

JURNAL ELEKTRO

Rancang Bangun Pembangkit Energi Listrik Alternatif 10 mW Menggunakan 20 Transducer Termoelektrik TEG-SP1848, oleh: Lukman Aditya, Beni Raganatama.

Rancang Bangun Dual-Axis Solar Tracker Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560, oleh: Teten Dian Hakim, Muhamad Sukma.

Analisa Utilisasi Genset Kapasitas 275 kVA Di RSUD Kebayoran Baru, oleh: Nurhabibah Naibaho, Ridwansyah.

Analisis Perubahan Frekuensi Pada Inverter BG202-XM Untuk Pengatur Kecepatan Motor Sinkron 100 WATT 3 FASA, oleh: Abdul Kodir Bahar, Nugraha Adi Putra

Rancang Bangun Sistem Kunci Pintu Otomatis Dengan Fingerprint Berbasis Mikrokontroler ATMEGA328P, oleh: Bayu Kusumo, Sofyan Haromen

Rancang Bangun Monitoring Ketinggian Air Pada Sistem Kontrol Pintu Air Berbasis IoT (INTERNET OF THINGS), oleh : Slamet Purwo S., Eboni Sinurat.

Rancang Bangun Sistem Monitoring Berbasis IoT Pada Panel Surya 20 Wp Menggunakan Arduino Mega 2560, oleh : Tri Ongko Priyono, Guntur Prasetyo

Analisis Drop Voltage Dengan Menggunakan Simulasi ETAP Pada Pembangkit Tenaga Listrik Timor-1 Kupang, oleh : Ujang Wiharja, Abdul Malik,

Tegangan Motor DC Terhadap Berat Barang Pada Ban Berjalan, oleh: Sri Hartanto

Penerbit

UNIVERSITAS KRISNADWIPAYANA

(Dikelola oleh FT Prodi Teknik Elektro)

SUSUNAN DEWAN REDAKSI

Penanggung Jawab

Dr. Harjono P. Putro, ST., M.Kom.
(Dekan Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana)

Penasehat

Dr. Eng. Irwan Prasetyo. MPM (P2M FT. UNKRIS)
Nazarudin Khuluk, ST., M.Si. (Wadek III FT. UNKRIS)

Pemimpin Redaksi

Ali Khumaidy, S.Kom., M.Kom.

Tim Redaksi

Teten Dian Hakim, ST., MT.
Slamet Purwo Santosa, ST., MT.
Ujang Wiharja, ST., MT.
Abdul Kodir Al Bahar, ST., MT.

Penyunting Ahli

Sri Hartanto, ST., MT.
Ir. Nurmiati Pasra, MT. (Dosen STT-PLN)
Ir. Achmad Rofi,i. MT. (Dosen Univ.17 Agustus Jkt)
Syah Alam, Spd, MT. (Dosen USAKTI)

Kesekretariatan

Yani Mulyani, SE.

ALAMAT PENERBIT

Universitas Krisnadwipayana
Jl. Kampus UNKRIS Jatiwaringin, Jakarta 13077
Gedung G (Fakultas Teknik) Lantai 2 Ruang Seketariat Prodi Teknik Elektro
Telepon :.021-84998529
E-Mail : elektro@unkris.ac.id

PENGANTAR REDAKSI

Bismillahir rahmanir rahiim.

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala karena dengan pertolongan-Nya, Jurnal Ilmiah Elektrokrisna akhirnya dapat terbit. Dengan hadirnya Jurnal Ilmiah Elektrokrisna, diharapkan semua tulisan ilmiah yang berkaitan dengan bidang keilmuan Elektro dapat dipublikasikan secara luas, baik di kalangan ilmuwan Elektro, maupun masyarakat pada umumnya. Selanjutnya, dengan hadirnya Jurnal Ilmiah Elektrokrisna dapat menjadi sarana publikasi bagi tulisan-tulisan ilmiah yang dihasilkan oleh civitas academica Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana, baik Dosen maupun Mahasiswa yang telah menyelesaikan penyusunan skripsinya.

Jurnal Ilmiah Elektrokrisna menerima tulisan ilmiah berupa hasil-hasil penelitian, dan atau kajian ilmiah yang menjelaskan konsep keilmuan dan ide-ide baru mengenai bidang keilmuan teknik elektro dengan subbidangnya seperti teknik energi listrik, teknik telekomunikasi, teknik kontrol, teknik elektronika dan instrumentasi, teknik komputer dan teknik informasi multimedia.

Demikianlah prakata dari redaksi, semoga Jurnal Ilmiah Elektrokrisna dapat bermanfaat dan dapat ikut serta berperan dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya di bidang elektro.

Wassalam,

Redaksi

KETENTUAN PENULISAN

1. Tulisan ilmiah diketik komputer pada kertas A4 (210 x 297 mm) dengan margin atas, bawah = 3 cm, dan margin kanan, kiri = 2,5 cm, spasi = 1 (single) serta bentuk huruf Times New Romans dengan ukuran = 12
2. Jumlah halaman dibatasi antara 7 sampai dengan 10 halaman.
3. Jumlah kata dalam judul Bahasa Indonesia maksimal = 12 kata dan bila dalam Bahasa Inggris, berjumlah maksimal = 10 kata
4. Nama penulis makalah dicantumkan setelah judul, dengan ketentuan
 - a. Nama penulis dicantumkan tanpa gelar, jabatan atau kepangkatan.
 - b. Bila terdapat lebih dari satu nama, maka nama penulis utama dicantumkan terlebih dahulu baru dilanjutkan dengan nama-nama penulis lainnya.
 - c. Jumlah maksimal penulis = 3 orang.
5. Tulisan diawali dengan abstrak berupa satu paragraf dalam Bahasa Indonesia dan satu paragraf berikutnya, merupakan terjemahan dalam Bahasa Inggris. Abstrak adalah esensi isi keseluruhan tulisan secara utuh dan lengkap.
6. Cantumkan kata kunci setelah abstrak untuk membantu keteraksesan tulisan.
7. Sistematika isi tulisan mengikuti kaidah keilmuan, minimal tersusun dari pendahuluan, teori-teori yang mendukung penelitian atau kajian ilmiah, hasil-hasil penelitian atau kajian ilmiah, kesimpulan dan daftar pustaka.
8. Tata letak isi penulisan menggunakan format dua lajur (kolom).
9. Ketentuan mengenai daftar pustaka adalah
 - a. Dicantumkan berurutan, dimana urutan pertama adalah referensi yang dikutip pertamakali dalam isi tulisan, dan seterusnya.
 - b. Diawali dengan nomor urut, yaitu [1], [2] dan seterusnya ke bawah
 - c. Susunannya mengikuti urutan berikut (dipisahkan dengan koma) :
 - 1) Penulis, bila lebih dari tiga penulis, berikutnya ditulis et all (dkk)
 - 2) Judul referensi (judul buku atau judul dalam jurnal ilmiah)
 - 3) Tahun penerbitan buku atau tahun publikasi tulisan ilmiah.
 - 4) Nama penerbit (buku) atau nama jurnal ilmiah referensi (disertai dengan nomor, volume, bulan terbit, dan halaman referensi).

DAFTAR ISI

Sampul Depan.....i

Susunan Dewan Redaksi.....ii

Alamat Penerbit.....ii

Pengantar Redaksi.....iii

Ketentuan Penulisan.....iv

Daftar Isi.....v

1.Rancang Bangun Pembangkit Energi Listrik Alternatif 10 mW Dengan Menggunakan Transducer 20 Termoelektrik TEG-SP1848, Oleh: Lukman Aditya, Beni Raganatama..... 96 – 105

2.Rancang Bangun Dual-Axis Solar Tracker Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560, Oleh: Teten Dian Hakim, Muhamad Sukma 106 – 118

3.Analisa Utilisasi Genset Kapasitas 275 kVA Di RSUD Kebayoran Baru, oleh: Nurhabibah Naibaho, Ridwansyah. 119 - 124

4. Analisis Perubahan Frekuensi Pada Inverter BG202-XM Untuk Pengatur Kecepatan Motor Sinkron 100 WATT 3 FASA, oleh: Abdul Kodir Bahar, Nugraha Adi Putra..... 125 - 137

5. Rancang Bangun Sistem Kunci Pintu Otomatis Dengan Fingerprint Berbasis Mikrokontroler ATMEGA328P, oleh: Bayu Kusumo, Sofyan Haromen.....138 – 147

6. Rancang Bangun Monitoring Ketinggian Air Pada Sistem Kontrol Pintu Air Berbasis IoT (INTERNET OF THINGS), oleh : Slamet Purwo S., Eboni Sinurat 148 - 155

7. Rancang Bangun Sistem Monitoring Berbasis IoT Pada Panel Surya 20 Wp Menggunakan Arduino Mega 2560, oleh : Tri Ongko Priyono, Guntur Prasetyo 156 - 165

8. Analisis Drop Voltage Dengan Menggunakan Simulasi ETAP Pada Pembangkit Tenaga Listrik Timor-1 Kupang, oleh : Ujang Wiharja, Abdul Malik 166 - 173

9. Tegangan Motor DC Terhadap Berat Barang Pada Ban Berjalan, oleh: Sri Hartanto 174 - 181

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK ALTERNATIF 10 mW
MENGUNAKAN 20 TRANSDUCER TERMOELEKTRIK TEG-SP1848**

Lukman Aditya, Beni Raganatama

Abstrak - Sumber energi alternatif sangat dibutuhkan saat ini untuk menggantikan sumber – sumber energi yang berasal dari fosil. Sumber energi terbarukan merupakan sumber energi yang terus menerus ada, salah satunya yaitu matahari. Sistem pembangkit listrik alternatif termoelektrik ini didesain berdasarkan dengan memanfaatkan panas dari radiasi matahari menggunakan aspal sebagai kolektor panas. Termoelektrik bekerja dengan prinsip Efek Seebeck, dimana suatu bahan semikonduktor jika terkena suhu panas dan suhu dingin akan menimbulkan listrik. Salah satu transducer yang dapat memanfaatkan energi panas pada aspal dengan cara mengkonversikannya menjadi energi listrik adalah termoelektrik generator. Termoelektrik generator dirangkai secara seri. Pengujian menggunakan 1 buah alat termoelektrik TEG-SP1848 menghasilkan 0,148 VDC pada suhu aspal 55,9° C. Pada pengujian berikutnya dilakukan dengan merangkai seri 10 buah termoelektrik TEG-SP1848 menghasilkan maksimal 1,223 VDC pada suhu aspal 56,8° C. Pengujian selanjutnya dengan merangkai seri 20 buah termoelektrik TEG-SP1848 menghasilkan maksimal 2,257 VDC pada suhu aspal 58,1° C. Hasil yang didapatkan pada pengujian ini cukup signifikan dimana semakin besar ΔT maka semakin besar tegangan, arus, dan daya yang didapatkan. Pada pengujian ini didapatkan maksimum nilai yaitu ΔT sebesar 36,1° C menghasilkan tegangan sebesar 2,257 VDC, arus sebesar 32,12 mA, dan daya sebesar 0,07249 W.

Kata Kunci : *Termoelektrik, TEG-SP1848, Pembangkit Alternatif, Aspal*

Abstract - *Alternative energy sources are needed today to replace energy sources derived from fossils. Renewable energy sources are sources of energy that continuously exist, one of which is the sun. This thermoelectric alternative power generation system is designed based on utilizing heat from solar radiation using asphalt as a heat collector. Thermoelectrics work on the principle of the Seebeck Effect, where a semiconductor material if exposed to hot temperatures and cold temperatures will generate electricity. One of the transducers utilized thermal energy on asphalt by converting it into electrical energy is a thermoelectric generator. Thermoelectric generators are assembled in series. Testing using 1 piece of TEG-SP1848 thermoelectric device produced 0.148 VDC at an asphalt temperature of 55.9° C. In subsequent tests, it was carried out by stringing a series of 10 pieces of TEG-SP1848 thermoelectric producing a maximum of 1.223 VDC at an asphalt temperature of 56.8° C. The next test by stringing a series of 20 thermoelectric TEG-SP1848 produced a maximum of 2,257 VDC at an asphalt temperature of 58.1° C. Results obtained in this test were quite significant where the greater the ΔT , the greater the voltage, current, and power obtained. In this test, the maximum value was obtained, namely ΔT of 36.1° C producing a voltage of 2.257 VDC, a current of 32.12 mA, and a power of 0.07249 W.*

Keyword : *Thermoelectric, TEG-SP1848, Alternative Energy, Asphalt*

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini energi baru yang terbarukan sangat dibutuhkan dan terus dikembangkan, salah satu contohnya yaitu energi panas dari matahari. Radiasi sinar matahari yang terpancar ke bumi dapat dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Padahal pemanfaatan energi matahari masih bisa dimaksimalkan dan dikembangkan dengan konversi energi terbarukan yang lain.

Pemanfaatan energi matahari tidak cukup sampai itu saja. Radiasi panas matahari dapat dimanfaatkan sebagai energi listrik alternatif dengan cara menggunakan panas aspal sebagai mediana. Karakteristik aspal yang terdiri dari bahan hidrokarbon yang bersifat melekat, berwarna hitam, tahan terhadap air, dan viskoelastis memperlihatkan kualitas dalam penyerapan pancaran radiasi dari matahari hampir 100%. Hal ini dikarenakan aspal memiliki permukaan yang tidak bersifat memantulkan cahaya.

Sebuah komponen termoelektrik dapat digunakan sebagai alat untuk mengkonversi energi panas aspal menjadi energi listrik. Prinsip pembangkit termoelektrik mengacu pada efek Seebeck yang ditemukan pertama kali oleh Thomas Johann Seebeck pada tahun 1821. Efek Seebeck yaitu timbulnya arus listrik atau gaya gerak listrik yang disebabkan karena adanya dua temperatur yang berbeda antara dua material logam yang bersifat semikonduktor yang mendapat pengaruh dari temperatur lingkungan sekitar.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Energi Alternatif

Energi Alternatif atau sering disebut sebagai energi ramah lingkungan, energi ini berperan menggantikan sumber energi biasa. Mediasi manusia untuk mendapatkan energi ini diperlukan agar penggunaan energi dapat ditingkatkan. Seiring bertambahnya usia bumi, memanfaatkan energi reguler secara

konsisten tanpa mengisi ulang dapat benar-benar mempengaruhi keadaan alam. Ini di tempat yang sama dengan energi alternatif yang dibutuhkan. Sebelum keadaan darurat energi benar-benar terjadi, masyarakat mulai beralih ke energi alternatif, khususnya sumber daya ramah lingkungan yang alam dapat mengisi ulang dengan cepat dengan alasan sumber energi ini dapat ditangani secara wajar.

Energi alternatif saat ini sangat menarik untuk dikaji dan dieksplorasi lebih lanjut, baik energi alternatif berbasis matahari maupun panas bumi. Panas bertenaga matahari berperan penting dalam mengubah energi panas berlebih sebagai sumber daya yang berkelanjutan. Seperti pembangkit listrik berbasis sinar matahari, perkembangan sel fotovoltaik atau lampu listrik adalah bagian penting dalam perangkat yang bergantung pada panas matahari untuk bekerja.

2.2 Aspal Jalanan

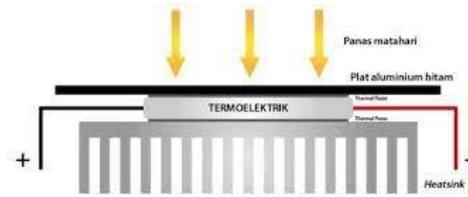
Aspal Jalanan adalah fasilitas publik yang sering ditemukan di mana-mana. Bagian atas hitam yang digunakan sebagai jalan untuk kendaraan umum, area parkir, dan kawasan pejalan kaki merupakan kombinasi dari lapisan hitam cair dan material seperti pasir dan batu. Metode yang digunakan dalam membina jalan aspal, khususnya bahan untuk susunan semen aspal dicampur dan dimasukkan pada suhu tertentu, kemudian, pada saat itu, dipindahkan ke area tersebut, disebarkan dan dipadatkan. Temperatur pencampuran sehari-hari saat menggunakan beton aspal adalah 145°C - 155°C. Ada beberapa lapisan dalam susunan semen aspal, yaitu lapisan keausan, lapisan malam, dan lapisan dasar. Lapisan keausan adalah lapisan aspal jalan yang terletak paling atas. Lapisan evaluasi berada di bawah lapisan keausan, dan lapisan pembentukan diperkenalkan di bawah lapisan peninjauan. Lapisan keausan harus dipertimbangkan sejauh kekuatannya mengingat fakta bahwa lapisan keausan berada di bagian atas yang

dipengaruhi oleh lalu lintas dan iklim. Pada pengujian rancang bangun ini type aspal yang digunakan adalah type aspal dingin instan cold mix. Cold mix atau aspal dingin adalah campuran aspal siap pakai yang dibuat dengan teknologi canggih dan telah teruji keunggulannya di Indonesia dan negara – negara Asia lainnya. Dengan kualitas setara dengan campuran aspal hot mix.

2.3 Efek Termoelektrik

Inovasi termoelektrik bekerja dengan mengubah energi panas menjadi energi secara langsung (generator termoelektrik), atau sebaliknya, dari energi menjadi dingin (pendingin termoelektrik). Untuk menghasilkan tenaga, bahan termoelektrik pada dasarnya diposisikan sedemikian rupa sehingga dapat menghubungkan sumber panas dan sumber dingin. Dari rangkaian, ukuran daya tertentu akan dibuat oleh jenis bahan yang digunakan. Dibuat oleh pendingin termoelektrik tidak sepenuhnya berbeda. Jika bahan termoelektrik diisi, panas di sekitarnya akan dipertahankan. Dengan cara ini, untuk mendinginkan udara, tidak diperlukan blower pendingin seperti pada mesin pendingin tradisional. Untuk alasan usia daya, sebagian besar bahan yang digunakan adalah bahan semikonduktor. Semikonduktor adalah bahan yang dapat menyalurkan aliran listrik namun cacat. Semikonduktor yang digunakan adalah semikonduktor tipe-N dan tipe-P. Bahan semikonduktor yang digunakan adalah bahan semikonduktor asing. Masalah untuk termoelektrik adalah menemukan bahan yang cocok untuk bekerja pada suhu tinggi. Secara umum, beberapa material pembangkit termoelektrik yang telah diproduksi menggunakan :

1. Silicon Germanium
2. Lead Telluride
3. Bismuth Telluride Alloys

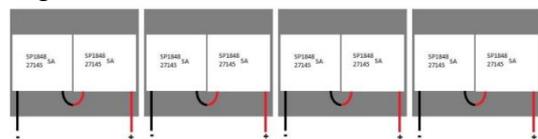


Gambar 2.1 Efek Pembangkit Termoelektrik
2.4 Generator Termoelektrik

Generator termoelektrik adalah pembangkit listrik yang menggunakan standar Seeback. Penggunaan aturan dampak Seeback dalam kerangka usia tenaga termoelektrik adalah bahwa dengan asumsi dua bahan logam yang terbuat dari semi-saluran dipengaruhi oleh iklim umum pada berbagai suhu, aliran atau daya gerak listrik akan mengalir dalam bahan.

Setiap kali generator termoelektrik diletakkan pada artikel panas, generator termoelektrik akan mengubah energi menjadi energi panas di satu sisi dan sisi yang berlawanan dingin, pada pembagi termoelektrik yang dingin disebarluaskan dengan heatsink dan kipas kemudian kipas mengalir ke dingin heatsink sehingga pembagi sisi virus termoelektrik tetap stabil. Sehingga sisi panasnya dapat menghasilkan energi listrik yang paling besar dan selanjutnya daya tersebut dapat digunakan untuk menyalakan lampu atau menyimpannya di baterai.

Termoelektrik dihubungkan secara seri menghasilkan nilai kapasitansi absolut yang lebih sederhana. Berikut adalah rangkaian seri dari termoelektrik:



Gambar 2.2 Rangkaian Seri Termoelektrik
Pada rangkaian serial termoelektrik berlaku persamaan berikut :

$$C \text{ total} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad (2.1)$$

Rangkaian seri yang bekerja dengan cara mempartisi arus yang dihasilkan dari bagian yang berbeda. Dalam hal terdapat tiga bagian yang dihubungkan secara seri, tegangan dari satu bagian memberikan kelebihan tegangan yang dihasilkan sehingga siklus ini dapat mengurangi

pemanfaatan tegangan sehingga ketiga bagian tersebut hanya mengandalkan satu bagian. Rangkaian seri juga sering digambarkan dalam posisi miring, maksudnya adalah agar bisa mendapatkan pembacaan pada gambar.



Gambar 2.3 Termoelektrik TEG-SP1848

Daya yang dihasilkan dalam sebuah pembangkit diperoleh dari tegangan dan arus yang didapat. Dengan menggunakan persamaan (2.2), maka dapat dihitung nilai keluaran daya.

$$P = V \times I \quad (2.2)$$

Dimana :

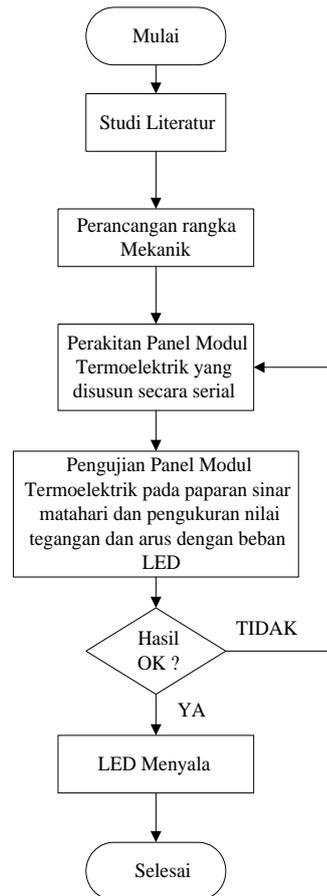
- P = Daya (Watt)
- V = Tegangan (Volt)
- I = Arus (Ampere)

Dapat disimpulkan semakin besar arus yang dihasilkan dan mengalir maka daya yang dihasilkan juga akan semakin besar.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Langkah – Langkah Penelitian

Pada langkah – langkah penelitian penyusun membuat diagram alur penelitian seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Langkah – langkah Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian secara garis besar dapat dijelaskan sebagai berikut:

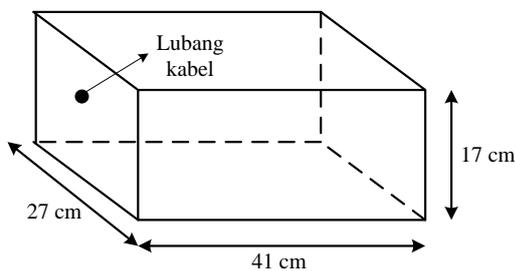
1. Membuat desain perangkat keras (kerangka) dan membuat rangkaian termoelektrik yang dirangkai secara serial.
2. Memasukkan air dingin kedalam penampungan reservoir dingin.
3. Meletakkan box penampungan aspal diatas box penampungan air, diusahakan permukaan atas termoelektrik menyentuh bagian plat bawah penampungan aspal.
4. Menjemur alat pembangkit termoelektrik dibawah panas matahari mulai jam 10.00 WIB sampai dengan jam 15.00 WIB.
5. Lakukan pencatatan data (tegangan, arus, suhu aspal, suhu air) setiap satu jam sekali menggunakan AVOMeter dan Thermogun. Catat hasil pengujian tersebut dan masukkan pada tabel pengujian.

3.2 Waktu dan Tempat

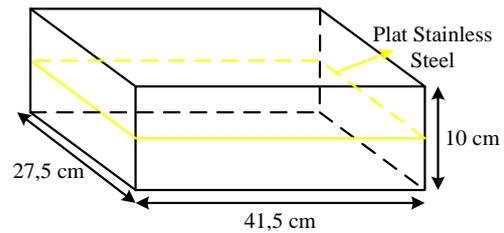
Penentuan lokasi atau tempat serta waktu penelitian. Penentuan lokasi dan waktu untuk penelitian dilakukan dengan cara mencari lokasi atau tempat yang strategis dan luas, yang mendapat pancaran sinar matahari secara langsung. Penentuan lokasi atau tempat dan waktu dimaksudkan untuk mendapat panas yang cukup baik yang nantinya akan diserap oleh aspal. Penelitian dilakukan di tempat kerja peneliti yaitu di Apartemen Maple Park, Jalan HBR Motik No.02 RT. 18 RW. 05 Sunter Agung, Tanjung Priok, Jakarta Utara. Waktu penelitian dilakukan pada jam 10.00 WIB sampai dengan jam 15.00 WIB.

3.3 Desain Alat

Rangka mekanik tempat dudukan panel termoelektrik dibuat dari pelat stainless steel dengan ketebalan 1mm. Pemilihan stainless steel sebagai rangka tersebut karena bahan kolektor stainless steel memiliki konduktivitas panas cukup tinggi yaitu 211.0 W/mK. Tempat dudukan panel dibuat untuk termoelektrik yang nantinya akan disusun secara serial untuk mendapatkan nilai tegangan yang diinginkan (tegangan lebih besar). Tempat dudukan panel dibuat dengan ukuran sekitar 41cm x 27cm x 17cm.



Gambar 3.2 Desain Rangka Pembangkit Termoelektrik

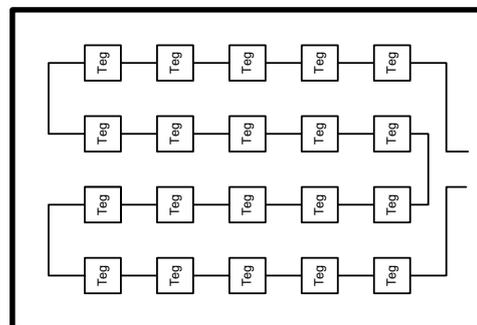


Gambar 3.3 Desain Rangka Penampung Aspal



Gambar 3.4 Rangka Alat Pembangkit Termoelektrik

Termoelektrik yang digunakan adalah tipe TEG-SP1848 dimana komponen yang digunakan diharapkan mampu menghasilkan tegangan dan arus yang diinginkan. Termoelektrik TEG-SP1848 dirangkai secara serial agar keluaran tegangan akan lebih besar dibandingkan dengan arusnya. Perangkat termoelektrik TEG-SP1848 dipasang pada atas reservoir pendingin dan dibawah penampungan aspal. Diatas reservoir pendingin digunakan untuk menghantarkan suhu dingin dan dibawah penampungan aspal digunakan untuk menghantarkan suhu panas. Jika kedua sisi termoelektrik TEG-SP1848 mengenai dua suhu yang berbeda maka akan menghasilkan tegangan dan arus.



Gambar 3.5 Desain Rangkaian Termoelektrik

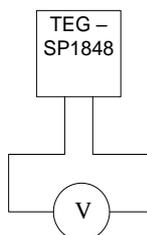


Gambar 3.6 Rangkaian Termoelektrik

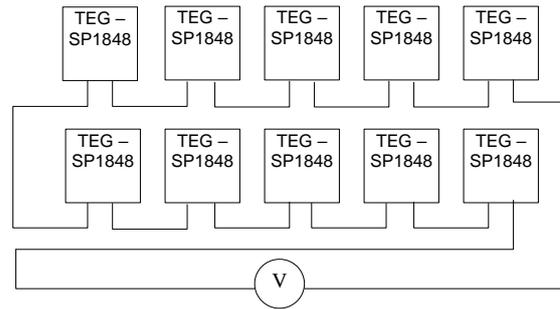
3.4 Pengambilan Data

Pengukuran dilakukan pada saat radiasi matahari penuh (siang hari) dengan menggunakan aspal sebagai media penyerap panas, dan tanah sebagai reservoir dingin yang nantinya akan tersambung pada termoelektrik, panel termoelektrik dirangkai secara serial, multimeter dan termometer digunakan untuk instrumen pengukuran hasil kerja. Pengukuran awal dilakukan dengan mengukur nilai tegangan pada termoelektrik dengan suhu aspal sekitar 50°C - 65°C. Pengukuran tahap selanjutnya yaitu mengukur tegangan termoelektrik dengan suhu yang sama tetapi dengan jumlah komponen termoelektrik yang berbeda. Teknik pengambilan data pengujian dilakukan dengan 4 tahapan pengujian yaitu :

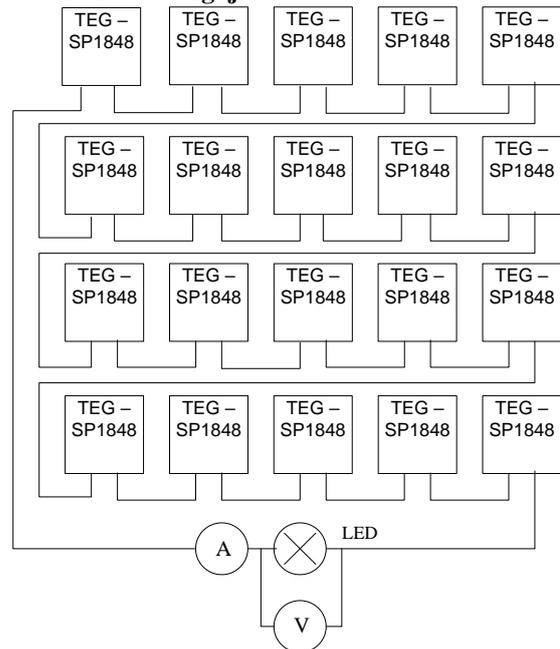
1. Pengujian 1 buah termoelektrik pada saat temperatur aspal sekitar 50°C – 65°C.
2. Pengujian 10 buah termoelektrik dengan posisi merata pada saat temperatur aspal sekitar 50°C – 65°C.
3. Pengujian 20 buah termoelektrik dengan posisi merata pada saat temperatur aspal sekitar 50°C – 65°C.
4. Pengujian 20 buah termoelektrik dengan beban LED.



Gambar 3.7 Pengujian 1 buah Termoelektrik



Gambar 3.8 Pengujian 10 buah Termoelektrik



Gambar 3.9 Pengujian 20 buah Termoelektrik dan dengan Beban LED

4. PENGUJIAN dan ANALISA

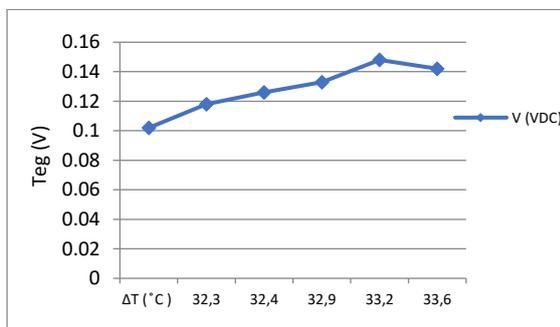
4.1 Pengujian 1 Buah Termoelektrik

Pada pengujian ini dilakukan pengukuran terhadap 1 buah termoelektrik yang dipasang pada penempatan termoelektrik. Pengujian dilakukan pada siang hari untuk melihat temperatur keadaan sekitar dengan panas yang diserap oleh aspal yang bertujuan untuk mendapatkan temperatur suhu aspal.

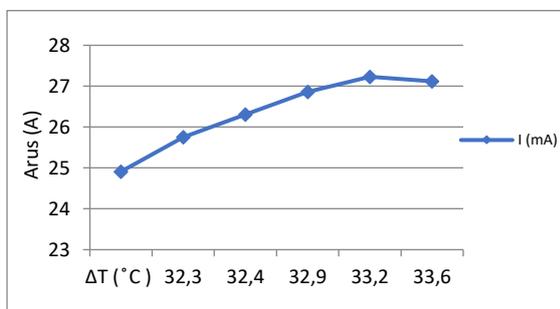
Tabel 4.1 Pengujian 1 buah Termoelektrik

Waktu	Suhu Air (°C)	Suhu Aspal (°C)	ΔT (°C)	V (VDC)	I (mA)
10.00	22,2	54,5	32,3	0,102	24,91
11.00	22,2	54,6	32,4	0,118	25,75
12.00	22,3	55,2	32,9	0,126	26,31
13.00	22,3	55,6	33,2	0,133	26,86
14.00	22,3	55,9	33,6	0,148	27,23
15.00	22,4	55,7	33,3	0,142	27,12

Pada tabel 4.1 dapat dilihat semakin besar nilai ΔT yang didapat antara temperatur panas aspal dan temperatur dingin air, semakin besar pula nilai tegangan dan arusnya. Pada pengujian 1 buah termoelektrik ini digunakan sebagai acuan perhitungan rangkaian serial termoelektrik baik 10 buah maupun 20 buah termoelektrik. Hal ini sebagai perbandingan apakah sesuai hasil perhitungan secara manual maupun dari hasil sistem alat pembangkit. Gambar 4.2 & 4.2 menunjukkan grafik perbandingan antara tegangan dan arus terhadap ΔT pada pengujian 1 buah termoelektrik.



Gambar 4.1 Grafik pengaruh ΔT terhadap tegangan Termoelektrik.



Gambar 4.2 Grafik pengaruh ΔT terhadap arus keluaran Termoelektrik

4.2 Pengujian 10 Buah Termoelektrik

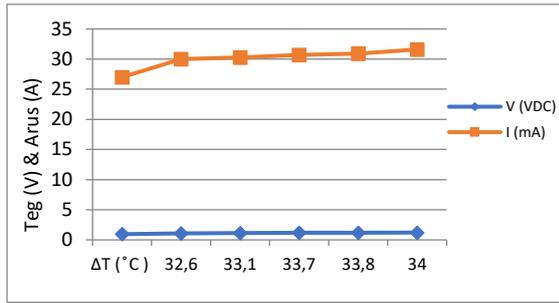
Pada pengujian ini dilakukan pengukuran terhadap 10 buah

termoelektrik yang diletakkan secara terpisah dan merata pada permukaan penempatan termoelektrik. Pengujian dilakukan pada siang hari sekitar jam 10.00 WIB sampai dengan jam 15.00 WIB didaerah lingkungan tempat kerja peneliti yaitu di Apartemen Maple Park. Pengujian dilakukan pada siang hari untuk melihat temperatur keadaan sekitar dengan panas yang diserap oleh aspal yang bertujuan untuk mendapatkan temperatur suhu aspal. Dalam pengujian ini dilakukan pengukuran terhadap temperatur aspal sebagai reservoir panas, temperatur air es atau es batu sebagai reservoir dingin, dan mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan. Hasil pengukuran yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pengujian 10 Buah Termoelektrik

Pengujian		Pengujian 10 Termoelektrik			
Waktu	Suhu Air (°C)	Suhu Aspal (°C)	ΔT (°C)	V (VDC)	I (mA)
10.00	22,4	55	32,6	0,95	27
11.00	22,4	55,5	33,1	1,081	30,01
12.00	22,4	56,1	33,7	1,133	30,28
13.00	22,4	56,2	33,8	1,165	30,71
14.00	22,5	56,5	34	1,181	30,92
15.00	22,5	57,1	34,6	1,211	31,61

Dapat dilihat bahwa semakin besar ΔT yang didapatkan antara temperatur panas aspal dengan temperatur dingin air, semakin besar juga tegangan yang dihasilkan. Pada pengujian ini rangkaian 10 buah termoelektrik sudah diperbaiki dan tidak ada kabel yang putus. Pengujian ini dilakukan pada siang hari sehingga panas aspal yang dihasilkan maksimal sebesar 57,1 °C dan menghasilkan tegangan cukup besar yaitu 1,211 V. Hal ini sesuai dengan pengujian 1 buah termoelektrik yang menghasilkan 0,148 V dimana jika dirangkakan secara serial hasilnya mendekati dengan hasil pengujian 10 buah termoelektrik. Gambar 4.3 menunjukkan grafik perbandingan tegangan dan arus terhadap ΔT pada pengujian keempat 10 buah termoelektrik, yaitu :



Gambar 4.3 Grafik Pengujian 10 buah Termoelektrik

4.3 Pengujian 20 Buah Termoelektrik

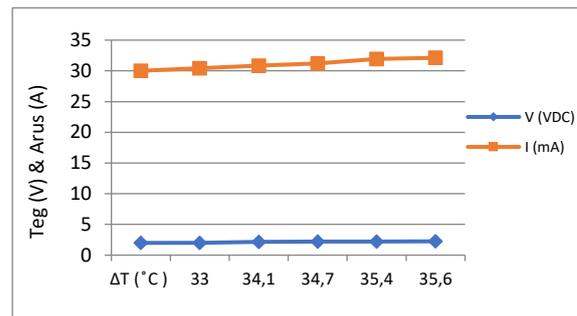
Pada pengujian ini dilakukan pengukuran terhadap 20 buah termoelektrik yang diletakkan secara terpisah dan merata pada permukaan penempatan termoelektrik. Pengujian dilakukan pada siang hari sekitar jam 10.00 WIB sampai dengan jam 15.00 WIB di daerah lingkungan tempat kerja peneliti yaitu di Apartemen Maple Park. Pengujian dilakukan pada siang hari untuk melihat temperatur keadaan sekitar dengan panas yang diserap oleh aspal yang bertujuan untuk mendapatkan temperatur suhu aspal. Dalam pengujian ini dilakukan pengukuran terhadap temperatur aspal sebagai reservoir panas, temperatur air es atau es batu sebagai reservoir dingin, dan mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan. Hasil pengukuran yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengujian 20 Buah Termoelektrik

Pengujian		Pengujian 20 Termoelektrik			
Waktu	Suhu Air (°C)	Suhu Aspal (°C)	ΔT (°C)	V (VDC)	I (mA)
10.00	22,1	55,1	33	1,999	30,01
11.00	22,1	56,2	34,1	2,015	30,43
12.00	22,1	56,8	34,7	2,152	30,86
13.00	22	57,4	35,4	2,195	31,22
14.00	22	57,6	35,6	2,225	31,96
15.00	22	58,1	36,1	2,257	32,12

Dapat dilihat bahwa semakin besar ΔT yang didapatkan antara temperatur panas aspal dengan temperatur dingin air, semakin besar juga tegangan yang dihasilkan. Pada pengujian ini rangkaian 20 buah termoelektrik sudah diperbaiki dan tidak ada kabel yang putus. Pengujian ini dilakukan pada siang hari sehingga

panas aspal yang dihasilkan maksimal sebesar 58,1°C dan menghasilkan tegangan cukup besar yaitu 2,257 V. Hal ini sesuai dengan pengujian 1 buah termoelektrik yang menghasilkan 0,148 V dimana jika dirangkaikan secara serial hasilnya mendekati dengan hasil pengujian 10 buah termoelektrik. Gambar 4.4 menunjukkan grafik perbandingan tegangan dan arus terhadap ΔT pada pengujian keempat 20 buah termoelektrik.



Gambar 4.4 Grafik Pengujian 20 buah Termoelektrik

4.4 Pengujian 20 Buah Termoelektrik dengan Beban LED

Pada pengujian ini termoelektrik dirangkai sebanyak 20 buah secara serial. Dimana tujuan ini untuk mengetahui berapa tegangan dan arus yang mengalir bila diberi beban LED. Pengujian dilakukan pada siang hari sekitar jam 10.00 WIB sampai dengan jam 15.00 WIB di daerah lingkungan tempat kerja peneliti yaitu di Apartemen Maple Park. Pengujian dilakukan pada siang hari untuk melihat temperatur keadaan sekitar dengan panas yang diserap oleh aspal yang bertujuan untuk mendapatkan temperatur suhu aspal. Dalam pengujian ini dilakukan pengukuran terhadap temperatur aspal sebagai reservoir panas, temperatur air es atau es batu sebagai reservoir dingin, mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan dan hasil analisa bahwa LED tersebut menyala atau tidak. Hasil pengukuran yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengujian 20 buah Termoelektrik dengan Beban LED

Pengujian		Pengujian 20 Termoelektrik				
Waktu	Suhu Air (°C)	Suhu Aspal (°C)	ΔT (°C)	V (VDC)	I (mA)	Kondisi LED
10.00	22,1	55,1	33	1,999	30,01	Menyala Terang
11.00	22,1	56,2	34,1	2,015	30,43	Menyala Terang
12.00	22,1	56,8	34,7	2,152	30,86	Menyala Terang
13.00	22	57,4	35,4	2,195	31,22	Menyala Terang
14.00	22	57,6	35,6	2,225	31,96	Menyala Terang
15.00	22	58,1	36,1	2,257	32,12	Menyala Terang

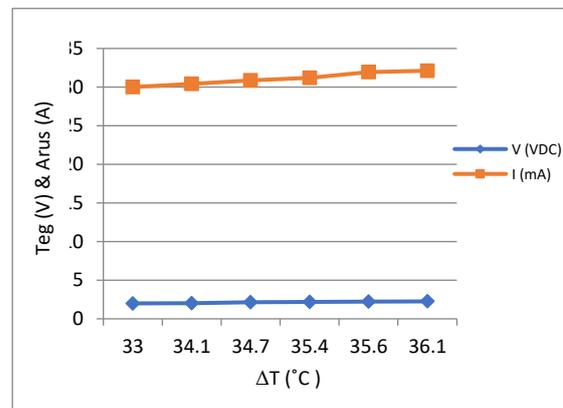
4.5 Daya Listrik Yang Dihasilkan Termoelektrik

Untuk mengetahui berapa jumlah arus yang mengalir dilakukan pengujian menggunakan beban yang berupa beban LED yang alat ukur dipasang secara seri terhadap beban untuk mengukur arus dan alat ukur dipasang paralel terhadap beban untuk mengukur besar tegangan terhadap beban seperti pada gambar 3.13. Pengukuran menggunakan beban LED juga bertujuan untuk mengetahui daya yang dibangkitkan dari sebuah pembangkit listrik termoelektrik yang memanfaatkan energi panas pada aspal. Daya yang dihasilkan pada sebuah pembangkit termoelektrik dengan menggunakan beban LED dalam pengujian ini dapat dilihat pada tabel 4.5

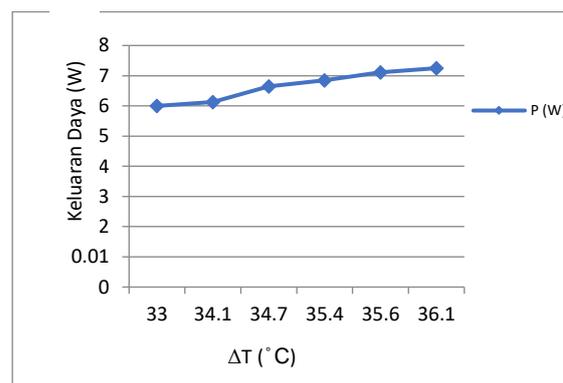
Tabel 4.5 Data Daya Pengujian 20 buah Termoelektrik

Suhu Air (°C)	Suhu Aspal (°C)	ΔT (°C)	V (VDC)	I (mA)	P (W)
22,1	55,1	33	1,999	30,01	0,05998
22,1	56,2	34,1	2,015	30,43	0,06131
22,1	56,8	34,7	2,152	30,86	0,06641
22	57,4	35,4	2,195	31,22	0,06852
22	57,6	35,6	2,225	31,96	0,07111
22	58,1	36,1	2,257	32,12	0,07249
ΔT Total		208,9	Daya Total		0,39982
ΔT Rata-Rata		34,8	Daya Rata-Rata		0,06663

Pada Gambar 4.5 dan 4.6 dapat dilihat grafik perbandingan antara tegangan, arus dan daya terhadap besarnya ΔT yang dihasilkan oleh perbedaan suhu aspal terhadap suhu air.



Gambar 4.5 Perbandingan ΔT terhadap Tegangan dan Arus pada 20 Termoelektrik



Gambar 4.6 Perbandingan ΔT dengan keluaran Daya 20 Termoelektrik.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisa sebuah rancang bangun pembangkit energi listrik alternatif dengan menggunakan transduser

Termoelektrik TEG-SP1848 dapat diambil kesimpulan, sebagai berikut :

1. Pemanfaatan sebuah alat termoelektrik TEG-SP1848 cukup baik dikembangkan di Indonesia, apalagi cuaca di Indonesia yang beriklim tropis, hal ini sangat membantu dalam sistem kerja alat yaitu untuk menghasilkan panas pada aspal. Panas pada aspal inilah yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik.
2. Pada saat pengujian menggunakan 1 buah termoelektrik TEG-SP1848 dapat menghasilkan 0,148 VDC, nilai ini sebagai acuan untuk menganalisa hasil pengujian 10 buah maupun 20 buah Termoelektrik TEG-SP1848 jika dirangkai secara serial.
3. Pengujian dengan menggunakan 10 buah termoelektrik TEG-SP1848 menghasilkan tegangan dan arus sebesar 1,211 VDC dan 31,61mA dengan ΔT 34,6°C. Sedangkan pengujian menggunakan 20 buah termoelektrik TEG-SP1848 menghasilkan tegangan dan arus sebesar 2,257 VDC dan 32,12 mA dengan ΔT 36,1°C. Hasil yang didapatkan sesuai dan mendekati pada nilai hitungan secara manual pada hasil 1 buah termoelektrik.
4. Perbedaan suhu panas pada aspal dan suhu dingin pada air akan menghasilkan perbedaan suhu (ΔT), pada pengujian didapatkan semakin besar nilai ΔT maka akan semakin besar pula nilai tegangan, arus, dan daya yang didapatkan. Pada pengujian ini didapatkan nilai maksimum ΔT sebesar 36,1°C menghasilkan tegangan sebesar 2,257 V, arus sebesar 32,12 mA dan daya sebesar 0,07249 W.

6.DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gunawan, Adhi "Penggunaan Energi Panas Pada Aspal Jalan Raya Sebagai Energi Alternatif". Banda Aceh Fakultas Teknik Unsyiah, 2013.
- [2] "Bab 2 Teknologi Termoelektrik". Untag Surabaya.
- [3] Aprianus, Rivaldo MB, Priskilla HS, Andreas Setiawan "Panen Energi Listrik Alternatif dengan Memanfaatkan Teknologi Termoelektrik pada Aspal Jalan Raya". Fakultas Sains dan Matematika Universitas Kristen Satya Wacana.
- [4] Ni Made Dwi R "Pemanfaatan Energi Panas menjadi Energi Listrik". 2010.
- [5] "Pemanfaatan Energi Surya di Indonesia". Oleh Administrator. Selasa 04 Mei 2010.
- [6] Lukman Aditya, Eka Paksi Satrianto "Analisis Pengaruh Jumlah Lilitan Koil pada Pemanas Menggunakan Termokopel Tipe K dengan Metode Induksi". Fakultas Teknik Elektro Universitas Krisnadwipayana. 01 Januari 2021.
- [7] Shanti Candra Puspita, Hasto Sunarno, dan Bachtera Indarto "Generator Termoelektrik untuk Pengisian Aki". Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Juni 2022.
- [8] Muammar Khalid, Mahdi Syukri, Mansur Gapy "Pemanfaatan Energi Panas Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Berskala Kecil Dengan Menggunakan Termoelektrik". Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala. 2016.
- [9] Nandy Putra, Raldi Artono Koestoer, M.Adhitya, Ardian Roekettino, dan Bayu Trianto "Potensi Pembangkit Daya Termoelektrik Untuk Kendaraan Hibrid". Laboratorium Perpindahan Kalor, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. November 2009.
- [10] Jojo Sumarjo, Aa Santosa, Muhammad Imron Permana "Pemanfaatan Sumber Panas Pada Kompor Menggunakan 10 Termoelektrik Generator Dirangkai Secara Seri Untuk Aplikasi Lampu Penerangan". Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa, Karawang. 2017.

- [11] Vita Nurdinawati “*Studi Termoelektrik Generator Tipe TEG-SP1848 27145 SA*” Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana. Oktober 2017.

**RANCANG BANGUN DUAL-AXIS SOLAR TRACKER MENGGUNAKAN
MIKROKONTROLER ARDUINO MEGA 2560**

Teten Dian Hakim, Muhamad Sukma

Abstrak - Matahari merupakan salah satu energi baru terbarukan yang berlimpah di Indonesia. Untuk itu diperlukan sistem yang mampu memanfaatkan energi tersebut. Panel surya adalah media yang tepat untuk memanfaatkan energi matahari. Selain dapat memenuhi kebutuhan permintaan energi listrik, energi matahari juga merupakan energi yang ramah terhadap lingkungan. Namun penggunaan panel surya di Indonesia sangat minim. Apalagi kebanyakan panel surya yang digunakan masih bersifat statis sehingga output daya yang dihasilkan menjadi kurang maksimal. Untuk mengatasi masalah ini, penulis membuat rancang bangun dual axis solar tracker menggunakan mikrokontroler arduino mega 2560. Sistem ini mampu mengikuti arah gerak matahari berdasarkan arah datangnya cahaya dengan mengandalkan sensor LDR, sehingga panel surya dapat selalu tegak lurus dengan matahari. Panel surya ini menggunakan sistem dual axis yang memudahkan untuk bergerak secara vertikal dan horizontal, menggunakan komponen Mikrokontroler agar dapat bergerak secara otomatis, dibantu dengan dua buah Motor Stepper, empat buah Sensor LDR, *Driver Motor Stepper*, *Solar Charge Controller*, *Modul Step Down* serta Baterai sebagai penyimpan energi. Pengujian dilakukan pada Panel Surya berkapasitas 20 Wp selama 5 hari mulai pukul 10.00 hingga pukul 15.00. Panel Surya Statis menghasilkan output daya rata-rata yaitu 11,48 Watt, sedangkan untuk Panel Surya dengan Sistem Tracker menghasilkan output daya rata-rata 12,59 Watt. Sehingga didapatkan hasil Solar Tracking dapat meningkatkan output daya sebesar 1,11 Watt atau 9,66% lebih besar dibandingkan dengan Panel Surya Statis.

Kata Kunci : *Solar Tracker*, Panel Surya, *Dual Axis*, Mikrokontroler, LDR.

Abstract - The sun is one of the abundant new renewable energies in Indonesia. Thus we need a system to utilized energy. Solar panels are the right medium for utilizing solar energy. Besides being able to meet the demand for electrical energy, solar energy is friendly to the environment. Unfortunately the use of solar panels in Indonesia is very minimal. Moreover, most of the solar panels used are still static so that the resulting power output is less than optimal. To solve this problem, the author designed a dual axis solar tracker using Arduino Mega 2560 microcontroller. Where this system is able to follow the direction of the sun's motion based on the direction of light by relying on the LDR sensor, so that the solar panel can always be perpendicular to the sun. This solar panel has dual axis system that makes it easy to move vertically and horizontally, By using Microcontroller, than it can moved automatically, assisted by two Stepper Motors, four LDR Sensors, Stepper Motor Drivers, Solar Charge Controllers, Step Down Modules and Batteries. as an energy store. The test was carried out on a solar panel with a capacity of 20 Wp for 5 days from 10.00 to 15.00. Static Solar Panels produce an average power output of 11.48 Watts, while for Solar Panels with Tracker Systems it produces an average power output of 12.59 Watts. So that the results of the Solar Tracking system can increase the power output by 1.11 Watt or 9.66% greater than the Static Solar Panel.

Keywords: Solar Tracker, Solar Panel, Dual Axis, Microcontroller, LDR.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Kementerian ESDM tahun 2012, Indonesia merupakan salah satu negara yang dilewati oleh garis khatulistiwa. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai negara dengan sumber energi matahari yang melimpah. Rata-rata intensitas radiasi yang dihasilkan dalam satu hari sekitar $4,8\text{kWh/m}^2$ setara dengan 112.000 GWp. Namun pada kenyataannya, energi yang sudah dimanfaatkan hanya sekitar 10 MWp [1].

Untuk itu, perlu adanya solusi tepat yang mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik seperti panel surya. Dengan potensi energi yang tak terbatas dan berkelanjutan, pemanfaatan panel surya mulai berkembang di bidang industry dan perumahan. Akan tetapi, kebanyakan panel surya yang terpasang saat ini masih bersifat statis. Hal ini menyebabkan fungsi dari panel surya dalam menerima energi matahari menjadi tidak maksimal. Oleh karena itu, penulis membuat panel surya yang bersifat dinamis yang mana alat tersebut mampu mengikuti arah gerak matahari sehingga intensitas cahaya yang diserap oleh panel surya menjadi optimal.

1.2 Identifikasi Masalah

Dari uraian diatas, penulis dapat mengidentifikasi beberapa masalah yang ada pada penelitian rancang bangun ini adalah sebagai berikut :

1. Panel surya yang digunakan saat ini masih banyak yang bersifat statis.
2. Akibat dari gerak semu matahari, jumlah intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya yang bersifat statis menjadi tidak maksimal.
3. Output daya yang dihasilkan panel surya yang bersifat statis menjadi tidak maksimal akibat minimnya intensitas cahaya matahari yang diterima.

1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah guna merealisasikan penelitian rancang bangun ini adalah :

1. Membahas bagaimana membuat dual axis solar tracker menggunakan arduino mega 2560.
2. Menghitung output daya dari hasil pengujian solar tracker.
3. Melakukan perbandingan optimalisasi output daya antara panel surya statis dengan panel surya menggunakan solar tracker.
4. Tidak membahas daya yang digunakan oleh sistem dual axis solar tracker.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan beberapa penjelasan diatas, masalah tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana cara merancang bangun dual axis solar tracker berbasis arduino mega 2560?

1.5 Tujuan Penelitian

Melalui penelitian ini, penulis mempunyai tujuan yang akan dicapai sebagai berikut :

1. Mendapatkan rancangan baru dual axis solar tracker berbasis arduino mega 2560 sebagai alternatif memaksimalkan penerimaan cahaya matahari pada panel surya.
2. Mengetahui hasil output daya dari panel surya dengan sistem solar tracking.

2. TEORI DASAR

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Matahari merupakan sumber energi yang melimpah dan tidak ada habisnya. Pada prinsipnya, sumber energi pada matahari terbagi menjadi dua yaitu dalam

bentuk energi panas dan energi cahaya. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sistem tenaga yang mengandalkan cahaya matahari lalu mengubahnya menjadi energi listrik. Sistem PLTS bisa dikatakan bersih dan ramah lingkungan karena tidak memerlukan bahan bakar atau alat yang berputar[2].

2.2 Panel Surya

Kumpulan sel surya yang bertugas menyerap cahaya matahari. lalu mengubahnya menjadi energi listrik disebut dengan panel surya. Sel surya terbuat dari beberapa lapisan komponen pengubah cahaya menjadi listrik atau komponen photovoltaic yang memiliki sifat semikonduktor, logam, strip konduktor logam dan anti-reflectif[3].

Untuk menentukan panel surya yang tepat, berikut adalah jenis-jenis dari panel surya[5]:

1. Monocrystalline Silicon PV Module
Merupakan panel surya dengan bahan material batang kristal silikon murni yang diris tipis-tipis serta identik dengan ruang kosong berbentuk bulat atau segi enam pada tiap kepingan sel suryanya. Harganya relatif mahal dibandingkan dengan sel surya lainnya dikarenakan bahan dan teknologi yang digunakan. Jenis ini memiliki efisiensi sekitar 15% - 20% menjadikan sel paling efisien diantara sel surya lainnya.
2. Polycrystalline Silicon PV Module
Merupakan panel surya berbahan dasar batang kristal silikon yang dicairkan. Berbentuk persegi dengan susunan yang rapi dan tanpa celah seperti monocrystalline. Memerlukan luas permukaan yang besar. Harganya murah karena proses pembuatannya yang mudah serta memiliki tingkat efisiensi sekitar 13% - 16%.
3. Amorphous Silicon PV Module

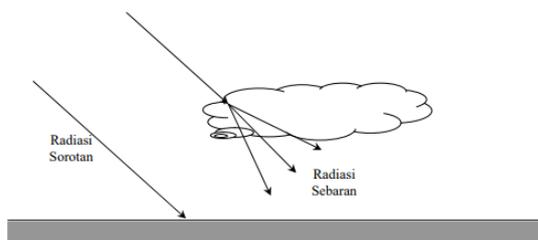
Penggunaan sel surya Amorphous Silicon ini awalnya diterapkan untuk kalkulator hingga berkembang seiring berjalannya waktu. Masing-masing sel tipis-film yang ditumpuk diatas satu sama lain mampu menghasilkan frekuensi cahaya tertentu sehingga tingkat efisiensinya mencapai 6%-8%.

2.2.1 Prinsip Kerja Panel Surya

Prinsip kerja panel surya berkaitan dengan efek photovoltaic. Ketika partikel yang sangat kecil dari sinar matahari (Foton) menabrak semikonduktor panel surya yang berisi atom-atom, maka akan terjadi pemisahan elektron dari struktur atomnya. Kemudian, elektron akan bergerak menuju material semikonduktor. Terdapat dua jenis semikonduktor pada panel surya yaitu tipe N yang mana bersifat negatif karena mayoritas bermuatan elektron sedangkan tipe P merupakan bersifat positif yang mana mayoritas bermuatan hole. Ketika panel surya menyerap cahaya matahari, terjadi benturan antara daerah positif dan negatif yang mengakibatkan elektron bergerak menghindari daerah negatif dan hole akan menghindari daerah positif sehingga menghasilkan arus listrik.[3].

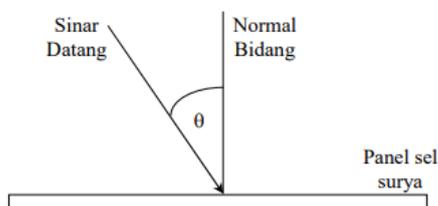
2.2.2 Radiasi Matahari pada Permukaan Bumi

Radiasi memiliki konstanta matahari sebesar 1353 W/m² namun sebelum sampai permukaan bumi, jumlah intensitasnya berkurang yang disebabkan oleh pemantulan, penyerapan dan penyebaran. Radiasi sorotan berupa beberapa penyerapan seperti gelombang pendek (ultraviolet) yang diserap oleh ozon dan gelombang panjang (inframerah) yang diserap oleh karbon dioksida dan air uap sedangkan penyebaran yang disebabkan oleh debu, molekul udara, dan polusi yang dapat disebut sebagai radiasi sebaran[6].



Gambar 2.1 Radiasi Sorotan dan Sebaran pada Permukaan Bumi

2.2.3 Pengaruh Sudut Datang terhadap Radiasi yang Diterima



Gambar 2.2 Arah Sinar Datang terhadap Normal Bidang Panel Surya

Besarnya sudut yang berada diantara arah datangnya sinar matahari dan bidang tegak lurus panel surya disebut sudut datang. Sudut ini sangat berpengaruh untuk mencapai radiasi matahari yang maksimal. Pada gambar 2.7 terlihat bahwa semakin kecil sudut θ , semakin besar radiasi yang diterima dan sebaliknya[6].

2.3 Dual Axis

Solar tracker dual axis adalah sebuah sistem yang dirancang untuk mengendalikan panel surya berdasarkan sudut azimuth dan sudut zenith. Dalam pengaplikasiannya, sistem ini membutuhkan empat buah sensor cahaya yang terletak pada bagian utara, selatan, timur, dan barat serta dua buah aktuator yang berfungsi untuk melakukan rotasi pada sudut zenith yang merupakan sudut putar sumbu vertikal (utara-selatan) dan sudut azimuth yang merupakan sudut putar pada sumbu horizontal (timur-barat)[7].

2.4 Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Mikrokontroler Arduino mega 2560 adalah sebuah board berbasis mikrokontroler yang menggunakan IC ATmega2560. Pada dasarnya, Mikrokontroler adalah IC atau chip yang memiliki kemampuan mengolah data maupun instruksi yang diprogram lewat komputer. Sedangkan Arduino adalah board berbasis mikrokontroler yang terdapat sebuah chip sebagai komponen utama di dalamnya[9].

2.5 Sensor Cahaya LDR

Light Dependent Resistor (LDR) merupakan resistor yang peka terhadap cahaya. Jika cahaya terang yang diterima oleh LDR, maka resistansinya akan menjadi kecil dan sebaliknya, jika cahaya gelap yang diterima, maka resistansinya akan menjadi besar. Selain itu, LDR terbuat dari bahan semikonduktor beresistansi tinggi sehingga saat cahaya mengenainya menyebabkan banyaknya elektron yang lepas dan penurunan resistansi[10].

2.6 Motor Stepper

Motor stepper merupakan motor yang bergerak selangkah demi selangkah (steps) untuk mencapai posisi tertentu. Banyak digunakan sebagai actuator, sehingga dapat dikontrol secara digital. Motor stepper termasuk motor DC yang tidak mempunyai komutator, dengan instruksi yang diberikan oleh mikrokontroler, motor dapat berputar secara tepat dan presisi sesuai dengan arah yang diinginkan seperti berputar searah jarum jam atau sebaliknya[11].

2.7 Driver Motor Stepper

Driver motor adalah komponen elektronika yang mempunyai peranan sebagai pengendali arah putaran dan kecepatan motor stepper. Prinsip kerja dari driver motor stepper adalah saat driver

menerima sinyal input dari komputer berupa pulsa, kemudian penguat arus akan bertugas memperkuat sinyal tersebut sehingga sinyal output dapat menggerakkan motor stepper[15].

2.8 Solar Charge Controller

Solar Charge Controller (SCC) merupakan alat yang berfungsi sebagai pengisi arus searah kedalam baterai. Saat panel surya mendapat cahaya matahari, energi tersebut akan diubah menjadi listrik kemudian akan disimpan ke dalam baterai. Selain pengisi baterai, SCC bertugas sebagai penjaga kualitas baterai agar selalu dalam kondisi prima seperti mengatur arus yang berlebih agar tidak terjadi overcharging serta overvoltage yang mengakibatkan kerusakan baterai. Fungsi lainnya yaitu untuk mencegah terjadinya arus balik dari aki/baterai ke panel surya. Dalam pengoperasiannya, SCC yang baik mampu mendeteksi kapasitas baterai saat baterai sudah penuh saat diisi maka aliran arus akan berhenti secara otomatis[8].

2.9 Baterai

Baterai merupakan alat yang berfungsi sebagai pengubah energi kimia menjadi energi listrik yang mana memiliki bentuk dan ukuran yang bervariasi. Terdiri dari dua kutub, yaitu kutub positif (anoda) dan kutub negatif (katoda). Berdasarkan jenisnya baterai terbagi menjadi dua yaitu baterai primer dan baterai sekunder. Baterai juga terdiri dari baterai basah dan kering, namun dalam perancangan solar tracking, baterai yang digunakan ialah berjenis kering(VRLA, MF-SLA), karena jenis baterai inilah yang paling direkomendasikan untuk aplikasi solar system, hal ini dimaksudkan untuk menjaga komponen-komponen dari solar tracking itu sendiri dengan tegangan nominal berkisar 12 Volt atau 24 Volt[4].

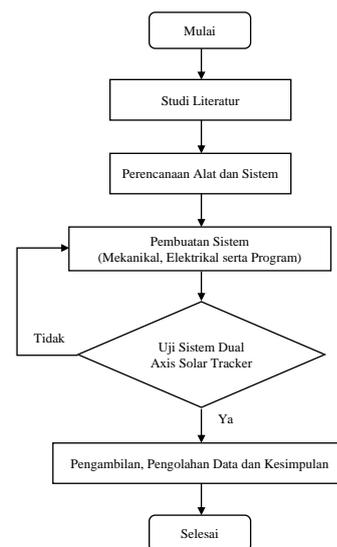
2.10 Step Down

Step down merupakan alat yang berfungsi pengecil daya dari 12V menjadi 5V yang masuk dari power supply. Didalamnya terdapat chip MP1584EN sebagai komponen utamanya. Memiliki arus beban maksimal 3 Ampere serta sangat efisien untuk aplikasi yang memerlukan pengubah daya karena mampu menurunkan tegangan input dari 4,5-28 V menjadi tegangan yang dapat diregulasi berkisar antara 0,8-20 V[16].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alur Penelitian

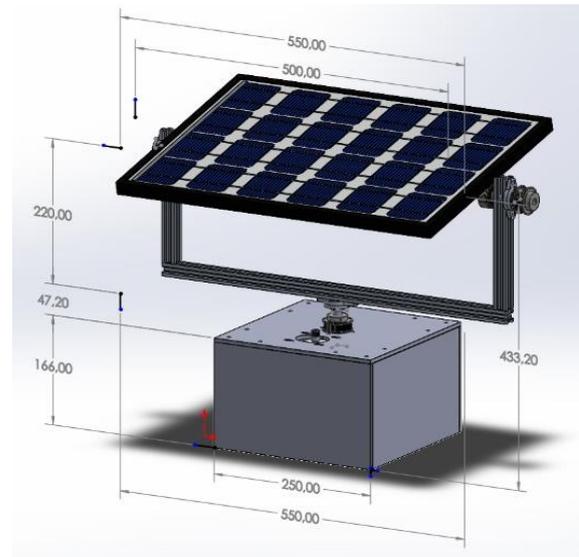
Secara umum langkah penelitian ini akan ditampilkan dalam diagram sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

1. Studi literatur
Tahapan yang dilakukan dengan mengumpulkan informasi melalui buku, jurnal, tugas, dan internet guna menunjang penyelesaian skripsi ini.
2. Perencanaan Alat dan Sistem
Tahapan ini berisi tentang rencana perancangan alat dan sistem guna mengurangi kesalahan yang kemungkinan terjadi berdasarkan informasi yang telah didapatkan.

3. Pembuatan Sistem (Mekanikal, Elektrikal serta Program)
Tahapan ini terdiri dari pembuatan prototipe, perakitan sistem elektrikal, dan menggabungkan dengan program Arduino IDE sehingga menjadi solar tracker secara menyeluruh.
4. Uji Sistem Dual Axis Solar Tracker
Tahapan ini dilakukan untuk menguji apakah solar tracker ini sudah bekerja dengan baik dan sesuai dengan yang direncanakan.
5. Pengambilan, Pengolahan Data, dan Kesimpulan
Tahapan ini berisi data dan kesimpulan berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan.



Gambar 3.2 Perencanaan Solar Tracker

3.2 Desain Alat dan Sistem

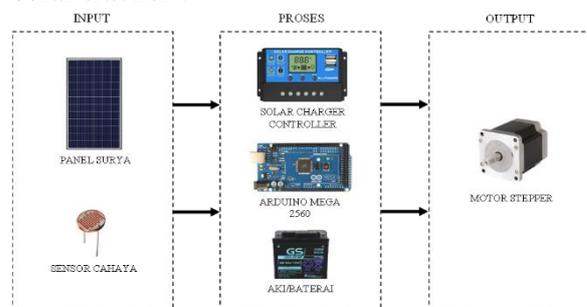
Pembuatan *Dual Axis Solar Tracker* terdapat tiga tahapan utama yang wajib untuk dilaksanakan, yaitu perancangan sistem mekanik, perancangan sistem elektrik dan pembuatan program sistem pada software.

3.2.1 Perancangan Sistem Mekanik

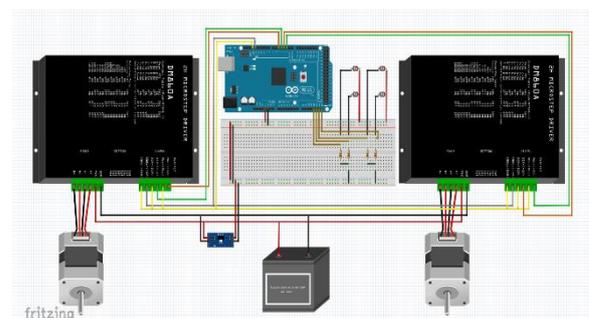
Tahap ini dilakukan untuk menentukan desain awal dari solar tracker. Permodelan alat dibuat dengan menggunakan software *solidworks* untuk membuat prototipe seutuhnya dari bentuk alat.

Perancangan Sistem Elektrik

Agar sistem mekanik dapat digerakan dengan sesuai keinginan maka perlu dibuatkan rancangan sistem elektrik. Sistem elektrik ini memiliki inti yaitu mikrokontroller untuk mengatur seluruh pergerakan mekanis solar tracker. Berikut alur kerja dari sistem elektrik dual axis solar tracker :



Gambar 3.3 Alur Kerja Dual Axis Solar Tracker



Gambar 3.4 Rangkaian Elektrik Keseluruhan Dual Axis Solar Tracker

3.3 Realisasi Alat dan Sistem

Perangkat keras yang dirancang dan direalisasikan untuk membangun dual axis solar tracker terdiri dari Mikrokontroller Arduino Mega 2560 sebagai pengendali utama, Sensor LDR, Step Down 12V to 5V, Motor Stepper, Driver Motor Stepper, Baterai 12V, Panel Surya Tipe Monocrystalline 20 Wp.

3.3.1 Rangkaian Komponen Alat dan Sistem

Setelah dilakukan perencanaan dan perakitan. Berikut adalah hasil prototype rancang bangun solar tracker dual-axis menggunakan mikrokontroler arduino mega 2560.



Gambar 3.5 Sistem Mekanik Dual Axis Solar Tracker

Gambar 3.7 merupakan realisasi dari perencanaan serta perakitan dual axis solar tracker pada sistem mekanik. Sistem mekanik dalam dual axis solar tracker berfungsi untuk menopang panel surya serta sebagai konstruksi penggerak solar

tracker baik pergerakan horizontal maupun vertikal.



Gambar 3.6 Rangkaian Elektrik Dual Axis Solar Tracker

Kemudian untuk realisasi sistem elektrik terdapat pada gambar 3.9. Komponen-komponen yang digunakan dirangkai dalam box panel sehingga rangkaian dapat terlihat lebih rapih, selain itu dapat mempermudah dalam menemukan solusi saat terjadi masalah pada sistem elektrik.



Gambar 3.7 Rangkaian Keseluruhan Dual Axis Solar Tracker

Setelah sistem mekanik dan sistem elektrik telah berhasil direalisasikan, maka kedua sistem tersebut dapat dikoneksikan. Kemudian prototype tersebut akan dilakukan ujicoba, jika ujicoba pergerakan dual axis solar tracker telah berhasil, maka prototype sudah siap untuk dilakukan pengujian serta pengambilan data.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Sensor LDR

Dari hasil pengujian sensor pada Tabel 4.1, rentang nilai di atas ditentukan dari besarnya jarak antara sensor LDR dengan sumber cahaya. Dapat dilihat bahwa semakin dekat sensor LDR dengan sumber cahaya maka nilai tegangan keluar yang dihasilkan akan semakin besar. Dan semakin jauh jarak antara sensor LDR dengan sumber cahaya maka nilai tegangan keluar yang dihasilkan semakin kecil.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor LDR

Jarak Penerangan (cm)	Rata-rata Atas (Vout)	Rata-rata Bawah (Vout)	Rata-rata Kanan (Vout)	Rata-rata Kiri (Vout)
Tanpa Lampu	0	0	0	0
10	4,77	4,71	4,82	4,68
20	4,23	4,20	4,34	4,24
30	3,84	3,76	3,90	3,86
40	3,56	3,52	3,61	3,49
50	3,23	3,08	3,34	3,16
60	3,04	2,93	3,03	2,85
70	2,83	2,65	2,84	2,60
80	2,57	2,40	2,62	2,39
90	2,39	2,17	2,35	2,13
100	2,15	1,95	2,14	1,90

4.2 Pengujian Motor Stepper

Pengujian dilakukan dengan cara merangkai motor stepper dengan driver motor stepper dan dikendalikan oleh

mikrokontroler arduino mega 2560. Kemudian putaran motor stepper diatur dengan microstep driver sebesar 800 pulse untuk 1 putaran atau 360 derajat. Dari hasil pengujian motor stepper yang terlihat pada tabel 4.2, motor stepper dapat bergerak sesuai dengan instruksi yang diberikan. Sehingga dapat dikatakan bahwa motor stepper yang digunakan pada penelitian ini dalam kondisi yang baik.

```

1 #include <Arduino.h>
2 #include <AccelStepper.h>
3
4 #define dirpin 2 // Pin pada Arduino
5 #define steppin 3 // Pin pada Arduino
6
7 AccelStepper stepper1 = AccelStepper (1, steppin, dirpin);
8
9
10 void setup() {
11
12 stepper1.setMaxSpeed(1000); // Kecepatan Stepper
13 stepper1.setAcceleration(1000); // Akselerasi Stepper
14
15 }
16
17 void loop() {
18
19 stepper1.moveTo(800); // Pulse yang diberikan untuk pengujian Stepper
20 stepper1.runToPosition(); // Eksekusi perintah gerak Stepper
21
22 }
    
```

Gambar 4.1 Program Pengujian Motor Stepper
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Motor Stepper

Pengujian	Pulse	Putaran
1	0	0
2	200	90° (Kanan)
3	400	180° (Kanan)
4	600	270° (Kanan)
5	800	360° (Kanan)
6	-800	360° (Kiri)
7	-600	270° (Kiri)
8	-400	180° (Kiri)
9	-200	90° (Kiri)

4.3 Pengujian Solar Panel Statis dan Solar Panel dengan Tracking System

Pengujian ini dilakukan sebanyak lima kali dimaksudkan untuk mengetahui

perbandingan hasil solar tracker statis dan dinamis. Dengan mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan, maka penulis akan mengetahui manakah panel surya yang lebih efektif.

Pengujian Pertama

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Pertama

Waktu	Statis			Tracker			
	Tegangan	Arus	Daya	Tegangan	Arus	Daya	
	(V)	(A)	(W)	(V)	(A)	(W)	
10.00	15,6	0,70	10,92	15,9	0,72	11,45	
10.30	15,8	0,75	11,85	16,1	0,84	13,52	
11.00	16,3	0,81	13,2	16,2	0,85	13,77	
11.30	16,7	0,85	14,2	16,8	0,93	15,62	
12.00	17,0	0,91	15,47	17,0	1,15	19,55	
12.30	16,9	0,92	15,55	16,9	0,98	16,56	
13.00	16,4	0,99	16,24	16,9	0,94	15,89	
13.30	15,8	0,88	13,9	16,4	0,88	14,43	
14.00	15,1	0,70	10,57	15,7	0,75	11,78	
14.30	14,5	0,68	9,86	14,7	0,69	10,14	
15.00	14,3	0,64	9,15	14,3	0,70	10,01	
Total Daya			140,91	Total Daya			152,72
Data Rata-rata			12,81	Data Rata-rata			13,88

Dengan selisih daya dari hasil pengujian tersebut, peningkatan daya yang dapat dihitung seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Peningkatan Daya} &= \frac{\text{Daya Solar Tracker} - \text{Daya Solar Statis}}{\text{Daya Solar Statis}} \times 100\% \\
 \text{Peningkatan Daya} &= \frac{13,88 - 12,81}{12,81} \times 100\% \\
 \text{Peningkatan Daya} &= \frac{1,07}{12,81} \times 100\% \\
 \text{Peningkatan Daya} &= 8,35\%
 \end{aligned}$$

Pengujian Kedua

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kedua

Waktu	Statis			Tracker			
	Tegangan	Arus	Daya	Tegangan	Arus	Daya	
	(V)	(A)	(W)	(V)	(A)	(W)	
10.00	14,5	0,61	8,85	15,2	0,71	10,79	
10.30	14,9	0,64	9,54	15,5	0,76	11,78	
11.00	14,6	0,69	10,07	15,5	0,77	11,94	
11.30	15,1	0,75	11,33	16,3	0,87	14,18	
12.00	16,2	0,8	13	16,5	0,89	14,69	
12.30	16,3	0,84	13,69	16,1	0,82	13,2	
13.00	15,9	0,82	13,04	16,4	0,83	13,61	
13.30	15,9	0,70	11,13	16	0,8	12,8	
14.00	15,8	0,78	12,32	15,8	0,77	12,17	
14.30	15,2	0,73	11,1	15,5	0,78	12,09	
15.00	14,2	0,68	9,66	14,8	0,71	10,51	
Total Daya			123,73	Total Daya			137,76
Data Rata-rata			11,25	Data Rata-rata			12,52

Dengan selisih daya dari hasil pengujian tersebut, peningkatan daya yang dapat dihitung seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Peningkatan Daya} &= \frac{\text{Daya Solar Tracker} - \text{Daya Solar Statis}}{\text{Daya Solar Statis}} \times 100\% \\
 \text{Peningkatan Daya} &= \frac{12,52 - 11,25}{11,25} \times 100\% \\
 \text{Peningkatan Daya} &= \frac{1,27}{11,25} \times 100\% \\
 \text{Peningkatan Daya} &= 11,2\%
 \end{aligned}$$

Pengujian Ketiga

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Ketiga

Waktu	Statis			Tracker		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
10.00	14,7	0,7	10,3	15,5	0,79	12,25
10.30	14,9	0,71	10,58	15,8	0,78	12,32
11.00	15,7	0,78	12,25	16,4	0,84	13,78
11.30	16,5	0,84	13,86	16,9	0,91	15,38
12.00	17	0,97	16,49	17,4	0,99	17,23
12.30	16,7	0,89	14,86	16,9	0,9	15,2
13.00	16,4	0,88	14,43	16,8	0,89	14,95
13.30	16,2	0,81	13,12	16,5	0,85	14,03
14.00	15,5	0,78	12,09	15,5	0,82	12,71
14.30	15,1	0,75	11,33	15,6	0,76	11,86
15.00	14,7	0,7	10,3	15,1	0,72	10,87
Total Daya			139,61	Total Daya		150,58
Data Rata-rata			12,69	Data Rata-rata		13,69

Dengan selisih daya dari hasil pengujian tersebut, peningkatan daya yang dapat dihitung seperti berikut.

$$\begin{aligned} \text{Peningkatan Daya} &= \frac{\text{Daya Solar Tracker} - \text{Daya Solar Statis}}{\text{Daya Solar Statis}} \times 100\% \\ \text{Peningkatan Daya} &= \frac{13,69 - 12,69}{12,69} \times 100\% \\ \text{Peningkatan Daya} &= \frac{1}{12,69} \times 100\% \\ \text{Peningkatan Daya} &= 7,88\% \end{aligned}$$

Pengujian Keempat

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Keempat

Waktu	Statis			Tracker		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
10.00	14,7	0,69	10,14	15	0,77	11,55
10.30	14,9	0,7	10,4	15,1	0,79	11,93
11.00	15,1	0,75	11,33	15,3	0,81	12,39
11.30	15,2	0,76	11,55	15,8	0,82	12,96
12.00	15,8	0,81	12,8	16	0,91	14,56
12.30	15,7	0,89	13,97	16	0,85	13,6
13.00	15	0,79	11,85	15,7	0,78	12,25
13.30	14,7	0,7	10,3	15,1	0,74	11,17
14.00	14,1	0,68	9,59	14,4	0,68	9,79
14.30	13,2	0,57	7,52	13,5	0,61	8,24
15.00	12,9	0,5	6,5	13	0,55	7,15
Total Daya			115,95	Total Daya		125,59
Data Rata-rata			10,54	Data Rata-rata		11,42

Dengan selisih daya dari hasil pengujian tersebut, peningkatan daya yang dapat dihitung seperti berikut.

$$\begin{aligned} \text{Peningkatan Daya} &= \frac{\text{Daya Solar Tracker} - \text{Daya Solar Statis}}{\text{Daya Solar Statis}} \times 100\% \\ \text{Peningkatan Daya} &= \frac{11,42 - 10,54}{10,54} \times 100\% \\ \text{Peningkatan Daya} &= \frac{0,88}{10,54} \times 100\% \\ \text{Peningkatan Daya} &= 8,34\% \end{aligned}$$

Pengujian Kelima

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Kelima

Waktu	Statis			Tracker		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
10.00	14,6	0,65	9,49	15,1	0,73	11,02
10.30	14,8	0,69	10,21	15,3	0,78	11,93
11.00	15	0,71	10,65	15,4	0,79	12,17
11.30	15	0,73	10,95	15,9	0,80	12,72
12.00	15,6	0,81	12,64	15,9	0,89	14,15
12.30	15,3	0,79	12,09	16,3	0,86	14,02
13.00	15	0,76	11,4	15,7	0,76	11,93
13.30	14,7	0,69	10,14	15,3	0,73	11,17
14.00	14,3	0,61	8,72	14,9	0,68	10,13
14.30	13,9	0,58	8,06	14,2	0,63	8,95
15.00	13,3	0,54	7,18	13,6	0,58	7,89
Total Daya			111,53	Total Daya		126,08
Data Rata-rata			10,14	Data Rata-rata		11,46

Dengan selisih daya dari hasil pengujian tersebut, peningkatan daya yang dapat dihitung seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Peningkatan Daya} &= \frac{\text{Daya Solar Tracker} - \text{Daya Solar Statis}}{\text{Daya Solar Statis}} \times 100\% \\
 \text{Peningkatan Daya} &= \frac{11,46 - 10,14}{10,14} \times 100\% \\
 \text{Peningkatan Daya} &= \frac{1,32}{10,14} \times 100\% \\
 \text{Peningkatan Daya} &= 13\%
 \end{aligned}$$

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada pembuatan solar tracker ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam rancang bangun ini, seluruh komponen beserta program berfungsi dengan baik dan sesuai dengan yang direncanakan.
2. Total daya yang dihasilkan panel surya berkapasitas 20 Wp selama lima kali pengujian yaitu pada solar tracker mencapai 692,73 Watt sedangkan

pada panel surya statis mencapai 631,73 Watt dengan selisih daya yang dihasilkan sebesar 61 Watt.

3. Nilai rata-rata daya yang dihasilkan selama lima kali pengujian yaitu solar tracker menghasilkan daya sebesar 12,59 Watt, sedangkan panel surya statis menghasilkan daya sebesar 11,48 Watt dengan selisih daya yang dihasilkan sebesar 1,11 Watt.
4. Berdasarkan hasil perhitungan, jumlah peningkatan daya dari nilai rata-rata daya panel surya statis dan solar tracker adalah 9,66%.
5. Solar tracker menghasilkan nilai daya yang selalu lebih tinggi dibandingkan dengan panel surya statis karena selalu mengikuti arah datang cahaya matahari sehingga lebih optimal dan efisien.

Saran

Dalam penelitian ini, penulis menyadari bahwa dalam masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki dan jauh dari kata sempurna, untuk itu perlu adanya saran yang menunjang penelitian ini agar lebih baik. Berikut adalah saran yang diberikan:

1. Pada pembuatan rancang bangun dual axis solar tracker, penulis menggunakan panel surya berkapasitas 20 Wp, dimana panel surya ini termasuk penghasil energi tingkat rendah, sehingga untuk mencukupi kebutuhan listrik dengan skala besar diperlukan penelitian dengan solar tracker dengan penggunaan kapasitas panel surya yang lebih besar.
2. Komponen-komponen yang terdapat pada rancang bangun dual axis solar tracker ini hanya dapat digunakan saat kondisi cuaca cerah, dikarenakan Indonesia mempunyai dua musim, maka perlu dibuatkan desain solar

tracker yang mampu berada di dua kondisi yaitu cuaca cerah dan hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian ESDM.2012. *Matahari Untuk PLTS di Indonesia*. Diakses pada 04 April 2022, dari <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/matahari-untuk-plts-di-indonesia>
- [2] Albahar, Abdul Kodir;Paiso, Lobes Syam.2020.*Analisa Perubahan Pada Cuaca Terhadap Tegangan Input Panel Surya 100 WP*.Diakses pada 19 Mei 2022, dari <https://journal.teknikunkris.ac.id/index.php/elektro/article/view/104/95>
- [3] Superadmin.2021. *Apa dan Bagaimana Sistem Kerja Panel Surya?*. Diakses pada 03 April 2022, dari [https://elektro.umy.ac.id/apa-dan-bagaimana-sistem-kerja-panel-surya/..](https://elektro.umy.ac.id/apa-dan-bagaimana-sistem-kerja-panel-surya/)
- [4] Wiharja, Ujang;Rifaldi, Ahmad.2021.*Perancangan PLTS Untuk Penerangan Listrik Kapal Perintis 750 DWT Dok Kodja Bahari*.Diakses pada 19 Mei 2022, dari <https://journal.teknikunkris.ac.id/index.php/elektro/article/view/401/337>
- [5] Tanaya, Nityasa Manuswara Hakam Yonni.2016. *Rancang Bangun Solar Tracker Dual Axis Guna Optimalisasi Panel Surya Untuk Penerangan Kapal*. Diakses pada 03 April 2022, dari https://repository.its.ac.id/72643/1/4212100008-Undergraduate_Thesis.pdf
- [6] Alfarisi, Muhammad Fajri.201.*Analisa Kebutuhan Daya Pada Robot Line Follower Dengan Sel Surya (Bab 2 Tinjauan Pustaka)*.Diakses pada 04 April 2022, dari <http://eprints.polsri.ac.id/4612/3/FILE%20III.pdf>
- [7] Albahar, Abdul Kodir;Haqi, Muhammad Faizal.2020.*Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya (PV) Terhadap Keluaran Daya*.Diakses pada 19 Mei 2022, dari <https://journal.teknikunkris.ac.id/index.php/elektro/article/view/113/102>
- [8] Aprilyo, Jemmi.2018.*Pembangunan Sistem Pemantauan Dan Pelacakan Cahaya Matahari Pada Panel Surya Berbasis Iot (Bab 2 Tinjauan Pustaka)*.Diakses pada 03 April 2022, dari https://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/492/8/UNIKOM_JEMMI%20APRILYO_BAB%202.pdf
- [9] Purbaya, Robi.2017.*Aplikasi Motor Stepper Pada Alat Pencetak Bangun Ruang Tiga Dimensi Untuk Peleburan Filament Pada Motor Extruder (Bab II Tinjauan Pustaka)*.Diakses pada 03 April 2022, dari <http://eprints.polsri.ac.id/4615/3/FILE%20III.pdf>
- [10] Supatmi, Sri.2011.*Pengaruh Sensor LDR Terhadap Lampu*.Diakses pada 03 April 2022, dari <https://repository.unikom.ac.id/30516/1/volume-82-artikel-5.pdf>
- [11] Syahrul.2011.*MotorStepper:Teknologi,Metoda, Dan Rangkaian Kontrol*.Diakses pada 03 April 2022, dari <https://jurnal.unikom.ac.id/s/data/jurnal/v06-n02/vol-6-artikel-7.pdf/pdf/vol-6-artikel-7.pdf>
- [12] Priyono, Triongko;Idris,Novrian.2020. *Perancangan Instalasi Pada Sistem Automatic Phototherapy Berbasis Arduino*.Diakses pada 19 Mei

- 2022, dari <https://journal.teknikunkris.ac.id/index.php/elektro/article/view/111/101>
- [13] Pengelola. 2021. *Motor Stepper (How It Work)*. Diakses pada 03 April 2022, dari <https://www.smkn2kendal.sch.id/motor-stepper-how-it-work/>
- [14] Prabowo, Errik. 2019. *Rancang Bangun Solar Station System Untuk Tanggap Darurat Bencana*. Diakses pada 03 April 2022, dari <https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/15083/05.2%20bab%202.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- [15] Drajat, M. Shandika. 2019. *Sistem Kontrol Kabel Suspeni Untuk Pergerakan Objek Pada Ruang 3 Dimensi*. Diakses pada 18 Juni 2022, dari [https://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/1178/8/\[11\]%20UNIKOM_M%20SHANDIKA%20DRAJAT_BAB%20II.pdf](https://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/1178/8/[11]%20UNIKOM_M%20SHANDIKA%20DRAJAT_BAB%20II.pdf)
- [16] Najmilhana, Sukroeni. 2021. *Identifikasi Karakter Kopi Arabika Berdasarkan Tingkat Roasting Menggunakan Array Sensor Gas Dengan Metode Fuzzy Mamdani*. Diakses pada 18 Juni 2022, dari <http://eprints.uny.ac.id/60201/1/Laporan%20PA.pdf>

ANALISA UTILISASI GENSET KAPASITAS 275 kVA DI RSUD KEBAYORAN BARU

Nurhabibah Naibaho, Ridwan Syah

Abstrak - Terjadinya gangguan atau pemadaman listrik dari PLN dan penambahan ruang rawat dan alat kesehatan, serta sarana prasarana menjadikan genset sebagai tenaga cadangan energi listrik harus disiapkan dengan baik dapat menganalisa efisiensi Genset di RSUD Kebayoran Baru dalam pengoperasiannya bila terjadi gangguan atau pemadaman dari PLN dapat menyebabkan terjadinya masalah dalam melayani masyarakat. Dilakukan observasi dan pengambilan data yang diperlukan untuk menganalisa utilitas genset RSUD Kebayoran Baru yang mempunyai kapasitas 275 kVA. Data beban terpasang pada RSUD Kebayoran Baru didapat dari pengumpulan data secara visual. Data pemakaian beban harian adalah data aktual pengukuran beban yang terjadi tiap hari. Data ini didapat dari pengukuran yang dilakukan pada jam 06.00 WIB dan pada jam 18.00 WIB, karena pada jam ini pemakaian tertinggi atau beban puncak terjadi. Diketahui total beban tertinggi pada bulan April 2022 yaitu sebesar 42,123 kW, total beban terpasang pada seluruh gedung sebesar 196,278 kW. Untuk hasil perhitungan utilisasi genset didapat 89,21% dan utilisasi aktual genset sebesar 25,76%. Dengan besar faktor kebutuhan (demand factor) yang didapatkan adalah sebesar 0,21 atau 21%. Untuk kapasitas daya yang digunakan sebesar 51,523 kW. Konsumsi bahan bakar genset selama 1 jam dengan daya terpasang seluruh gedung 196,278 kW adalah menghabiskan bahan bakar sebanyak 41,22 liter/jam. Dan bakar genset selama 1 jam pada pemakaian beban puncak harian adalah menghabiskan bahan bakar sebanyak 8,85 liter/jam.

Kata Kunci : Energi Listrik, Genset Beban Puncak, Demand Factor, Genset

Abstract - The occurrence of disturbances or blackouts from PLN and the addition of treatment rooms and medical equipment, as well as infrastructure facilities make generators as electrical energy backup power must be prepared properly to analyze the efficiency of the Genset in Kebayoran Baru Hospital in operation if there is a disturbance or blackout from PLN can cause problems in serving the community. Observations and data collection were carried out to analyze the utility of the generator set at the Kebayoran Baru Hospital which has a capacity of 275 kVA. The load data installed at the Kebayoran Baru Hospital was obtained from visual data collection. Daily load usage data is the actual load measurement data that occurs every day. This data is obtained from measurements made at 06.00 WIB and at 18.00 WIB, because at this time the highest usage or peak load occurs. It is known that the highest total load in April 2022 is 42.123 kW, the total load installed on all buildings is 196.278 kW. For the results of the calculation of generator utilization obtained 89.21% and the actual utilization of the generator is 25.76%. With a large demand factor (demand factor) obtained is 0.21 or 21%. The power capacity used is 51.523 kW. The fuel consumption of a generator for 1 hour with an installed power of 196.278 kW for the entire building is 41.22 liters/hour. And fuel consumption generator for 1 hour at daily peak usage is spending 8.85 liters /hour.

Key Words : Electric Energy, Genset, Peak Load, Demand Factor

1. Pendahuluan

Pasokan listrik PLN sangat mempengaruhi penyediaan listrik kepada masyarakat. Khususnya rumah sakit yang merupakan pusat layanan Kesehatan untuk masyarakat. Dengan tambahan kemajuan inovasi modern dan ekonomi di segala bidang khususnya bidang kesehatan, mendesak RSUD Kebayoran Baru untuk memberikan pelayanan kesehatan masyarakat sebaik mungkin. RSUD Kebayoran Baru adalah salah satu rumah sakit milik Pemerintah Provinsi DKI Jakarta yang membutuhkan daya listrik yang memadai, mengingat semua pelayanan kesehatan di rumah sakit membutuhkan listrik.

2. Teori Dasar

2.1 Generator Set

Generator sinkron atau alternator ialah mesin listrik yang menghasilkan tegangan dan arus bolak-balik (alternating current/AC) dengan cara merubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan adanya medan magnet. Pergerakan energi ini disebabkan pergerakan relatif antara medan magnet dengan kumparan generator. Alternator ini dinamakan generator sinkron (serempak) sebab kecepatan perputaran medan magnet

yang terjadi sama dengan kecepatan rotor generator.

2.2 Konstruksi Generator

Generator terdiri dari dua komponen utama yaitu :

1. Bagian yang diam (stator)

Stator adalah bagian generator yang berfungsi sebagai tempat untuk menerima induksi magnet dari rotor. Arus AC yang menuju ke beban disalurkan melalui armatur, komponen ini berbentuk sebuah rangka silinder dengan lilitan kawat konduktor yang sangat banyak armatur selalu diam oleh karena itu komponen itu disebut juga stator

2. Bagian yang bergerak (rotor)

Rotor berfungsi untuk membangkitkan medan magnet yang kemudian tegangan dihasilkan dan akan diinduksikan ke stator.

2.3 Prinsip Kerja Generator

Berdasarkan hukum Faraday apabila lilitan penghantar atau konduktor diputar memotong garis-garis gaya magnet yang diam atau lilitan yang diam dipotong oleh garis-garis gaya magnet yang berputar maka pada penghantar tersebut timbul EMF (Elektro Motive Force) atau GGL (Gaya Gerak Listrik) atau tegangan induksi. Prinsip kerja generator sesuai dengan hukum Lenz. Dengan kata lain ketika arus dilewatkan melalui stator, momen elektromagnetik dibangkitkan di sekitar rotor dan EMF dibangkitkan pada belitan rotor.

2.4 Efisiensi Generator

Efisiensi generator adalah perbandingan antara daya output generator yang berbanding lurus dengan daya input mekanis generator. Dimana persamaan efisiensi generator adalah:

$$\text{Efisiensi } (\eta) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \%$$

Dimana :

n = Efisiensi generator

P_{out} = Daya output generator untuk beban (watt)

P_{in} = Daya mekanik input generator (watt)

2.5 Konsumsi Bahan Bakar

Untuk mengetahui nilai konsumsi solar yang digunakan maka cara untuk mengetahui menggunakan persamaan berikut :

$$Q = k \times p \times t \dots\dots\dots$$

Dimana :

k = 0,21 (factor ketetapan konsumsi solar per kilowatt per jam)

p = Daya Genset (kVA)

t = Waktu (jam)

Q = Laju konsumsi bahan bakar (liter/jam)

2.8 Pengaman Genset

Pengaman genset digunakan untuk melindungi genset agar tidak rusak apabila sistem mengalami gangguan. Pengaman akan memutus aliran listrik antara genset dengan sistem yang mengalami gangguan. Adapun beberapa pengaman genset yaitu:

a) Fuse Sekering

Sekering biasa di sebut pengaman lebur atau fuse yang berfungsi sebagai pengaman peralatan listrik dari short atau gangguan hubung singkat.

b) MCB

MCB sering disebut sebagai alat pengaman otomatis. Alat pengaman otomatis ini mematikan aliran arus secara otomatis ketika arus melebihi pengaturan MCB.

c) MCCB

MCCB atau Moulded Case Circuit Breaker adalah alat pengaman yang berfungsi sebagai proteksi terhadap arus hubung singkat dan arus beban lebih.

d) ACB (Air Circuit Breaker)

ACB adalah alat yang berfungsi sebagai pemutus rangkaian listrik dengan memanfaatkan media udara untuk meredam burus api pada saat beroperasi.

e) Thermal Over Load Relay

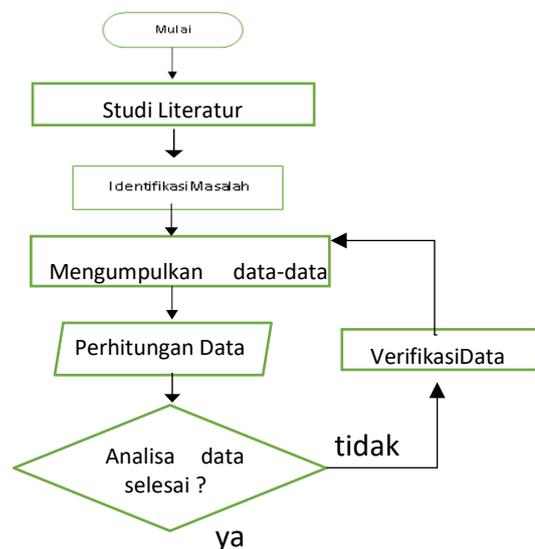
Thermal Over Load Relay (TOLR) adalah proteksi kelebihan beban menurut PUIL 2000 bagian 5.5.4.1 yaitu Proteksi beban lebih (overcurrent protection) dimaksudkan untuk melindungi motor dan unit kontrol motor dari panas berlebih

f) Kontaktor

Kontaktor adalah perangkat elektromekanis yang dapat bertindak sebagai konektor dan pemutus sirkuit yang dapat dikendalikan dari jarak jauh pergerakan kontak terjadi karena gaya elektromagnetik

3. Metode Penelitian

3.1 Prosedur Penelitian





Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Waktu penelitian akan dilakukan pada tanggal 01 April sampai dengan 30 April 2022 pukul 08.00 s/d pukul 16.00 sesuai dengan jam kerja RSUD Kebayoran Baru. Lokasi Penelitian RSUD Kebayoran

Baru beralamat di Jalan Abdul Majid

Cipete Utara Jakarta Selatan.

3.3 Survei Data

Penulis mengumpulkan data atau informasi pada populasi yang besar dengan menggunakan sampel yang relatif lebih kecil. Penulis juga melakukan pengamatan secara langsung terhadap suatu proses yang tengah berjalan atau berlangsung.

3.4 Data Genset RSUD Kebayoran Baru

Spesifikasi Genset yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.

Deskripsi	Data Generator
Brand/Merk	Stamford
Model/Type	UCD1274K14
Buatan/Tahun	China
Serial Number	X16C105493
Phasa	3
Frekuensi (Hz)	50
Daya (kVA/KW)	275/220
Arus Nominal (Amp)	369
Tegangan (volt)	400
Power Factor (Cos Phi)	0,8
Speed (Rpm)	1500

Gambar 3.2 Spesifikasi Genset.

3.5 Data Pemakaian Beban Harian RSUD Kebayoran Baru

Data pemakaian beban harian pada Tabel 3.1 adalah data aktual pengukuran beban yang terjadi tiap hari. Data ini didapat dari pengukuran yang dilakukan petugas *maintance* / pemeliharaan pada jam 07.30 WIB dan pada jam 18.00 WIB karena pada jam ini pemakaian tertinggi atau beban puncak terjadi. Besar beban diukur pada panel distribusi / panel LMDV (*Low Voltage Main Distribution*).

Tabel 3.1 Data beban harian actual

Tanggal	INC TO PLN	TEGANGAN		
	ACB ARUS	Arus (A) 7:30	Arus (A) 16:00	Volt R-S
01 April 2022	70	68	380	220
2 April 2022	79	70	380	220
3 April 2022	69	61	380	220
4 April 2022	80	77	380	220
5 April 2022	70	77	380	220
6 April 2022	77	70	380	220
7 April 2022	69	67	380	220
8 April 2022	69	62	380	220
9 April 2022	68	60	380	220
10 April 2022	73	70	380	220
11 April 2022	71	65	380	220
12 April 2022	68	60	380	220
13 April 2022	77	70	380	220
14 April 2022	78	70	380	220
15 April 2022	70	65	380	220
16 April 2022	78	70	380	220
17 April 2022	80	80	380	220
18 April 2022	72	70	380	220
19 April 2022	69	60	380	220
20 April 2022	77	71	380	220
21 April 2022	77	70	380	220
22 April 2022	80	75	380	220
23 April 2022	78	71	380	220
24 April 2022	75	61	380	220
25 April 2022	71	60	380	220
26 April 2022	71	60	380	220
27 April 2022	68	67	380	220
28 April 2022	71	60	380	220
29 April 2022	70	60	380	220
30 April 2022	80	68	380	220
Rata-Rata	73,5	67,66666667	380	220

4. Hasil dan Perhitungan data

4.1 Menentukan Kapasitas Genset

Beban maksimum harian tertinggi pada bulan April 2022 terjadi pada tanggal 4, 17, 22, 30 April 2022. Dimana arus maksimum yang tercatat adalah 80 A, maka besarnya daya dapat dihitung melalui persamaan :

$$\begin{aligned} \bar{P} &= \sqrt{3} \times I \times V \times \cos \varphi \\ &= \sqrt{3} \times 80 \times 330 \times 0,8 \\ &= 42,123 \text{ kW} \end{aligned}$$

Total beban tertinggi pada bulan April 2022 yaitu sebesar 42,123 kW. Sedangkan berdasarkan tabel 2.2 total beban terpasang pada seluruh gedung sebesar 196,278 kW. Agar genset dapat digunakan 100% terlebih dahulu menghitung demand factor (DF) dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \text{Demand Factor} &= \frac{\text{Total Beban Puncak}}{\text{Total Beban Terpasang}} \times 100\% \\ &= \frac{42,123 \text{ kW}}{196,278 \text{ kW}} \times 100\% \\ &= 21\% \end{aligned}$$

Besar faktor kebutuhan (demand factor) yang didapatkan adalah sebesar 0,21 atau 21%. Setelah itu mencari kapasitas daya yang harus digunakan genset, sesuai dengan persamaan berikut ini : Kapasitas daya = total beban terpasang x demand factor x Faktor keamanan trafo.

$$\begin{aligned} &= 196,278 \times 0,21 \times 125\% \\ &= 51,523 \text{ kW} \end{aligned}$$

Sesudah dilakukan perhitungan maka kebutuhan daya genset yang digunakan sebesar 51,523 kW

4.2 Analisa Utilisasi Genset

a) Analisa dengan perhitungan beban terpasang

Dari perhitungan diatas didapati total beban daya RSUD Kebayoran baru sebesar 196278 Watt (196,278 kW), dan daya terpasang genset 220 kW, maka utilisasi penggunaan. Dari perhitungan tersebut dapat kita lihat bahwa konsumsi bahan bakar genset dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Utilisasi Genset} &= \frac{\text{Total beban (kW)}}{\text{Daya Terpasang (kW)}} \\ &= \frac{196,278}{220} \times 100\% \\ &= 89,21\% \end{aligned}$$

b) Analisa aktual (beban puncak) Sedangkan utilisasi genset aktual (

beban puncak) adalah :

$$\begin{aligned} &\frac{\text{Kapasitas Daya (kW)}}{\text{Daya Terpasang (kW)}} \times 100\% \\ &= \frac{51,523}{220} \times 100\% \\ &= 25,67\% \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan bahwa kapasitas genset masih cukup untuk memenuhi kebutuhan beban, sebab kapasitas yang tersedia masih sekitar 17,79% atau sekitar 23,722 kW

4.3 Perhitungan Pemakaian Bahan Bakar

a) Pemakaian bahan bakar dengan perhitungan beban terpasang Pemakaian bahan bakar dapat dihitung selama genset bekerja dengan beban daya terpasang dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q &= k \times p \times t \\ &= 0,21 \times 196,278 \times 1 \\ &= 41,22 \text{ liter/jam} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat kita lihat bahwa konsumsi bahan bakar genset selama 1 jam dengan daya terpasang seluruh gedung 196,278 kW adalah

menghabiskan bahan bakar sebanyak 41,22 liter/jam

- a) Pemakaian bahan bakar aktual (beban puncak)

Sedangkan pemakaian bahan bakar aktual (beban puncak) harian bila terjadi gangguan/pemadaman dari PLN adalah sebagai berikut :

$$Q = k \times p \times t$$

$$= 0,21 \times 42,123 \times 1$$

$$= 8,85 \text{ liter/jam}$$

Dari perhitungan diatas dapat kita lihat bahwa konsumsi bahan bakar genset selama 1 jam pada pemakaian aktual (beban puncak) harian adalah menghabiskan bahan bakar sebanyak 8,845 liter/jam

5. KESIMPULAN

1. Total beban tertinggi pada bulan April 2022 yaitu sebesar 42,123 kW. Total beban terpasang pada seluruh gedung sebesar 196,278 kW. Hasil perhitungan utilisasi genset sebesar 89,21%,

2. Konsumsi bahan bakar genset selama 1 jam dengan perhitungan daya terpasang seluruh gedung 196,278 kW adalah menghabiskan bahan bakar sebanyak 41,22 liter/jam dan konsumsi bahan bakar genset selama 1 jam pada pemakaian aktual (beban puncak) harian adalah menghabiskan bahan bakar sebanyak 8,845 liter/jam

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anthony, Zuriman, 2018, Mesin Dasar Listrik, ITP Press, Sumatera Barat
- [2] [2] Wiharja, Ujang, Paralel Generator, Prodi Elektro Universitas Krisnadwipayana

- [3] [3] Indra Pratama, Wahyu, 2017, Analisis Perancangan Unit Instalasi Generator Genset (genset) Di PT Kunangon Jantan, Skripsi, Universitas Sumatera Utara

- [4] <https://eprints.undip.ac.id/2327/1/ParalelGenerator.pdf>

- [5] BARAT.JURNAL ELEKTRO: VOL.10 NO.1 (2022): Jurnal Ilmiah Elektrokrisna
<https://journal.teknikunkris.ac.id/php/index/elektro/article/view/172>

- [6] [6] Badan Standarisasi Nasional, (2000), Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL2000), Yayasan PUIL, Jakarta

- [7] [7] NurhabibahNaibaho, Toyibah, ANALISA PENGUKURAN TAHANAN NGR PADA GENSET PT.PERTAMINA ASSET 3 TAMBUN JURNAL ELEKTRO: VOL.8 NO.1 (2020): Jurnal Ilmiah Elektrokrisna

- [8] ELEKTRO: VOL.8 NO.1 (2020): Jurnal Ilmiah Elektrokrisna
<https://journal.teknikunkris.ac.id/php/index/elektro/article/view/103>

- [9] [8] BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN TEORI
<http://repository.umsida.ac.id/bitstream/handle/123456789/31339/f.BAB%20II.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

ANALISIS PERUBAHAN FREKUENSI PADA INVERTER BG202-XM UNTUK PENGATUR KECEPATAN MOTOR SINKRON 100 WATT 3 FASA

Abdul Kodir Al Bahar, Nugraha Adi Putra

Abstrak - Motor sinkron berperan sebagai motor penggerak pada pintu lift dipengaruhi kecepatan putaran sebuah motor sinkron terhadap perubahan nilai frekuensi. Untuk mengetahui dan membuktikan bahwa dengan mengatur nilai frekuensi pada motor sinkron dengan menentukan kecepatan putaran pada motor sinkron, maka dilakukan analisa kecepatan pada putaran motor berdasarkan pengaturan frekuensi menggunakan inverter sebagai pengatur nilai frekuensinya. Inverter bekerja dengan metode modulasi PWM (Pulse Width Modulation) untuk mengatur frekuensi keluaran yang menentukan kecepatan putaran motor. Sebagai alat untuk mengukur kecepatan putaran motor digunakan Tachometer. Berdasarkan teori maka kecepatan putaran motor dapat dihitung pada jumlah kutub yang terdapat pada motor tersebut. Jika frekuensi pada motor adalah 50 Hz dan jumlah kutub motor berjumlah 6 kutub, maka kecepatan maksimalnya 1000 rpm. Maka hasil teori berbanding lurus menghasilkan putaran motor 101,2 rpm dengan waktu tempuhnya 15,49 detik, saat 10 Hz maka menghasilkan putaran motor 201,2 rpm dengan waktu tempuh 13,79 detik, saat 15 Hz maka menghasilkan putaran motor 299,8 rpm dengan waktu tempuh 12,44 detik, saat 20 Hz maka menghasilkan putaran motor 400,6 rpm dengan waktu tempuh 11,14 detik, dan seterusnya bertahap naik tiap 5 Hz, hingga mencapai frekuensi 50 Hz, dihasilkan putaran motor 1000,2 rpm, dengan waktu tempuh 2,05 detik.

Kata kunci : Motor sinkron, Frekuensi, Inverter, Tachometer, modulasi PWM.

Abstract - Synchronous motor acts as a driving motor on the elevator door influenced by the rotational speed of a synchronous motor on changes in the frequency value. To find out and prove that by setting the frequency value on the synchronous motor by determining the rotation speed of the synchronous motor, then an analysis of the speed of the motor rotation is carried out based on the frequency setting using an inverter as a regulator of the frequency value. The inverter works with the PWM (Pulse Width Modulation) modulation method to adjust the output frequency which determines the rotational speed of the motor. Tachometer is used as a tool to measure the rotational speed of the motor. Based on the theory, the motor rotation speed can be calculated on the number of poles contained in the motor. If the frequency of the motor is 50 Hz and the number of poles of the motor is 6 poles, then the maximum speed is 1000 rpm. By the theoretical, is directly proportional to the measurement results, thus resulting in a motor rotation of 101.2 rpm with a travel time of 15.49 seconds, at 10 Hz it produces a motor rotation of 201.2 rpm with a travel time of 13.79 seconds, when 15 Hz then produces a motor rotation of 299.8 rpm with a travel time of 12.44 seconds, at 20 Hz it produces a motor rotation of 400.6 rpm with a travel time of 11.14 seconds, and so on gradually increasing every 5 Hz, until it reaches a frequency of 50 Hz, The resulting motor rotation is 1000.2 rpm, with a travel time of 2.05 seconds.

Keywords: Synchronous motor, Frequency, Inverter, Tachometer, PWM modulation.

1. PENDAHULUAN

Motor sinkron merupakan motor listrik bolak-balik (ac) yang putaran rotornya sama dengan putaran medan stator, dengan kata lain putaran rotor dengan putaran medan stator tidak mempunyai slip. Motor sinkron banyak digunakan pada peralatan industri yang banyak memakai putaran rendah pada penggerakannya. Pada dasarnya motor sinkron diketahui ada dua macam berdasarkan jumlah fasa yang digunakan, yaitu motor sinkron satu fasa dan motor sinkron tiga fasa. Sesuai dengan namanya motor sinkron tiga fasa digunakan untuk beroperasi menggunakan suplai tegangan tiga fasa. Disamping keunggulan diatas kelemahan dari motor sinkron adalah tidak memiliki torsi awal pada starting. Pada prinsipnya motor sinkron dioperasikan pada kecepatan yang konstan, bila beban berubah maka kecepatan motor juga akan tetap sama. Karena itu dalam mempertahankan agar kecepatan pada putaran motor tetap konstan maka frekuensi harus diatur agar didapatkan kecepatan yang diharapkan dari motor sinkron diperlukan inverter untuk mengatur putaran motor sinkron. Motor sinkron merupakan komponen yang penting dari berbagai industri dan telah banyak digunakan di mesin-mesin industri diantaranya sebagai penggerak mekanik pintu lift. Dalam pembentukannya dibuat suatu rangkaian antara inverter dengan motor sinkron agar putaran motor sinkron dapat diatur. Penggunaannya pada pengaturan putaran motor sinkron sebagai kontrol buka tutup pintu lift yang dimana pintu lift sangkar yang digerakan oleh motor sinkron juga berkerja untuk membuka dan menutup

daun pintu lift yang berada di koridor gedung.

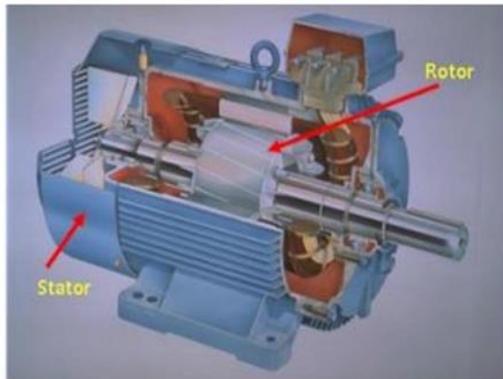
2. LANDASAN TEORI

2.1. Motor Sinkron

Motor sinkron itu ialah suatu jenis mesin listrik yang memiliki masukan arus AC, yang memiliki kecepatan kosntan/ tetap pada sistem frekuensi tertentu. Pada motor sinkron itu kecepatan konstan ialah kelebihan sekaligus kelemahan karena kecepatan medan putar di stator sama dengan kecepatan putar di rotor maka motor sinkron tidak mempunyai slip. Motor sinkron tidak memiliki torsi awal pada starting, maka untuk memicu daya pada torsi awal motor sunkron diperlukan arus searah DC untuk membangkitkannya, dan oleh sebab itu penggunaan motor sinkron sangat cocok untuk peralatan yang hanya memerlukan beban rendah pada pemakaian awalnya seperti kompresor udara dan perubahan frekuensi. Motor sinkron berdasarkan penggunaannya yang selama ini bayak digunakan dalam dunia industri sebagai motor yang mendapat masukan yaitu berupa tenaga listrik untuk merubahnya menjadi energi gerak atau menghasilkan putaran atau memperbaiki faktor daya. Sehingga motor sinkron banyak digunakan pada sistem yang menggunakan banyak listrik.

Motor sinkron rugi-ruginya kecil sehingga karena rugi-ruginya kecil efesiensinya lebih tinggi dibanding dengan motor listrik yang lain. Dan motor sinkron tidak mempunyai torsi awal, walaupun ada nilainya sangat kecil. Sehingga untuk startingnya itu dia membutuhkan eksitasi dengan menggunakan arus DC, berbeda dengan motor DC yang mempunyai torsi

awalnya tinggi. Kumparan jangkar mesin sinkron sendiri itu sama dengan kumparan jangkar pada mesin induksi, akan tetapi kumparan pada medan mesin sinkron bentuknya seperti kutub sepatu (salient) atau kutubnya memiliki gap atau celah udara yang sama disetiap kisinya (rotor silinder).



Gambar 2.1 Bentuk Motor Sinkron.

Kecepatan sinkron dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut, karena putaran motor sama dengan fluks magnet maka:

$$n_s = \frac{120 \times f}{p} \quad (\text{rpm}) \quad (2.1)$$

Dimana:

f = frekuensi (Hz)

n_s = kecepatan sinkron (rpm)

p = jumlah kutub

2.2. Prinsip Kerja Motor Sinkron

Motor sinkron memiliki belitan pada jangkar stator dan belitan pada bagian medan rotor. Belitan jangkarnya sama seperti motor induksi, sedangkan pada belitan medan rotor sinkron akan membentuk kutub sepatu atau juga dimaksud dengan sama rata karena kutub dengan celah udara sama rata. Arus searah (AC) akan menghasilkan fluks pada kumparan medan yang kemudian akan ke rotor mesin dengan cara melalui

cincin dan brush. Lalu jangkar yang sudah dihubungkan dengan sumber tegangan arus bolak-balik (DC) maka rotor tersebut akan memicu medan putar yang terjadi pada stator. Dengan begitu rotor yang awalnya sudah diberi masukan arus searah (DC) maka akan mendapat tarikan dari kutub medan stator hingga terjadi pergerakan yaitu putaran yang tetap atau sinkron.

Jadi prinsip kerja dari motor sinkron sendiri yaitu:

- a. Rotor berputar karena terjadi interaksi tarik-menarik antara medan putar stator dan medan putar yang ada di rotor.
- b. Motor sinkron perlu penggerak mula atau prime-mover yang memutar rotor sehingga kecepatan sinkron akan terjadi.
- c. Kemudian akan terjadi coupling anatar medan putar di stator (B_s) dan medan rotor (B_r) ini dikenal dengan nama eksitasi.
- d. Torsi yang diperlukan untuk menarik motor sehingga motor mencapai kecepatan sinkron itu disebut dengan pull-in torque.
- e. Sumber DC berfungsi sebagai eksitasi pada bagian rotornya, Ketika motor sudah mencapai kecepatan sinkron maka arus AC akan dialirkan pada belitan stator sehingga motor dapat dibebani setelah mencapai kecepatan sinkronnya.
- f. Rotor terkunci dengan medan putar sehingga kecepatan antara kecepatan medan putar rotor dengan rotor akan selalu sama.

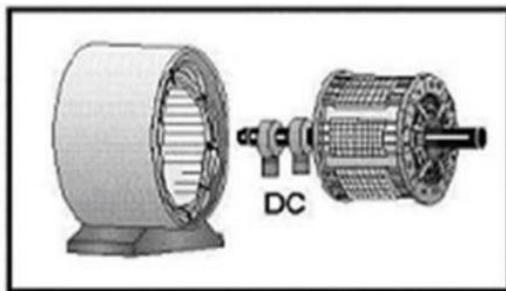
2.3. Komponen Utama Motor Sinkron

Pada motor sinkron terdapat komponen utama terdiri dari rangka

stator (housing), yang terbuat dari besi tuang sehingga rangka motor sinkron sangat kokoh untuk rumah dari bagian-bagian lain yang terdapat pada motor sinkron. Kemudian terdapat juga bagian yang diam, terdiri dari belitan sebagai penguat atau disebut dengan stator. Kemudian ada bagian yang berputar (rotor), yang juga sama terdiri dari belitan sebagai penguat tetapi terdapat inti magnet dan slip ring sebagai masukan untuk arus searah (DC) untuk penguat sehingga timbul kutub magnet pada rotor tersebut.

Slip ring berjumlah 2, dimana masing-masing dapat menggeser sikat arang (carbon brush). Pada kutub positif dan kutub negatif berguna sebagai eksitasi yaitu mengalirkan arus penguat pada rotor. Rotor itu sendiri terbuat dari bahan tembaga yang terbagi menjadi tiga tipe pada motor sinkron.

- a. Rotor penuh
- b. Rotor kutub
- c. Cincin geser atau slip ring

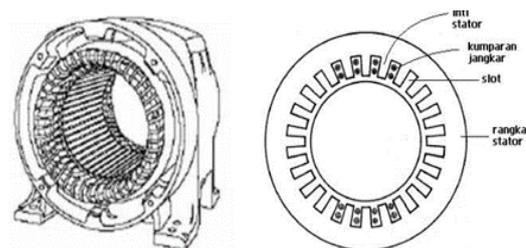


Gambar 2.2 Komponen Utama Motor Sinkron.

2.3.1. Stator

Stator ialah komponen utama pada motor sinkron yang mempunyai alur memanjang dan didalamnya terdapat belitan yg terbuat dari bahan tembaga atau kuningan. Stator sendiri ialah bagian yang diam atau statis, dimana terdapat

tiga bagian pada stator yaitu pertama ada rangka stator yang berfungsi untuk tempat melekatnya kumparan jangkar. Bentuknya pun sangat sedemikian rupa karena harus disesuaikan dengan kebutuhan dan terdapat lubang untuk sirkulasi udara dan gas pada stator. Kedua ada inti stator yang posisinya melekat pada rangka stator, bentuknya pun dibuat celah untuk aliran udara dan terbuat dari bahan laminasi khusus atau besi campuran yang berfungsi untuk memperkecil rugi arus Eddy. Dan pada bagian ketiga ada slot yang letaknya pada bagian sekeliling stator berfungsi sebagai tempat konduktor berada. Bentuk slot sendiri ada tiga macam yaitu slot terbuka, slot setengah terbuka dan slot tertutup.

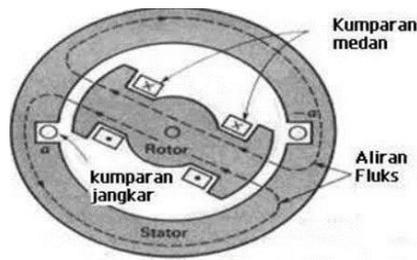


Gambar 2.3 Penampang Stator.

2.3.2. Rotor

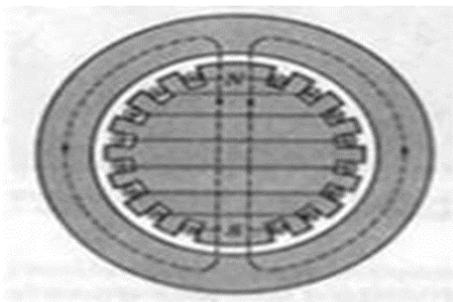
Rotor ialah bagian yang bererak dan berfungsi sebagai eksitasi belitan medan yang dihubungkan sumber tegangan masuk searah (DC) untuk magnet listrik pada kutub selatan dan utara rotor. Pada rotor motor sinkron terdapat dua jenis kutub yaitu :

- b. Rotor kutub menonjol (salient polar rotor). Pada rotor tipe kutub yang menonjol memiliki ciri yaitu diameternya besar dengan Panjang sumbunya yang pendek. Pada rotor tipe ini putarannya rendah dan memiliki jumlah kutub yang banyak dibanding tipe rotor yang silinder.



Gambar 2.4 Penampang Rotor Kutub Menonjol.

c. Rotor kutub silinder (Non-salient pole rotor). Rotor ini adalah kebalikan dari rotor tipe menonjol karena rotor tipe silinder hanya memiliki diameter kecil dan sumbunya sangat panjang serta memiliki putaran yang tinggi dan konstan. Rotor tipe ini biasanya terbuat dari bahan plat baja dengan sejumlah slot sebagai tempat kumparannya. Dengan konstruksi yang keseimbangan mekanisnya lebuah baik maka rugu-rugi anginnya lebih kecil disbanding rotor tipe menonjol.



Gambar 2.5 Penampang Rotor Kutub Silinder.

2.4. Karakteristik Motor Sinkron

Motor sinkron memiliki karakteristik sebagai berikut:

a. Stator mesin sinkron mempunyai tegangan menengah yang sering digunakan. Stator tiga fasa pada

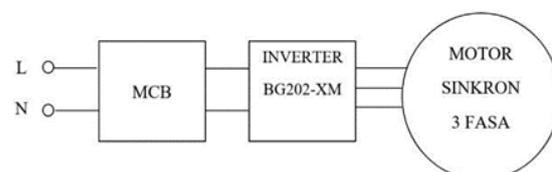
mesin sinkron sama dengan stator pada mesin induksi.

- b. Gaya gerak motor dibangkitkan dengan arus searah (DC) yang terdapat pada belitan rotor. Rotor yang bersinggungan (bidang yang berputar) pada bagian yang diam atau disebut stator itu sama dengan kecepatan putar pada bagian yang berputar yaitu pada bagian rotor karena rotor terkunci dengan fluks stator yang berputar.
- d. Rotor pada motor sinkron memiliki squirrel-cage winding atau disebut juga dengan amortisseur winding, untuk menghasikan torsi menghidupkan motor.
- e. Medan putar di stator sama dengan kecepatan putar di rotor maka motor sinkron tidak mempunyai slip dan dijalankan pada kecepatan sinkron.
- f. Jika penguatan medan arus kurang motor sinkron bekerja pada power faktor terbelakang (lagging), sebaliknya jika kelebihan penguatan arus medan, motor sinkron bekerja pada power faktor mendahului (leading) bila arus eksitasi dirubah.
- g. Motor sinkron memerlukan bantuan peralatan untuk membantunya berputar hingga mencapai kecepatan sinkron karena motor sinkron tidak dapat start dengan sendirinya.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Prosedur Penelitian

Saat melakukan suatu penelitian ada hal yang harus diperhatikan terlebih dahulu yaitu membuat langkah-langkah percobaan yang akan dilakukan. Adapun diagram skematik yang akan digunakan dalam percobaan ini seperti berikut:



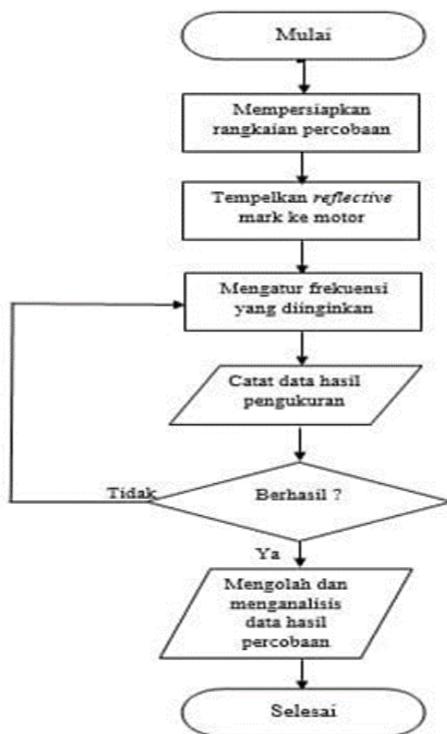
Gambar 3.1 Diagram Percobaan Pengaturan Frekuensi.

Dengan:

- L/N = Tegangan Sumber.
- MCB = Pemutus Tegangan Sumber.
- INVERTER = Pengaturan Frekuensi.
- MOTOR = Motor Listrik Sinkron 3 Fasa.

3.1.1.Langkah-langkah Penelitian

Dalam langkah penelitian untuk pengambilan data hasil percobaan dapat dijelaskan berdasarkan diagram blok Langkah percobaan seperti berikut:



Gambar 3.2 Diagram Blok Langkah Penelitian.

Untuk lebih detailnya dibawah ini akan sertakan gambar saat pelaksanaan percobaan beserta keterangan langkah percobaan pengukuran kecepatan motor sinkron tiga fasa diantaranya:

1. Dalam pengukuran kecepatan putaran motor sinkron nanti menggunakan Digital Photo Tachometer dengan cara menempelkan reflective mark ke as pulley motor agar sensor tachometer dapat membaca putaran pulley motor saat akan dilakukan pengujian nanti. Reflective mark itu sendiri berfungsi sebagai pemantul cahaya sebagai tanda agar bisa terbaca oleh sinar tachometer.

2.



Gambar 3.3 Langkah Percobaan Pertama.

3. Tekan menu PL (Parameter List) pada Inverter BG202-XM kemudian masukan password untuk membuka kunci PL agar nilai frekuensinya nanti dapat diubah-ubah sesuai data yang akan dilakukan pengujian.



a. Tampilan Awal Parameter List.



b.Parameter Kecepatan Tinggi.

Gambar3.4 Langkah Percobaan Kedua.

4. Kemudian selanjutnya ialah setting frekuensi dengan menekan tombol Enter untuk masuk kedalam parameter yang akan disetting nilai frekuensinya. Setelah nilai frekuensi sudah disetting lalu posisikan lift pada keadaan level antara lantai luar dan dalam kemudian pintu akan membuka.



a. Pengaturan Frekuensi



b. Tombol Penyearah.

5. Setelah selector diarahkan ke normal lalu pintu terbuka maka motor bergerak berputar kemudiandiukur menggunakan tachometer dengan mengarahkan signal light beam kearah pulley yang sudah ditempelkan *reflective mark*.



Gambar 3.6 Langkah Percobaan Keempat

6. Jika urutan langkah percobaan satu sampai empat sudah dilakukan, kemudian ulangi pengukuran seperti poin ketiga sampai setting frekuensi diangka maksimal 50 Hz



Gambar 3.7 Langkah Percobaan Kelima.

Maka diperoleh data hasil pengukuran kecepatan putaran motor menggunakan tachometer berdasarkan frekuensi pada tabel 4.1.

7. Setelah langkah pengukuran selesai dilakukan maka selanjutnya menghitung waktu putaran motor sampai pintu terbuka penuh disetiap percobaan masing-masing frekuensi menggunakan *stopwatch*.



Gambar 3.8 Langkah Percobaan Keenam.

Maka diperoleh data hasil pengukuran waktu kecepatan motor menggunakan stopwatch berdasarkan frekuensi pada tabel 4.1

3.3.Alat Percobaan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cara mengatur kecepatan putaran motor sinkron tiga fasa dengan menggunakan inverter sebagai pengatur kecepatannya. Perangkat yang digunakan dalam percobaan untuk mengatur kecepatan putaran motor listrik adalah Inverter BG202-XM yang memiliki kapasitas daya beban yaitu sebesar 0.2 kW (1HP) dengan memakai sumber tegangan masuk (input) sebesar AC180 – 264V (1 fasa) yang kemudian tegangan masuk tersebut dikonversi menjadi tegangan keluaran 380V (3 fasa) sebagai input penggerak motor listrik yang dikendalikan dengan metode pengaturan PWM pada pengaturan frekuensinya.



Gambar 3.9 Inverter BG202-XM.

Inverter BG202-XM sudah banyak digunakan sebagai control untuk mengatur kecepatan rendah pada motor listrik untuk menggerakkan pintu lift. Disamping karna penggunaannya sederhana dan perawatannya tidak rumit, Inverter BG202-XM juga memiliki keunggulan seperti PID control yang dapat berkerja untuk memperbaiki kecepatan pada motor untuk mengatur suhu, aliran, dan lain-lain. Selain itu Inverter BG202-XM juga memiliki keunggulan yaitu Auto Tuning, yang dapat berfungsi untuk mengatur secara otomatis kecepatan rendah pada motor sebagai penggerak pintu lift.

Agar inverter BG202-XM dapat mengatur kecepatan putaran pada motor listrik, maka perlu dilakukan pengaturan pada parameter setting VSD. Sebelum masuk untuk melakukan pengaturan pada parameter VSD, perlu bagi kita untuk mengetahui teori dasar dari parameter setting VSD pada inverter BG202-XM mulai dari setting parameter hingga pengamanan inverter.

3.3.2. Frekuensi Mode

Dalam penelitian disini inverter dioperasikan secara digital. Pada pengaturan parameter frekuensi disini (frekuensi mode), dapat disetting parameternya sesuai dengan data yang ingin kita lakukan percobaan pada inverter untuk mengatur kecepatan putaran motor listrik. Pada pengoperasian inverter secara digital dapat dilakukan dengan memasukkan data percobaan pada keypad yang terdapat pada inverter.

3.3.3. Frekuensi Limit

Pada pengoperasian inverter untuk mengatur kecepatan putaran motor listrik terdapat batasan kecepatan rendah hingga tinggi pada kondisi pintu lift akan terbuka dan tertutup. Pada Batasan kecepatan rendah hingga tinggi saat pintu lift akan terbuka pada parameter P04 (Open Door Parameter) dan Batasan kecepatan rendah hingga tinggi saat pintu lift akan tertutup pada parameter P05 (Close Door Parameter).

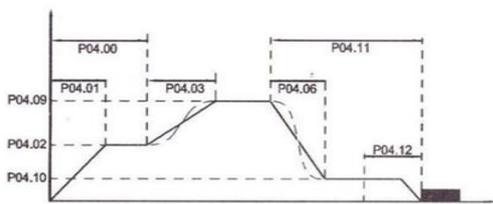
3.4. Pengukuran Data

Dalam pengukuran data bersifat mengukur karena menggunakan instrument standar yang telah distandarisasikan, dan menghasilkan data hasil pengukuran yang berbentuk angka-angka dari penelitian yang akan dilakukan pada inverter untuk mengatur rpm motor listrik tiga fasa pada kontrol pintu lift. Berikut adalah gambar

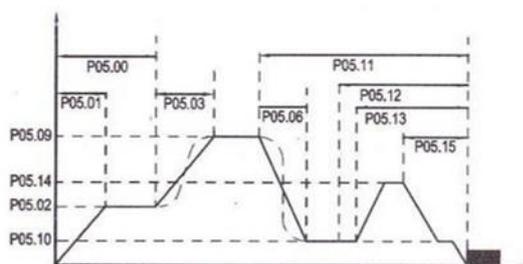
gelombang dan table data parameter saat pintu lift akan buka dan tutup pada

Parameter List	Frekuensi (Hz)	Putaran Motor (rpm)	Waktu (detik)
P04.09 (Kecepatan tinggi <i>Open Door</i>)	5	101,2	15,49
	10	201,2	13,79
	15	299,8	12,44
	20	400,6	11,14
	25	500,6	9,69
	30	601,1	8,31
	35	701,5	6,74
	40	799,9	5,09
	45	900,0	3,56
	50	1000,2	2,05

inverter yang akan diambil percobaan pengukuran datanya:



a. Opening Door Curve



h. Closing Door Curvever

Gambar 3.10 Gelombang Saat Pintu Operasi Buka (a) dan Tutup (b).

4.ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1.Hasil Pengukuran Alat

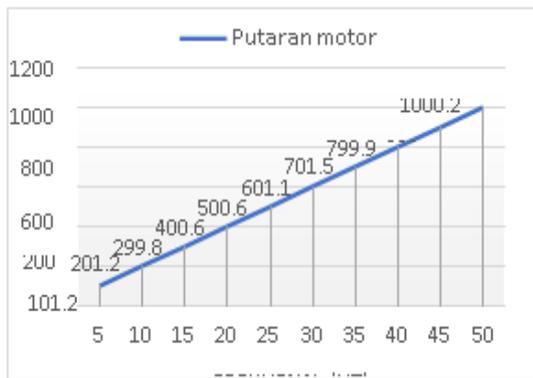
Data hasil pengukuran di bawah dilakukan menggunakan motor tanpa beban, karena mencegah resiko kerusakan pada sistem kerja pintu lift sebab motor dikopel dengan bagian mekanik pintu menggunakan venbelt. Dikarenakan alat tersebut bukan alat uji praktek lab dan alat tersebut masih digunakan untuk operasional buka tutup pada pintu lift di gedung PT. Pelabuhan Tanjung Priok. Tetapi data hasil pengukuran menggunakan beban tanpa beban tidak berpengaruh signifikan pada motor.

Berikut data hasil penelitian pengaturan kecepatan motor sinkron 3 fasa menggunakan inverter model BG202-XM di PT. Pelabuhan Tanjung Priok, Jakarta Utara pada sistem kerja pintu lift:

Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran Putaram Motor Berdasarkan Frekuensi.

Saat pengambilan data dari tabel pengukuran kecepatan dilakukan berdasarkan prosedur yang ada pada Bab sebelumnya, sehingga waktu melaksanakan pengambilan data dilakukan secara teliti dan sesuai prosedur.perubahan frekuensi pada inverter dapat menyebabkan perubahan kecepatan putaran motor sinkron 3 fasa dengan cara tegangan input inverter mengubah-ubah tahanan (potensio meter) pada inverter. Hasil pengukuran ini ialah Pada saat pengukuran kecepatan dilakukan juga monitoring terhadap operasional pintu lift, pada pengaturan nilai frekuensi berapa yang aman tidak terjadi kasus pintu menghentak dan menabrak troli yang masuk kedalam lift.

4.2.Analisa Perhitungan



Gambar 4.1 Grafik Putaran Motor dan Frekuensi

Dengan hasil yang diperoleh dari penelitian yang sudah dilakukan, maka kita dapat memasukan hasil data pengukuran yang kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan teori berdasarkan rumus persamaan(2.1).

Dengan hasil yang diperoleh dari penelitian yang sudah dilakukan, maka kita dapat memasukan hasil data pengukuran yang kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan teori berdasarkan rumus persamaan(2.1). Maka diketahui berdasarkan spesifikasi yang tertera di name plate pada motor sinkron 100 Watt, 3 fasa dengan tingkat proteksi IP20, memiliki 6 kutub, maka kecepatan putaran motor dari frekuensi 5 Hz, 10 Hz, 15 Hz, 20 Hz, 25 Hz, 30 Hz, 35 Hz,

40 Hz, 45 Hz, dan 50 Hz.

Berdasarkan persamaan pada rumus (2.1) diperoleh kecepatan putaran motor pada frekuensi 5 Hz adalah :

$$n_s = \frac{120 \times 5}{6} = 100 \text{ rpm.}$$

Hasil dengan nilai frekuensi 5 Hz = 100 rpm. Kecepatan putaranmotorpada frekuensi 10 Hz adalah :

$$n_s = \frac{120 \times 10}{6} = 200 \text{ rpm.}$$

Hasil dengan nilai frekuensi 10 Hz = 200 rpm. Kecepatan putaran motor pada frekuensi 15 Hz adalah :

$$n_s = \frac{120 \times 15}{6} = 300 \text{ rpm.}$$

Hasil dengan nilai frekuensi 15 Hz = 300 rpm.

Kecepatan putaran motor pada frekuensi 20 Hz adalah :

$$n_s = \frac{120 \times 20}{6} = 400 \text{ rpm.}$$

Hasil dengan nilai frekuensi 20 Hz = 400 rpm.

Kecepatan putaranmotor pada frekuensi 25 Hz adalah :

$$n_s = \frac{120 \times 25}{6} = 500 \text{ rpm.}$$

Hasil dengan nilai frekuensi 25 Hz = 500 rpm.

Kecepatan putaranmotor pada frekuensi 30 Hz adalah :

$$n_s = \frac{120 \times 30}{6} = 600 \text{ rpm.}$$

Hasil dengan nilai frekuensi 30 Hz = 600 rpm.

Kecepatan putaranmotor pada frekuensi 35 Hz adalah :

$$n_s = \frac{120 \times 35}{6} = 700 \text{ rpm.}$$

Hasil dengan nilai frekuensi 35 Hz = 700 rpm.

Kecepatan putaranmotor pada frekuensi 40 Hz adalah :

$$n_s = \frac{120 \times 40}{6} = 800 \text{ rpm.}$$

Hasil dengan nilai frekuensi 40 Hz = 800 rpm.

Kecepatan putaran motor pada frekuensi 45 Hz adalah :

$$n_s = \frac{120 \times 45}{6} = 900 \text{ rpm.}$$

Hasil dengan nilai frekuensi 45 Hz = 900 rpm.

Kecepatan putaran motor pada frekuensi 50 Hz adalah :

$$n_s = \frac{120 \times 50}{6} = 1000 \text{ rpm.}$$

Hasil dengan nilai frekuensi 50 Hz = 1000 rpm.

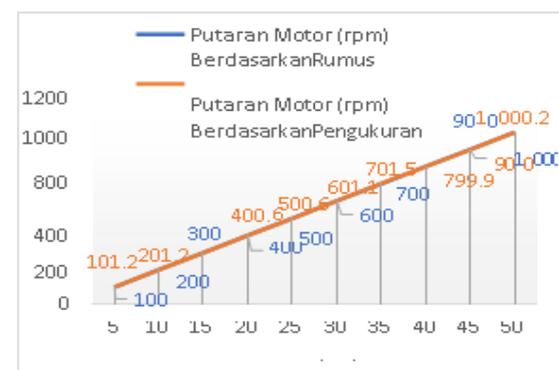
Dari hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan secara teori dengan hasil yang diperoleh berdasarkan pengukuran menggunakan alat tachometer digital ternyata ada selisih nilainya dan untuk lebih detailnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran dan Data Hasil Perhitungan

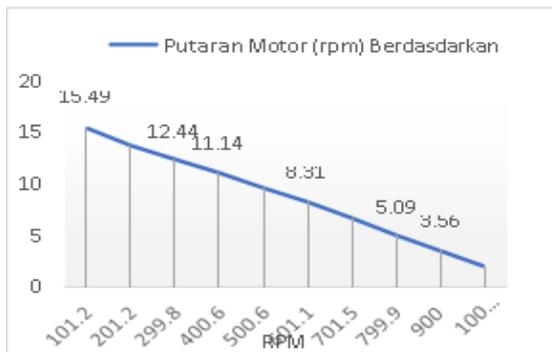
Hasil Berdasarkan Percobaan Pengukuran		Nilai Hasil Analisa Berdasarkan Rumus	
Frekuensi (Hz)	Putaran Motor (rpm)	Frekuensi (Hz)	Putaran Motor (rpm)
5	101,2	5	100
10	201,2	10	200
15	299,8	15	300
20	400,6	20	400

25	500,6	25	500
30	601,1	30	600
35	701,5	35	700
40	799,9	40	800
45	900,0	45	900
50	1000,2	50	1000

Maka berdasarkan tabel diatas terdapat dua hasil penilaian yang diperoleh dari nilai putaran motor hasil percobaan pengukuran dan dari hasil analisa berdasarkan rumus bahwa kedua nilai dihasilkan tidak terlalu signifikan bahkan hampir sama nilai kedua percobaan tersebut. Jadi terbukti pengukuran kecepatan putaran motor sinkron 3 fasa berdasarkan pengaturan frekuensinya sama dengan dasar landasan teori yang sudah dirumuskan



Gambar 4.2 Grafik Putaran Motor Berdasarkan Pengukuran dan Rumus



Gambar 4.3 Grafik Putaran Motor Berdasarkan Waktu

5.KESIMPULAN

Dari hasil analisa perhitungan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada percobaan pengukuran putaran motor menggunakan tachometer dengan nilai maksimal percobaan pengukuran yaitu 50 Hz maka menghasilkan nilai kecepatan putaran motornya adalah 1000,2 rpm sedangkan berdasarkan perhitungan secara teori dengan frekuensi maksimal 50 Hz adalah 1000 rpm, maka dari nilai yang dihasilkan oleh keduanya tidak terlalu berbeda jauh bahkan hampir sama nilainya.
2. Pengaturan dilakukan untuk mengatur putaran motor listrik dalam menggerakn pintu lift dengan menaikkan nilai frekuensi 5 Hz maka menghasilkan putaran motor 101,2 rpm dengan waktu tempuhnya 15,49 detik, saat 10 Hz maka menghasilkan putaran motor 201,2 rpm dengan waktu tempuh 13,79 detik, saat 15 Hz maka menghasilkan putaran motor 299,8 rpm dengan waktu tempuh 12,44 detik, saat 20 Hz maka menghasilkan putaran motor 400,6 rpm dengan waktu tempuh 11,14 detik, dan

seterusnya bertahap naik tiap 5 Hz, hingga mencapai frekuensi 50 Hz, dihasilkan putaran motor 1000,2 rpm, dengan waktu tempuh 2,05 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suryanto.2014. Desain Prototipe Motor Sinkron 3 Fasa. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [2] Denny R. Pattiapon, Jacob J. Rikumahu, dan Marselin Jomlaay. 2019. Penggunaan Motor Sinkron Tiga Fasa Tipe Salient Pole Sebagai Generator Sinkron/. Ambon. Politeknik Negeri Ambon.
- [3] Yusmartato, Ramayulis Nasution dan Armandyah. 2018, "Analisa Penggunaan Motor Sinkron Dengan Kapasitor",. Vol 3, No. 03, 2018.
- [4] Rajagukguk, Bahari Tongam. 2009. Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Arus Jangkar Dan Faktor Daya Pada Motor Sinkron 3 Fasa. Skripsi. Medan: Universitas Sumatra Utara.
- [5] Amarullah, Muhammad Ridwan, dan Lukman Aditya. 2015. Analisa Inverter Drive Sebagai Pengatur Kecepatan Putaran Motor AC/. Jakarta. Unversitas Krisnadwipayana.
- [6] PT. Jaya Kencana. 2012. PMSM Door Drive User Manual Model BG202- XM.
- [7] Hakim, Teten Dian. "Analisa Pengukuran Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Berdasarkan Frekuensi".Jurnal Ilmiah Elektrokrisna Vol. 5 No. 3, 2017.
- [8] Al Bahar, Abdul Kodir dan Gusti Febrianto. "Analia Aliran Daya Pada Gedung Bertingkat Dengan Sumber Tegangan 20kV Menggunakan ETAP 12.6". Jurnal Ilmiah Elektrokrisna Vol. 7 No. 2, 2019.

- [9] Setiawan, Ilham Bagus. 2017. "Analisis Pengaruh Pengaturan Arus Eksitasi Motor Sinkron Tiga Fasa Terhadap Perbaikan Faktor Daya Pada Sistem". Skripsi. Universitas Sumatera Utara.

RANCANG BANGUN SISTEM KUNCI PINTU OTOMATIS DENGAN FINGERPRINT BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA328P

Bayu Kusumo, Sofyan Haromen

Abstrak - Rancang Bangun Sistem Kunci Pintu Otomatis Dengan *Fingerprint* Berbasis Mikrokontroler ATmega328P digunakan untuk mengamankan pintu rumah dari pencurian, atau tindakan – tindakan yang dapat merugikan pemilik rumah. Metode yang digunakan dalam sistem kunci pintu otomatis dengan fingerprint berbasis mikrokontroler atmega328p ini adalah : Prosedur Penelitian, Waktu dan Lokasi Penelitian Teknik Pengambilan Data, Desain Alat dan Sistem, Realisasi Alat dan Sistem, dan Proses Pengujian Alat. Sistem pada alat terdiri dari unit mikrokontroler ATmega 328P sebagai kontrol utama dalam sistem yang ada, mikrokontroler jenis ini tertanam dalam papan PCB tiruan dari arduino uno. Telah berhasil membuat alat kunci pintu otomatis dengan fingerprint berbasis mikrokontroler ATmega328P. *Fingerprint* melakukan input kepada arduino jika arduino mendeteksi sidik jari yang benar maka relay yang bertugas sebagai saklar input dan output yang menutup dan mengunci solenoid, jika sidik jari benar maka relay akan menggerakkan solenoid untuk membuka kunci pintu sedangkan solenoid sendiri bisa bekerja jika telah diberi inputan dari power supply sebesar 12 V. Kemudian untuk notification lcd dan buzzer. LCD dan *Buzzer* bertugas memberikan input kepada Arduino. Setelah terbuka maka *doorlock* akan kembali mengunci secara otomatis setelah 5 detik. Hasil pengujian keseluruhan sistem berjalan dengan baik bila dilakukan akses menggunakan sensor *fingerprint* dengan sidik jari yang sudah tersimpan maka display LCD akan menampilkan informasi.

Kata Kunci : Arduino, *Buzzer*, *fingerprint*, *Liquid Crystal Display* (LCD), Mikrokontroler ATmega328P.

Abstract - Design of Automatic Door Lock System With Fingerprint Based on Microcontroller ATmega328P is used to secure house doors from theft, or actions that can harm homeowners. The methods used in the automatic door lock system with fingerprint based on the ATmega328p microcontroller are: Research Procedure, Research Time and Location of Data Collection Techniques, Tool and System Design, Tool and System Realization, and Tool Testing Process. The system on the device consists of an ATmega 328P microcontroller unit as the main control in the existing system, this type of microcontroller is embedded in an imitation PCB board from Arduino Uno. Has succeeded in making an automatic door lock device with a fingerprint based on the ATmega328P microcontroller. Fingerprint inputs to Arduino, if Arduino detects the correct fingerprint, the relay acts as an input and output switch that closes and locks the solenoid, if the fingerprint is correct, the relay will move the solenoid to unlock the door while the solenoid itself can work if it has been given input from power supply of 12 V. Then for notification lcd and buzzer. LCD and Buzzer are in charge of providing input to Arduino. Once unlocked, the door lock will automatically lock again after 5 seconds. The results of testing the whole system run well if access is carried out using a fingerprint sensor with fingerprints that have been stored, the LCD display will display information..

Keywords: Arduino, *Buzzer*, *fingerprint*, *Liquid Crystal Display* (LCD), ATmega328P Microcontroller.

1. PENDAHULUAN

Pentingnya keselamatan tidak boleh diremehkan. Kita harus membangun lingkungan yang aman. Ketimpangan tingkat kesejahteraan menjadi salah satu penyebab terjadinya tindak pidana. Belakangan ini marak terjadi aksi perampokan di rumah atau di tempat kerja, konon akibat aktivitas warga yang menurun selama wabah COVID-19. Oleh karena itu sistem kunci otomatis menggunakan fingerprint dapat memperkecil kemungkinan pembobolan itu, karena dengan menggunakan sistem fingerprint tidak sembarang orang dapat membukanya dan hanya sidik jari orang tertentu saja yang dapat membukanya [3].

Penyusun akan membuat sistem keamanan yang dilengkapi dengan menggunakan sidik jari, yang juga dikenal sebagai sidik jari yang dilengkapi dengan sistem kontrol. Jika seseorang meletakkan jarinya pada sensor untuk membuka pintu rumah, pintu akan terbuka jika sidik jari yang terhubung cocok dengan data sidik jari pada sistem. Judul yang akan diangkat oleh penyusun adalah "Rancang Bangun Sistem Kunci Pintu Otomatis Dengan Fingerprint Berbasis Mikrokontroler ATMEGA328p"

2. LANDASAN TEORI

2.1. Sensor Sidik Jari

Sidik jari, kesan yang dibuat oleh tonjolan papiler di ujung jari tangan dan ibu jari. Sidik jari merupakan sarana identifikasi pribadi yang sempurna, karena susunan guratan pada setiap jari setiap manusia adalah unik dan tidak berubah seiring dengan pertumbuhan atau usia. Sidik jari berfungsi untuk mengungkapkan identitas asli seseorang

meskipun ada penolakan pribadi, nama samaran, atau perubahan penampilan pribadi akibat usia, penyakit, operasi plastik, atau kecelakaan [1]. Akses ke sistem komputer atau fasilitas fisik dapat diberikan atau ditolak berdasarkan keaslian sidik jari seseorang dengan menggunakan pemindai sidik jari. Contoh sensor sidik jari diilustrasikan pada gambar 2.1. yang menggambarkan bagaimana bentuk sistem keamanan biometrik ini menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak untuk mengidentifikasi pengguna secara akurat

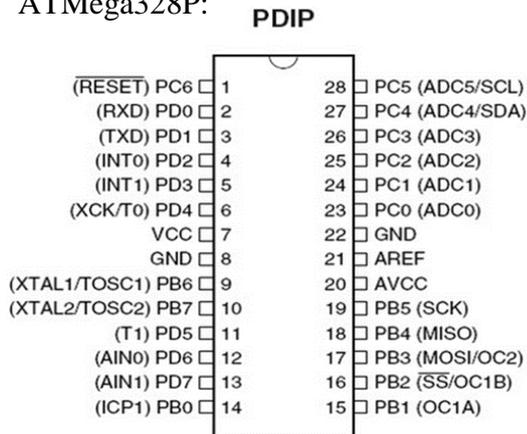
2.2. Mikrokontroler ATmega 328P

ATmega328 adalah mikrokontroler Advanced Virtual RISC (AVR). ATmega328 mendukung pemrosesan data 8-bit. Memori flash 32KB sudah terpasang di ATmega-328. Memori Read-Only Programmable yang Dapat Dihapus Secara Elektrik (1 KB) disediakan oleh mikroprosesor ATmega328 (EEPROM). Karakteristik ini menunjukkan bahwa mikrokontroler dapat menyimpan data dan memberikan hasil meskipun sumber listrik di ATmega-328 memiliki beberapa keunggulan lain yang menjadikannya sebagai mikrokontroler paling populer saat ini di pasaran saat ini. Penghitung waktu nyata dengan osilator independen (RTC), 6 pin PWM, Serial USART yang dapat diprogram, kunci pemrograman untuk keamanan perangkat lunak (PKS), throughput hingga 20 MIPS, dan fitur tambahan. putus [2]. Selain memiliki SRAM 2KB



Gambar 2.1 Module Mikrokontroler ATmega 328P

ATMega328P menampilkan tata letak pin 28-pin yang khas untuk setiap fungsi. Pada Gambar 2.2 untuk informasi tambahan tentang susunan pin ATMega328P:



Gambar 2.2 Konfigurasi pin ATmega 328P

2.3. Arduino Uno

Papan mikrokontroler Arduino UNO menggunakan ATmega328 sebagai lembar data untuk ATmega328P. Secara keseluruhan terdapat 14 pin input dan output pada arduino ini, enam diantaranya merupakan pin output PWM dan enam lainnya merupakan input analog [2]. Terdapat juga osilator kristal dengan frekuensi 16 MHz, koneksi USB, konektor output, header ICSP, dan tombol reset pada Arduino UNO. Dengan koneksi USB atau konverter, Arduino UNO dapat dihubungkan ke komputer atau ditenagai oleh baterai. Dibandingkan dengan papan Arduino

sebelumnya, Uno mewakili keberangkatan radikal. Chip FTDI USB to serial driver tidak digunakan di Arduino UNO. Dari board Arduino UNO.

2.4. Liquid Crystal Display (LCD)

LCD (Liquid Crystal Display) adalah jenis layar panel datar yang menggunakan kristal cair dalam bentuk operasi utamanya. LED memiliki rangkaian kasus penggunaan yang besar dan beragam untuk konsumen dan bisnis, karena biasanya dapat ditemukan di ponsel cerdas, televisi, monitor komputer, dan panel instrumen. LCD menggunakan kristal cair untuk memutar cahaya terpolarisasi, dan setiap piksel dikontrol dan dimatikan secara elektrik. Piksel di depan dan belakang filter kaca polarisasi disusun pada sudut sekitar 90 derajat. Kristal cair dapat dinyalakan dan dimatikan secara elektrik di antara dua filter.

2.5. Solenoid Door lock

Kunci pintu solenoid adalah perangkat penguncian jarak jauh yang menggunakan solenoid elektromagnetik untuk mengunci atau membuka kunci pintu. Untuk sebagian besar, mekanisme kunci pintu solenoid akan sebanding dengan kunci konvensional. Ketika tombol atau pengontrol lain ditekan, solenoid tegangan rendah mendorong kait kembali ke tempatnya, dan itulah satu-satunya perbedaan di antara keduanya. Setelah menekan tombol atau pengontrol, gerendel akan terkunci pada tempatnya selama yang diperlukan agar tombol atau pengontrol dinonaktifkan kembali. Kunci ini sering digunakan pada pintu akses keamanan jarak jauh dan pada pintu mobil.

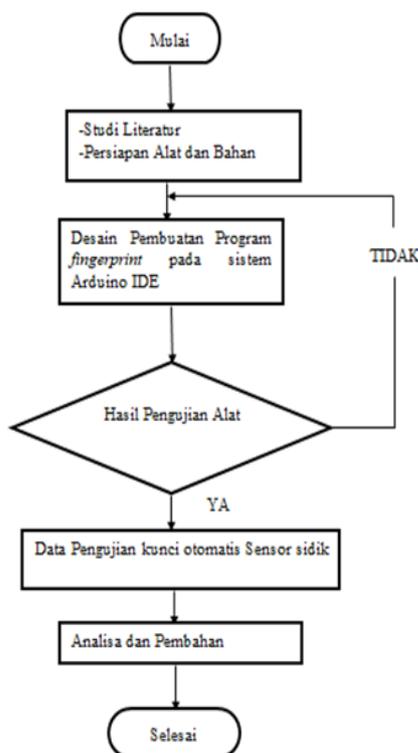
2.6. Buzzer

Buzzer adalah bagian dari peralatan elektronik yang dapat mengeluarkan gelombang suara dari impuls listrik. Sistem alarm sering menggunakan lonceng semacam ini. Ini juga dapat berfungsi sebagai isyarat sonik. Transduser, yang merupakan sejenis komponen listrik, adalah apa yang Anda sebut bel. Positif dan negatif adalah dua kaki bel. Tegangan 3 - 12 volt dapat digunakan untuk menyalakan dan menjalankannya dengan cepat. Cara kerja buzzer piezoelektrik ketika arus atau tegangan listrik mengalir ke dalam rangkaian. Saat digunakan untuk menghasilkan frekuensi antara 1 dan 100 kHz, buzzer piezo unggul [5].

3. METODE PENELITIAN

3.1. Prosedur Penelitian

Dalam pembuatan sistem pintu otomatis menggunakan fingerprint dibuat langkah - langkah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

- a) Studi Literatur
- b) Persiapan Alat dan Bahan
- c) Desain Pembuatan Program fingerprint pada sistem Arduino IDE
- d) Hasil Pengujian Alat
- e) Data Pengujian kunci otomatis Sensor sidik jari
- f) Analisa dan Pembahasan

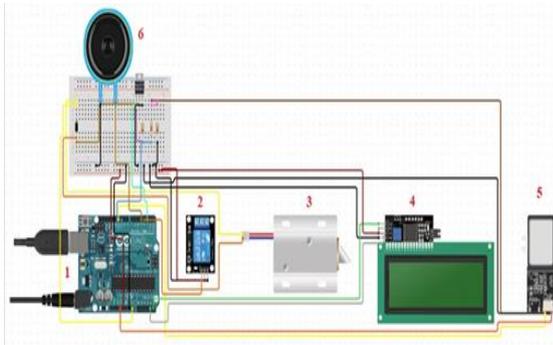
3.2. Teknik Pengambilan Data

Berikut metode-metode pengambilan data dalam penelitian :

- 1) Metode studi literatur
Mencari bahan tertulis yang berbeda, baik cetak maupun elektronik, dari publikasi ilmiah, makalah penelitian, esai akademik, tesis, buku tahunan dan sumber tertulis lainnya adalah langkah pertama.
- 2) Perancangan dan Pembuatan Alat
Saat membuat alat, sangat penting untuk memulai dengan komponen yang benar untuk mencegah biaya yang tidak perlu. Untuk menghindari elemen ini, disarankan agar Anda.
- 3) Pengujian Alat
Pengujian sistem akan dilakukan oleh penulis setelah alat selesai dibuat untuk memastikan bahwa sistem bekerja dengan benar dan memenuhi tujuan yang dimaksudkan, dan juga untuk menentukan hasil dan mengidentifikasi kesalahan apa pun yang mungkin mencegah

sistem memenuhi tujuan penelitiannya.

3.4. Desain Alat dan Sistem



Gambar 3.2 Wiring diagram alat

Fungsi dan keterangan bagian alat dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Mikrokontroler ATMEGA328P
Berfungsi untuk membaca dan menulis data yang dapat diprogram untuk pengoperasian sistem keamanan kunci otomatis menggunakan fingerprint.
- b. Modul Relay
Fungsi modul relay adalah sebagai saklar elektrik. Dimana ia akan bekerja secara otomatis berdasarkan perintah logika yang diberikan.
- c. *Selenoid doorlock*
Berfungsi untuk pengoperasian kunci pintu jarak jauh yang mengunci atau membuka melalui selenoid elektromagnetik.
- d. LCD
Karakter, huruf, atau gambar dapat ditampilkan menggunakan kristal cair di perangkat LCD (Liquid Crystal Display).
- 5) Sensor sidik jari

Berfungsi untuk mengidentifikasi dan mengotentikasi sidik jari seseorang untuk memberikan atau menolak akses ke sistem komputer atau fasilitas fisik.

e. *Buzzer*

Berfungsi untuk sistem alarm dan bisa juga digunakan sebagai indikasi suara.

Berikut penjelasan bagaimana masing-masing komponen di sambung atau di

3.5. Realisasi Alat dan Sistem

a. Perancangan hardware

Desain adalah langkah penting dalam pembuatan alat. Untuk memastikan alat bekerja sesuai rencana, maka perlu dilakukan analisis terhadap komponen-komponennya. Desainer membuat alat yang lebih mudah digunakan dengan menyederhanakan proses pembuatannya. Untuk membuat sistem alat yang diinginkan, diagram blok dan skema rangkaian untuk setiap blok termasuk fungsionalitas yang ditentukan dan spesifikasi alat yang diantisipasi dibuat dan kemudian dihubungkan. Terdapat dua bagian pada perancangan sistem kunci pintu otomatis dengan sensor sidik jari berbasis Arduino ATmega 328. Gambar 3.3 menggambarkan mekanisme fungsi kunci pintu otomatis dengan pengenalan sidik jari berbasis Arduino ATmega 328 :

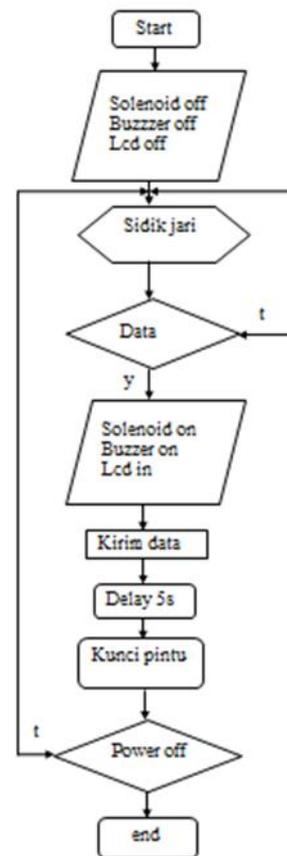


Gambar 3.3 Perancangan Alat

b. Perancangan Software

Banyak prosedur yang harus diselesaikan sebelum mulai membangun program untuk perangkat lunak Arduino. Membuat diagram alur metode kami dan kemudian mengubahnya menjadi algoritma adalah langkah selanjutnya dalam membuat alat yang lebih ramah pengguna. Setelah itu, penyusun akan mengimplementasikan fungsi pengkodean yang menyertainya.

Algoritma berpikir dan flowchart kita harus dikembangkan sebelum kita dapat menulis program untuk diunggah ke Arduino. Sebagai hasilnya, kami akan dapat lebih menampilkan pemrograman penyusun. Algoritma utama sistem keamanan pintu rumah berbasis pemindai sidik jari seperti pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 Diagram alir algoritma pemrograman.

diperlukan urutan pemanggilan yang tepat, karena urutan yang tidak pas dapat mempengaruhi cara kerja alat. Dibawah ini berikut pemograman software Arduino :

```
#include <Adafruit_Fingerprint.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#define note1 400
#define note2 450
#define note3 500

SoftwareSerial mySerial(2, 3); //Inisialisasi serial RX TX modul fingerprint
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 4); //Inisialisasi I2C LCD
int doorLock = 8; //pin untuk sinyal doorlock
int buzzer = 9; //pin buzzer

Adafruit_Fingerprint finger = Adafruit_Fingerprint(&mySerial);

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial);
  delay(100);
  Serial.println("\n\nAdafruit finger detect test");

  // set the data rate for the sensor serial port
  finger.begin(57600);
}
```

3.6 Proses Pengujian Alat

a. Pengujian Rangkaian Arduino

Untuk menguji rangkaian mikrokontroler Arduino Uno, cukup sambungkan ke rangkaian Arduino, dengan pin GND pada Arduino bertindak sebagai ground, pin VCC bertindak sebagai supply positif, dan kabel kuning sebagai supply negatif, semuanya yang dapat dihubungkan ke Arduino Uno. Dua kaki untuk arduino. Pada tahap selanjutnya mikrokontroler Arduino diprogram

b. Pengujian Liquid Crystal Display (LCD)

LCD terhubung langsung ke pin digital Arduino, yang mengirimkan data yang diproses ke LCD dalam bentuk alfabet dan numerik. Pin LCD I2C, VCC, GND, SDA dan SCL, mengontrol tampilan karakter pada LCD. Rangkaian LCD-ke-Arduino terdiri dari menghubungkan pin VCC LCD I2C ke pin Arduino 5v, pin GND LCD I2C ke pin Arduino GND, pin SDA LCD I2C ke pin Arduino A4, dan pin SCL LCD I2C ke pin Pin Arduino. Ini semua dilakukan melalui Arduino 5V. Pin pada pelindung Arduino A5. Setelah menyelesaikan perakitan rangkaian LCD I2C dan pemrograman pada aplikasi Arduino IDE, ngan program dasar.

c. Pengujian Sensor Sidik jari

Sebelum menguji sensor, gunakan perangkat lunak daftar untuk mengirimkan data sidik jari. Setelah itu, informasi sidik jari disimpan ke memori internal perangkat. Pemrograman ulang dan pengujian Arduino adalah langkah selanjutnya. Sidik jari yang telah diredam sesuai dengan data yang telah disimpan ditampilkan sebagai cocok ketika data tidak cocok, Fitur serial monitor dari program Arduino menunjukkan hal ini. Segera setelah

menyelesaikan tes pendaftaran sidik jari, lanjutkan ke tes kompatibilitas sidik jari dengan menggunakan pemindai sidik jari. Keyakinan pada kemampuan pemindai sidik jari untuk membaca sidik jari meningkat seiring dengan meningkatnya tingkat kepercayaan monitor serial. Lokasi sidik jari, kondisi sidik jari, dan faktor lainnya dapat membantu menilai tingkat kesamaan

d. Pengujian Buzzer

Saat sensor jarak yang dikonfigurasi beroperasi, status Buzzer diperiksa untuk melihat apakah aktif atau tidak.

e. Pengujian Solenoid Doorlock

Perangkat penyusun meliputi rangkaian driver solenoid kunci pintu. Untuk mengamankan sistem, kunci pintu solenoid digunakan sebagai mekanisme penguncian. Aktivasi solenoid dicegah karena daya keluaran mikrokontroler tidak mencukupi, sinyal input akan diperkuat dua kali. Tang ampere digunakan untuk mengukur arus yang melewati solenoid kunci pintu selama pengujian.

4.1. Hasil Pengujian dan Pengukuran

a. Hasil Pengukuran dan analisa sensor Solenoid Doorlock

Pada pengukuran solenoid doorlock, nilai tegangan yang digunakan sebesar 12 Volt yang sumbernya berasal dari input adaptor 12V, pengukuran dilakukan pada output DC jack power adaptor yang digunakan sebagai suplai tegangan solenoid doorlock. Pengukuran Solenoid doorlock menggunakan jari orang dewasa dan jari anak – anak. menunjukkan jika sensor sidik jari saat sedang mendeteksi sidik jari seseorang maka rata – rata nilai tegangan output sebesar 11,70V sedang tidak mendeteksi solenoid doorlock nilai tegangan output sebesar 12,39V.

Pengujian ini dilakukan sebanyak 7 percobaan. Perubahan nilai tegangan output pada selenoid doorlock hanya sedikit bahkan dapat dikatakan hanya sedikit perubahan. Hal ini diakibatkan karna tegangan output yang dihasilkan berupa tegangan digital.

4.2. Hasil Pengujian Dan Analisa Sensor Fingerprint

Analisis Kinerja Sensor Sidik Jari Hasil dari pengujian sensor sidik jari ini menggunakan berbagai keadaan sidik jari baik yang tersimpan maupun yang belum tersimpan dan data sidik jari yang masih baru diharapkan dapat diketahui kondisi sistem dan sensitivitas dari sensor sidik jari. jari yang belum terdaftar.

a. Hasil Pengujian sidik jari yang sudah terdaftar

Untuk membuka kunci pintu, sidik jari penyusun dicatat sebagai entri, dan sidik jari penyusun dan jari anak - anak digunakan tujuh kali untuk membuka kunci pintu. Iangkah pertama adaIah menempelkan sidik jari yang sudah terekam di area sensor sidik jari dengan notasi yang menandakan kunci pintu tertutup. Artinya setelah membaca dan mendeteksi sidik jari, sistem akan menampilkan "Silahkan Masuk" pada LCD, serta mengukur waktu yang dibutuhkan sistem untuk membaca sidik jari. Ini berarti kunci pintu akan terbuka jika dan saat sensor berhasil.



Gambar 4.1 Pengujian deteksi sidik jari

b. Hasil Pengujian sidik jari yang belum terdaftar

Sidik jari yang berbeda digunakan untuk masing-masing dari dua tes dalam tes sidik jari penulis yang tidak terdaftar ini. Data sistem dikirim ke Iayar LCD yang menunjukkan "Jari Salah Coba Lagi" jika pengenalan sidik jari berhasil. Kunci pintu tetap tertutup dan sistem mengukur waktu untuk mendeteksi sidik jari yang tidak terdaftar jika sidik jari berhasil dikenali. Untuk uji sidik jari yang tidak diketahui.

4.2 Hasil Pengujian Buzzer

Hasil Pengujian ini dilakukan dengan cara melihat status Buzzer apakah aktif atau tidak pada saat sensor jarak yang telah diprogram bekerja. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah buzzer berfungsi atau tidak. Sumber daya 5 watt digunakan untuk menguji beI. Langkah-Langkah pengujian Karena buzzer yang digunakan adalah buzzer yang berukuran kecil, maka yang diperlukan untuk melakukan pengujian adalah menghubungkan kaki buzzer dengan kutub positif dan negatif. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Pengujian Buzzer terhadap pendeteksi sidik jari.

No.	Jari yg digunakan	Sidik Jari	Buzzer
1	Ibu Jari kanan	Terdaftar	Bunyi
2	Ibu Jari kiri	Tidak terdaftar	Bunyi berbeda

4.3 Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Alat kunci pintu otomatis dengan fingerprint berbasis mikrokontroler atmega328p diujicobakan secara sistem keseluruhan. Fingerprint melakukan input kepada arduino jika arduino mendeteksi sidik jari yang benar maka relay yang bertugas sebagai saklar input dan output yang menutup dan mengunci solenoid, jika sidik jari benar maka relay menggerakkan solenoid untuk membuka kunci pintu sedangkan solenoid sendiri bisa bekerja jika telah diberi inputan dari power suply sebesar 12 V. Kemudian untuk notifikasi Lcd dan buzzer. Lcd dan Buzzer bertugas memberikan input kepada Arduino. Setelah terbuka maka doorlock akan kembali mengunci secara otomatis setelah 5 detik. Gambar 4.2 menunjukkan saat pengujian sistem pintu otomatis.



Gambar 4.2 Rancang bangun sistem pintu otomatis dengan finger print

5. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Setelah di lakukan pengujian dan analisa selanjutnya dapat diperoleh kesimpulan yaitu :

1. hasil pengujian sensor fingerprint dalam mengidentifikasi sidik jari yang sudah tersimpan. atau yang tidak tersimpan pada

membutuhkan waktu sekitar 1,5 sampai dengan 3 detik.

2. Alat kunci pintu otomatis dengan fingerprint berbasis mikrokontroler ATmega328p, melakukan input kepada arduino jika arduino mendeteksi sidik jari yang benar maka relay yang bertugas sebagai saklar input dan output yang menutup dan mengunci solenoid, jika sidik jari benar maka relay menggerakkan solenoid untuk membuka kunci pintu sedangkan solenoid sendiri bisa bekerja jika telah diberi input dari power suplai sebesar 12 V.
3. Kemudian untuk notifikasi lcd dan buzzer. Lcd dan Buzzer bertugas memberikan input kepada Arduino. Setelah terbuka maka *doorlock* akan kembali mengunci secara otomatis setelah 5 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A[1]. Anwar, M. S., & Abdillah, A. (2016). SISTEM PENGAMAN PINTU RUMAH MENGGUNAKAN FINGERPRINT SCANNER BERBASIS MIKROKONTROLER.
- [2] [2] Bahar, Abdul. kodir al, & Ashfahani, F. A. (2021). RANCANG BANGUN ALAT HAND SANITIZER OTOMATIS MENGGUNAKAN ARDUINO UNO R3 ATMEGA 328 DAN SENSOR INFRARED. Jurnal Ilmiah Elektro Universitas Krisnadwipayana, 9(3).
- [3] [3] Hakim, Teten. Dian., & Munthe, Y. P. (2022). RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN SENSOR JARAK BERBASIS MIKROKONTROLER PADA TEMPAT SAMPAH. Jurnal Ilmiah Elektro Universitas

- Krisnadwipayana, 10(8.5.2017), 2003–2005.
- [4] [4] Lumban Tobing, S. (2015). Rancang Bangun Pengaman Pintu Menggunakan Sidik Jari (Fingerprint) Dan Smartphone Android Berbasis Mikrokontroler Atmega8. Teknik Elektro Univ Tanjungpura Pontianak, 1 (RANCANG BANGUN PENGAMAN PINTU MENGGUNAKAN), 2.
- [5] Kurnianto, Danny., Abdul Mujib Hadi., Eka Wahyudi. 2016. Perancangan Sistem Kendali Otomatis Pada Smart Home Menggunakan Modul Arduino Uno. Jurnal Nasional Teknik Elektro Vol. 5 No. 2. ISSN: 2302-2949.nwar, M. S., & Abdillah, A. (2016). SISTEM PENGAMAN PINTU RUMAH MENGGUNAKAN FINGERPRINT SCANNER BERBASIS MIKROKONTROLER.

RANCANG BANGUN MONITORING KETINGGIAN AIR PADA SISTEM KONTROL PINTU AIR BERBASIS IOT (INTERNET OF THINGS)

Slamet Purwo S., Eboni Sinurat

Abstrak - Ketinggian permukaan air pada sungai adalah salah satu parameter yang perlu diukur untuk mendeteksi banjir secara dini. Penelitian bertujuan untuk mengembangkan prototype system peringatan dini banjir dengan menggunakan sensor ultrasonic yang diintegrasikan dengan arduino untuk mengukur ketinggian air. Alat dan bahan yang digunakan yaitu: Arduino uno, Sensor ultrasonic, Bloetooth HC 05 sebagai media pengirim dan penerima sms yang ditambahkan agar sistem dapat memberikan informasi mengenai ketinggian air serta peringatan SIAGA I, SIAGA II, SIAGA III melalui pesan singkat dan memberi perintah menaikkan dan menurunkan pelampung penyekatan sampah, motor DC (gear box) digunakan untuk memodelkan pintu air pada sungai tersebut, dan relay sebagai pemutus dan penghubung arus. Metode dan prosedur yang digunakan adalah perencanaan, pengumpulan bahan, pembuatan miniatur system, perancangan hardware, dan pembuatan Program Arduino Uno dengan menggabungkan Bloetooth HC-05 dan Sensor Ultrasonic. Hasil dan pembahasan dari penelitian yang didapat adalah sensor ultrasonic dapat membaca ketinggian air yang sudah dibaca oleh sensor ultrasonic, serta miniatur pintu air dapat membuka dan menutup sesuai dengan perintah yang dikirim melalui pesan singkat oleh operator.

Kata Kunci : Ketinggian Air, Peringatan Dini Banjir, *Bloetooth* HC-05, Arduino Uno, Sensor *Ultrasonic*

Abstract - The water level in rivers is one of the parameters that need to be measured to detect floods early. This study aims to develop a prototype of a flood early warning system using ultrasonic sensors integrated with Arduino to measure water levels. The tools and materials used are: Arduino uno, ultrasonic sensor, Bloetooth HC 05 as a medium for sending and receiving sms which are added so that the system can provide information about water levels as well as SIAGA I, SIAGA II, SIAGA III warnings via short messages and give orders to raise and lowering the garbage insulating buoy, a DC motor (gear box) is used to model the floodgates on the river, and relays as circuit breakers and connectors. The methods and procedures used are planning, collecting materials, making miniature systems, designing hardware, and making Arduino Uno Programs by combining Bloetooth HC-05 and Ultrasonic Sensors. The results and discussion of the research obtained are that the ultrasonic sensor can read the water level that has been read by the ultrasonic sensor, and the miniature sluice gate can open and close according to the commands sent via short messages by the operator.

Keyword: Water Level, Flood Early Warning, Bloetooth HC-05, Arduino Uno, Ultrasonic Sensor

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis dimana curah hujan sangat lah tinggi. Pada saat musim penghujan hampir keseluruhan wilayahnya diguyur hujan dengan intensitas yang cukup tinggi. Apabila hujan berlangsung cukup lama, hal ini lah yang berpotensi terjadinya Banjir pada tempat atau ruang resapan air seperti danau, sungai, gorong-gorong dan lain sebagainya jika sudah meluap atau melebihi kapasitas penampungan.

Dindonesia sendiri banjir merupakan salah satu bencana yang kerap terjadi terutama didaerah perkotaan yang padat penduduk beberapa tahun terahir. Bencana banjir juga telah menjadi perhatian secara nasional oleh pemerintah, terlihat dari peran pemerintah dalam membentuk Badan Penanggulangan Bencana Banjir (BPBN) sebagai badan yang mempunyai peran menanggulangi bencana di indonesia dan menormalisasi area-area aliran sungai serta sarana-sarana terkait dalam penanggulangan banjir seperti pintu-pintu air.

Bersamaan dengan pendirian BPBN juga mendorong pihak-pihak swasta maupun instansi lainnya seperti lembaga riset atau swadaya masyarakat untuk mengembangkan sistem yang dapat mengantisipasi bencana seperti peringatan bencana secara dini. Kini telah dikembangkan berbagai teknologi yang diharapkkn berhasil untuk menganalisis dampak yang terjadi akibat bencana banjir. Dalam penyampaian informasi yang bersifat darurat, dibutuhkan sebuah sistem monitoring ketinggian air pada sistem kontrol pintu air menggggunakan teknologi terkini dan peringatan ke masyarakat agar

mempersiapkan diri menghadapi banjir yang akan datang.

Sistem Monitoring ketinggian air pada pintu air ini memanfaatkan komponen-komponen elektronik yaitu Arduino Uno, Sensor Ultrasonic, Motor Dc 5vdc, Gear box, Relay 2 dan 4 channel, serta Power supply. Dalam hal ini arduino ini sebagai kontrol ketinggian air, dibantu dengan Sensor Ultrasonic sebagai pembaca sistem yang sudah terintegrasi dan motor sebagai penggerak pintu air, Sensor ultrasonic yang berfungsi memberikan informasi mengenai ketinggian air serta peringatan SIAGA I, SIAGA II, dan SIAGA III melalui pesan singkat dan memberi perintah kepada motor servo yang berfungsi sebagai pintu air untuk dapat menaikn dan menurunkan pintu terhadap ketinggian air.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Pintu Air

Pada dasarnya pintu air merupakan sebuah elemen penting terhadap siklus pengontrolan debit air terhadap waduk, sungai atau embung pada saat curah hujan tinggi untuk menghindari luapan air. Dikarenakan indonesia merupakan negara yang beriklim tropis yang mana curah hujan tinggi pada bulan-bulan tertentu. Pada wilayah perkotaan seperti kota jakarta sangat diperlukan sistem monitoring atau pengontrolan pada pintu air karena sangat rawan banjir. Situasi seperti ini tentu sangat merugikan terhadap masyarakat apalagi mendapat kiriman dari aliran wilayah bogor yaitu pintu air katulampa yang tidak dapat menampung debit air yang cukup tinggi sehingga banjir bisa datang kapan saja tanpa ada pemberitahuan dini dari pihak pihak terkait. Maka dari itu perlu diciptakan sebuah alat yang dapat memberikan informasi dini dengan

menggunakan teknologi mumpuni yaitu Sistem Monitoring Ketinggian Air Pada Pintu Air Berbasis IOT untuk meminimalisir terjadinya bencana banjir.

2.2 Komponen Pendukung

Tabel 2. 1 Data Kebutuhan Komponen Pendukung

Data Kebutuhan Komponen Pendukung			
No	Nama Komponen	Spesifikasi	Qty
1	Arduino Uno	Uno	1
2	Modul Relay 2/4 Channel	Channel	3
3	Motor DC/Gear Box	5 VDC	3
4	Kabel Male-Female	Jumper	Secukupnya
5	Prototype Acrylic	-	Secukupnya
6	Power Supply	5 VDC	1
7	Project Board	Mini	1
8	Telepon Genggam (Handpone)	Android	1

A. Relay Modul Channel

Umumnya, relay 5volt DC digunakan untuk membuat project yang salah satunya komponen nya butuh tegangan tinggi atau yang sifatnya AC (Alternating Current). Adapun fungsi relay secara spesifikasi adalah sebagai berikut :

1. Menjalankan fungsi logika dari mikrokontroler Arduino.
2. Sarana untuk mengendalikan tegangan tinggi hanya dengan menggunakan tegangan rendah.
3. Meminimalkan terjadinya penurunan tegangan.
4. Memungkinkan penggunaan fungsi penundaan waktu atau fungsi time delay function.
5. Melindungi komponen lainnya dari kelebihan tegangan penyebab korsleting.
6. Menyederhanakan rangkaian agar lebih ringkas.

B. Arduino Uno

Jenis ini adalah yang paling banyak digunakan. Terutama untuk pemula sangat disarankan untuk menggunakan Arduino Uno. Banyak refrensi yang membahas Arduino Uno Versi yang terakhir adalah Arduino uno R3 (revisi 3), menggunakan ATMEGA328 sebagai mikrokontrolernya, Memiliki 14 pin I/O digital dan 6 pin input analog. Untuk pemrograman cukup menggunakan koneksi USB type A to type B. Sama seperti yang digunakan pada USB printer.

Menurut iMe (iLearning Media) Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis Atmega328 (datasheet). Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang ke adaptor-DC atau baterai untuk menjalankannya (R Pradana.2017)

C. Sensor Ultrasonik

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang yang umum digunakan untuk radar untuk mendeteksi keberadaan suatu benda dengan memperkirakan jarak antara sensor dan benda tersebut. Sensor jarak yang umum digunakan dalam penggunaan untuk mendeteksi jarak yaitu sensor *ultrasonic*. Sensor Ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran Fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya.

Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk

menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang Ultrasonic (bunyi ultrasonic). Gelombang Ultrasonic adalah gelombang bunyi yang mempunyai frekuensi sangat tinggi yaitu 20.000 Hz.

D. Gearbox Motor DC 5V

Motor DC adalah piranti elektronik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa gerak rotasi. Pada motor DC terdapat jangkar dengan satu atau lebih kumparan terpisah. Tiap kumparan berujung pada cincin belah (komutator). Dengan adanya insulator antara komutator, cincin belah dapat berperan sebagai saklar kutub ganda (double pole, double throw swith). Motor DC bekerja berdasarkan prinsip gaya Lorentz, yang menyatakan ketika sebuah konduktor beraliran arus diletakkan dalam medan magnet, maka sebuah gaya (yang dikenal dengan gaya Lorentz) akan tercipta secara ortogonal diantra arah medan magnet dan arah aliran arus. Kecepatan putar motor DC (N) dirumuskan dengan Persamaan berikut(Vv Simanjuntak.2017).

$$N = \frac{V_{TM} - I_A R_A}{k\phi}$$

Keterangan :

V_{TM} : Tegangan terminal

I_A : Arus jangkar motor

R_A : Hambatan jangkar motor

K : Konstanta motor

Φ :Fluk magnet yang terbentuk pada motor

E. Power Supply

Adaptor adalah sebuah perangkat berupa rangkaian elektronika untuk mengubah tegangan listrik yang besar menjadi tegangan listrik lebih kecil, atau rangkaian untuk mengubah arus bolak balik (arus AC) menjadi arus searah (arus DC). Adaptor atau power supply merupakan komponen inti dari peralatan elektronik. Adaptor digunakan untuk menurunkan tegangan AC 220 volt menjadi kecil antara 3 volt sampai 12 volt sesuai kebutuhan alat elektronika (WikiElektronika.2022).



Gambar 2.2 Power Supply

F. Projet Board

Merupakan sebuah papan hubung yang terdiri dari lubang lubang kecil tempat kaki komponen yang satu sama lain saling berhubungan sesuai dengan alurnya. Pada arah vertikal masing masing lubang saling berhubungan, namun tidak untuk yang arah horizontal. Papan proyek biasa dipakai untuk bereksperimen membuat rangkaian elektronika dengan daya rendah. Pada pengujian rangkaian menggunakan project board, seseorang bisa bereksperimen dengan mengganti nilai komponen atau bisa jadi merubah rangkaian.

G.Kabel Male-Female

Adalah bagian yang didalamnya terdapat kawat penghantar listrik, sedannkan

konektor adalah ujung dari kabelnya yang memiliki pin header. Fungsi kabel dalam sebuah rangkaian listrik adalah sebagai saluran penghubung tempat mengalirnya arus listrik ketiap komponen.

H. Kabel USB Arduino

Soket USB adalah soket kabel USB yang disambungkan kekomputer atau laptop. Yang berfungsi untuk mengirimkan program ke arduino dan juga sebagai port komunikasi serial.

I. Gear Motor DC

Gearbox memiliki fungsi sebagai pemindah tenaga dari tenaga penggerak (mesin diesel atau dinamo motor elektrik) kemesin yang ingin digerakkan. Ada dua alasan mengapa penggunaan gearbox dalam dunia permesinan memegang peranan penting,pertama fungsi gearbox utamanya adalah memperlambat kecepatan putaran yang dihasilkan dari perputaran dinamo motor atau mesin diesel dan yang kedua adalah untuk memperkuat tenaga putaran yang dihasilkan oleh dinamo atau diesel.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian

Proses rancang bangun ini penulis terlebih dahulu melakukan pengumpulan data dari berbagai sumber dan bahan perancangan. Setelah semua terealisasikan penulis melakukan penyusunan dan perancangan alat secara menyeluruh agar tercapai tujuan daripada penelitian ini.

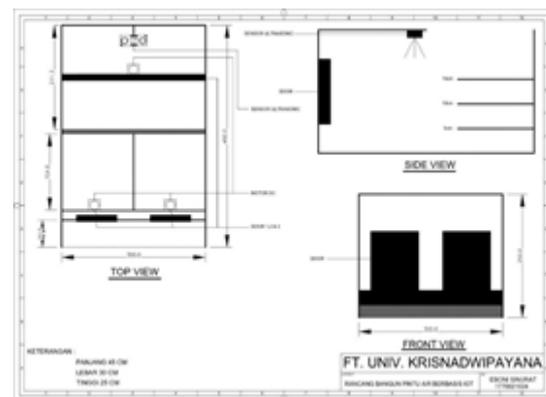
3.2 Teknik Pengambilan Data

Dalam merancang pintu air berbasis IOT (Internet Of Things), dibutuhkan pengukuran, perhitungan dan survei data, adapun penjelasannya sebagai berikut Pengukuran Rancang Bangun Pintu Air Berbasis IOT Dalam

Pengukuran rancang bangun telah sesuai dengan realisasi ukuran alat yang dibuat yang memiliki ukuran Panjang 45 cm, Lebar 30 cm, Tinggi 20 cm pada wadah penampungan air. Pengukuran Tegangan Rancang Bangun Pintu Air Berbasis IOT.Pada Rancang Bangun Pintu Air Berbasis IOT memiliki komponen untuk menggerakkan pintu air menggunakan motor DC.

3.3 Desain Alat dan Sistem

Setelah penulis mempersiapkan rancangan dan bahan-bahan, lalu dilanjut keperakitan alat. Adapun ukuran rancang bangun pintu air berbasis IOT (Internet Of Things) tersebut.



Gambar 3.1 Desain Rancang Bangun Pintu Air Berbasis IOT

1.4 Realisasi Alat dan Sistem

Dari Gambar 3.2, wadah difungsikan sebagai penampung air dan memiliki 3 ruang atau sekat yang masing-masing diberi pintu 1, pintu 2, pintu 3. Dan pada pintu 1 dan pintu 2 diberi motor DC sebagai penggerak buka-tutup pintu pada saat debit air meningkat.Sebagai alat pendeteksi, sensor berperan sebagai pemberi informasi ke sistem arduino lalu meneruskan informasi ke motor DC untuk membuka-tutup pintu. Setelah kondisi pintu air normal pintu 1 dan pintu

2 ditutup kembali dan memberi tanda pada Handpone bahwa debit air sudah normal.



Gambar 3.2 Realisasi Rancang Bangun Pintu Air Berbasis IOT

Dengan dimensi Panjang = 45 cm, tinggi = 20 cm, dan Lebar = 30 cm.

1.5 Proses Pengujian Alat

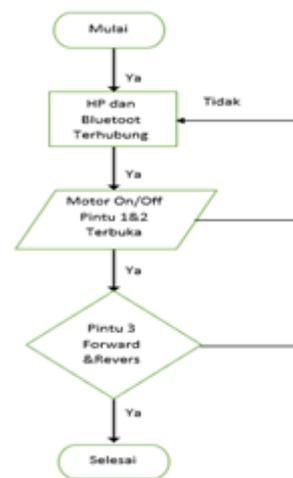
Proses pengujian alat dilakukan sesuai dengan prinsip kerja yang dijalankan pada Sistem Rancang Bangun Pintu Air Berbasis IOT, berupa flowchart seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Flowchart Kondisi Pintu Air Terhadap Sensor Ultrasonik

Pada saat pintu ke 3 terbuka ketinggian air berada pada 14 cm, tetapi

pintu 1 dan 2 dalam kondisi tertutup. kemudian sensor ultrasonik mendeteksi lalu mengkoneksi ke motor untuk membuka pintu 1 secara otomatis dan kondisi air berkurang ketika ketinggian air berada di 3 cm pintu ke 2 terbuka. Kondisi pintu air terhadap sensor ultrasonik dapat dilakukan pada Gambar 3.4 adapun langkah berikut yaitu Flowchart Kondisi Pintu Air terhadap Aplikasi Arduino *Bloetooth Controller*,



Gambar 3.4 Flowchart Kondisi Pintu Air terhadap Aplikasi Arduino *Bloetooth Controller*.

Setelah ketinggian air surut kondisi pintu air masih terbuka. Pada tahap ini handpone terhubung melalui Bluetooth HC-05 terhadap motor untuk perintah On/Buka pintu 1 dan 2 sedangkan pintu 3 Off/tutup untuk mengkondisikan kembali pintu air. Setelah diuji berdasarkan flowchart pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 terdapat pengujian alat yang dilakukan secara nyata sesuai dengan prinsip kerja yang dibuat pada Rancang Bangun Pintu Air Berbasis IOT.

2. HASIL ANALISIS DATA

Gambar 4.1 memperlihatkan pengukuran Tegangan Sistem Rancang Bangun Pintu Air Berbasis IOT



Gambar 4.1 Pengukuran tegangan

Gambar 4.2 menunjukkan pengukuran jarak atau ketinggian permukaan air terhadap sensor.



Gambar 4.2 Pengukuran Jarak Sensor Terhadap Permukaan Air

Pengujian laju debit air terhadap pintu dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Pengukuran Jarak Sensor Terhadap Permukaan Air

D. ANALISA DAN PEMBAHASAN

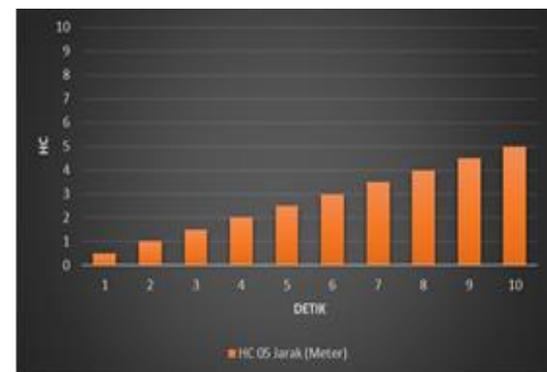
Pengamatan Kecepatan Waktu Level Debit Air Terhadap Pintu dilakukan pada percobaan dan dapat dilihat pada grafik Gambar 4.4 dimana pada saat ketinggian air mencapai 14 cm

pintu 1 akan terbuka secara otomatis dan memerlukan waktu delay 1,07 menit. Sedangkan pintu 2 hanya memerlukan waktu delay 16 detik pada saat ketinggian air mencapai 3 cm



Gambar 4.5 Pengamatan Kecepatan Waktu Level Debit Air Terhadap Pintu

Pengamatan kecepatan koneksi Bluetooth HC-05 terhadap smartphone dihitung berdasarkan data yang real dimana untuk perhitungannya diambil jarak terjauh mulai dari 5m-10 detik, 4m-8 detik, 3m-6 detik, 2m-4 detik, 1m-2 detik untuk membuka pintu 1 dan pintu 2 dengan perintah pengkoneksian smartphone ke HC-05.



Gambar 4.6 Pengamatan kecepatan koneksi Bluetooth HC-05 terhadap handphone

3. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan antenna Yagi persegi yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Saat air mencapai 14 cm pintu 1 akan terbuka secara otomatis dengan delay waktu 1,07 menit

dan pintu 2 memerlukan delay waktu 16 detik.

2. Pada tahap proses pengamatan Kecepatan komunikasi bluetooth terhadap smartphone dapat disimpulkan jarak terjauh 5 meter memerlukan waktu 10 detik.

4. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alfreed Tenggono, Yovan, Erick Kusuma, Welly, 2015. SISTEM MONITORING DAN PERINGATAN KETINGGIAN AIR BERBASIS WEB DAN SMS GATEWAY, STMIK PalCom, Palembang
- [2] Sumardi Sadi, 2018. RANCANG BANGUN MONITORING KETINGGIAN AIR DAN SISTEM KONTROL PADA PINTU AIR BERBASIS ARDUINO DAN SMS GATEWAY, Electrical Engginering Study Program Faculty Of Engginering, University Of Muhammadiyah
- [3] FEBRIANTO,2014.ndoware.com/apa-itu-Arduino-uno.html
- [4] Arif Widodo, Farid Baskoro, Reza Rahmadian, 2021.RANCANG BANGUN PROTOTYPE MONITORING KETINGGIAN AIR PADA BENDUNGAN BERBASIS INTERNET OF THINGS, S1 Teknik Elektro, fakultas Teknik Negeri Surabaya

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING BERBASIS IOT PADA PANEL SURYA 20 WP MENGGUNAKAN ARDUINO MEGA 2560

Tri Ongko Priyono, Guntur Prasetyo

Abstrak - Matahari merupakan salah satu energi baru terbarukan yang cukup melimpah di Indonesia karena berada di garis khatulistiwa. Untuk itu diperlukan suatu sistem yang mampu memanfaatkan energi dari matahari. Panel surya adalah media atau alat yang tepat untuk memanfaatkan energi matahari supaya dapat diubah menjadi energi listrik. Selain dapat memenuhi kebutuhan permintaan energi listrik, energi dari matahari juga merupakan energi yang ramah terhadap lingkungan. Supaya dapat memenuhi kebutuhan energi listrik menggunakan panel surya, dibutuhkan sistem monitoring untuk memantau tegangan, arus dan daya listrik yang dihasilkan. Dengan adanya sistem monitoring, dapat menambahkan perangkat atau peralatan untuk memaksimalkan hasil energi pada panel surya dari data sistem monitoring. Namun apabila sistem monitoring dilakukan dengan cara mengukur tegangan dan arus langsung pada panel surya, tidak efisien secara waktu dan tenaga karena mengharuskan setiap pengukuran harus ke panel surya tersebut. Untuk mengatasi masalah ini, penulis membuat rancang bangun sistem monitoring berbasis IoT menggunakan mikrokontroler arduino mega 2560. Dimana sistem ini mampu membaca tegangan, arus dan daya listrik pada panel surya melalui smartphone dan komputer, sehingga memudahkan saat membutuhkan data pengukuran tanpa perlu mengukur ke panel surya. Sistem ini menggunakan mikrokontroler arduino mega 2560 dan modul ESP8266 untuk menghubungkan ke jaringan internet wifi, sedangkan untuk pengukuran tegangan dan arus menggunakan sensor ACS712 dan DC Voltage Sensor. Supaya hasil pengukuran dapat ditampilkan pada smartphone dan komputer menggunakan platform yang bernama Blynk. Pengujian dilakukan menggunakan panel surya berkapasitas 20 WP selama 3 hari mulai pukul 10.00 WIB sampai pukul 15.00 WIB. Berdasarkan pengujian, menghasilkan persentase selisih antara pengukuran menggunakan multimeter dengan monitoring pengukuran menggunakan aplikasi blynk untuk selisih tegangan sebesar 0,65%, selisih arus sebesar 0,91% dan selisih daya listrik 0,93%. Sehingga didapatkan hasil sistem monitoring panel surya berbasis IoT menggunakan arduino mega 2560 dapat mengukur tegangan, arus dan daya listrik dengan selisih pengukuran tidak melebihi 1% dari pengukuran menggunakan multimeter.

Kata Kunci : Panel Surya, Monitoring, Mikrokontroler, Sensor dan Blynk.

Abstract - The sun is one of the new renewable energies that is quite abundant in Indonesia because it is located on the equator. For that we need a system that is able to utilize energy from the sun. Solar panels are the right medium or tool for utilizing solar energy so that it can be converted into electrical energy. Besides being able to meet the demand for electrical energy, energy from the sun is also energy that is friendly to the environment. In order to meet the needs of electrical energy using solar panels, a monitoring system is needed to monitor the voltage, current and electrical power generated. With a monitoring system, you can add devices or equipment to maximize energy yields on solar panels from monitoring system data. However, if the monitoring system is carried out by measuring the

voltage and current directly on the solar panel, it is inefficient in terms of time and energy because it requires that every measurement must go to the solar panel. To overcome this problem, the authors design an IoT-based monitoring system using an Arduino Mega 2560 microcontroller. Where this system is able to read voltage, current and electrical power on solar panels via smartphones and computers, making it easier when you need measurement data without the need to measure to the solar panel. This system uses an Arduino Mega 2560 microcontroller and an ESP8266 module to connect to a wifi internet network, while for measuring voltage and current it uses the ACS712 sensor and DC Voltage Sensor. So that the measurement results can be displayed on smartphones and computers using a platform called Blynk. The test was carried out using a solar panel with a capacity of 20 WP for 3 days starting at 10.00 WIB until 15.00 WIB. Based on the test, it produces the percentage difference between measurements using a multimeter and monitoring measurements using the blynk application for a voltage difference of 0.65%, a current difference of 0.91% and a difference in electrical power of 0.93%. So that the results of the IoT-based solar panel monitoring system using Arduino Mega 2560 can measure voltage, current and electrical power with a measurement difference of not exceeding 1% of measurements using a multimeter.

Keywords: Solar Panels, Monitoring, Microcontrollers, Sensors and Blynk.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia memiliki dua musim, yaitu musim kemarau dan musim hujan. Pada saat musim kemarau tentunya ada sinar matahari yang membuat suhu menjadi naik. Untuk memanfaatkan energi panas matahari tersebut ialah dengan membuat energi panas matahari menjadi energi listrik menggunakan panel surya. Pemanfaatan energi panas matahari ini sangat perlu karena Indonesia menurut KESDM tahun 2012 terletak di garis katulistiwa sehingga Indonesia mempunyai potensi sumber energi matahari yang memiliki intensitas radiasi matahari dengan nilai rata-rata sekitar 4,8 kWh/m² per hari atau apabila dalam satuan panel surya setara dengan 112.000 GWp[1].

Dengan adanya pemanfaatan energi panas matahari menjadi energi listrik, maka diperlukan sistem monitoring. Sistem monitoring tersebut bertujuan untuk mengetahui secara langsung dan real time pada parameter arus, tegangan yang

dihasilkan supaya dapat terpantau arus ataupun tegangannya. Sistem monitoring ini dapat memudahkan manusia atau operator untuk memantau arus dan

tegangannya melalui komputer ataupun smartphone.

2. TEORI DASAR

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Ada beberapa sumber energi baru terbarukan dan salah satu yang paling populer atau yang paling sering didengar adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau disingkat PLTS. Pembangkit ini memanfaatkan sumber energi matahari dalam bentuk cahaya atau sinar matahari dengan cara mengubah cahaya atau sinar matahari tersebut menjadi energi listrik yang dapat digunakan oleh manusia. Pemanfaatan energi dari matahari ini

dibagi menjadi dua bentuk, yaitu pemanfaatan energi panas dari matahari dan pemanfaatan energi cahaya dari matahari. Hal ini menjadikan sistem pemanfaatan energi matahari dibagi menjadi dua, yaitu sistem tenaga panas matahari atau sering disebut solar thermal dan sistem pembangkit listrik tenaga surya atau sering disebut PLTS.

2.2 Panel Surya.

Kumpulan sel surya yang ditata dan disusun disebut panel surya. Sel surya ditata dan disusun bertujuan agar lebih efektif dalam menyerap sinar atau cahaya matahari. Dan sel surya yang bertugas menyerap sinar matahari. Sel surya dapat mengubah cahaya atau sinar matahari menjadi energi listrik karena terdiri dari berbagai komponen photovoltaic[2].

Jumlah sel surya yang ditata atau disusun menjadi sebuah panel surya berbanding lurus dengan energi yang dihasilkan. Jadi, semakin banyak sel surya yang ditata atau disusun dalam sebuah panel surya, maka semakin banyak juga cahaya atau sinar matahari yang dapat dikonversi menjadi energi listrik atau semakin banyak pula energi listrik yang dihasilkan dari panel surya[3].

Untuk menentukan panel surya yang tepat, berikut adalah jenis-jenis dari panel surya :

1. *Monocrystalline Silicon PV Module*. Merupakan panel surya dengan bahan material batangan kristal silikon murni yang diris tipis-tipis serta identik dengan ruang kosong berbentuk bulat atau segi enam pada tiap kepingan sel suryanya[4]. Harganya relatif mahal dibandingkan dengan sel surya lainnya dikarenakan bahan dan teknologi yang digunakan. Jenis ini memiliki efisiensi sekitar 15% - 20% menjadikan sel paling

efisien diantara sel surya lainnya[5].

2. *Polycrystalline Silicon PV Module*. Merupakan panel surya berbahan dasar batang kristal silikon yang dicairkan. Berbentuk persegi dengan susunan yang rapi dan tanpa celah seperti monocrystalline. Memerlukan luas permukaan yang besar. Harganya murah karena proses pembuatannya yang mudah serta memiliki tingkat efisiensi sekitar 13% - 16% [6].
3. *Amorphous Silicon PV Module*. Penggunaan sel surya Amorphous Silicon ini awalnya diterapkan untuk kalkulator hingga berkembang seiring berjalannya waktu. Masing-masing sel tipis-film yang ditumpuk diatas satu sama lain mampu menghasilkan frekuensi cahaya tertentu sehingga tingkat efisiensinya mencapai 6%-8%.

2.3 Arduino Mega 2560.

Arduino Mega 2560 ini ialah sebuah papan board yang berbasis mikrokontroler dan menggunakan mikrokontroler IC ATmega 2560. Sebelum itu, kita juga harus memahami pengertian dari mikrokontroler dan arduino[7].

Pada dasarnya, mikrokontroler adalah mikroprosesor atau IC (Integrated Circuit) atau chip yang digunakan untuk instrumentasi dan kendali arduino dan juga memiliki kemampuan mengolah data maupun instruksi yang dapat diprogram melalui komputer[8]. Sedangkan arduino adalah papan rangkaian elektronik atau board open source yang terdapat sebuah chip mikrokontroler sebagai komponen utama dari arduino tersebut. Dan kemudahannya untuk menggunakan arduino, kita hanya perlu menghubungkan

arduino ke PC atau komputer dengan menggunakan kabel US[9].

2.4 Sensor Tegangan DC (DC Voltage Sensor)

Modul sensor tegangan DC atau DC voltage sensor ialah sebuah sensor tegangan yang dapat mengukur tegangan. Pada rancang bangun sistem monitoring ini, penulis menggunakan modul 0-25 Volt DC voltage sensor yang berarti tegangan input pada sensor ini berkisar 0 Volt sampai 25 Volt. Prinsip kerja dari sensor tegangan DC ini adalah dengan prinsip pembagi tegangan resistor, maksudnya ialah tegangan input yang dibaca pada output sensor tegangan DC ini pembagian 5 terhadap tegangan input[10].

2.5 Sensor Arus ACS712

Modul sensor arus ACS712 adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk membaca nilai arus pada beban DC maupun AC. Prinsip kerja dari sensor arus ACS712 ini adalah arus yang mengalir melalui kabel tembaga yang ada di dalam sensor tersebut menghasilkan suatu medan magnet dan medan magnet itu ditangkap oleh IC kemudian diubah menjadi tegangan proporsional. Pada modul sensor arus ACS712 ini mempunyai 3 varian atau jenis berdasarkan nilai arusnya, yaitu 5 A, 20 A dan 30 A[11].

2.6 Sensor Cahaya LDR

Sensor cahaya LDR atau Light Dependent Resistor adalah suatu resistor yang peka terhadap cahaya atau sinar. Prinsip kerja dari sensor LDR adalah ketika sensor menerima cahaya atau sinar terang, maka resistansi dari sensor menjadi kecil dan begitu sebaliknya apabila cahaya yang diterima redup, maka resistansi dari sensor menjadi semakin besar[12].

2.7 Solar Charge Controller (SCC)

Setelah panel surya menerima cahaya sinar matahari dan mengubah sinar tersebut menjadi energi listrik, maka energi listrik yang dihasilkan langsung disimpan ke dalam aki atau baterai dan disini memerlukan Solar Charge Controller (SCC). Solar Charge Controller atau disingkat SCC adalah sebuah alat yang fungsi sederhananya adalah mengisi arus listrik searah atau arus listrik DC ke dalam aki ataupun baterai.

2.8 Baterai

Baterai merupakan sebuah penyimpanan energi yang dapat mengubah energi kimia yang disimpannya menjadi energi listrik yang dapat digunakan sebagai sumber energi listrik pada perangkat elektronik. Hampir seluruh perangkat elektronik portabel menggunakan baterai untuk sumber energi listriknya, seperti handphone, laptop dan sebagainya. Kapasitas baterai pada umumnya dinyatakan dalam satuan Ampere hour atau disingkat Ah. Nilai kapasitas tersebut menunjukkan nilai arus yang dapat.

2.9 Pengertian Monitoring

Monitoring merupakan suatu proses yang terintegrasi dengan tujuan memastikan bahwa suatu proses berjalan sesuai rencana yang ditargetkan. Untuk memastikan suatu proses berjalan dengan lancar dan sesuai rencana, maka perlu dilakukannya proses pengecekan secara berkala dan rutin atau bisa disebut dengan memonitoring suatu proses.

2.10 Pengertian IoT (Internet of Things)

Internet of Things atau sering disingkat IoT merupakan suatu jaringan yang dapat menyatukan dunia virtual teknologi informasi dengan benda nyata yang ada di dunia nyata atau benda yang dapat dilihat oleh mata. Prinsip kerja dari IoT dengan cara bekerja mengambil data dari pembacaan oleh sensor yang telah

dihubungkan pada benda nyata di dunia nyata kemudian data tersebut dikirimkan ke server. Lalu server ini menyimpan data dan menampilkan data atau informasi pada aplikasi yang terhubung[14].

2.11 Peralatan Sistem Monitoring pada Penelitian

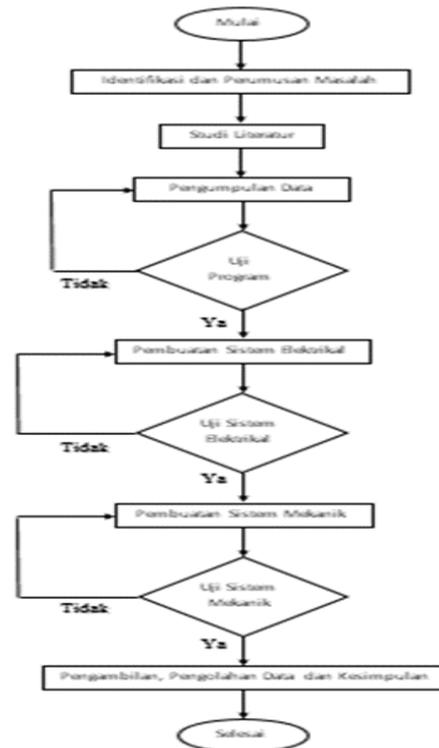
Peralatan dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Panel surya jenis monocrystalline 20 WP.
2. Arduino Mega 2560.
3. Sensor Tegangan DC (DC Voltage Sensor) dengan ukuran 0-25 Volt.
4. Sensor Arus ACS712 dengan kapasitas arus 5 A.
5. Sensor Cahaya LDR.
6. Solar Charge Controller dengan tegangan 12 Volt dan arus 10 A.
7. Baterai jenis SMT127 dengan tegangan 12 Volt kapasitas 7,5 Ah.
8. Box panel indoor dengan ukuran 30 x 40 cm.
9. Kabel NYAF 0,5 mm.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alur Penelitian.

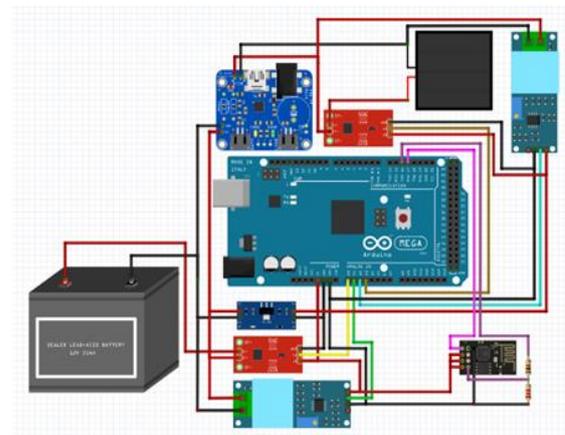
Secara umum langkah penelitian ini akan ditampilkan dalam diagram pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.2 Perancangan Sistem Elektrikal

Dalam sistem elektrikal ini memiliki tiga alur kerja, yaitu input, proses pengolahan data dan output. Dan pada perancangan sistem elektrikal ini dibuatkan gambar wiring atau gambar rangkaian elektrikalnya seperti Gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.2 Wiring Rangkaian Sistem Monitoring Panel Surya

3.3 Perancangan Sistem Program Monitoring

Supaya sistem monitoring ini dapat terhubung pada smartphone maupun komputer, maka diperlukan pembuatan pemrograman. Untuk perancangan pemrograman sistem monitoring solar cell ini terdiri dari beberapa tahap yaitu :

1. Inisialisasi Pin Input Sensor dan Konektivitas ESP8266.
2. Pengolahan Data Nilai Sensor.
3. Pengiriman Data ke Blynk.

3.4 Perancangan Monitoring pada Blynk

Setelah data yang akan dikirimkan menuju blynk telah selesai di proses di ESP8266, selanjutnya yaitu perancangan BLYNK. Untuk perancangan BLYNK ini terdiri dari beberapa tahap yaitu :

1. Pembuatan Template. Pada tahap ini yaitu membuat template yang akan digunakan untuk menampilkan data data yang telah diolah ESP8266.
2. Pembuatan Data Streams. Pada tahap ini yaitu pembuatan data stream, dimana data streams ini yaitu pin pin virtual yang akan digunakan untuk pengiriman data nilai tegangan, arus, dan daya dari ESP8266 menuju BLYNK.
3. Pembuatan Web Dashboard. Pada tahap ini yaitu pembuatan web dashboard, dimana web dashboard ini digunakan sebagai tampilan monitoring solar cell.
4. Pembuatan New Device. Pada tahap ini yaitu pembuatan new device agar template yang telah dibuat dapat di hubungkan dengan ESP8266. Pada saat pembuatan new device harus memilih template yang telah dibuat sebelumnya.

3.5 Realisasi Alat dan Sistem

Peralatan yang dirancang dan direalisasikan untuk pembuatan rancang bangun sistem monitoring pada panel surya ini adalah panel surya jenis monocrystalline 20 WP, sensor arus ACS712 5A, sensor tegangan DC 0-25 V, Surya Charge Controller (SCC), converter step down 12V to 5V, baterai 12V, arduino mega 2560, ESP8266 dan *smartphone*. Setelah perencanaan selesai dan peralatan sudah siap, maka langkah selanjutnya adalah merangkai komponen sesuai perencanaan sehingga hasilnya sesuai seperti pada Gambar 3.3 dan tampilan pada *smartphone* pada Gambar 3.4.



Gambar 3.3 Rangkaian Komponen Alat dan Sistem



Gambar 3.4 Tampilan Monitoring pada Smartphone.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengukuran Arus, Tegangan dan Daya pada Panel Surya

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan dan arus panel surya menggunakan multimeter. Dengan cara mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan sehingga nilai daya juga dapat diketahui dengan perhitungan. Pengukuran ini dilakukan dalam tiga hari yang berbeda, mengambil waktu dari jam 10:00 – 15:00 WIB. Pengukuran arus dan tegangan ini dilakukan pada panel surya seperti pada Tabel 4.1, 4.2, dan 4.3.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran Panel Surya Hari Pertama

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
10.00	15,6	0,70	10,92
10.30	15,8	0,75	11,85
11.00	16,3	0,81	13,2
11.30	16,7	0,85	14,2
12.00	17,0	0,91	15,47
12.30	16,9	0,92	15,55
13.00	16,4	0,99	16,24
13.30	15,8	0,88	13,9
14.00	15,1	0,70	10,57
14.30	14,5	0,68	9,86
15.00	14,3	0,64	9,15

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Panel Surya Hari Kedua

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
10.00	15,2	0,71	10,79
10.30	15,5	0,76	11,78
11.00	15,5	0,77	11,94
11.30	16,3	0,87	14,18
12.00	16,5	0,89	14,69
12.30	16,1	0,82	13,2
13.00	16,4	0,83	13,61
13.30	16	0,8	12,8
14.00	15,8	0,77	12,17
14.30	15,5	0,78	12,09
15.00	14,8	0,71	10,51

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Panel Surya Hari ke tiga

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
10.00	15,5	0,79	15,5
10.30	15,8	0,78	15,8
11.00	16,4	0,84	16,4
11.30	16,9	0,91	16,9
12.00	17	0,99	17
12.30	16,9	0,9	16,9
13.00	16,8	0,89	16,8
13.30	16,5	0,85	16,5
14.00	15,5	0,82	15,5
14.30	15,6	0,76	15,6
15.00	15,1	0,72	15,1

4.2 Hasil Pengujian Data Monitoring

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan hasil pengukuran langsung menggunakan multimeter dan pengukuran data pada monitoring pada aplikasi Blynk. Kemudian selisih pembacaan dilakukan perhitungan tingkat akurasi. Hasil pengukuran pertama dan tampilan pada monitoring Blynk dapat dilihat pada Tabel 4.4. Untuk hasil pengujian kedua pada Table 4.5, dan yang ke tiga pada Tabel 4.6

Tabel 4.4 Perbandingan Nilai Ukur Hari Pertama

Waktu	Multimeter			Monitoring Blynk		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
10.00	15,9	0,72	11,45	15,84	0,71	11,26
10.30	16,1	0,84	13,52	15,95	0,83	13,28
11.00	16,2	0,85	13,77	15,99	0,85	13,64
11.30	16,8	0,93	15,62	16,73	0,93	15,61
12.00	17	1,15	19,55	16,96	1,14	19,37
12.30	16,9	0,98	16,56	16,86	0,97	16,63
13.00	16,9	0,94	15,89	16,69	0,93	15,56
13.30	16,4	0,88	14,43	16,32	0,87	14,24
14.00	15,7	0,75	11,78	15,59	0,75	11,74
14.30	14,7	0,69	10,14	14,68	0,68	10,02
15.00	14,3	0,7	10,01	14,22	0,69	9,85
Rata-rata	16,09	0,857	13,88	15,98	0,85	13,75

Dengan selisih yang dihasilkan diantara kedua cara pengukuran, dapat dihitung persentase perbedaan antara pengukuran menggunakan multimeter dengan pengukuran menggunakan monitoring blynk seperti berikut ini :

Selisih Pengukuran Tegangan :

$$= \frac{\text{Pengukuran Tegangan} - \text{Tampilan Tegangan}}{\text{Pengukuran Tegangan}} \times 100\%$$

$$\text{Selisih Pengukuran Tegangan} = \frac{16,09 - 15,98}{16,09} \times 100\%$$

$$\text{Persentase Selisih Pengukuran Teg.} = \mathbf{0,69\%}$$

Selisih Pengukuran Arus :

$$= \frac{\text{Pengukuran Arus} - \text{Tampilan Arus Blynk}}{\text{Pengukuran Arus}} \times 100\%$$

$$\text{Selisih Pengukuran Arus} = \frac{0,857 - 0,85}{0,857} \times 100\%$$

$$\text{Persentase Selisih Pengukuran Arus} = \mathbf{0,82\%}$$

Selisih Pengukuran daya :

$$\frac{\text{Pengukuran Daya} - \text{Tampilan Daya Blynk}}{\text{Pengukuran Daya}} \times 100\%$$

$$\text{Selisih Pengukuran daya} = \frac{13,88 - 13,75}{13,88} \times 100\%$$

$$\text{Persentase Selisih Pengukuran daya} = \mathbf{0,93\%}$$

Tabel 4.5 Perbandingan Nilai Ukur Hari Kedua

Waktu	Multimeter			Monitoring Blynk		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
10.00	15,2	0,71	10,79	15,08	0,71	10,74
10.30	15,5	0,76	11,78	15,41	0,75	11,62
11.00	15,5	0,77	11,94	15,37	0,76	11,78
11.30	16,3	0,87	14,18	16,29	0,86	14,08
12.00	16,5	0,89	14,69	16,38	0,88	14,54
12.30	16,1	0,82	13,2	15,97	0,82	13,14
13.00	16,4	0,83	13,61	16,29	0,82	13,52
13.30	16	0,8	12,8	15,89	0,79	12,63
14.00	15,8	0,77	12,17	15,61	0,76	11,91
14.30	15,5	0,78	12,09	15,48	0,77	11,96
15.00	14,8	0,71	10,51	14,71	0,71	10,48
Rata-rata	15,78	0,791	12,52	15,68	0,784	12,4

Selisih Pengukuran Tegangan (Data hari ke dua):

$$\text{Selisih Pengukuran Tegangan} = \frac{15,78 - 15,68}{15,78} \times 100\%$$

$$\text{Persentase Selisih Pengukuran Teg.} = \mathbf{0,64\%}$$

Selisih Pengukuran Arus (Data hari ke dua):

$$\text{Selisih Pengukuran Arus} = \frac{0,791 - 0,784}{0,791} \times 100\%$$

$$\text{Persentase Selisih Pengukuran Arus} = \mathbf{0,96\%}$$

Selisih Pengukuran daya (Data hari ke dua):

$$\text{Selisih Pengukuran daya} = \frac{12,52 - 12,40}{12,52} \times 100\%$$

$$\text{Persentase Selisih Pengukuran daya} = \mathbf{0,96\%}$$

Tabel 4.6 Perbandingan Nilai Ukur Hari Ketiga

Waktu	Multimeter			Monitoring Blynk		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
10.00	15,5	0,79	12,25	15,38	0,78	12,18
10.30	15,8	0,78	12,32	15,64	0,77	12,22
11.00	16,4	0,84	13,78	16,28	0,83	13,71
11.30	16,9	0,91	15,38	16,63	0,91	15,26
12.00	17,4	0,99	17,23	17,26	0,98	16,98
12.30	16,9	0,9	15,2	16,88	0,89	15,11
13.00	16,8	0,89	14,95	16,72	0,88	14,75
13.30	16,5	0,85	14,03	16,45	0,85	13,99
14.00	15,5	0,82	12,71	15,39	0,81	12,52
14.30	15,6	0,76	11,86	15,55	0,75	11,69
15.00	15,1	0,72	10,87	14,93	0,71	10,68
Rata-rata	16,21	0,84	13,68	16,11	0,832	13,56

Selisih Pengukuran Tegangan (Data hari ke tiga):

$$\text{Selisih Pengukuran Tegangan} = \frac{16,21 - 16,11}{16,21} \times 100\%$$

$$\text{Persentase Selisih Pengukuran Teg.} = \mathbf{0,62\%}$$

Selisih Pengukuran Arus (Data hari ke tiga):

$$\text{Selisih Pengukuran Arus} = \frac{0,84 - 0,832}{0,84} \times 100\%$$

Persentase Selisih Pengukuran Arus = 0,95 %

Selisih Pengukuran daya (Data hari ke tiga):

$$\text{Selisih Pengukuran daya} = \frac{13,68 - 13,56}{13,68} \times 100\%$$

Persentase Selisih Pengukuran daya = 0,88 %

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan pada pembuatan sistem monitoring berbasis IoT pada panel surya ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam rancang bangun ini, seluruh komponen beserta program berfungsi dengan baik dan sesuai dengan yang direncanakan.
2. Pada saat monitoring tegangan panel surya selama tiga kali pengukuran, rata-rata nilai tegangan tertinggi pada pukul 12.00. Dan terbaca nilai tertinggi pada hari ketiga pukul 12.00 dengan besaran 17,4 Volt dan dapat menghasilkan daya listrik 17,23 Watt.
3. Nilai persentase selisih rata-rata yang dihasilkan selama tiga kali pengukuran panel surya menggunakan multimeter dengan pengukuran panel surya menggunakan monitoring blynk yaitu pada tegangan listrik panel surya sebesar 0,65%, pada arus listrik panel surya sebesar 0,91% dan pada daya listrik sebesar 0,93%.
4. Berdasarkan hasil data rata-rata selama tiga kali pengukuran, persentase selisih nilai terendah pada pengukuran tegangan panel surya sebesar 0,65%, sedangkan persentase selisih nilai tertinggi pada pengukuran daya listrik panel surya sebesar 0,93%. Sehingga persentase selisih pengukuran antara pengukuran menggunakan multimeter dengan pengukuran menggunakan

monitoring blynk pada panel surya tidak melebihi dari 1%.

5. Pengukuran menggunakan monitoring blynk menghasilkan nilai pengukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan pengukuran menggunakan multimeter dengan tingkat persentase selisih tidak melebihi dari 1%. Dengan persentase selisih pengukuran rendah, sistem monitoring ini lebih efisien dalam segi waktu dan tenaga sehingga dapat lebih optimal dalam memonitoring panel surya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ESDM, Kementerian.2012.*Matahari Untuk PLTS di Indonesia*.URL : <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/matahari-untuk-plts-di-indonesia>.Diakses pada tanggal 4 April 2022.
- [2] Kusuma, A.2020.*Pengertian dan Cara Kerja Panel Surya*.URL : <https://sanspower.com>.Diakses pada tanggal 1 April 2022.
- [3] Albahar, Abdul Kodir;Paiso, Lobes Syam.2020.*Analisa Perubahan Pada Cuaca Terhadap Tegangan Input Panel Surya 100 WP*.URL : <https://journal.teknikunkris.ac.id/index.php/elektro/article/view/104/95>. Diakses pada tanggal 1 April 2022.
- [4] Wiharja,Ujang;Rifaldi,Ahmad.2021.*P erancangan PLTS Untuk Penerangan Listrik Kapal Perintis 750 DWT Dok Kodja Bahari*.URL : <https://journal.teknikunkris.ac.id/index.php/elektro/article/view/401/337>. Diakses pada tanggal 19 Mei 2022.
- [5] Len.2010.*Len Monocrystalline*.URL : <https://len.co.id>.Diakses pada tanggal 02 April 2022.

-
- [6] Len.2010.*Len Polycrystalline*.URL : <https://len.co.id>.Diakses pada tanggal 02 April 2022.
- [7] Nabil, N.2013.*Definisi Arduino.Tesis*.Universitas 17 Agustus 1945, Surabaya.
- [8] Priyono, Triongko; Idris, Novrian.2020. *Perancangan Instalasi Pada Sistem Automatic Phototherapy Berbasis Arduino*.URL : <https://journal.teknikunkris.ac.id/index.php/elektro/article/view/111/101>. Diakses pada tanggal 19 Mei 2022.
- [9] Eda.2017.*Spesifikasi Arduino Mega 2560 Rev3*.URL : <https://eda-channel.com>.Diakses pada tanggal 03 April 2022.
- [10] Faudin, A.2017.*Cara Mengakses Sensor Tegangan 220V ZMPT101B*.URL : <https://nyebarilmu.com>.Diakses pada tanggal 04 April 2022.
- [11] Sudarto, A.2018.*Karakteristik Sensor Arus ACS712*.URL : <https://andalanelektro.id>.Diakses pada tanggal 04 April 2022.
- [12] Supatmi, Sri.2011.*Pengaruh Sensor LDR Terhadap Lampu*.URL : <https://repository.unikom.ac.id/30516/1/volume-82-artikel-5.pdf>.Diakses pada tanggal 03 April 2022.
- [13] Prabowo, Errik.2019.*Rancang Bangun Solar Station System Untuk Tanggap Darurat Bencana*.URL : <https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/15083/05.2%20bab%202.pdf?sequence=6&isAllowed=y>. Diakses pada 03 April 2022.
- [14] Setiawan, R.2021.*Memahami apa itu Internet of Things*.URL : <https://dicoding.com>.Diakses tanggal 03 April 2022.

ANALISIS DROP VOLTAGE DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI ETAP PADA PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK TIMOR-1 KUPANG

Ujang Wiharja, Abdul Malik

Abstrak - Penentuan pengaturan tap changer pada transformer sangat berpengaruh untuk mengoptimalkan drop voltage demi mewujudkan keandalan sistem tenaga listrik pada PLTU Timor 1 karena sistem energi listrik saat ini memiliki pembangkit 2 x 50 MW dan beban puncak mencapai 90.250 kW. Rugi-rugi daya dapat menyebabkan kerusakan jika terjadi secara kontinyu. Oleh sebab itu dilakukan perhitungan menggunakan simulasi load flow pada ETAP dengan menentukan tap changer pada transformator yang ada agar tegangan jatuh (drop voltage) pada tiap busbar tidak melebihi standar Total Harmonic Distorsion (THD) yang telah ditentukan yaitu 2.0%. Pada saat tap changer pada transformer belum diatur atau masih dalam keadaan 0%, drop voltage pada tiap busbar dapat mencapai 3.22% - 7.29% dimana sudah melebihi batas standar yang telah ditentukan. Kemudian saat dilakukan simulasi load flow maka didapatkan pengaturan tap changer dikurangi sebesar -2.5% pada tiap transformer yang memiliki drop voltage melebihi standar. Dari hasil pengurangan pada pengaturan tap changer tersebut, drop voltage pada tiap busbar menjadi optimal yaitu 0.57% - 2.05% masih memenuhi standar. Hasil penelitian ini dapat menjadi saran untuk pengelola PLTU Timor-1 Kupang.

Kata Kunci : load flow, tap changer, drop voltage, busbar, ETAP.

Abstract - The tap changer setting on the transformer is very influential in optimizing the voltage drop in order to realize the electric power system at PLTU Timor 1 because the electrical energy system in Timor currently has 2 x 50 MW generators and the peak load reaches 90,250 kW. Power losses can cause damage if they occur continuously. Therefore, calculations are carried out using load flow simulation on ETAP by determining the tap changer on the existing transformer so that the voltage drop on each busbar does not exceed the predetermined Total Harmonic Distortion (THD) standard of 2.0%. When the tap changer on the transformer has not been regulated or is still at 0%, the voltage drop on each busbar can reach 3.22% - 7.29% which has exceeded the predetermined standard limit. Then when the load flow simulation is carried out, the tap changer setting is reduced by -2.5% for each transformer that has a voltage drop that exceeds the standard. From the results of the reduction to the tap changer setting, the optimal voltage drop on each busbar of 0.57% - 2.05% still meets the predetermined THD standard..

Key Word : load flow, tap changer, drop voltage, busbar, ETAP

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi di Indonesia berkembang dengan sangat pesat. Dimana seiring dengan kemajuan teknologi tersebut juga meningkatkan kebutuhan akan energi listrik dan listrik telah menjadi kebutuhan primer dalam kehidupan sehari-hari. Meningkatnya kebutuhan akan energi listrik pada konsumen perlu diimbangi dengan peningkatan jumlah sumber daya listrik yang dihasilkan oleh produsen dengan cara penambahan kapasitas pembangkit ataupun membangun pembangkit baru.

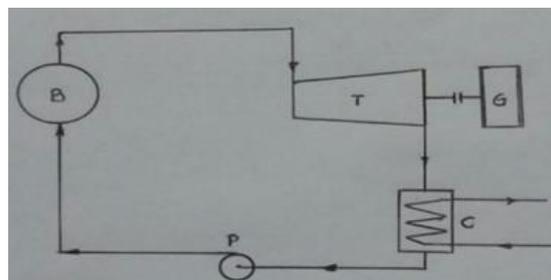
Sistem energi listrik di Timor saat ini memiliki cadangan daya sebesar 17.040 kW, dengan beban puncak mencapai 90.250 kW. Dengan dibangunnya PLTU Timor 1, Kupang Barat, Nusa Tenggara Timur ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan akan energi listrik dan meningkatkan investasi di Nusa Tenggara Timur.

Aliran daya pada sistem tenaga listrik merupakan hal penting yang perlu dicermati pada sistem tenaga listrik, dengan analisis dan perhitungan yang cermat terhadap aliran daya sistem tenaga listrik, dapat diketahui besar tegangan pada setiap saluran, serta menentukan irating tap changer peralatan apakah hasilnya sudah memenuhi batas-batas yang telah ditentukan terhadap sistem tersebut demi terwujudnya keandalan sistem tenaga listrik. Maka hal ini lah yang melatar belakangi penulis untuk meneliti aliran daya pada PLTU Timor 1 menggunakan software ETAP 12.6.0.

2. TEORI DASAR

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Pembangkit tenaga listrik ini menggunakan bahan bakar minyak atau gas atau batu bara sebagai sumber tenaga primernya. Berikut gambar skema PLTU[3].



Gambar 1 Skema diagram PLTU[2]

2.2 Penyaluran Sistem Tenaga Listrik

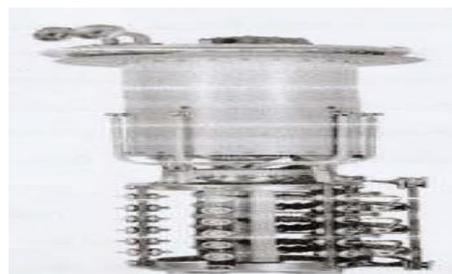
Listrik yang dihasilkan pusat listrik dapat dikirimkan sejauh puluhan hingga ratusan kilometer. Jika arus mengalir di dalam penghantar maka ada daya yang hilang, artinya daya yang diterima di ujung penerima lebih kecil daripada yang dikirim. Listrik yang hilang ketika disalurkan disebut rugi-rugi (losses)[3].

Berikut ini beberapa peralatan dalam penyaluran tenaga listrik :

- a. Transformator Daya
- b. Gardu Induk

2.3 Tap Changer Transformator

Tap changer merupakan alat perubahan perbandingan transformasi untuk mendapatkan tegangan sekunder yang lebih baik dari tegangan jaringan primer yang sering berubah ubah.



Gambar 2. Tap Changer

Tap changer yang dapat beroperasi untuk memindahkan tap transformator dalam keadaan berbeban disebut “On Load Tap Changer (OLTC)” dan dapat berfungsi secara manual atau otomatis.

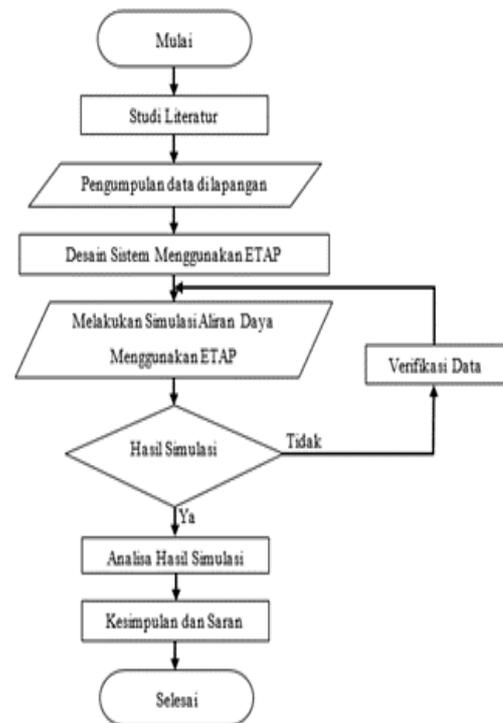
2.4 ETAP (Electric Transient Analysis Program)

Program ETAP merupakan software (perangkat lunak) yang mempunyai fungsi untuk melakukan analisis perhitungan studi kasus mengenai aliran daya, arus ihubung isingkat, istabilitas transien dan analisis perhitungan tenaga listrik lainnya. Perhitungan berdasarkan data-data masukan dan diagram isegaris (single line diagram). Selain tampilan yang komunikatif, ETAP juga dapat melakukan perhitungan dengan jumlah bus yang banyak dan kompleks. Dengan hasil dari analisis perhitungan program aliran daya pada khususnya, dapat dijadikan pedoman atau sebagai data awal untuk perbaikan faktor daya, dan dapat digunakan untuk menghitung perencanaan suatu sistem tenaga listrik baru[15]. ETAP dikembangkan menjadi sistem monitor manajemen energi secara *real time*, simulasi, kontrol, dan optimasi sistem tenaga listrik, (Awaluddin, 2007)[3].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan berdasarkan diagram alir penelitian seperti pada Gambar 3.1. Dimulai dari studi literatur, pengambilan data, desain dan simulasi ETAP dan menganalisa hasil simulasi.



Gambar 3.1 Diagram alir Penelitian

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisa

Dari hasil analisa yang dilakukan menggunakan software ETAP 12.6.0 pada studi kasus yang dibahas pada penelitian ini, yaitu penentuan rating tap changer peralatan sistem tenaga listrik yang digunakan pada PLTU Timor 1, didasari dari gambar “Overall Single Line Diagram Timor-1 Coal Fire Steam Power Plant (2x50 MW)”. Daftar BUS dan Rating Voltage dari setiap BUS dapat dilihat pada tabel 4.1.

BUS ID	Rating Voltage (V)
SWITCHYARD	150.000
BUS-100	15.000
BUS-200	15.000
MVSG-1A	6.300
MVSG-2A	6.300
MVSG-12A COMMON	6.300
MVSG-12B COMMON	6.300
LVSG-1A	400
LVSG-1B	400
LVSG-2A	400
LVSG-2B	400
LVSG-12A COMMON	400
LVSG - 12B COMMON	400
LV-1AB MCC	400
LV-2AB MCC	400
LV-12AB MCC	400
LV-1 ESS MCC	400
LV-2 ESS MCC	400
LV-12 ESS MCC	400
LV-CH MCC	400
LVSG-EDG	400

Tabel 4.1 Daftar busbar dan Rating Voltage

LVSG - 12B COMMON	400
LV-1AB MCC	400
LV-2AB MCC	400
LV-12AB MCC	400
LV-1 ESS MCC	400
LV-2 ESS MCC	400
LV-12 ESS MCC	400
LV-CH MCC	400
LVSG-EDG	400

Berdasarkan pada 519-1992 – IEEE “Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems”, standar untuk tegangan Total Harmonic Distortion (THD) dapat dilihat dalam tabel 4.2.

Tabel 4.2 Voltage Distortion Limits IEEE 519-1992

Tegangan Bus pada PCC	Individual Voltage Distortion (%)	Total Voltage Distortion (THD) (%)
≤ 69 kV	3.0	5.0
69.001 ~ 161 kV	1.5	2.5
> 161 kV	1.0	1.5

Catatan : Sistem tegangan tinggi dapat memiliki THD hingga 2,0% di mana penyebabnya adalah terminal HVDC yang akan melemah pada saat disadap untuk pengguna.

Penentuan tap changer pada transformator untuk menentukan tegangan jatuh pada tiap gardu dilakukan dengan simulasi load flow menggunakan ETAP 12.6.0.

Analisa tap changer tahap awal pada transformer PLTU Timor 1 dapat dilihat pada tabel 4.3.

No	Keterangan	Posisi Tap Changer
1	GT-1	0.0%
2	GT-2	0.0%
3	UAT-1A	0.0%
4	UAT-2A	0.0%
5	PDC-1A (UNIT 1A)	0.0%
6	PDC-1B (UNIT 1B)	0.0%
7	PDC-2A (UNIT 2A)	0.0%
8	PDC-2B (UNIT 2B)	0.0%
9	PDC-12A (COMMON 12A)	0.0%
10	PDC-12B (COMMON 12B)	0.0%
11	PDC-CHA	0.0%
12	PDC-CHB	0.0%

Tabel 4.3. Data posisi tap awal

Catatan :

GT = Generator Transformer

UAT = Unit Auxiliary Transformer

PDC =Polarization and Depolarization Current.

4.2 Pembahasan Hasil Simulasi

Setelah dilakukan simulasi penerapan tap awal yang dilakukan dengan ETAP, ditemukan beberapa busbar yang memiliki tegangan jatuh melebihi standar THD yang telah ditentukan yaitu sebesar 2.0%, hasil simulasi load flow dari ETAP yang didapatkan pada penerapan tap awal pada tiap-tiap busbar ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil simulasi Load flow menggunakan setting tap changer 0% pada tiap transformer

BUS ID	Rating Voltage (V)	Voltage Terminal (%)	Drop [Over] Voltage (%)
SWITCHYARD	150.000	N/A	N/A
BUS-100	15.000	100.00	0.00
BUS-200	15.000	100.00	0.00
MVSG-1A	6.300	95.58	4.42
MVSG-2A	6.300	96.78	3.22
MVSG-12A COMMON	6.300	95.58	4.42
MVSG-12B COMMON	6.300	95.58	4.42
LVSG-1A	400	92.81	7.19
LVSG-1B	400	92.81	7.19
LVSG-2A	400	94.02	5.98
LVSG-2B	400	94.02	5.98
LVSG-12A COMMON	400	93.08	6.92
LVSG - 12B COMMON	400	93.08	6.92
LV-1AB MCC	400	92.69	7.31
LV-2AB MCC	400	93.57	6.43

LV-12AB MCC	400	93.02	6.98
LV-1 ESS MCC	400	92.71	7.29
LV-2 ESS MCC	400	93.59	6.41
LV-12 ESS MCC	400	92.79	7.21
LV-CH MCC	400	92.78	7.22
LVSG-EDG	400	N/A	N/A

Dari hasil yang didapatkan banyak busbar yang tegangan jatuhnya melebihi dari standar THD yang telah ditetapkan yaitu 2.0%, untuk mengatasi masalah ini, kita merubah setting tap pada tiap transformer yang drop voltage busbar nya melebihi standar yang telah ditetapkan. Setting tap yang direkomendasikan dari tiap transformer dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Posisi Tap yang direkomendasikan

No	Keterangan	Posisi Tap
1	GT-1	0.0%
2	GT-2	0.0%
3	UAT-1A	-2.5%
4	UAT-2A	-2.5%
5	PDC-1A (UNIT 1A)	-2.5%
6	PDC-1B (UNIT 1B)	-2.5%
7	PDC-2A (UNIT 2A)	-2.5%
8	PDC-2B (UNIT 2B)	-2.5%
9	PDC-12A (COMMON)	-2.5%

	12A)	
10	PDC-12B (COMMON 12B)	-2.5%
11	PDC-CHA	-2.5%
12	PDC-CHB	-2.5%

Setelah melakukan simulasi load flow dengan merubah pengaturan tap changer dengan posisi yang direkomendasikan sebesar -2.5%, maka didapatkan hasil drop voltage dari tiap-tiap busbar yang sudah memenuhi standar THD yang telah ditetapkan, yaitu tidak melebihi 2.0% yang dapat dilihat dalam tabel 4.6.

Tabel 4.6. Hasil simulasi Load flow menggunakan setting tap changer -2.5% pada tiap transformer

BUS ID	Rating Voltage (v)	Voltage Terminal (%)	Drop [Over] Voltage (%)
SWITCHYA RD	150.000	N/A	N/A
BUS-100	15.000	100.00	0.00
BUS-200	15.000	100.00	0.00
MVSG-1A	6.300	98.22	1.78
MVSG-2A	6.300	99.43	0.57
MVSG-12A COMMON	6.300	98.22	1.78
MVSG-12B COMMON	6.300	98.22	1.78
LVSG-1A	400	98.07	1.93
LVSG-1B	400	98.07	1.93
LVSG-2A	400	99.32	0.68
LVSG-2B	400	99.32	0.68

LVSG-12A COMMON	400	98.24	1.76
LVSG - 12B COMMON	400	98.24	1.76
LV-1AB MCC	400	97.96	2.04
LV-2AB MCC	400	98.87	1.13
LV-12AB MCC	400	98.18	1.82
LV-1 ESS MCC	400	97.97	2.03
LV-2 ESS MCC	400	98.89	1.11
LV-12 ESS MCC	400	97.95	2.05
LV-CH MCC	400	98.06	1.94
LVSG- EDG	400	N/A	N/A

Dengan menggunakan pengaturan tap changer yang telah direkomendasikan, yaitu sebesar -2.5%, maka tegangan jatuh dari tiap busbar dapat diminimalisir menjadi 0.57% - 2.05% dimana drop voltage tersebut masih memenuhi standar THD yang telah ditetapkan, yaitu 2.0%.

6. KESIMPULAN

Dari analisa data dan simulasi, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Simulasi load flow pada ETAP dari data single line diagram PLTU Timor 1 yang didapatkan, pada pengaturan tap changer awal, yaitu 0% dari tiap transformer yang digunakan, didapatkan hasil drop voltage pada banyak busbar yang melebihi standar Total Harmonic Distortion (THD) yang telah ditetapkan, yaitu 3.22% - 7.29%.

2. Setelah mengubah pengaturan tap changer pada simulasi untuk mendapatkan drop voltage yang memenuhi standar, maka tap changer pada semua transformer diturunkan menjadi -2.5%, kecuali tansformer pada generator. Dari hasil simulasi menggunakan tap changer -2.5% drop voltage yang dihasilkan pada busbar menjadi optimal, yaitu 0.57% - 2.05%, masih memenuhi standar THD yang telah ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Almaidah. (2020). Analisis Kinerja PLTGU Priok Berkapasitas 1200 MW Dengan Penerapan Skema OLS (Over Load Shedding). *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana : Jakarta
- [2] Arifin, Aan Nur. (2019). Analisa Optimalisasi Daya PLTU Pratu Dan Keandalan Jaringan Subsistem Cibinong 1,2 Bekasi. *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana : Jakarta
- [3] Heni Priyatin. (2020). Analisis Kinerja Pltu Labuan 560 Mw Dan Pltgu Cilegon 210 Mw Dengan Penerapan Skema OLS (Overload Shedding). *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana : Jakarta
- [4] Syahputra, Ramadhoni. (2017). TRANSMISI DAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK. *Buku*. Yogyakarta:LP3M UMY Yogyakarta
- [5] Kumara, N. S. (2009). Telaah Terhadap Program Percepatan Pembangunan Listrik Melalui Pembangunan PLTU Batubara

- 10.000 MW. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 8(1).
- [6] Marsudi, Djiteng. (2006). *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- [7] Bahari, Latief. (2005) PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS (PLTG). *Makalah*.
- [8] Ruthruff, W. A., dkk. (2007). A Radial Scan Method of Power Flow Analysis for Distribution Systems. In *2007 39th North American Power Symposium* (pp. 589-594). IEEE.
- [9] Ardrianti, I. S. (2008). Studi Aliran Daya Tiga Fasa Untuk Sistem Distribusi Dengan Metode Pendekatan Langsung. *Jurnal Teknik A*, 2(29).
- [10] Pimjaipong, W., dkk. (2005). Blackout prevention plan-The stability, reliability and security enhancement in Thailand power grid. In *2005 IEEE/PES Transmission & Distribution Conference & Exposition: Asia and Pacific* (pp. 1-6). IEEE.
- [11] Amin, N. (2011). Perbandingan metode gauss-siedel dan metode newton-raphson dalam solusi aliran daya. *SMARTek*, 9(3).
- [12] Mehnaz, N., dkk. (2013). Load Flow Analysis and Abnormality Removal of Bangladesh Power System Using Software CYME PSAF. In *2013 4th International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation* (pp. 384-388). IEEE.
- [13] Saadat, H. (1999). *Power system analysis* (Vol. 2). McGraw-hill.
- [14] Candranurani, C., dkk. (2015). Analisis Aliran Daya Untuk Penentuan Lokasi Penyaluran Daya PLTN Pada Sistem Kalimantan Barat. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 17(1)
- [15] Sunardiyo, S. (2009). Studi Analisis Aliran Beban (Load Flow) Sistem Tenaga Listrik Implementasi Pada Jaringan Kelistrikan Di Unnes. *Jurnal Teknik – Unisfat*. 4(2)
- [16] PLN(Persero) UDIKLAT SEMARANG LIVE and Maintenance. (2012). *Pengenalan Operasi Sistem Tenaga Listrik.Semarang*
- [17] IEEE 519 Working Group. (1992). IEEE recommended practices and requirements for harmonic control in electrical power systems. *IEEE STD*, 519-1992.
- [18] Syahputra, R., Yusmartato, Y., Nasution, R., & Yusniati, Y. (2020). Pengoperasian Transformator Dengan Menggunakan Tap Changer Aplikasi Gardu Induk Denai. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 5(2), 53-60.

TEGANGAN MOTOR DC TERHADAP BERAT BARANG PADA BAN BERJALAN

Sri Hartanto

Abstrak - Motor DC adalah suatu motor listrik yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik arus searah menjadi tenaga gerak. Pada saat motor DC digunakan untuk mengangkat barang pada ban berjalan, berat barang mempengaruhi gerakan motor DC yang berakibat pada penurunan kinerja motor DC. Untuk mengetahui kinerja motor DC terhadap pengangkutan barang pada ban berjalan, dalam penelitian ini, ban berjalan diberi beban barang dengan variasi berat berbeda, sehingga dapat diketahui perubahan tegangan motor DC.

Kata Kunci: motor DC; ban berjalan; barang; tegangan

Abstract - A DC motor is an electric motor that functions to convert direct current electric power into motion power. When a DC motor is used to transport goods on a conveyor belt, the weight of the goods affects the movement of the DC motor, which results in a decrease in the performance of the DC motor. In order to determine the performance of a DC motor on the transportation of goods on a conveyor belt, in this study, the conveyor belt was given a load of goods with different weight variations so that changes in the voltage and speed of the DC motor could be seen.

Keywords: DC motor; conveyor belt; object; voltage

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri, khususnya, dalam proses produksi, pengangkutan barang yang masih dilakukan secara manual, membutuhkan waktu yang lama dan *jumlah tenaga kerja yang tidak sedikit. Selain itu sering terjadi human kesalahan* ketika pekerjaan dilakukan secara berulang. Untuk mengatasi masalah ini, umumnya perusahaan menggunakan ban berjalan (conveyor belt) yang menyediakan proses produksi dan pengangkutan barang yang lebih efektif dan lebih efisien.

Ban berjalan adalah sabuk ban yang dihubungkan ke dua atau lebih puli yang berputar untuk mengangkat barang. Sabuk ban yang digunakan pada ban berjalan

dapat dibuat dari karet, plastik, kulit ataupun logam, tergantung dari jenis dan sifat barang yang diangkut. Ban berjalan digunakan untuk mengangkat atau memindahkan barang, baik barang curah maupun barang satuan, dari suatu tempat ke tempat lain secara terus menerus yang secara mekanis memiliki arah lintasan horizontal, miring atau kombinasi dari keduanya. Ban berjalan terdiri atas sabuk ban yang bertumpu pada penggulung pembawa (carrying roller), penggulung tanpa beban (idler roller), puli belakang (tail/return pulley) dan puli depan (head pulley) yang dihubungkan ke motor sebagai penggerak.

Ban berjalan digerakkan oleh motor listrik melalui puli. Motor listrik

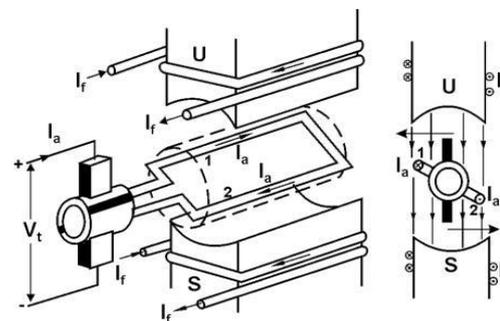
dapat berupa motor AC atau motor DC. Motor DC adalah suatu motor listrik yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik arus searah menjadi tenaga gerak. Motor DC digunakan pada penerapan yang membutuhkan penyalaan torsi yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas. Dalam hal ini, motor DC memiliki keunggulan seperti torsi awal yang besar dan metode pengontrolan putarannya yang sederhana. Untuk mengetahui kinerja motor DC terhadap pengangkutan barang pada ban berjalan, dalam penelitian ini, ban berjalan diberi beban barang dengan variasi berat berbeda, sehingga dapat diketahui perubahan tegangan motor DC. Dalam penelitian ini, perubahan tegangan motor DC diukur sehingga dapat diketahui persentase perubahan tegangan motor DC ketika barang berjalan pada sabuk ban.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Motor DC

Motor DC adalah suatu motor yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik arus searah menjadi tenaga gerak atau tenaga mekanik. Motor DC digunakan pada penerapan tertentu yang membutuhkan penyalaan torsi yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas. Torsi adalah putaran dari suatu gaya terhadap suatu poros. Suatu motor listrik di sebut sebagai motor DC jika membutuhkan pasokan tegangan searah pada kumparan jangkar dan kumparan medannya untuk dikonversi menjadi energi mekanik.

Pada motor DC, kumparan medan yang dialiri arus listrik menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. Konversi energi listrik yang diubah menjadi energi mekanik berlangsung melalui media medan magnet. [1]



Gambar 2.1 Motor DC [1]

Motor DC di susun dari dua bagian yaitu bagian diam (*stator*) dan bagian bergerak (*rotor*). *Stator* motor arus searah adalah bodi motor atau kutub magnet (sikat-sikat), sedangkan rotor adalah jangkar lilitannya. Inti *stator* dibuat dari lapisan pelat baja yang ditopang dalam rangka *stator*. Lilitan *stator* diletakkan dalam alur *stator* yang terpisah 120 derajat. Sedangkan rotor adalah inti berlapis motor dengan konduktor yang dipasang secara paralel bersama poros dan mengelilingi permukaan inti. Konduktor tidak di sekat dari inti karena arus rotor mengalir melalui tahanan dalam pada konduktor rotor. Di setiap ujung rotor, konduktor rotor dihubungkan dengan cincin ujung. [1]

Motor DC dikenal karena penerapannya yang beraneka ragam. Dengan melakukan berbagai penggabungan lilitan medan yang dirangkai secara *shunt*, seri maupun secara terpisah, dapat dirancang suatu motor yang dapat menampilkan karakteristik volt-ampere atau kecepatan-momen yang bermacam-macam untuk penggunaan dinamik maupun keadaan tetap. Karena mudah diatur, sistem motor DC sering digunakan pada penerapan yang memerlukan rentang kecepatan yang lebar atau pengaturan yang teliti pada keluaran yang diinginkan. [2]

Bentuk motor DC paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang dapat

berputar bebas antara kutub-kutub magnet permanen. Interaksi dua kutub magnet menyebabkan putaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang dapat menggerakkan bantalan pada ruang antara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi ruang antara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih kumparan. Kumparan menerima daya listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan. [3]

Kumparan jangkar dinyatakan dengan tegangan sumber E_a dan tahanan R_a . Tegangan jatuh pada sikat dinyatakan dengan sumber tegangan rendah V_{sisat} yang berlawanan dengan aliran arus searah pada motor. Kumparan medan yang menghasilkan fluks magnetik pada motor arus searah dinyatakan dengan induktor LF dan tahanan RF. Sedangkan tahanan terpisah sebagai tahanan eksternal yang dapat diatur digunakan untuk mengatur besar arus yang mengalir dalam kumparan medan. [3].

2.2. Penggerak Motor DC

Penggerak motor DC adalah IC L298 yang merupakan IC H-bridge yang mampu mengontrol beban induktif seperti motor DC. IC L298 terdiri atas transistor-transistor logik (TTL) dengan gerbang NAND yang berfungsi untuk menentukan arah putaran motor DC. Kelebihan penggerak motor IC L298N ini adalah ketepatan dalam mengontrol motor DC dan dapat menggerakkan motor DC berdasarkan pada perintah dari Arduino. [4]

2.3. Sensor Hall Effect Encoder

Sensor *hall effect encoder* merupakan sensor yang menggunakan prinsip *hall effect* yang ditemukan oleh Dr. Edwin Hall

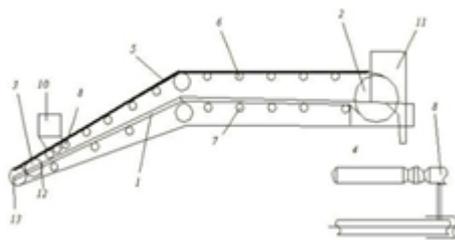
pada tahun 1879. untuk mendeteksi medan magnet yang terdapat di sekitarnya. *Hall effect encoder* dapat menghasilkan tegangan yang proporsional dengan kekuatan medan magnet yang diterimanya. Sensor *hall effect encoder* mencakup suatu lapisan silikon dan dua elektroda pada masing-masing sisi silikon. Pada saat tanpa ada pengaruh dari medan magnet maka beda potensial antara kedua elektroda 0 Volt karena arus listrik mengalir di tengah kedua elektroda sedangkan ketika medan magnet mempengaruhi sensor, maka arus yang mengalir mendekati atau menjauhi sisi yang dipengaruhi oleh medan magnet. Hal tersebut menghasilkan beda potensial antara kedua elektroda dari *Hall effect encoder*, dimana beda potensial tersebut sebanding dengan kuat medan magnet yang diterima oleh *Hall effect encoder*.

Hall effect encoder memiliki banyak jenis, salah satunya adalah *hall effect encoder* yang menggunakan sensor *hall-array* melewati medan magnet untuk menghasilkan sinyal yang kemudian diinterpolasi ke resolusi. Selain itu, terdapat *hall effect encoder* jenis Dynapar yang menggunakan sensor *array* bertahap magnetik untuk sinyal rata-rata yang melalui beberapa detektor yang dapat menghasilkan sinyal resolusi tinggi yang kuat tapi tidak sensitif terhadap ketidaksejajaran, guncangan, dan getaran. *Hall effect encoder* jenis Dynapar ini disusun dalam pola yang sesuai dengan roda magnetik. Teknologi *array* bertahap magnetik ini sekarang tersedia dalam IC Chip yang menyatukan sensor dan prosesor dalam *chip* yang sama yang sehingga mengurangi jumlah *chip* dan kompleksitas rangkaian. [5]

2.4 Ban Berjalan

Ban berjalan (*belt conveyor*) adalah sabuk ban yang dihubungkan ke dua atau

lebih puli penggerak untuk mengangkat barang. Satu atau lebih puli dihubungkan ke motor DC sehingga menggerakkan rangkaian sabuk ban. Sabuk ban dapat dibuat dari karet, plastik, kulit ataupun logam. Ban berjalan umumnya digunakan untuk mengangkat/memindahkan barang, baik barang curah maupun barang satuan, dari suatu tempat ke tempat lainya secara terus-menerus yang memiliki arah lintasan horizontal, miring atau kombinasi dari keduanya. [6]. Ban berjalan memiliki komponen utama berupa sabuk ban yang diletakkan di atas penggulung penumpu. Sabuk ban bergerak secara translasi dengan melintas datar atau miring tergantung kebutuhan dan perencanaan. Barang diletakkan di atas sabuk ban dan bersama sabuk ban bergerak ke suatu arah. Dalam pengoperasiannya, sabuk ban menggunakan tenaga penggerak berupa motor listrik dengan perantara roda gigi yang dirangkai secara langsung ke puli penggerak. Sabuk ban yang diletakkan di atas penggulung bergerak sesuai dengan kecepatan putaran puli penggerak. [7]



Gambar 2.2 Kontruksi Ban Berjalan [7]

Kecepatan dan kapasitas ban berjalan tergantung dari jenis barang yang dipindahkan serta dimensi sabuk ban yang digunakan. Bahan-bahan yang tidak mudah rusak dan memiliki berat jenis yang relatif besar dapat diangkat dengan kecepatan tinggi. Ban berjalan dapat digunakan untuk membawa muatan dalam arah horizontal dan miring (arah menanjak maupun menurun). Besarnya sudut

tanjakan maksimum tergantung sifat bahan yang diangkat. Semakin besar gaya gesekan yang terjadi antara sabuk ban dengan muatan, semakin tinggi sudut tanjakan maksimumnya. Ban berjalan dapat dicirikan dengan adanya sabuk ban dengan lapisan penguat berupa sling baja (*steel cord*) yang berputar melingkari puli dan ditopang sejumlah penggulung yang bertumpu pada suatu konstruksi/struktur. Pengelompokan ban berjalan dapat dilakukan dari beberapa segi yaitu; arah lintasan, jumlah puli, jenis sabuk ban dan lain-lain. [8].

2.5 Rangkaian Kontrol

Untuk mengontrol efektifitas pengujian, maka pada rangkaian alat uji ditambahkan rangkaian kontrol mikrokontroler. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino AT Mega 2560 yang diaktifkan dengan program bahasa C. Arduino AT Mega 2560 memiliki 54-*pin digital* masukan/keluaran, dimana 14 pin digunakan sebagai keluaran PWM, 16 pin sebagai masukan analog, dan 4 pin sebagai *port serial*.

Arduino AT Mega 2560 merupakan perangkat keras terbuka yang mempunyai masukan/keluaran (I/O) yang sederhana. Penggunaan arduino membantu dalam membuat suatu *prototype* atau melakukan pembuatan proyek. Arduino memberikan masukan/keluaran yang sudah lengkap dan dapat digunakan dengan mudah. Arduino AT Mega 2560 dapat digabungkan dengan modul elektronika yang lain sehingga proses perakitan jauh lebih efisien.

Arduino AT Mega 2560 merupakan papan minimum sistem mikrokontroler yang terdapat mikrokontroler AVR seri AT Mega 328 yang merupakan produk dari Atmel. Arduino AT Mega 2560 dilengkapi dengan *static random acces memory* (SRAM)

berukuran 1 KB untuk menyimpan data, *flash memory* berukuran 32 KB, dan *erasable promagrameble read only memory* (EEPROM) untuk menyimpan perintah.

Perangkat lunak Arduino AT Mega 2560 meliputi *Integrated*.

Development Environment (IDE) untuk menulis program dan mengunggah ke perangkat keras Arduino AT Mega 2560. Arduino memerlukan instalasi driver untuk menghubungkan perangkat keras Arduino AT Mega 2560 dengan komputer. Pada IDE terdapat contoh program dan library untuk pengembangan program. Perangkat lunak Arduino AT Mega 2560 IDE dapat diunduh di

<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>.

Perangkat lunak Arduino AT Mega 2560 IDE terdiri dari

1. Editor Program

Suatu menu jendela yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa pemrograman.

2. *Compiler*

Berfungsi untuk mengkompilasi kode program untuk pengecekan kesalahan kode sintaks.

3. *Uploader*

Berfungsi untuk mengunggah hasil kompilasi kode program ke papan target. Pesan kesalahan akan terlihat jika papan belum terpasang atau alamat *port* COM belum terkonfigurasi dengan benar. Suatu modul memuatkan kode biner dari komputer ke dalam memori dalam perangkat keras Arduino AT Mega 2560 [9]

2.6. Catu daya (Power Supply)

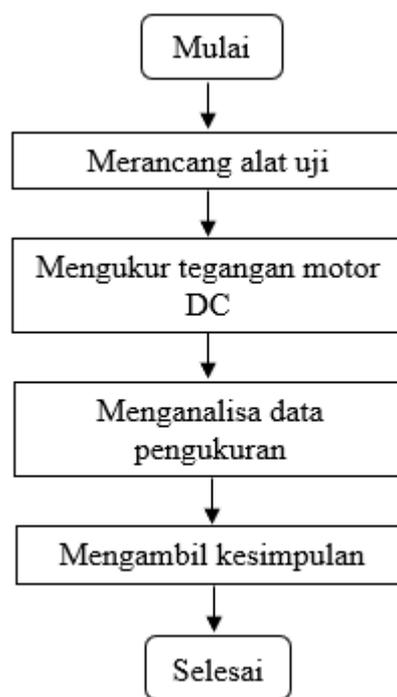
Power supply adalah alat yang memberikan pasokan listrik ke semua komponen elektronika. Power supply dihubungkan ke adaptor yang berfungsi

untuk mengkonversi arus AC yang berasal dari jaringan listrik PLN menjadi arus DC. Setelah dikonversi, arus DC dialirkan ke semua komponen dalam rangkaian alat uji. [10].

3. Metode Penelitian

3.1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap sebagaimana yang diperlihatkan pada bagan alir dalam Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1. Bagan Alir Metode Penelitian

Terdapat sejumlah tahapan penelitian sebagai berikut:

1. Merancang alat uji

Dalam tahap ini, alat uji yang dirancang berbentuk ban berjalan dengan sensor *half effect encoder* untuk memvariasikan tegangan keluaran sebagai tanggapan terhadap medan magnet. Sabuk ban dihubungkan ke beberapa puli dan motor DC. Rangkaian ban berjalan bertumpu pada

- penggulung pembawa (*carrying roller*), penggulung tanpa beban (*idler roller*), puli belakang (*tail/return pulley*) dan puli depan (*head pulley*) yang dihubungkan ke motor sebagai penggerak.
- Mengukur tegangan motor DC melalui sensor *half effect encoder*, sehingga diketahui nilai tegangan motor DC setiap kali berat barang pada ban berjalan bertambah.
 - Menganalisa data pengukuran
Dalam tahap ini, dilakukan penyusunan tabel dan grafik hasil pengukuran dan analisa tegangan motor DC terhadap berat barang pada ban berjalan.
 - Mengambil kesimpulan

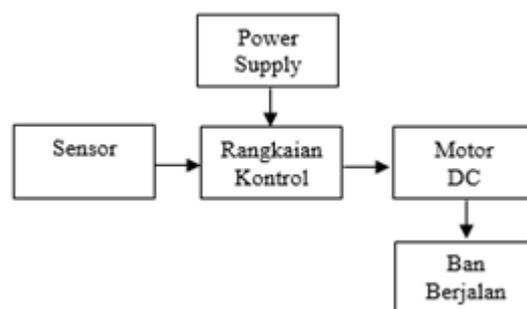
3.2. Blok Diagram Alat Uji

Berikut ini, diperlihatkan blok diagram rangkaian alat uji yang digunakan, sebagaimana terlihat dalam Gambar 5. Komponen dalam rangkaian alat uji terdiri atas:

- Sensor half effect encoder*
Merupakan peranti yang memvariasikan tegangan keluaran sebagai tanggapan terhadap medan magnet yang berfungsi untuk mengukur tegangan.
- Rangkaian kontrol
Rangkaian kontrol berupa Arduino AT Mega 2560 (Mikrokontroler) untuk dapat mengetahui pembacaan tegangan dari sensor *Half effect encoder*
- Motor DC
Memiliki karakteristik berupa tegangan maksimal 12V dan kecepatan maksimal 100 rpm untuk menggerakkan sabuk ban berjalan.
- Catu daya (*Power Supply*)
Berfungsi untuk memberikan pasokan listrik ke semua komponen elektronika. Power supply dihubungkan ke adaptor yang berfungsi untuk mengkonversi arus AC yang berasal dari jaringan listrik PLN menjadi arus DC. Setelah

dikonversi, arus DC dialirkan ke semua komponen dalam rangkaian alat uji.

- Ban berjalan
Merupakan sabuk ban yang dihubungkan ke dua atau lebih puli penggerak untuk mengangkat barang.



Gambar 3.2. Blok Diagram Alat Uji

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Pengukuran

Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan motor DC dan hasil pengukuran diperlihatkan dalam Tabel 4.1 berikut dengan variasi berat barang yang dilipatgandakan setiap kali pengukuran

Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Tegangan Motor DC

Jumlah Barang	Berat Barang (gram)	Tegangan Motor DC (volt)	Penurunan Tegangan (volt)
0	0	10,24	0
1	220	10,15	0,09
2	440	9,94	0,21
3	660	9,91	0,03
4	880	9,86	0,05
5	1100	9,85	0,01
6	1320	9,58	0,27

Dari Tabel 4.1 terlihat bahwa ketika berat barang bertambah kelipatannya, tegangan motor DC menurun, tetapi kelipatan penurunan tegangan motor DC tidak mengikuti kelipatan pertambahan berat

barang. Setiap barang yang ditambah dua kali lipat maka tegangan motor DC hanya menurun di bawah 0,3 volt. Penurunan tegangan ini tidak begitu berperan besar terhadap penurunan kinerja motor DC. Perhatikan grafik pengukuran tegangan motor DC dalam Gambar 4.1 berikut ini



Gambar 4.1 Grafik Pengukuran Tegangan Motor DC

4.2. Analisa

Dari hasil pengukuran tegangan motor DC setiap kali terjadi peningkatan berat barang yang berjalan pada ban berjalan ditemukan bahwa terjadi penurunan tegangan motor DC. Tabel 1 menunjukkan bahwa tegangan motor DC menurun dalam kisaran antara 0,01 volt sampai dengan 0,27 volt ketika terjadi peningkatan beban (berat barang) pada ban berjalan, yang berarti penurunan tegangannya masih di bawah 0,3 volt. Ketika berat barang dilipatgandakan dengan kelipatan genap, maka penurunan tegangan motor DC lebih besar daripada ketika berat barang dilipatgandakan dengan kelipatan ganjil. Pada peningkatan berat barang dua kali lipat, tegangan motor DC menurun 0,21 volt, peningkatan berat barang empat kali lipat, tegangan motor DC menurun 0,05 volt, peningkatan berat barang enam kali lipat, tegangan motor DC menurun 0,27 volt. Sedangkan pada peningkatan berat barang tiga kali lipat, tegangan motor DC menurun hanya 0,03 volt, peningkatan berat barang lima kali lipat, tegangan motor DC menurun hanya

0,01 volt. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan berat barang dengan kelipatan ganjil memberikan penurunan tegangan motor DC yang lebih kecil dibandingkan peningkatan berat barang dengan kelipatan ganda.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Tegangan motor DC menurun dalam kisaran antara 0,01 volt sampai dengan 0,27 volt ketika terjadi peningkatan beban (berat barang) pada ban berjalan.
2. Peningkatan berat barang dengan kelipatan ganjil memberikan penurunan tegangan motor DC yang lebih kecil dibandingkan peningkatan berat barang dengan kelipatan ganda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.E. Fitzgerald, Charles Kingsley, Umans D Stephen, dan Djoko Achyanto, "Motor-Motor Listrik", Penerbit Erlangga, 1997.
- [2] Sri Hartanto, Yogi Pratama, "Kinerja Motor DC Dalam Pengangkutan Barang Pada Ban Berjalan", Universitas Krisnadwipayana, 2018.
- [3] Nalaprana Nugroho, Sri Agustina, "Analisa Motor DC (Direct Current) Sebagai Penggerak Mobil Listrik", Mikrotiga, Vol. 2 No. 1, Januari 2015.
- [4] Masykur, Rizky D. Susanto, "Rancang Bangun Pengendali Kecepatan Putar Dan Pengereman Motor DC Menggunakan Perintah Suara Dengan Memanfaatkan Fitur

- Speech Recognition Pada Sistem Operasi Android", Universitas Lampung, 2015.
- [5] Arifin Jauhari, Leni Natalia Zulita, Hermawansyah, "Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino AT Mega 2560", Jurnal Media Infotama Vol. 12 No. 1, 2016.
- [6] Junxia Li, and Xiaoxu Pang, "Conveyor Belt Dynamic Characteristics and Influential Factors", Hindawi-Shock and Vibration Volume 2018, Article ID 8106879, 2018
- [7] Liwiryon Sudarso, Rudi Suhradi Rachmat, "Design of Conveyor Belt for Sandblasting Barang Handling System", Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics, Vol. 5 No. 1, 2020.
- [8] Rahul. K. Bhoyar, Sandeep.M. Pimpalgaonkar, Swapnil.J. Bhadang, "Adjustable Height Conveyor Belt for Small-Scale Food Processing Unit", International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), Vol. 8 Issue. 2, December 2018.
- [9] Sri Hartanto, Muhammad Irhamni, "Safety Smart Home Berbasis Mikrokontroler Arduino AT Mega 2560 Atmega328P dan Smoke Detektor MQ-2", Jurnal Elektrokrisna. Vol. 7 No. 2, 2019.
- [10] Dasef Akhwandi, Anton Yudhana. "Sistem Penyegaran Ruangan dari Asap Rokok dan Gas LPG Berbasis Mikrokontroler ATMega 8535". Jurnal ilmu Teknik Elektro dan Informatika (JITEKI) Vol. 3 No. 1, 2017.