

BAB I PENDAHULUAN

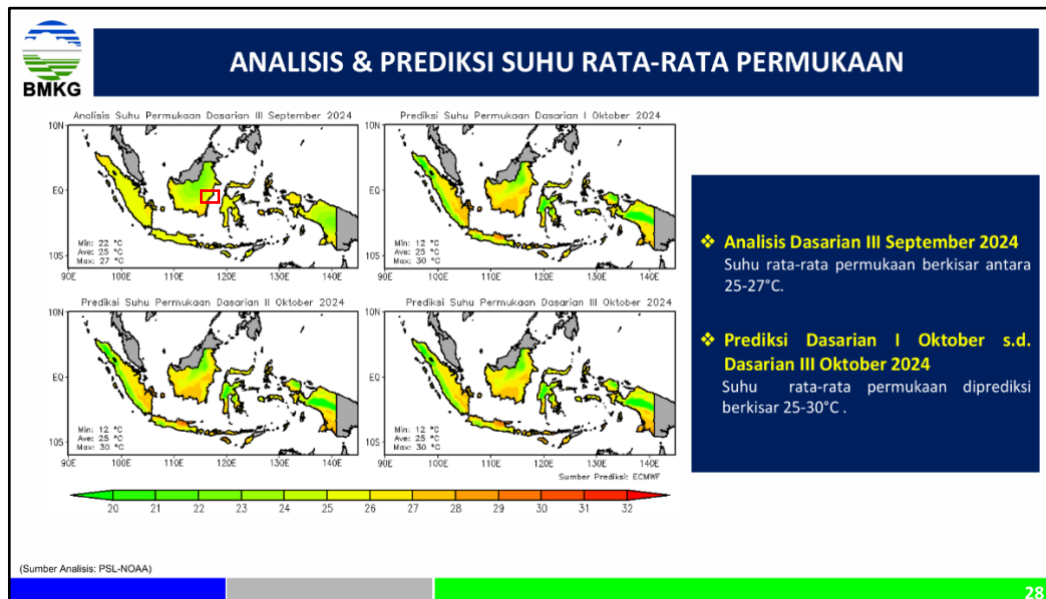
1.1 Latar Belakang

Penggunaan energi terbarukan, terutama energi matahari, semakin diprioritaskan dalam menghadapi kebutuhan energi yang terus bertambah dan dampak lingkungan dari bahan bakar fosil. *Solar tracker* menjadi salah satu teknologi yang dikembangkan untuk memaksimalkan pemanfaatan energi matahari, karena mampu menggerakkan panel surya mengikuti pergerakan matahari sehingga penyerapan energi lebih optimal sepanjang hari. Dalam proyek ini akan dirancang sistem *dual-axis solar tracker* yang dikendalikan motor DC untuk meningkatkan efisiensi energi matahari. Sistem ini ditujukan untuk penerangan jalan umum di kawasan Sepinggian sebagai upaya menyediakan solusi energi yang hemat dan ramah lingkungan[1]. Gambar 1.1 di bawah ini dan Gambar 1.2 pada halaman 2 menunjukkan kondisi suhu di Kota Balikpapan serta analisis suhu permukaan yang menggambarkan potensi energi matahari yang dapat dimanfaatkan.

Bulan	Suhu Udara Menurut Bulan di Balikpapan (derajat Celcius)											
	Minimum				Rata-rata				Maksimum			
	2022	2021	2020	2019	2022	2021	2020	2019	2022	2021	2020	2019
Januari	22,7	24,4	24,4	22,3	26,8	27,6	27,6	27,3	33,4	31,8	31,8	32,9
Februari	22,0	24,7	24,7	23,2	26,8	27,7	27,7	27,9	33,1	32,0	32,0	33,8
Maret	22,4	24,8	24,8	22,6	27,2	27,7	27,7	27,7	33,0	31,7	31,7	34,5
April	22,1	24,6	24,6	23,1	27,7	27,5	27,5	27,6	33,4	31,4	31,4	33,4
Mei	23,7	25,2	25,2	22,7	27,8	27,8	27,8	28,3	33,1	31,5	31,5	33,0
Juni	23,0	24,6	24,6	22,8	27,3	27,2	27,2	27,2	32,5	30,6	30,6	31,1
Juli	22,8	24,2	24,2	21,7	27,2	26,6	27,6	27,3	32,4	29,5	29,5	31,6
Agustus	22,3	24,3	24,5	22,6	26,9	26,9	27,2	27,6	31,7	30,1	30,7	32,4
September	22,7	24,4	24,9	23,0	26,8	26,9	27,2	28,0	33,0	30,4	30,5	32,7
Oktober	22,7	24,5	24,6	23,0	27,4	27,6	27,6	28,0	33,1	31,4	30,9	32,6
November	23,3	24,4	24,6	23,0	27,3	27,3	27,5	28,3	32,8	31,0	31,5	32,9
Desember	22,4	24,1	24,6	23,3	27,4	27,3	27,5	27,7	34,0	31,2	31,1	33,6
Jumlah	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

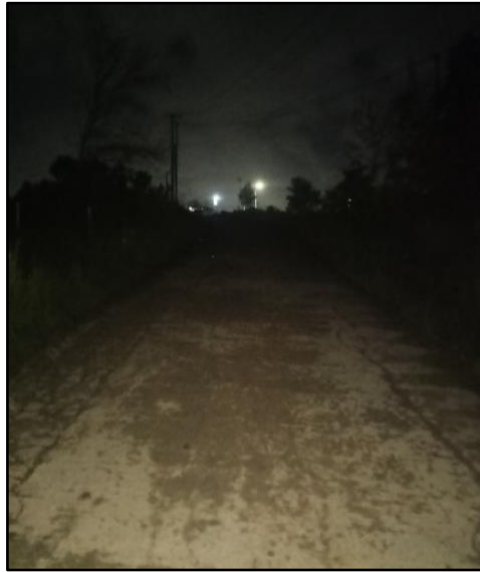
Keterangan Data :
Sumber: Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika

Gambar 1. 1 Suhu Udara di Balikpapan Tahun 2019-2022
(Sumber : [2])



Gambar 1. 2 Analisis & Prediksi Suhu Rata-Rata Permukaan
(Sumber : [3])

Namun, penerangan jalan umum (PJU) di Sepinggan masih menghadapi berbagai permasalahan. Infrastruktur penerangan belum mampu mengimbangi pertumbuhan aktivitas masyarakat yang kini berlangsung hingga malam hari [1]. Banyak ruas jalan di wilayah ini masih gelap dan minim penerangan, sehingga mengganggu kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan serta warga sekitar. Kekurangan penerangan juga meningkatkan risiko kecelakaan lalu lintas dan tindak kriminal. Pada Gambar 1.3 ditunjukkan kondisi Jalan di Sepinggan RT. 67 pada malam hari yang tampak gelap dan membutuhkan penerangan tambahan. Selain itu, data suhu udara pada Gambar 1.1 dan analisis suhu permukaan pada Gambar 1.2 memperlihatkan bahwa wilayah Balikpapan memiliki potensi energi matahari yang cukup besar sehingga dapat dimanfaatkan untuk mengatasi permasalahan ini [2][3].



Gambar 1. 3 Kondisi Jalan di Sepinggan RT. 67 pada Malam Hari

Gambar 1.3 di atas adalah gambar kondisi jalan di wilayah Sepinggan RT. 67 pada malam hari, yang cukup gelap sehingga membutuhkan penerangan jalan umum.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, energi matahari menjadi alternatif yang tepat untuk PJU karena bersifat ramah lingkungan dan tidak bergantung pada sumber energi fosil. Sistem *dual axis solar tracker* memungkinkan panel surya mengikuti posisi matahari sehingga penyerapan energi lebih maksimal dibandingkan panel statis. Penerapan teknologi ini diharapkan dapat menjadi contoh bagi daerah lain dalam penggunaan energi terbarukan. Rancang bangun yang dikembangkan bertujuan meningkatkan visibilitas dan kenyamanan pengguna jalan, mengurangi risiko kriminalitas dan kecelakaan malam hari, serta menyediakan listrik ramah lingkungan yang dapat digunakan melalui stop kontak dengan kapasitas terbatas. Penggunaannya hanya sampai 200 watt selama 1 jam atau 50 watt selama 4 jam, misalnya untuk mengisi daya ponsel, karena aki yang digunakan berkapasitas 55 Ah dengan tegangan 12 volt DC.

1.2 Rumusan Masalah

1. Merancang penerangan jalan berbasis solar cell 100 WP yang dilengkapi teknologi *dual axis solar tracker* dengan kendali motor DC.
2. Menjelaskan prinsip kerja penerangan jalan solar cell 100 WP yang menggunakan teknologi *dual axis solar tracker* berbasis kendali motor DC.
3. Melakukan pengujian terhadap penerangan jalan solar cell 100 WP yang dilengkapi teknologi *dual axis solar tracker* berbasis kendali motor DC.

1.3 Batasan Masalah

1. Panel surya yang digunakan tipe *monocrystalline* kapasitas 100 WP.
2. SCC (*Solar Charge Control*) yang digunakan 20 ampere.
3. Aki VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) yang digunakan kapasitas 55 Ah.
4. Komponen utama solar tracker yaitu Motor DC, Motor *Driver* BTS7960, Arduino Mega, sensor LDR (*Light Dependent Resistor*).
5. Pemasangan penerangan jalan umum ini berlokasi di jalan transat perumahan Bumi Makmur RT. 67 Kelurahan Sepinggan, Kecamatan Balikpapan Selatan.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan utama yang ingin dicapai, yaitu sebagai berikut:

1. Menjelaskan cara merancang penerangan jalan solar cell 100 WP yang dilengkapi dengan *dual axis solar tracker* berbasis kendali motor DC.
2. Menjelaskan prinsip kerja *dual axis solar tracker* berbasis kendali motor DC.
3. Menjelaskan cara menguji *dual axis solar tracker* berbasis kendali motor DC.

1.4.2 Manfaat

Adapun beberapa manfaat yang penulis dapat jabarkan dari hasil penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat bagi penulis: sebagai prasyarat kelulusan. Penerapan dari mata kuliah Sistem Pembangkit Listrik, Gambar Teknik Kelistrikan, Instalasi Listrik Penerangan, *Workshop* Energi Baru Terbarukan, *Workshop Mikrokontroler*.

2. Manfaat bagi program studi, jurusan dan institusi: menambah bahan referensi atau studi literatur bagi peneliti berikutnya.
3. Manfaat bagi masyarakat dan industri : memberikan kenyamanan dan rasa aman bagi pengguna jalan, serta meminimalisir tindakan kriminal yang tidak diinginkan.

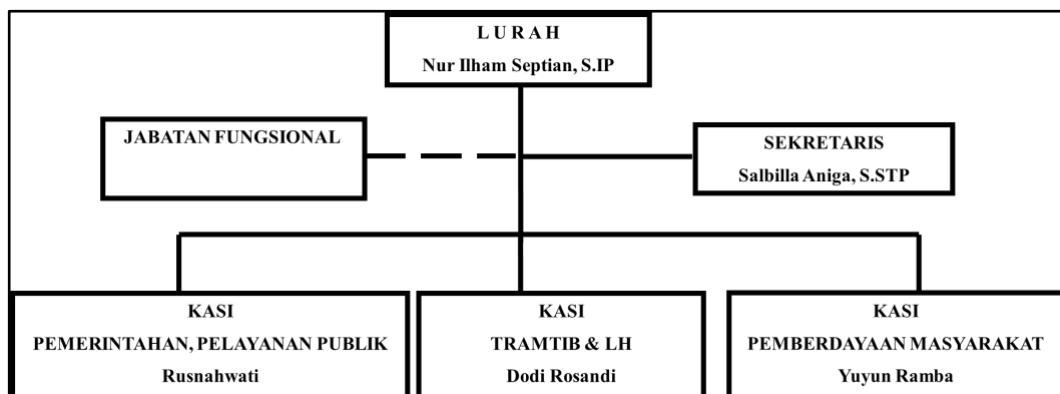
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

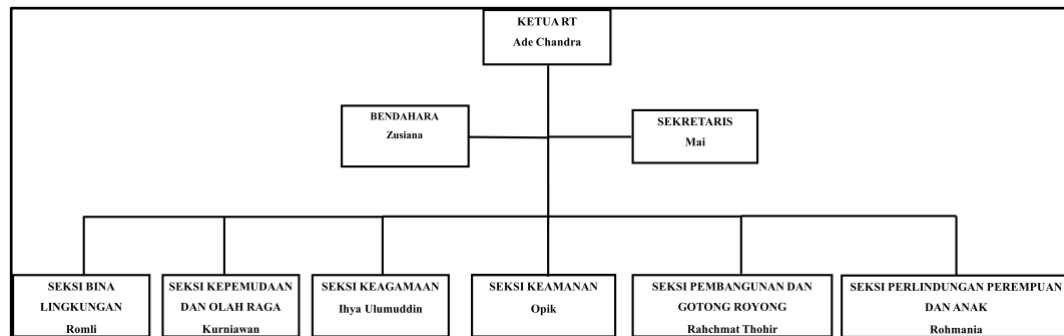
Di masa kini, kebutuhan akan energi yang efisien dan ramah lingkungan semakin mendesak. Salah satu solusi yang dikembangkan untuk mengatasi tantangan ini adalah penggunaan energi matahari melalui sistem *solar tracker*. Perangkat *solar tracker* dirancang untuk mengikuti pergerakan matahari sehingga panel surya dapat menangkap sinar matahari secara optimal sepanjang hari.

Penelitian ini berfokus pada rancang bangun *dual axis solar tracker* yang dikendalikan oleh motor DC, yang bertujuan untuk meningkatkan efektivitas pemanfaatan energi matahari sebagai sumber penerangan jalan umum di wilayah Sepinggán. Pada bab ini, berbagai literatur dan penelitian terdahulu yang menjadi landasan pengembangan sistem *solar tracker* akan dibahas, bersama dengan konsep-konsep penting yang terkait dengan teknologi ini.

Pembentukan Kelurahan Sepinggán didasari oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 1996 mengenai pembentukan 13 (tiga belas) Kecamatan yang berada di Kabupaten Daerah Tingkat II Kutai, Berau, Bulungan, Pasir, serta Kotamadya Daerah Tingkat II Samarinda dan Balikpapan yang termasuk dalam wilayah Provinsi Daerah Tingkat I Kalimantan Timur. Luas wilayah kelurahan Sepinggán adalah 7.812 km² yang terdiri dari 70 Rukun Tetangga (RT) dengan jumlah penduduk WNI adalah 40.056 jiwa terdiri dari laki-laki 20.453 jiwa dan perempuan 19.603 jiwa[4]. Di bawah ini adalah struktur organisasi dari kelurahan Sepinggán.



Gambar 2. 1 Struktur Organisasi Kelurahan Sepinggán



Gambar 2. 2 Struktur Organisasi RT 67 Sepinggan

Gambar 2.2 di atas merupakan struktur organisasi RT 67 Sepinggan lokasi pemasangan alat tugas akhir penulis.

2.1 Landasan Teori

Menurut definisi *International Energy Agency* (IEA), energi baru dan terbarukan adalah energi yang berasal dari proses alam yang diisi ulang secara terus menerus dan secara berkelanjutan dapat terus diproduksi tanpa harus menunggu waktu jutaan tahun layaknya energi berbasis fosil. EBT merupakan energi alternatif yang dapat dimanfaatkan oleh manusia di zaman modern ini sebagai pengganti dari energi fosil yang sifatnya tidak dapat diperbaharui dan tak terbarukan[5].

Energi baru dan yang terbarukan mempunyai peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi. Salah satunya upaya yang telah dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)[6]. Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau PLTS adalah sebuah sistem yang digunakan untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek *photovoltaic*. *Photovoltaic* sendiri merupakan fenomena fisika yang terjadi pada permukaan sel surya (*solar cell*) ketika menerima cahaya matahari. Selanjutnya, cahaya yang diterima diubah menjadi energi listrik. Hal ini disebabkan karena adanya energi foton cahaya yang membebaskan elektron – elektron sehingga mengalir dalam sambungan semikonduktor tipe n dan p yang pada akhirnya menimbulkan arus listrik[7].

Teknologi *dual-axis solar tracker* telah dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi penangkapan energi surya. Sistem *dual-axis solar tracker* ini menggunakan

panel surya 100 WP tipe *monocrystalline*, *Solar Charge Controller* 20 ampere, aki VRLA 55 Ah, motor DC, motor driver BTS7960, Arduino Mega 2560, sensor LDR.

2.1.1 Dual Axis Solar Tracker

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)[8].

Penggunaan *dual axis solar tracker* pada tugas akhir ini dikarenakan alat ini akan diletakkan di Lokasi Sepinggan, Balikpapan Selatan dengan Titik koordinat -1.22423° , 116.90882° tidak sesuai dengan sudut azimuth matahari, untuk memaksimalkan penangkapan cahaya matahari diperlukan sistem *dual axis solar tracker* ini agar panel surya selalu mengikuti arah datangnya cahaya matahari.

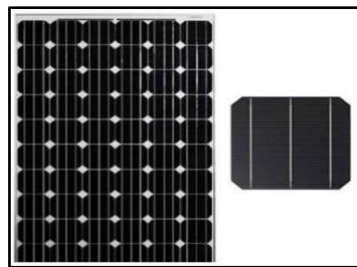
2.1.2 Panel Surya

Panel surya merupakan alat konversi energi yang dapat merubah intensitas cahaya matahari menjadi elektron yang bergerak atau yang disebut dengan arus listrik. Panel surya, terdiri dari silikon, silikon mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik, saat intensitas cahaya berkurang (berawan, hujan, mendung) energi listrik yang dihasilkan juga akan berkurang[9]. Prinsip kerja dari panel surya adalah jika cahaya matahari mengenai panel surya, maka elektron-elektron yang ada pada sel surya akan bergerak dari N ke P, sehingga pada terminal keluaran dari panel surya akan menghasilkan energi listrik. Besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya berbeda-beda tergantung dari jumlah sel surya yang dikombinasikan di dalam panel surya tersebut. Keluaran dari panel surya ini adalah berupa listrik arus searah (DC) yang besar tegangan keluarannya tergantung dengan jumlah sel surya yang dipasang di dalam panel surya dan banyaknya sinar matahari yang menyinari panel surya tersebut[10]. Secara keseluruhan, panel surya

memanfaatkan energi cahaya matahari untuk menghasilkan listrik, sehingga menjadi solusi energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan

2.1.3 Monokristal (Mono-Crystalline)

Merupakan panel yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini & menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Monokristal dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat-tempat yang beriklim ekstrim dan dengan kondisi alam yang sangat ganas. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik di tempat yang cahayanya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan[11]. Berikut di bawah adalah gambar dari Panel surya berjenis monokristal.



Gambar 2. 3 Panel Surya Monokristal
(Sumber : [12])

Jika 6 jam waktu matahari bersinar terik, maka dalam sehari panel surya dapat menghasilkan suplai sebesar :

$$6 \text{ jam} \times 100 \text{ wp} = 600 \text{ watt} \quad (2. 1)$$

dengan :

6 jam = waktu matahari bersinar terik

100 wp = daya panel surya

600 watt = daya yang dihasilkan

Dapat dilihat pada rumus di atas adalah rumus untuk menghitung daya yang dapat dihasilkan oleh panel surya selama waktu matahari bersinar terik. Pada rumus tersebut waktu matahari bersinar terik ialah selama 6 jam, di penelitian ini menggunakan panel surya 100 *watt peak*. Maka daya yang dihasilkan oleh panel surya 100 wp selama 6 jam waktu matahari bersinar terik adalah 600 watt.

2.1.4 Solar Charge Controller

Solar charge controller adalah komponen untuk pembangkit listrik tenaga surya, memiliki fungsi sebagai pengisi baterai (kapan baterai diisi dan menjaga pengisian baterai) dan untuk mengatur arus listrik yang masuk dari panel surya maupun arus beban keluar. *Solar charge controller* biasanya terdiri dari 1 *input* (2 terminal) yang terhubung dengan *output* panel surya, 1 *output* (2 terminal) yang terhubung dengan baterai atau aki, dan 1 *output* (2 terminal) yang terhubung dengan beban. Arus listrik DC yang berasal dari baterai biasanya tidak mungkin masuk ke panel surya karena ada diode *protection* yang hanya melewati arus listrik DC dari panel surya ke baterai[13].

Solar charge controller berfungsi untuk menjaga keseimbangan energi di baterai dengan cara mengatur tegangan maksimum dan minimal dari baterai tersebut, alat ini juga berfungsi untuk memberikan pengamanan terhadap sistem yaitu: Proteksi terhadap pengisian berlebih (*over charge*) di baterai, proteksi terhadap pemakaian berlebih (*over discharge*) oleh beban, mencegah terjadinya arus balik ke modul surya, melindungi terhadap terjadinya hubung singkat[14]. Di bawah ini adalah gambar solar charge controller.



Gambar 2. 4 Solar Charge Controller
(Sumber :[15])

2.1.5 Aki VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*)

Baterai VRLA (valve-regulated lead-acid battery) adalah sebuah baterai dengan elektroda yang terbuat dari timbal yang terendam oleh asam sulfat encer. Seringkali baterai ini dinamakan baterai kering dan karena bentuk serta rancangan dari baterai ini, menyebabkan mereka dapat dipasang di posisi mana saja dan tidak memerlukan pemeliharaan yang konstan bila dibandingkan dengan baterai basah / aki basah[16].

Baterai terdiri dari dua bagian. Bagian pertama yaitu bagian positif yang terdiri dari kation dan katoda, dimana katoda (elektroda positif) sebagai tempat pergerakan kation (ion positif). Bagian kedua yaitu bagian negatif yang terdiri dari anion dan anoda, dimana anoda (elektroda negatif) sebagai tempat pergerakan anion (ion negatif). Baterai juga mempunyai elektrolit yang merupakan bahan kimia sebagai sumber energi. Baterai ada yang menggunakan dua jenis elektrolit dan juga ada yang menggunakan satu jenis elektrolit. Katoda dan Anoda sebagai kutub-kutub dari baterai tidak berhubungan secara langsung satu sama lain, melainkan dihubungkan oleh elektrolit. Di dalam baterai tersebut terjadi reaksi redoks, di mana reaksi reduksi terjadi pada kation di katoda dan reaksi oksidasi terjadi pada anion di anoda. Dari reaksi inilah timbul pergerakan elektron yang menyebabkan adanya gaya gerak listrik[17]. Dapat dilihat pada Gambar 2.3 di bawah merupakan gambar aki VRLA.



Gambar 2. 5 Aki VRLA
(Sumber : [16])

Durasi waktu pengisian aki dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$I_s = \frac{\text{daya panel surya (wp)}}{\text{Tegangan panel surya (volt)}}$$

$$I_s = \frac{100 \text{ wp}}{12 \text{ volt}} \quad (2.2)$$

$$I_s = 8,33 \text{ A}$$

dengan :

I_s = Arus yang dihasilkan panel surya (*ampere*)

Rumus 2.2 di atas adalah rumus untuk menghitung arus yang dihasilkan panel surya. Caranya yaitu membagi daya panel surya (100 wp) dengan tegangan panel surya (12 volt). Maka didapatkan hasil arus panel surya sebesar 8,33 *ampere*. Setelah mengetahui arus yang dihasilkan oleh panel surya barulah bisa menghitung durasi waktu pengisian aki menggunakan rumus berikut :

$$\text{Waktu pengisian aki} = \frac{\text{Arus aki}}{\text{Arus yang dihasilkan panel surya}}$$

$$\text{Waktu pengisian aki} = \frac{55 \text{ ampere}}{8,33 \text{ ampere}} \quad (2.3)$$

$$\text{Waktu pengisian aki} = 6,6026 \text{ jam} \approx 6-7 \text{ jam}$$

Melalui perhitungan membagi arus aki dengan arus yang dihasilkan panel surya pada rumus 2.3 di atas. Didapatkan hasil berupa waktu pengisian aki adalah 6,0024 jam atau hampir sama dengan 6 jam.

2.1.6 Motor DC

Motor listrik arus searah adalah peralatan listrik yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Sebagai masukan pada motor ini adalah energi listrik arus searah. Motor DC merupakan kebalikan dari generator arus searah[18].

Kebanyakan motor listrik beroperasi melalui interaksi medan magnet dan konduktor pembawa arus untuk menghasilkan kekuatan, meskipun motor elektrostatis menggunakan gaya elektrostatis. Proses sebaliknya, menghasilkan energi listrik dari energi mekanik, yang dilakukan oleh generator seperti alternator, atau dinamo. Banyak jenis motor listrik dapat dijalankan sebagai generator, dan sebaliknya[19]. Gambar motor DC dapat dilihat pada Gambar 2.4 di akhir halaman ini.



Gambar 2. 6 Motor DC
(Sumber :[20])

Mdel:JGB37-555											
Model	Rated voltage	No load		Rated				Stall			
		Speed	Current	Speed	Current	Torque	Output power	Torque	Current	Weight	L size
	V	RPM	A	RPM	A	NM	W	NM	A	g	MM
JGB37-555-6.25K	12	800	0.2	650	1.2	0.12	8.22	0.35	6.5	295	19
JGB37-555-10K	12	500	0.2	407	1.2	0.2	8.56	0.7	6.5	295	19
JGB37-555-18.75K	12	267	0.2	217	1.2	0.37	8.44	1	6.5	300	22
JGB37-555-30K	12	167	0.2	136	1.2	0.6	8.56	1.6	6.5	300	22
JGB37-555-56.25K	12	89	0.2	72	1.2	1.12	8.52	3	6.5	305	24
JGB37-555-90K	12	56	0.2	45	1.2	1.8	8.56	5	6.5	305	24
JGB37-555-131.25K	12	38	0.2	31	1.2	2.6	8.48			310	26.5
JGB37-555-168.75K	12	30	0.2	24	1.2	3.36	8.52			310	26.5
JGB37-555-270K	12	19	0.2	15	1.2	5.4	8.56			315	29
JGB37-555-506.25K	12	10	0.2	8	1.2	7	5.92			315	29
JGB37-555-810K	12	6	0.2	5	1.2	7	3.7			315	29
JGB37-555-6.25K	24	800	0.1	650	0.9	0.12	8.22	0.5	4	295	19
JGB37-555-10K	24	500	0.1	407	0.9	0.2	8.56	0.8	4	295	19
JGB37-555-18.75K	24	267	0.1	217	0.9	0.37	8.44	1.46	4	300	22
JGB37-555-30K	24	167	0.1	136	0.9	0.6	8.56	2.3	4	300	22
JGB37-555-56.25K	24	89	0.1	72	0.9	1.12	8.52	4.37	4	305	24
JGB37-555-90K	24	56	0.1	45	0.9	1.8	8.56	7	4	305	24
JGB37-555-131.25K	24	38	0.1	31	0.9	2.6	8.48			310	26.5
JGB37-555-168.75K	24	30	0.1	24	0.9	3.36	8.52			310	26.5
JGB37-555-270K	24	19	0.1	15	0.9	5.4	8.56			315	29
JGB37-555-506.25K	24	10	0.1	8	0.9	7	5.92			315	29
JGB37-555-810K	24	6	0.1	5	0.9	7	3.7			315	29

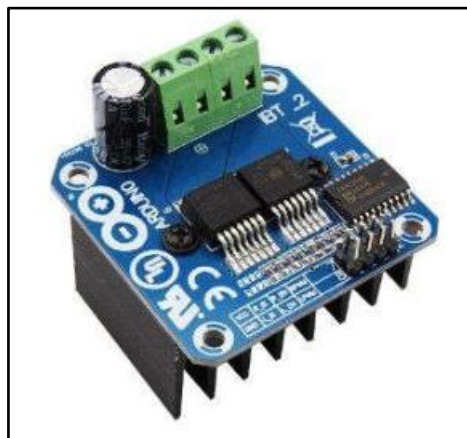
Gambar 2. 7 Datasheet Motor DC
(Sumber :[20])

Gambar 2.5 di atas adalah *datasheet* dari motor dc yang akan digunakan pada tugas akhir ini yakni motor dc bertipe gearbox JGB37-555 dengan torsi maksimal adalah sekitar 71 kilogram.

2.1.7 Motor Driver BTS7960

Driver motor adalah peningkat arus. Fungsi dari motor *driver* adalah untuk merubah sinyal control dengan arus rendah menjadi arus yang lebih tinggi untuk menggerakkan motor. Motor *driver* memiliki berbagai jenis yang dapat dikategorikan dalam suplai tegangan maksimum, arus keluaran maksimum, daya keluaran, tegangan beban jenis kemasan dan jumlah *output*[21]. Pada perancangan *dual axis solar tracker* ini akan menggunakan motor *driver* BTS7960 yang sudah mendukung pengendalian motor DC hingga 43A.

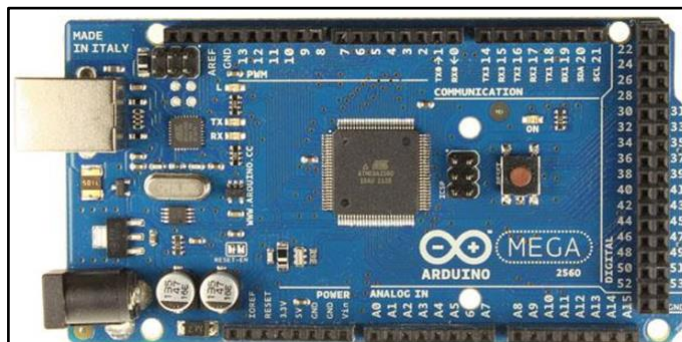
BTS7960 merupakan driver dengan rangkaian full H-bridge dengan IC BTS7960. Driver BTS7960 berfungsi untuk menggerakkan motor dc[22]. Fungsi utama dari modul driver ini adalah untuk dapat mengkonversi masukan berupa sinyal pulse width modulation (PWM) yang sudah dimanipulasi sehingga dapat menghasilkan kecepatan tertentu yang diinginkan[23]. Gambar di bawah ini adalah gambar dari motor driver BTS7960.



Gambar 2. 8 Motor Driver BTS7960
(Sumber : [24])

2.1.8 Arduino Mega 2560

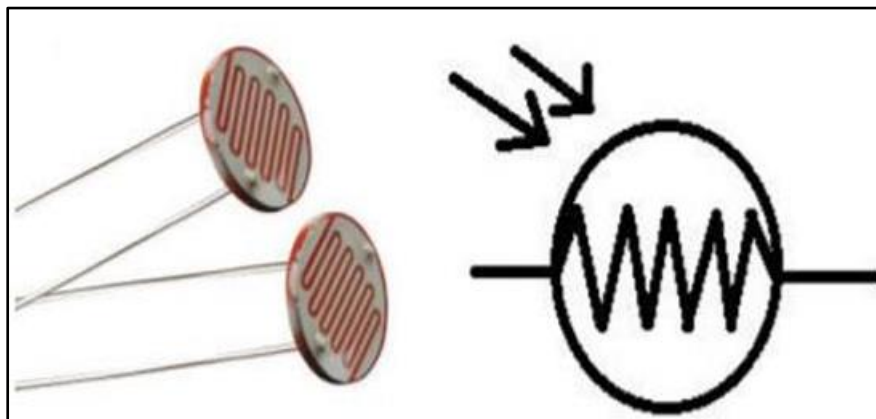
Arduino adalah platform pembuatan prototipe elektronik yang bersifat open-source hardware yang berdasarkan pada perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan. Arduino ditujukan bagi para seniman, desainer, dan siapapun yang tertarik dalam menciptakan objek atau lingkungan yang interaktif[25]. Arduino mega 2560 merupakan papan mikrokontroler berbasis atmega 2560. Arduino mega 2560 memiliki 54 pin digital input/output, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 14 pin sebagai UART (Port serial Hardware), selain itu arduino mega ini juga memiliki 16 MHz kristal osilator, tombol reset, header ICSP, koneksi USB dan jack power. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler dalam berbagai pekerjaan. Selanjutnya untuk memulai mengaktifkan perangkat tersebut cukup dengan menghubungkannya ke computer melalui kabel USB atau power suplay atau baterai[26]. Berikut di bawah ini merupakan gambar dari arduino mega 2560.



Gambar 2. 9 Arduino Mega2560 R3
(Sumber : [25])

2.1.9 Sensor LDR

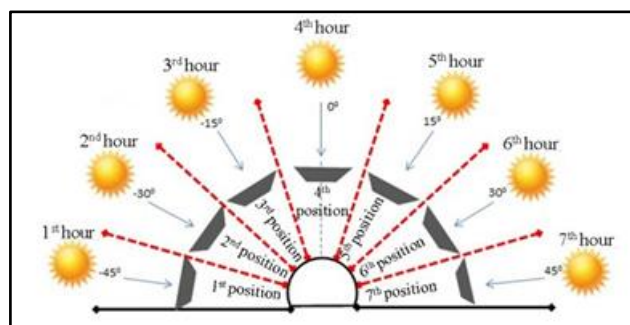
Light Dependent Resistor (LDR) ialah jenis resistor yang berubah hambatannya karena pengaruh cahaya. Besarnya nilai hambatan pada sensor cahaya LDR tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri. Bila cahaya gelap nilai tahanannya semakin besar, sedangkan cahayanya terang nilainya menjadi semakin kecil. LDR adalah jenis resistor yang biasa digunakan sebagai detektor cahaya atau pengukur besaran konversi cahaya. LDR terdiri dari sebuah cakram semikonduktor yang mempunyai dua buah elektroda pada permukaannya[27]. Di bawah ialah gambar sensor LDR.



Gambar 2. 10 Bentuk Fisik dan Simbol LDR
(Sumber : [27])

2.1.10 Teori Elevasi

Elevasi merupakan sudut dengan rentangan garis horizontal dari bumi ke atas langit atau arahnya jika diaplikasikan yakni dari timur ke barat yang dimana pada pengaplikasian sistem pelacak matahari sudut maksimalnya adalah 90° dengan titik 0° menghadap ke sebelah timur dan diakhiri di titik 90° pada arah barat. Penerapan pada sistem pelacak matahari menempuh waktu dari jam 9 pagi sampai jam 9 sore. Pada sudut elevasi menggunakan sensor kemiringan. Penerapan sudut Elevasi terlihat pada gambar di bawah ini[28].



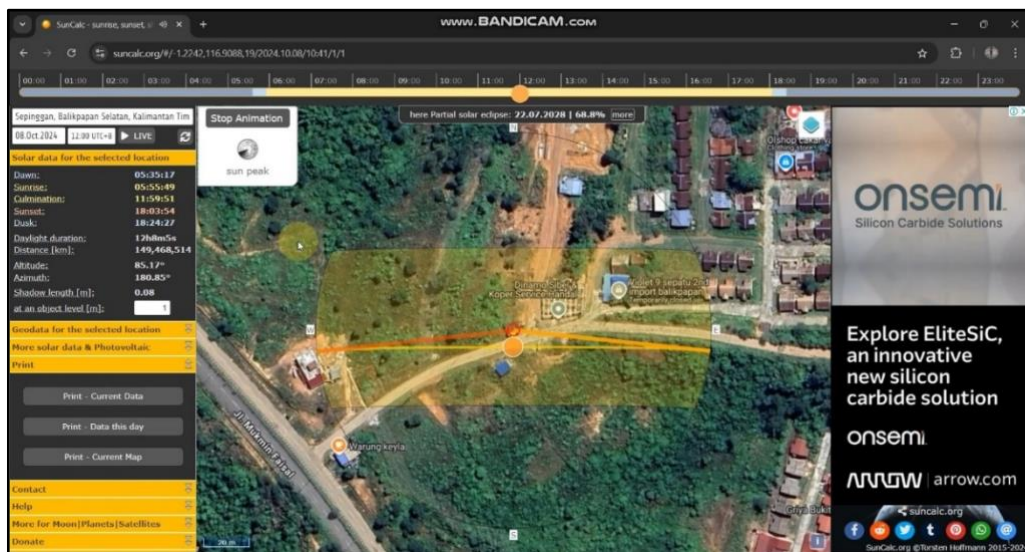
Gambar 2. 11 Sudut Elevasi
(Sumber : [28])

Tabel 2. 1 Data Elevasi Matahari

No.	Waktu	Sudut
1	06.00	0.60°
2	07.00	15.12°
3	08.00	30.01°
4	09.00	44.89°
5	10.00	59.73°
6	11.00	74.31°
7	12.00	85.17°
8	13.00	74.24°
9	14.00	59.65°
10	15.00	44.82°
11	16.00	29.94°
12	17.00	15.05°
13	18.00	0.55°

(Sumber : [29])

Tabel 2.1 di atas adalah data sudut elevasi matahari tiap jam pada tanggal 8 Oktober 2024 di Lokasi Sepinggan, Balikpapan Selatan dengan Titik koordinat -1.22423° , 116.90882° pada melalui website www.suncalc.org. Matahari mencapai puncaknya pada jam 12.00 dengan sudut 85.17° .



Gambar 2. 12 Tampilan Website SunCalc

Dapat dilihat pada Gambar 2.10 di atas menunjukkan tampilan ketika matahari mencapai puncaknya di jam 12.00 dengan sudut elevasi 85.17°.

2.1.11 Analisis beban

Tugas akhir ini akan menggunakan 4 buah lampu, masing-masing lampu berdaya 5 watt, sehingga total bebannya adalah 20 watt. Empat buah lampu tersebut akan menyala selama 12 jam di malam hari. Maka total daya yang dibutuhkan ketika malam hari dapat dihitung menggunakan rumus 2.4 berikut :

$$20 \text{ watt} \times 12 \text{ jam} = 240 \text{ watt} \quad (2.4)$$

Dari rumus 2.4 di atas diketahui bahwa total daya lampu 20 watt akan menyala selama 12 jam, maka total daya lampu menyala selama 12 jam adalah 240 watt.

2.2 Penelitian Terkait

Proposal tugas akhir ini disusun berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait sistem *solar tracker* dan penggunaan energi matahari untuk penerangan. Penelitian-penelitian tersebut dijadikan sebagai landasan yang kemudian disederhanakan dan dikembangkan lebih lanjut dari segi desain alat serta peningkatan efisiensi. Pengembangan dalam tugas akhir ini difokuskan pada penerapan *dual-axis solar tracker* berbasis kendali motor DC yang diintegrasikan dengan sistem penerangan jalan umum.

Tabel 2.2 di halaman ini disajikan untuk merangkum beberapa penelitian terkait yang menjadi acuan dalam perancangan dan pengembangan proyek ini.

Tabel 2. 2 Penelitian Terkait

No.	Nama Penulis dan Tahun	Judul	Hasil
1.	Wibawa, Unggul Purnomo, Hery Ramadhani, Ahmad Zaki. 2022 [30]	Aplikasi <i>Solar Tracker System</i> Berbasis Arduino Uno untuk Sistem <i>Photovoltaic</i> pada Penerangan Jalan Umum	Panel surya yang menggunakan <i>solar tracker system</i> memiliki tingkat efisiensi yang lebih tinggi daripada panel surya yang tanpa menggunakan <i>solar tracker system</i> . Pada cuaca cerah peningkatan efisiensi panel surya yang menggunakan <i>solar tracker system</i> rata-rata sebesar 1,12%. Sedangkan pada cuaca mendung peningkatan efisiensi panel surya yang menggunakan <i>solar tracker system</i> rata-rata sebesar 1,94%.
2.	Hidayatullah, Sayyidina Ali	Rancang Bangun <i>Single-Axis Solar</i>	Panel surya berfungsi sebagai sumber energi utama yang

	<p>Styawati, Styawati. 2024 [31]</p>	<p><i>Tracker</i> untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Kecil</p>	<p>menghasilkan listrik, sementara sensor LDR mendeteksi intensitas cahaya secara akurat. Arduino Uno berperan sebagai pusat kendali sistem, mengatur pergerakan solar tracker, dan servo motor menggerakkan solar tracker secara efektif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata tegangan yang dihasilkan oleh <i>solar tracker</i> lebih tinggi dibandingkan dengan sistem konvensional atau posisi tetap (<i>fixed</i>). Hal ini menunjukkan bahwa <i>solar tracker</i> mampu mengoptimalkan penyerapan energi matahari. Dalam penelitian ini, penggunaan sensor LDR dan Arduino Uno sebagai pengendali <i>solar tracker</i> telah terbukti meningkatkan kinerja pengumpulan energi. Namun, untuk implementasi lebih lanjut, perlu mempertimbangkan faktor-faktor seperti perawatan, biaya, dan keandalan sistem. Penelitian ini memberikan wawasan tentang potensi</p>
--	--	---	---

			<p><i>single-axis solar tracker</i> dalam meningkatkan produktivitas panel surya pada skala kecil. Hasil riset ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan sistem energi surya yang lebih efisien dan berkelanjutan.</p>
3.	<p>Eko Prasetyo, Erwan Marausna, Gaguk Rasmi Dewantika Rahmiullah, Rizka. 2022[32]</p>	<p>Analisis Perbandingan Hasil Daya Listrik Panel Surya Dengan <i>Solar Tracker</i> dan Tanpa <i>Solar Tracker</i></p>	<p>Penyerapan energi matahari lebih maksimal jika menggunakan <i>solar tracker</i> karena posisi panel surya akan selalu mengikuti pergerakan matahari melalui sensor cahaya (LDR).</p> <p>Dari perhitungan total energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dengan <i>solar tracker</i> lebih besar 455,93 Wh dibandingkan dengan panel surya tanpa <i>solar tracker</i> (statis) 120,19 Wh. Dari hasil pengujian panel surya menggunakan <i>solar tracker</i> memiliki selisih perbedaan pada energinya yang mencapai 73,84% Perhari dengan pengujian dilakukan selama 8 jam.</p>

Ketiga penelitian yang menjadi acuan dalam tugas akhir ini memiliki beberapa perbedaan signifikan dibandingkan dengan sistem yang dirancang dalam proyek ini. Jurnal Erwan Eko Prasetyo (2022) membahas penggunaan *solar tracker* sumbu tunggal dengan sensor LDR dan motor servo untuk meningkatkan efisiensi panel surya. Namun, penelitian ini terbatas pada penggunaan motor servo dan *single-axis tracker*, sedangkan dalam tugas akhir ini digunakan motor DC yang lebih kuat dan motor *driver* BTS7960 untuk penggerak *dual-axis tracker*, yang mampu mengikuti posisi matahari dengan lebih presisi dan efisien.

Sementara itu, jurnal Unggul Wibawa (2022) mengkaji aplikasi *solar tracker* berbasis Arduino Uno untuk penerangan jalan umum menggunakan panel surya berdaya lebih kecil, yaitu 10Wp. Berbeda dengan penelitian ini, tugas akhir ini menggunakan panel surya *monocrystalline* 100Wp, baterai VRLA 55Ah, dan *solar charge controller* 20A untuk menghasilkan daya yang lebih besar dan stabil. Jurnal Sayyidina Ali Hidayatullah (2024) juga menggunakan sistem *single-axis* pada skala kecil dengan komponen seperti Arduino Uno dan sensor LDR. Berbeda dengan proyek ini, penelitian tersebut masih terbatas pada *single-axis*, sedangkan tugas akhir ini mengimplementasikan *dual-axis tracker* untuk optimalisasi penuh penyerapan energi matahari.

BAB III

METODOLOGI

3.1 Peralatan dan Bahan yang Digunakan

Rancang bangun *dual axis solar tracker* ini memerlukan alat dan bahan pada proses pembuatannya. Di bawah ini merupakan Tabel 3.1 mengenai alat dan bahan yang diperlukan.

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan

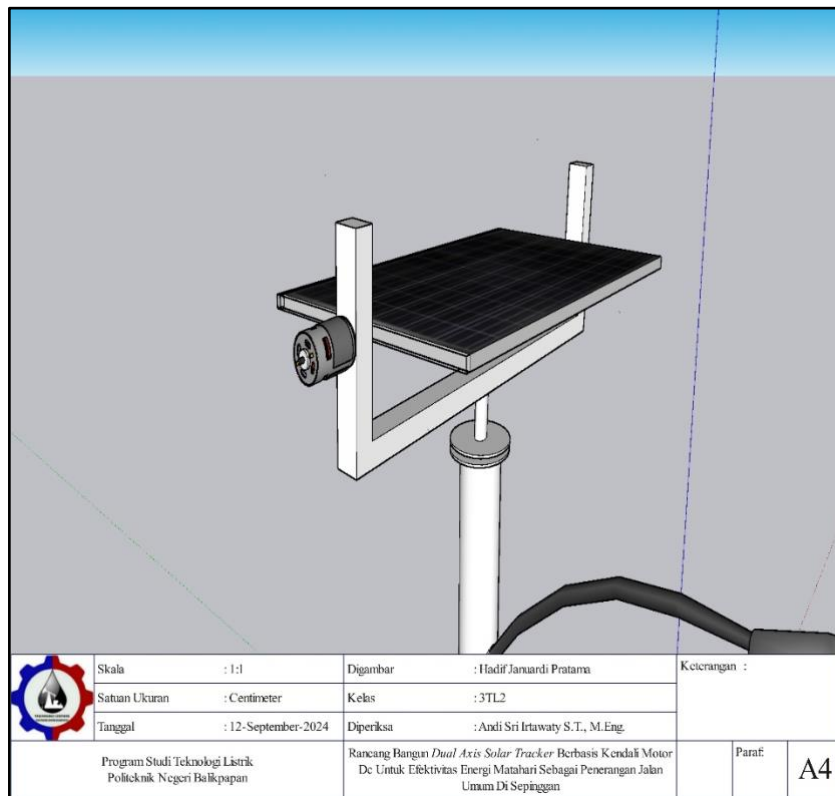
No.	Item	Volume	Satuan	Justifikasi Penggunaan
A	Peralatan			
1	Laptop	1	Buah	untuk menjalankan program SketchUp, EdrawMax, Arduino IDE
2	SketchUp (Software)	1	Buah	untuk membuat desain 3D
3	EdrawMax (Software)	1	Buah	untuk membuat desain 2D
4	Arduino IDE (Software)	1	Buah	untuk memprogram Arduino Mega 2560
6	Obeng Plus besar	1	Buah	untuk memasang/melepas sekrup plus besar
7	Obeng Minus besar	1	Buah	untuk memasang/melepas sekrup minus besar
8	Obeng Plus kecil	1	Buah	untuk memasang/melepas sekrup plus kecil
9	Obeng Minus kecil	1	Buah	untuk memasang/melepas sekrup minus kecil
10	Tang Kombinasi	1	Buah	untuk menyambung kabel
11	Tang Potong	1	Buah	untuk memotong kabel
12	Tang Lancip	1	Buah	untuk membengkokkan/meluruskan kabel
13	Tang Crimping	1	Buah	untuk mengupas kabel

14	<i>Testpen</i>	1	Buah	untuk mengetahui ada atau tidaknya arus listrik
15	Solder	1	Buah	untuk menyambung beberapa komponen pada rangkaian
B	Bahan			
1	Panel Surya 100WP	1	Buah	untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik
2	Aki VRLA 55Ah	1	Buah	untuk menyimpan daya dari panel surya
3	<i>Solar Charge Controller</i>	1	Buah	untuk mengatur arus yang masuk dan keluar
4	Tiang 6 Meter	3	Buah	untuk menyangga panel surya dan box panel
5	Box Panel	2	Buah	untuk menyimpan komponen
6	Arduino Mega 2560	1	Buah	mengontrol perangkat elektronik dan memproses data input ke output
7	Motor DC gearbox JGB37-555	2	Buah	untuk menggerakkan panel surya
8	<i>Motor Driver</i> BTS7960	2	Buah	untuk mengendalikan kecepatan putaran motor DC
9	<i>Automatic Transfer Switch</i>	1	Buah	untuk mengalihkan sumber utama ke sumber cadangan
10	Sensor Tegangan	1	Buah	untuk mengukur tegangan pada baterai
11	Sensor LDR	4	Buah	untuk mendeteksi arah sinar matahari
12	<i>Photocell</i> AC	1	Buah	untuk mendeteksi gelap atau terang
14	Sensor PIR	3	Buah	untuk mendeteksi pergerakan
18	Isolasi Bakar <i>Heat Shrink</i>	Secukupnya	Buah	untuk pelindung sambungan kabel
19	Lampu PJU 12V 5W	3	Buah	untuk penerangan jalan

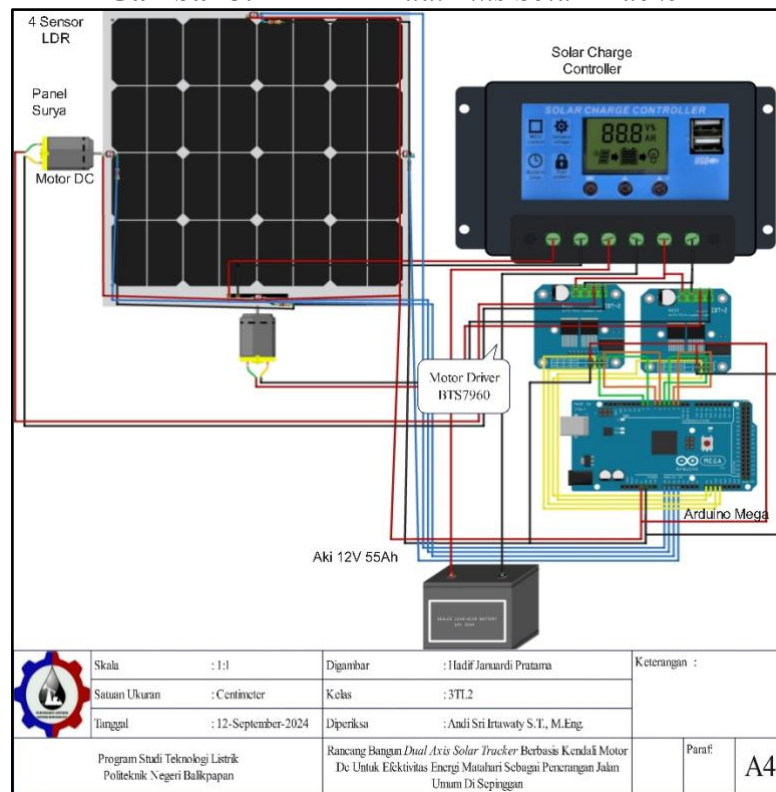
20	Lampu Pos Kamling 5W	1	Buah	untuk penerangan pos kamling
21	<i>Stop</i> Kontak	1	Buah	untuk mengisi daya
22	<i>power Supply</i>	1	Buah	untuk mengubah arus AC ke DC
23	<i>Inverter</i> 300 W	1	Buah	untuk mengubah arus DC ke AC
24	Kabel Listrik	Secukupnya	Meter	untuk penghantar listrik antar komponen

3.2 Desain dan Perancangan Alat

Pembuatan alat Tugas Akhir ini tentunya memerlukan perencanaan yang baik, untuk itu dibuatlah desain dan perancangan alat yang akan dibuat. Perancangan desain juga dapat memudahkan dalam menentukan bahan yang diperlukan, sehingga tidak terjadi kelebihan ataupun kekurangan komponen. Berikut adalah desain dan perancangan alat Tugas Akhir yang ditampilkan pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 pada halaman 23.



Gambar 3. 1 Desain *Dual Axis Solar Tracker*

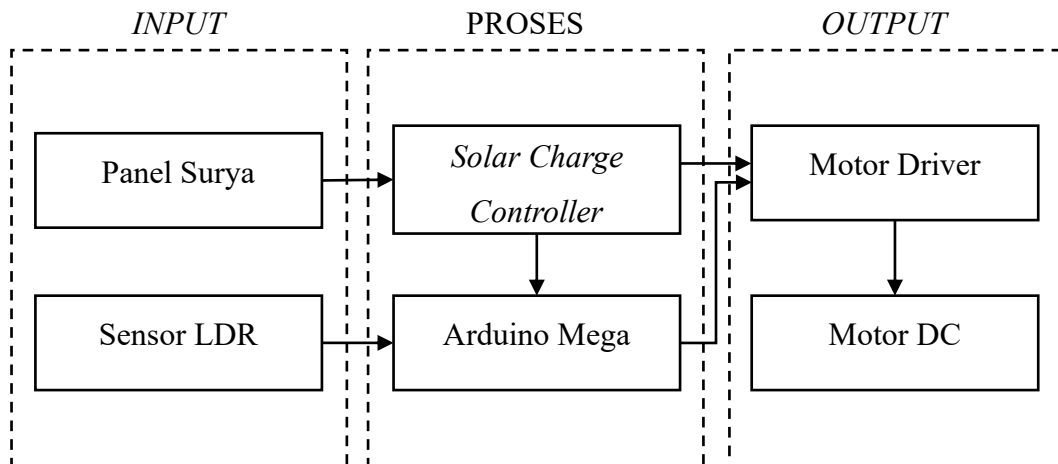


Gambar 3. 2 Skema Pengkabelan Alat

Pada Gambar 3.2 di halaman sebelumnya terdapat beberapa komponen utama dalam pembuatan tugas akhir yang berupa Sistem *Dual Axis Solar Tracker*. Dibuat untuk meningkatkan efisiensi penyerapan energi matahari yang dimanfaatkan untuk penerangan jalan umum (PJU). Sistem ini melibatkan panel surya 100WP dengan kisaran berat 7,5-9 kilogram, aki 55Ah, Arduino Mega 2560, motor driver BTS7960, dan motor dc *gearbox* dengan torsi maksimum 16 kilogram, yang bekerja bersama untuk menjaga agar panel surya selalu berada pada posisi terbaik untuk menangkap cahaya matahari sepanjang hari.

Sensor LDR berfungsi untuk mendeteksi intensitas cahaya dari empat arah yang berbeda. Berdasarkan perbedaan nilai intensitas yang diperoleh, Arduino Mega akan menggerakkan motor DC melalui motor driver untuk memutar panel surya pada dua sumbu, yaitu sumbu azimuth (horizontal) dan zenith (vertikal). Dengan demikian, panel surya secara otomatis mengikuti pergerakan matahari dari timur ke barat sepanjang hari, meningkatkan efisiensi penyerapan energi.

Energi yang ditangkap oleh panel surya kemudian dialirkan ke *Solar Charge Controller* (SCC) 20A, yang berfungsi mengelola pengisian daya ke aki 55Ah. SCC memastikan aki terisi secara aman dan melindunginya dari risiko *overcharge* atau kekurangan daya.



Gambar 3. 3 Blok Diagram

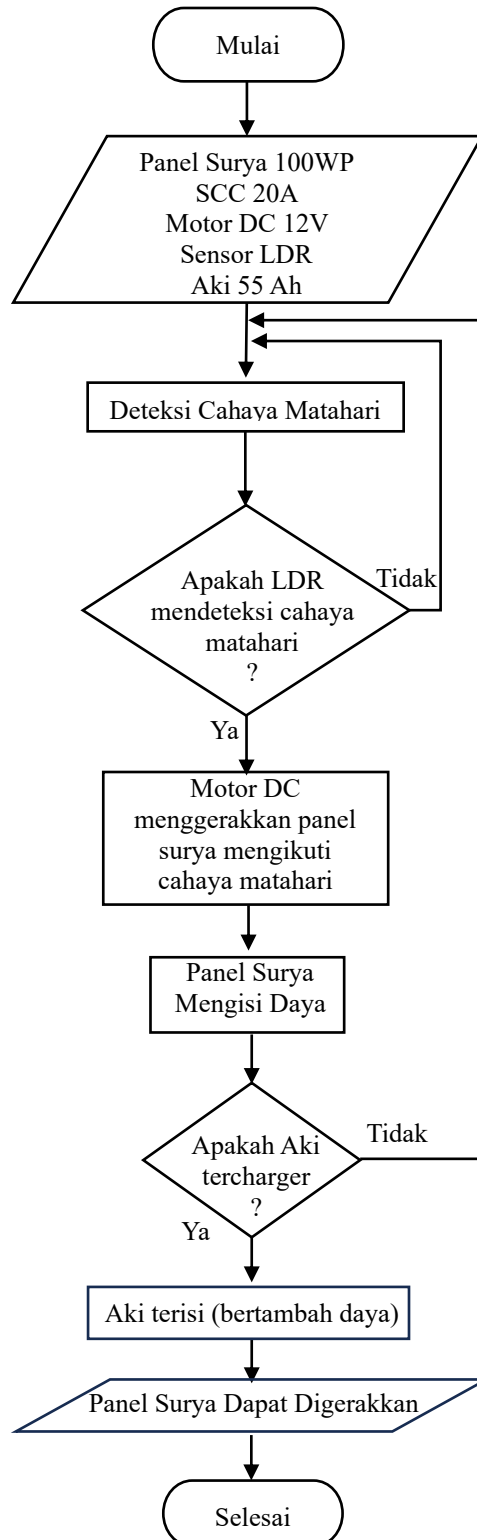
Gambar 3.3 di atas adalah gambar blok diagram yang menunjukkan 3 bagian yaitu, *input*, *proses*, *output*. Pada bagian *input*, terdapat dua komponen utama, yaitu panel surya dan sensor LDR. Panel surya berfungsi sebagai sumber daya utama yang mengonversi sinar matahari menjadi energi listrik. Sedangkan sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) berfungsi untuk mendeteksi intensitas cahaya matahari. Data yang diperoleh dari sensor ini akan digunakan untuk menentukan arah pergerakan panel surya.

Pada bagian proses, terdapat komponen *Solar Charge Controller* dan Arduino Mega. *Solar charge controller* bertugas untuk mengatur dan menyalurkan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Energi ini akan diatur agar aman digunakan untuk mengisi baterai atau langsung digunakan oleh sistem. Arduino Mega berfungsi sebagai pusat pengendali utama yang menerima sinyal dari sensor LDR dan memprosesnya untuk mengontrol arah gerakan motor. Arduino juga mengontrol motor driver untuk menggerakkan motor sesuai dengan data dari LDR.

Di bagian ini terdapat *Motor Driver* dan *Motor DC*. Motor driver bertindak sebagai pengatur arus dan tegangan yang akan menggerakkan motor DC. Motor driver ini menerima sinyal dari Arduino Mega, kemudian mengontrol Motor DC untuk memutar panel surya. Motor DC akan mengarahkan panel surya agar mengikuti posisi matahari, berdasarkan data intensitas cahaya yang diterima dari Sensor LDR, sehingga panel selalu berada pada posisi yang optimal untuk menangkap sinar matahari.

3.3 Flowchart Alur Kerja Alat

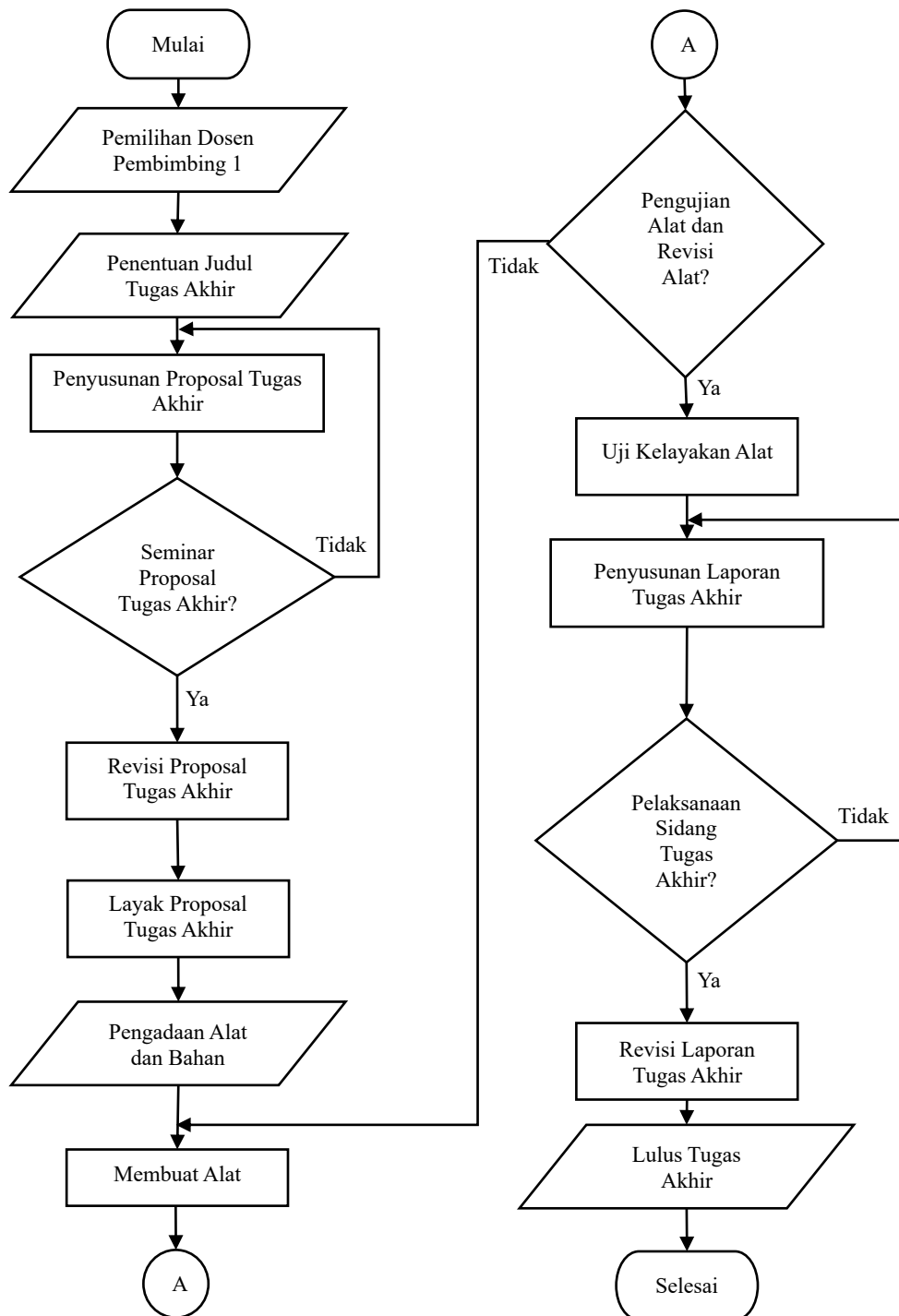
Gambar 3.4 di bawah ini adalah *flowchart* alur kerja alat.



Gambar 3. 4 *Flowchart* Pembuatan Alat

Gambar 3.4 pada halaman sebelum merupakan *flowchart* dari pembuatan alat yang mana pada bagian pertama mulai, selanjutnya inisialisasi *input* berupa komponen penting alat ini, berikutnya proses persiapan alat dan bahan, setelahnya ada proses perancangan alat, yaitu panel surya 100 WP, SCC 20A, motor DC 12V, sensor LDR, dan aki 55 Ah. Setelah sistem menyala, sensor LDR melakukan pendeteksian intensitas cahaya matahari. Jika LDR belum mendeteksi cahaya yang cukup, sistem mengulang proses pendeteksian hingga kondisi terpenuhi. Ketika cahaya terdeteksi, motor DC menggerakkan panel surya agar posisinya mengikuti arah datangnya cahaya matahari. Setelah panel berada pada posisi optimal, proses pengisian daya berlangsung. Selanjutnya sistem memeriksa apakah aki menerima pengisian (tercharger). Jika aki belum terisi, proses pengisian tetap berlanjut sampai kondisi terpenuhi. Jika aki telah terisi, kegiatan dinyatakan selesai. Apabila semua tahapan di atas berjalan lancar maka bagan alir selesai.

Berikut Gambar 3.5 mengenai *Flowchart* jadwal kegiatan tugas akhir.



Gambar 3. 5 *Flowchart* Jadwal Kegiatan Tugas Akhir

3.4 Parameter Pengamatan

Beberapa parameter pengamatan pada rancang bangun *dual axis solar tracker* berbasis kendali motor DC untuk efektivitas energi matahari sebagai penerangan jalan umum di sepinggan adalah sebagai berikut :

4. Energi harian yang dihasilkan oleh *dual axis solar tracker*
5. Durasi waktu optimal penangkapan sinar matahari
6. Total energi yang dikonsumsi motor DC dalam sehari
7. Arus dan Tegangan motor DC saat beroperasi
8. Durasi waktu pengisian Aki dari kosong hingga penuh

Tabel 3. 2 Energi Harian yang Dihasilkan

No.	Waktu	Sudut Elevasi Matahari	V	I	P	W
1.	06.00					
2.	09.00					
3.	12.00					
4.	15.00					
5.	18.00					

Tabel 3.2 di atas merupakan tabel energi harian yang dihasilkan oleh *dual axis solar tracker*. Dimana V adalah tegangan panel surya (*volt*), I adalah arus panel surya (*ampere*), P adalah daya panel surya (*watt*), W adalah energi (*joule*).

Menghitung energi harian yang dihasilkan oleh *dual axis solar tracker* dapat dilakukan menggunakan rumus di bawah ini :

$$W = V \times I \times t \quad (3.1)$$

Keterangan :

W = Energi (*joule*)

V = Tegangan panel surya (*volt*)

I = Arus panel surya (*ampere*)

t = Satuan waktu (*sekon*)

Tabel 3. 3 Durasi Waktu Optimal Penangkapan Sinar Matahari

No.	Waktu (WITA)	Apakah Panel Surya Menghasilkan Listrik?	
		Ya	Tidak
1.	06.00		
2.	07.00		
3.	08.00		
4.	09.00		
5.	10.00		
6.	11.00		
7.	12.00		
8.	13.00		
9.	14.00		
10.	15.00		
11.	16.00		
12.	17.00		
13.	18.00		

Untuk dapat mengetahui durasi waktu optimal penangkapan sinar matahari diperlukan pengecekan apakah panel surya menghasilkan listrik setiap jam nya, kemudian data tersebut dimasukkan ke dalam Tabel 3.3 di atas.

Tabel 3. 4 Total Energi yang Dikonsumsi Motor DC Dalam Sehari

No.	Waktu (WITA)	Energi yang Dikonsumsi Motor DC (<i>watt</i>)	
		Motor DC Zenith	Motor DC Azimuth
1.	06.00		
2.	07.00		
3.	08.00		
4.	09.00		
5.	10.00		
6.	11.00		
7.	12.00		
8.	13.00		

9.	14.00		
10.	15.00		
11.	16.00		
12.	17.00		
13.	18.00		
Total			

Dapat dilihat Tabel 3.4 di atas ialah tabel untuk total energi yang dikonsumsi motor DC dalam sehari.

Tabel 3. 5 Arus dan Tegangan Motor DC saat Beroperasi

No.	Waktu (WITA)	Arus dan Tegangan Motor DC			
		Motor DC Zenith		Motor DC Azimuth	
		I	V	I	V
1.	06.00				
2.	07.00				
3.	08.00				
4.	09.00				
5.	10.00				
6.	11.00				
7.	12.00				
8.	13.00				
9.	14.00				
10.	15.00				
11.	16.00				
12.	17.00				
13.	18.00				

Tabel 3.5 di atas merupakan tabel arus dan tegangan motor DC saat beroperasi setiap jam selama 1 hari.

Untuk dapat mengetahui Parameter pengamatan yang ke 5 yaitu durasi waktu pengisian aki dari kosong hingga penuh, jika panel surya yang digunakan berdaya 100wp dan aki berkapasitas 55Ah bisa menggunakan rumus pada halaman 12 yaitu rumus 2.2 dan rumus 2.3.