

Dengan $Z^0 = Z_s + 3Z_n$, Substitusi untuk V_a dari persamaan (6), dan $I_a = 3I_a^0$, didapatkan:

$$3Z_f I_a^0 = E_a - (Z^0 + Z^1 + Z^2) I_a^0$$

Atau

$$I_a^0 = \frac{E_a}{Z^1 + Z^2 + Z^0 + 3Z_f} \quad (7)$$

Arus gangguan adalah:

$$I_a = 3I_a^0 = \frac{3E_a}{Z^1 + Z^2 + Z^0 + 3Z_f} \quad (8)$$

I_a = Arus hubung singkat fasa-tanah dalam ampere

$3E_a$ = Tegangan fasa sistem dalam volt

Z^1 = Impedansi urutan positif rangkaian dalam Ohm

Z^2 = Impedansi urutan negatif rangkaian dalam Ohm

Z^0 = Impedansi urutan nol rangkaian dalam Ohm

Z^n = Impedansi urutan netral rangkaian dalam Ohm

Z^f = Impedansi gangguan rangkaian dalam Ohm

Z^s = Impedansi sistem dalam Ohm

Jika $I_a = I_K(F)$, maka persamaan (9) dapat ditulis menjadi :

$$I_K(F) = \frac{3E_a}{Z^1 + Z^2 + Z^0 + 3Z_f} \quad (9)$$

9. Kapasitas Hubung Singkat

Kapasitas hubung singkat atau MVA hubung singkat pada bus k didefinisikan sebagai hasil kali besarnya *rating* tegangan bus dan arus gangguan.

Persamaan dari kapasitas hubung singkat atau MVA pada bus k adalah sebagai berikut:

$$SCC = \sqrt{3} V_{LK} I_K(F) \times 10^{-3} MVA \quad (10)$$

Persamaan dari rumus gangguan tiga-fasa seimbang di dalam per unit dapat ditulis sebagai berikut:

$$I_K(F)_{pu} = \frac{V_K(0)}{X_{kk}} \quad (11)$$

V_{LK} = tegangan saluran ke saluran dalam kilovolt

$I_K(F)$ = dinyatakan dalam ampere

persamaan untuk memberikan arus gangguan yang maksimum dapat ditulis sebagai berikut:

$$I_B = \frac{S_B \times 10^{-3}}{\sqrt{3} V_B} \quad (12)$$

$V_k(0)$ = tegangan bus per unit sebelum gangguan

X_{kk} = reaktansi per unit pada titik gangguan

S_B = merupakan MVA dasar

V_B = tegangan dasar saluran ke saluran dalam kilovolt

Persamaan arus gangguan dalam satuan ampere dapat ditulis sebagai berikut:

$$I_K(F) = I_K(F)_{PU} I_B = \frac{V_K(0) S_B \times 10^{-3}}{X_{KK} \sqrt{3} V_B} \quad (13)$$

Substitusi untuk $I_K(F)$ dari persamaan(12) ke dalam Persamaan (11) menghasilkan:

$$SCC = \frac{V_K(0) S_B}{X_{KK}} \frac{V_L}{V_B} \quad (14)$$

Jika tegangan dasar sama dengan rating tegangan $V_L = V_B$, maka persamaan (14) menjadi:

$$SCC = \frac{V_K(0) S_B}{X_{KK}} \quad (15)$$

Tegangan setiap bus sebelum gangguan biasanya diasumsikan 1.0 per unit dan persamaan (15) menjadi:

$$SCC = \frac{S_B V_L}{X_{KK} V_B} MVA \quad (16)$$

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini melakukan pengumpulan data berupa single line diagram sistem tenaga listrik PLN khususnya penyulang 5, data saluran penyulang 5, data pembangkit, data trafo (*rating* tegangan dan daya trafo), data beban dan data *circuit breaker* yang digunakan. Setelah itu membuat *single line diagram* dan *input* data pada *software* ETAP dan dilakukan simulasi aliran daya. Setelah melakukan simulasi aliran daya di lanjutkan dengan memberi gangguan satu fasa ke tanah pada tiap *out going*. Setelah dilakukan simulasi dilanjutkan dengan perhitungan untuk mencari kapasitas hubung singkat pada *circuit breaker* yang terpasang.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah mendapatkan hasil dari *software* etap dilanjutkan dengan mencari nilai arus gangguan hubung singkat secara manual. Dapat dilihat perbandingan antara hitungan dengan hasil pada *etap* tepatnya pada bus 7 masih bisa dikatakan normal karena tidak ada beda antara hitungan dan etap. Untuk selanjutnya nilai arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah hasil perhitungan dan hasil *etap* ada pada tabel berikut.

Tabel 1

Nilai arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah

Bus	Ik(F) hitung	Ik(F) ETAP
GH IND	1,820	1,820
bus 7	1,669	1,669
bus10	1,734	1,734
bus15	1,687	1,687
bus 18	1,611	1,611
bus 19	1,570	1,570
bus 22	1,563	1,563
bus 23	1,690	1,690
bus 27	1,680	1,680
bus 29	1,642	1,642
bus 31	1,616	1,616

Bus	Ik(F) hitung	Ik(F) ETAP
bus 33	1,603	1,603
bus 35	1,598	1,598
bus 37	1,552	1,552
bus 39	1,511	1,511
bus 41	1,486	1,486
bus 43	1,444	1,444
bus 45	1,539	1,539
bus 48	1,385	1,385
bus 50	1,343	1,343
bus 54	1,823	1,823
bus 108	1,902	1,902
bus 110	1,725	1,725
bus 112	2,008	2,008
bus 114	2,006	2,006
bus 116	2,002	2,002
bus 118	1,965	1,965
bus 120	1,959	1,959
bus 123	1,938	1,938
bus 127	1,962	1,962
bus 129	1,959	1,959
bus 131	1,950	1,950
bus 135	1,908	1,908
bus 137	1,919	1,919
bus 139	1,943	1,943
bus 141	1,890	1,890
bus 143	1,825	1,825
bus 145	1,890	1,890
bus 147	1,892	1,892
bus 149	1,779	1,779
bus 151	1,778	1,778
bus 153	1,751	1,751
bus 155	1,727	1,727
bus 157	1,716	1,716
bus 159	1,715	1,715
bus 161	1,698	1,698
bus 163	1,624	1,624
bus 165	1,603	1,603
bus 167	1,458	1,458
bus 169	1,584	1,584
bus 171	1,551	1,551
bus 173	1,541	1,541
bus 175	1,541	1,541
bus 177	1,587	1,587
bus 179	1,610	1,610
bus 181	1,537	1,537
bus 183	1,420	1,420
bus 185	1,408	1,408
bus 187	1,565	1,565
bus 189	1,529	1,529
bus 191	1,506	1,506
bus 193	1,550	1,550
bus 196	1,679	1,679
bus 197	1,666	1,666
bus 198	1,954	1,954
bus 203	1,610	1,610
bus 207	1,927	1,927
bus 213	1,541	1,541
bus 216	1,096	1,096
bus 219	1,686	1,686
bus 221	1,818	1,818
bus222	1,096	1,096
bus223	1,732	1,732

Tabel 2
Data dari tiap-tiap *circuit breaker*

Nama	In (A)	Ihs (kA)	Tegangan(kV)
TRK 5	800	18	24
AML	630	16	24
KP4	630	16	24

Tabel 2 di atas memaparkan data dari tiap-tiap *circuit breaker* yang ada pada penyulang 5 dan tiap *out going*. Penyulang 5 di amankan menggunakan *circuit breaker* dengan rating tegangan 24 kv dan rating arus nominal 800 A maka untuk mencari kapasitas dari *circuit breaker* digunakan rumus sebagai berikut:

$$SCC = \sqrt{3 \times V_{LK} \times I_K(F) \times 10^{-3}}$$

$$SCC = \sqrt{3 \times 24 \times 0,8 \times 10^{-3}}$$

$$SCC = 0,24 \text{ MVA}$$

Pada OG kampung 4 di amankan menggunakan *circuit breaker* dengan rating tegangan 24 kv dan rating amper 630 A maka untuk mencari kapasitas dari *circuit breaker* digunakan rumus sebagai berikut:

$$SCC = \sqrt{3 \times V_{LK} \times I_K(F) \times 10^{-3}}$$

$$SCC = \sqrt{3 \times 24 \times 0,63 \times 10^{-3}}$$

$$SCC = 0,213 \text{ MVA}$$

Pada OG amal di amankan menggunakan *circuit breaker* dengan rating tegangan 24 kv dan rating amper 630 A maka untuk mencari kapasitas dari *circuit breaker* digunakan rumus sebagai berikut:

$$SCC = \sqrt{3 \times V_{LK} \times I_K(F) \times 10^{-3}}$$

$$SCC = \sqrt{3 \times 24 \times 0,63 \times 10^{-3}}$$

$$SCC = 0,213 \text{ MVA}$$

Tabel 3
Data kapasitas *circuit breaker* (exsist)

BUS	MVA HS (MVA)	MVA CB (MVA)
GH IND	0,289	0,24
10	0,322	0,213
112	0,347	0,213

Dari data tabel 3 bisa di lihat bahwa data kapasitas *circuit breaker* (exsist) lebih kecil dari kapasitas short circuit hitung ini menunjukkan bahwa *circuit breaker* yang terpasang tidak layak digunakan karena kapasitasnya lebih kecil dari kapasitas hubung singkatnya.

V. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi arus hubung singkat satu fasa ke tanah pada sisi tegangan menengah 20 KV di dapatkan nilai arus gangguan terbesar pada sisi penyulang 5 di GH Indoor sebesar 1820 A, Pada sisi *out going* kampung 4 didapatkan nilai arus gangguan terbesar pada bus 112 sebesar 2008 A, Dan pada sisi *out going* amal didapatkan nilai arus gangguan terbesar pada bus 10 sebesar 1734 A. Dari perhitungan kapasitas hubung singkat pada sisi tegangan menengah 20 KV, pada penyulang 5 dan pada tiap *out going* di dapat hasil pada penyulang 5 sebesar 0,330 MVA, pada *out going* amal sebesar 0,322 MVA dan

pada *out going* kampung 4 sebesar 0,347, pada kapasitas *circuit breaker* di dapat hasil pada penyulang 5 sebesar 0,24 MVA dan pada *out going* amal sebesar 0,213 MVA dan pada *out going* kampung 4 sebesar 0,213 MVA. Dari data yang di dapat semakin dekat jarak gangguan dari sumber tenaga listrik maka semakin besar arus gangguan hubung singkat yang di dapat dan begitu juga sebaliknya ketika jarak gangguan semakin jauh dari sumber tenaga listrik maka arus gangguan hubung singkatnya semakin kecil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih saya haturkan kepada Allah SWT, kedua orang tua, istri saya, dosen-dosen, teman seperjuangan saya.

REFERENSI

- [1] Tomi. 2015, Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah 20 KV PT.PLN (Persero) Sebatik Menggunakan Software etap powerstation 12.6.0.
- [2] Kadir, A. 2000. *Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik*, Universitas Indonesia.
- [3] Cekdin, C dan Barlian, T., (2013). *Transmisi Daya Listrik Palembang*, Andi Yogyakarta.
- [4] Cekdin, C. 2007. *Sistem Tenaga Listrik*, Andi Yogyakarta
- [5] Pandjaitan, B. (2012). *praktik-praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*, CV Andi Offset, Yogyakarta.
- [6] Bongas L. Tobing (2003). *Peralatan Tegangan Tinggi*, PT.Gramedia Pustaka Utama Jakarta

Alamat Redaksi
Jurusan Teknik Elektro Universitas Borneo Tarakan
Gedung D Lt. 3 Kampus Universitas Borneo Tarakan
Jl. Amal Lama No. 1 Tarakan 77123

