

**RANCANG BANGUN *AUTOMATIC SOLAR LAWN MOWER*
(ALMo) BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT) UNTUK
PEMELIHARAAN PREVENTIF AREA BANDAR UDARA**

TUGAS AKHIR

Oleh:

MUHAMMAD RAFLI FAZAL

NIT. 56192010013



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA
PROGRAM SARJANA TERAPAN
POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG
JULI 2024**

**RANCANG BANGUN *AUTOMATIC SOLAR LAWN MOWER*
(ALMo) BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT) UNTUK
PEMELIHARAAN PREVENTIF AREA BANDAR UDARA**

TUGAS AKHIR

Karya tulis sebagai salah satu syarat lulus pendidikan
Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara
Program Sarjana Terapan

Oleh:

MUHAMMAD RAFLI FAZAL

NIT. 56192010013



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA
PROGRAM SARJANA TERAPAN
POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG
JULI 2024**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN *AUTOMATIC SOLAR LAWN MOWER* (ALMo) BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT) UNTUK PEMELIHARAAN PREVENTIF AREA BANDAR UDARA

Oleh

MUHAMMAD RAFLI FAZAL

NIT: 56192010013

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA PROGRAM SARJANA TERAPAN

Teknologi sangat dibutuhkan untuk mendukung *environmental awareness* pada bandara di Indonesia dengan mencari cara untuk mengurangi emisi karbon. Pada Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang, pemeliharaan rumput di *airside* dilakukan dengan *hand mower* dan *tractor mower* konvensional berbahan bakar fosil yang memiliki kelemahan seperti konsumsi bahan bakar tinggi, polusi udara dan risiko keselamatan diakibatkan kontur tanah yang tidak rata ataupun kebisingan dari mesin. Penelitian ini bertujuan merancang bangun pemotong rumput otomatis yang mendukung *net zero emission*, mengurangi polusi dan biaya operasional serta meningkatkan keselamatan dengan teknologi otomasi di bandara. *Automatic Lawn Mower* (ALMo) adalah *prototype* robot pemotong rumput berbasis *solar cell* dan IoT dengan skala 1 : 4 dari ukuran asli *tractor mower* konvensional. ALMo dirancang untuk menghindari rintangan dan memotong rumput secara otomatis menggunakan sistem pemantauan jarak jauh dari kamera dan GPS serta dikontrol melalui laptop dan *smartphone* pengguna. Menggunakan metodologi penelitian dengan jenis *research and development Borg and Gall* 8 dari 10 tahapan penelitian, ALMo dirancang menggunakan *solar cell* untuk mengisi baterai dan teknologi otomasi berbasis kamera serta GPS *tracking*. Hasil penelitian menunjukkan ALMo mampu memotong rumput dengan baik, memiliki sistem kontrol jarak jauh dengan jangkauan maksimal 60 meter serta dapat beroperasi selama 9,73 jam dengan kapasitas baterai 12 Volt 20 Ah. Penggunaan *solar cell* sebesar 50 WP memungkinkan waktu pengisian sekitar 36 menit dan pengujian jangkauan ALMo untuk bergerak lebih dari 60 meter. Berat keseluruhan robot sebesar 196 N dan torsi total sebesar 5,634 Nm. Dari hasil uji coba alat bersama ahli menunjukkan ALMo sangat cocok digunakan di area bandara mendapatkan skor rata-rata 87,5% dengan kategori sangat puas. Kedepannya, ALMo diharapkan dikembangkan dalam standar industri dengan fokus perbaikan pada sistem roda penggerak. Implementasi ALMo diharapkan membuka peluang pengembangan otomasi dan energi terbarukan di Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang.

Kata kunci: *Eco Airport, Internet of Think, Lawn Mower, Pemeliharaan Preventif, Solar Cell.*

ABSTRACT

"DESIGN AND DEVELOPMENT OF IoT- BASED AUTOMATIC SOLAR LAWN MOWER (ALMo) FOR PREVENTIVE MAINTENANCE IN AIRPORT ENVIRONMENTS"

By

MUHAMMAD RAFLI FAZAL

NIT: 56192010013

PROGRAM STUDY AIRPORT ENGINEERING TECHNOLOGY APPLIED BACHELOR'S PROGRAM

Technology is essential for supporting environmental awareness at airports in Indonesia by finding ways to reduce carbon emissions. At Sultan Mahmud Badaruddin II Airport in Palembang, grass maintenance on the airside is done using hand mowers and tractor mowers powered by fossil fuels, which have drawbacks such as high fuel consumption, air pollution, and safety risks due to uneven terrain or noise from the machines. This research aims to design and build an automatic lawn mower that supports net-zero emissions, reduces pollution and operational costs, and enhances safety with automation technology at the airport. Automatic Lawn Mower (ALMo) is a prototype robot lawn mower powered by solar cells and IoT and scaled 1:4 from the original size of a mower tractor conventional,. ALMo is designed to avoid obstacles and cut grass automatically using a remote monitoring system with cameras and GPS and it is controlled via the user's laptop and smartphone. Using research methodology with the Borg and Gall research and development model, 8 out of 10 research stages were completed. ALMo is designed with solar cells to charge the battery and automation technology based on camera and GPS tracking. The research results show that ALMo can cut grass effectively, has a remote control system with a maximum range of 60 meters, and can operate for 9.73 hours with a 12 Volt 20 Ah battery capacity. Using a 50 WP solar cell allows for a charging time of about 36 minutes, and testing showed ALMo could move beyond 60 meters. The total weight of the robot is 196 N, and the total torque is 5.634 Nm. Expert trials indicate that ALMo is highly suitable for airport areas, receiving an average satisfaction score of 87.5%. In the future, ALMo is expected to be developed to industry standards with a focus on improving the drive wheel system. The implementation of ALMo is anticipated to open opportunities for automation and renewable energy development at Sultan Mahmud Badaruddin II Airport in Palembang.

Keyword: Eco Airport, Internet of Think, Lawn Mower, Preventif Maintenance, Solar Cell

PENGESAHAN PEMBIMBING

Tugas Akhir : “RANCANG BANGUN *AUTOMATIC SOLAR LAWN MOWER* (ALMo) BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT) UNTUK PEMELIHARAAN PREVENTIF AREA BANDAR UDARA” telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat lulus pendidikan Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara Angkatan ke- 1, Politeknik Penerbangan Palembang - Palembang



Nama : MUHAMMAD RAFLI FAZAL

NIT : 56192010013

PEMBIMBING I

PEMBIMBING II

GANDA RUSMANA, S.Si.T., M.M.

Pembina (IV/a)

NIP. 19710314 199301 1 002

MOHAMMAD SYUKRI PESILETTE, S.T., M.M

Pembina Tingkat I (IV/b)

NIP. 19720908 199803 1 002

Ketua Program Studi
Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara
Program Sarjana Terapan

Ir. M. INDRA MARTADINATA, S.ST., M.Si.

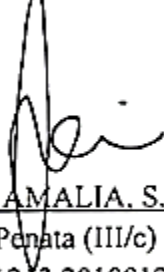
Pembina (IV/a)

NIP. 19810306 200212 1 001

PENGESAHAN PEGUJI

Tugas Akhir : “RANCANG BANGUN *AUTOMATIC SOLAR LAWN MOWER* (ALMo) BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT) UNTUK PEMELIHARAAN PREVENTIF AREA BANDAR UDARA” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan ke- 1, Politeknik Penerbangan Palembang - Palembang. Tugas akhir ini telah dinyatakan LULUS Program Sarjana pada tanggal 23 Juli 2024.

KETUA



Ir. DIRESTU AMALIA, S.T., MS.ASM.
Penata (III/c)
NIP. 19831213 2010012 2 003

SEKRETARIS



GANDA RUSMANA, S.SiT., M.M.
Pembina (IV/a)
NIP. 19710314 199301 1 002

ANGGOTA



Ir. BAMBANG WIJAYA PUTRA, M.M.
Pembina Tingkat I (IV/b)
NIP.19600901 198103 1 001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Rafli Fazal
NIT : 56192010013
Program Studi : Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan

Menyatakan bahwa Tugas Akhir berjudul “RANCANG BANGUN *AUTOMATIC SOLAR LAWN MOWER* (ALMo) BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT) UNTUK PEMELIHARAAN PREVENTIF AREA BANDAR UDARA” merupakan karya asli saya bukan merupakan hasil plagiarisme.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya, dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar akademik dari Politeknik Penerbangan Palembang.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Palembang, Agustus 2024
Yang Membuat Pernyataan,



Muhammad Rafli Fazal
NIT.56192010013

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Program Studi Sarjana Terapan yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Politeknik Penerbangan Palembang, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Politeknik Penerbangan Palembang. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Sitasi hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat ditulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut:

Fazal, Muhammad Rafli. (2024): RANCANG BANGUN *AUTOMATIC SOLAR LAWN MOWER* (ALMo) BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT) UNTUK PEMELIHARAAN PREVENTIF AREA BANDAR UDARA, Tugas Akhir Program Diploma IV, Politeknik Penerbangan Palembang.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh Tugas Akhir haruslah seizin Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan, Politeknik Penerbangan Palembang.

Dipersembahkan kepada
Ayahanda Azwar Fazal, Ibunda Yulian Neta, (ALMH) Ayunda Karin Salsabila
Fazal, dan Adinda Moza Falisha Fazal

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, atas dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Tugas Akhir ini berjudul “RANCANG BANGUN *AUTOMATIC SOLAR LAWN MOWER* (ALMo) BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT) UNTUK PEMELIHARAAN PREVENTIF AREA BANDAR UDARA”.

Tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi salah satu kurikulum di Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Politeknik Penerbangan Palembang. Ucapan terima kasih kepada segala pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Terkhusus untuk Bapak Ganda Rusmana, S.SiT., M.T. dan Bapak Mohammad Syukri Pesilette, S.T., M.M selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak saran baik berupa bimbingan, pengarahan, nasihat, masukan yang secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada kedua orang tua saya dan juga teman-teman yang selalu memberi semangat dan dukungan agar saya mampu menjalani perkuliahan dengan baik. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak terkait, antara lain:

1. Bapak Sukhahir S.SiT, M.T., Selaku Direktur Politeknik Penerbangan Palembang.
2. Bapak Ir. M. Indra Martadinata, S.S.T., M.Si. Selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara Politeknik Penerbangan Palembang.
3. Bapak Ganda Rusmana ,S.SiT., M.M. dan Bapak Mohammad Syukri Pesilette, S.T., M.M, Selaku Dosen Pembimbing 1 dan 2 Tugas Akhir Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara Politeknik Penerbangan Palembang.
4. Ibu Ir. Direstu Amalia, S.T., MS. ASM, Selaku Dosen Pembimbing Metodologi Penelitian Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara Politeknik Penerbangan Palembang.

5. Bapak/ Ibu Dosen, Admin prodi, staf pengajar dan teknisi Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara Politeknik Penerbangan Palembang.
6. Kedua Orang Tua saya, serta adik saya yang selalu mendukung dan memberi semangat kepada penulis.
7. Teman- teman terdekat penulis yang selalu memberikan dukungan dan semangatnya dalam menyelesaikan laporan ini.
8. Teman- teman seperjuangan penulis Teknologi Rekayasa Bandar Udara Angkatan 01 *Alpha* dan *Bravo*.
9. Diri Sendiri, saya ingin mengucapkan terima kasih sebesar- besarnya untukmu. Perjalanan yang kita lalui bersama untuk menyelesaikan perjalanan yang sangat panjang sampai dengan menuntaskan pendidikan dengan penuh suka dan air mata. Engkau telah memberikan segalanya dengan penuh semangat dan tekad yang menginspirasi, menghadapi seluruh tantangan dengan penuh ketabahan dan kegigihan yang sangat luar biasa. Semua itu berkat keberanianmu dalam menghadapi rintangan serta waktu- waktu ketika engkau menghibur dan menyuruh untuk berambisi terus memajukan diri ini. Kini, saat kita mencapai akhir perjalanan, aku ingin engkau tahu bahwa pencapaian ini adalah bukti betapa luar biasanya dirimu, dan aku bangga dengan semua yang telah kita raih bersama.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan dan penyusunan Tugas Akhir ini dikarenakan keterbatasan waktu dan kemampuan yang penulis miliki. Oleh karena itu, dengan senang hati penulis akan menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi penyempurnaan tugas akhir ini agar laporan ini menjadi lebih baik lagi.

Palembang, Agustus 2024

Penulis,



Muhammad Rafli Fazal
NIT. 56192010013

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
PENGESAHAN PEMBIMBING.....	v
PENGESAHAN PEGUJI.....	vi
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	vii
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	viii
PERUNTUKAN.....	xiv
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Tujuan Penelitian.....	5
E. Manfaat.....	5
F. Sistematika Penulisan.....	6
BAB II LANDASAN TEORI	7
A. Deskripsi Teoritik	7
B. Hasil Penelitian Yang Relevan	26
C. Kerangka Berpikir	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	35
A. Metode Penelitian.....	35
B. Prosedur Penelitian.....	35

C. Teknik Analisis Data	42
D. Jadwal Pelaksanaan	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	46
A. Potensi dan Masalah.....	46
B. Observasi dan Pengumpulan Data.....	48
C. Desain Produk	55
D. Validasi Desain.....	58
E. Revisi Desain.....	59
F. Pembuatan Alat	62
G. Uji Coba Alat.....	79
H. Revisi Produk.....	91
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	96
A. Simpulan.....	96
B. Saran.....	96
LAMPIRAN.....	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Aktuator Pneumatik	11
Gambar II. 2 <i>Raspberry- Pi 4</i>	12
Gambar II. 3 ESP 32	13
Gambar II. 4 <i>Solar Cell</i>	14
Gambar II. 5 Integrasi Pengisian Baterai menggunakan <i>Solar Cell</i>	15
Gambar II. 6 <i>Solar Charge Controller (SCC)</i>	17
Gambar II. 7 Baterai Aki <i>12 V 20Ah</i>	18
Gambar II. 8 Motor <i>Driver L298P</i>	19
Gambar II. 9 DC Motor	20
Gambar II. 10 <i>GPS Tracking Neo 6m</i>	23
Gambar II. 11 Kerangka Berfikir Penelitian ALMo	34
Gambar III. 1 Metode Penelitian <i>R&D</i>	35
Gambar III. 2 Metode Penelitian ALMo <i>R&D</i>	36
Gambar IV. 1 Kondisi Lapangan Pemoangan Rumput	50
Gambar IV. 2 Grafik Pemilihan Responded	53
Gambar IV. 3 Wawancara Terhadap Tim Pemelihara Rumput Sisi Udara	54
Gambar IV. 4 Rancangan <i>Final</i> ALMo menggunakan <i>Software SkechUp</i>	57
Gambar IV. 5 <i>Wiring</i> Diagram ALMo (Sumber: Data Pribadi)	63
Gambar IV. 6 Pembuatan Desain Model ALMo	66
Gambar IV. 7 Pemoangan Besi pada Rangka ALMo	66
Gambar IV. 8 Pengelasan Rangka <i>Body</i> ALMo	67
Gambar IV. 9 Perakitan Rangka ALMo (Sumber: Dokumentasi Pribadi)	67
Gambar IV. 10 Proses <i>Debugging</i> Koding ALMo	68
Gambar IV. 11 Seluruh Komponen Utama ALMo Terintegrasi	69
Gambar IV. 12 <i>Blynk Control</i> pada ALMo	76
Gambar IV. 13 <i>Flowchart</i> Pengoperasian ALMO	78
Gambar IV. 14 Grafik Daya ALMo	82
Gambar IV. 15 Grafik Kecepatan ALMo	83

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Penelitian- penelitian Sebelumnya	26
Tabel III. 1 Rancangan Pertanyaan dan Nilai Responden Kebutuhan ALMo.....	38
Tabel III. 2. Tabel Kriteria Jawaban Angket dengan Skala Likert	42
Tabel III. 3 Rerata Kriteria Kelayakan Produk	43
Tabel III. 4 Instrumen Validasi Ahli	43
Tabel III. 5 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	44
Tabel IV. 1 Analisa SWOT Tractor Mower Konvensional.....	46
Tabel IV. 2 Hasil Pemotongan <i>Tractor Mower</i> Konvensional	49
Tabel IV. 3 Jenis Rumput Bandara SMB II Palembang	51
Tabel IV. 4 Pertanyaan dan Nilai Responded ALMO	51
Tabel IV. 5 Rancangan <i>Final</i> ALMo menggunakan <i>Software SkechUp</i>	56
Tabel IV. 6 Daftar Hadir Peserta FGD	58
Tabel IV. 7 Fitur pada ALMo	60
Tabel IV. 8 Sebelum dan Sesudah di Revisi.....	60
Tabel IV. 9 Alat dan Bahan Pembuatan ALMo	62
Tabel IV. 10 Sebelum dan Sesudah di Revisi.....	64
Tabel IV. 11 <i>Source Code Phyton</i> ALMo	69
Tabel IV. 12 <i>Sourcode Code C++</i> ALMo	70
Tabel IV. 13 Pengukuran Daya dan Kecepatan ALMo	81
Tabel IV. 14 Jangkauan Robot dengan Wi- Fi.....	86
Tabel IV. 15 Pengujian GPS ALMo	87
Tabel IV. 16 Pengujian Pemotongan Rumput	89
Tabel IV. 17 Instrumen Validasi Ahli	90
Tabel IV. 18 Saran dan Masukan.....	91
Tabel IV. 19 Revisi Saran dan Masukan	92
Tabel IV. 20 Hasil Pengujian Pemotongan Menggunakan Fleksibel <i>Cutter</i>	93
Tabel IV. 21 Pengujian <i>V-Belt</i> ALMo	94
Tabel IV. 22 Pengujian <i>Barcode</i> Pengunduhan ALMo <i>GPS Apps</i>	95

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A.	Perancangan <i>Final</i> ALMo	112
	A.1 Rancangan ALMo Menggunakan Aplikasi <i>SkechUp</i>	113
	A. 2 ALMo.....	113
Lampiran B	Data Pendukung Permasalahan dan Inovasi.....	114
Lampiran C.	Perhitungan Solar Cell yang dibutuhkan, Perhitungan Translasi Motor DC dan Perhitungan luasan pemotongan ALMo	121
	C. 1 Menentukan Jumlah Solar Cell untuk Mengecas Aki.....	121
	C. 2 Perhitungan Percepatan Translasi	121
	C. 3 Perhitungan luasan pemotongan ALMo.....	122
Lampiran D.	Rancangan Anggaran Biaya (RAB) ALMo.....	125
	D. 1 Rancangan Anggaran Biaya (RAB) ALMo	125
Lampiran E.	Lembar Validasi Desain menggunakan FGD	125
Lampiran F.	Lembar Partisipan Observasi Lapangan.....	127
Lampiran G.	Lembar Validasi Alat Menggunakan Angket.....	134
Lampiran H.	CV Ahli Bidang dan Dosen Praktisi Ahli untuk Validasi Alat .	146
Lampiran I.	Dokumentasi Kegiatan Validasi Alat.....	150
Lampiran J.	QR Code Manual Book of ALMo	152
	J.1 <i>Manual Book of ALMo</i>	150
Lampiran K.	Turnitin	153
Lampiran L.	Lembar Bimbingan.....	155

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan	Nama	Penggunaan Pertama Kali pada Halaman
IoT		1
GPS	<i>Global Positioning System</i>	2
AI	<i>Artificial Intelligence</i>	
OJT	<i>On The Job Training</i>	3
FOD	<i>Foreign Object Debris</i>	7
SCC	<i>Solar Charge Controller</i>	12
WP	<i>Watt-Peak</i>	17
RPM	<i>Rotation Per Minute</i>	19
SCC	<i>Solar Charge Controller</i>	12
HP	<i>Horse Power</i>	19
SWOT	<i>Strength, Weakness, Opportunities, Threatness</i>	37
AMIF	<i>Airside Maintenance Infrastructure & Accessibility</i>	49
FGD	<i>Focus Group Discussion</i>	57
Lambang		
N_{panel}	Jumlah panel surya yang diperlukan	11
H_{matahari}	Jumlah rata-rata jam matahari per hari (h)	11
P_{wp}	Daya puncak panel surya (Wp)	11
N_{baterai}	Jumlah baterai yang diperlukan	16

Ah	Kapasitas baterai	16
$t_{charging}$	Daya puncak panel surya	16
ET	Besarnya Energi	16
$t_{operasi}$	Waktu operasi dalam jam	17
P_{total}	Total daya yang dihasilkan oleh panel dalam watt	17
$P_{baterai}$	Daya Baterai	17
Insolasi Matahari	Jumlah rata-rata jam matahari per hari	17
P	Daya	20
τ	Torsi	20
N	Jumlah Putaran Per Menit	20
K	Konstanta	20
V	Tegangan	71
I	Arus	72
m	Berat keseluruhan rencana	72
a	Percepatan Translasi	72
r	Jari – jari roda	72
P	Daya	72
\bar{P}_{daya}	Jumlah rata- rata daya	73
v	Kecepatan	74
s	Jarak	74
t	Waktu	74
$\bar{v}_{kecepatan}$	Jumlah rata- rata kecepatan	75

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bandar udara atau bandara merupakan fasilitas transportasi yang dirancang untuk mendukung operasi pesawat terbang dalam proses lepas landas, pendaratan, dan untuk melayani kebutuhan penumpang (Tukuboya & Prakosawati, 2022). Dengan perkembangan teknologi, bandara modern mengadopsi berbagai sistem otomatisasi dan digitalisasi untuk meningkatkan efisiensi operasional serta keselamatan penerbangan (Hanantyo & Susanto, 2022). Teknologi yang diterapkan meliputi sistem navigasi berbasis satelit, manajemen lalu lintas udara yang canggih serta pengawasan keamanan menggunakan kecerdasan buatan (Indraprakoso & Haripin, 2023). Selain itu, aplikasi *mobile* digunakan untuk mempermudah proses *check-in*, pelacakan bagasi, dan pemberian informasi *real-time* kepada penumpang (Handadi, 2020). Integrasi teknologi tersebut memungkinkan bandara untuk mendukung operasional yang lebih efektif dan responsif bagi pengelola bandara, serta meningkatkan manajemen pemeliharaan fasilitas bandara melalui pemantauan dan diagnostik yang berbasis data (Andriani & Hakam, 2022).

Manajemen pemeliharaan bandara memainkan peran krusial dalam memastikan semua fasilitas dan infrastruktur berfungsi optimal untuk mendukung operasional penerbangan yang aman dan efisien (Fithri dkk., 2024). Turunan dari manajemen pemeliharaan mencakup pemeliharaan preventif, prediktif dan korektif yang masing-masing bertujuan untuk mencegah kerusakan, memprediksi kegagalan sebelum terjadi, dan memperbaiki kerusakan yang telah teridentifikasi (Wijayanti, Inggit Dyaning., 2023). Fungsi utama manajemen pemeliharaan untuk memastikan bahwa semua sistem dan peralatan berada dalam kondisi terbaik, sehingga dapat mengurangi risiko gangguan operasional dan meningkatkan keselamatan penerbangan (Sugeng Haryadi dkk., 2023). Menurut (Sugeng Haryadi dkk., 2023), penerapan teknologi canggih dalam manajemen pemeliharaan dapat meningkatkan efisiensi hingga 20% dan mengurangi biaya operasional sebesar 15%. Dalam konteks teknologi, integrasi teknologi modern

seperti pemantauan berbasis data dan diagnostik menggunakan kecerdasan buatan memungkinkan pengelola bandara untuk melakukan manajemen pemeliharaan yang lebih efektif dan efisien (Wikarta dkk., 2023).

Pemeliharaan preventif merupakan perawatan rutin yang terjadwal untuk memastikan peralatan dan operasi bandar udara berjalan dengan lancar (Rezky Izzatul Yazidah Anwar, 2023). Kegiatan pemeliharaan preventif pada Bandar Udara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang mengacu pada regulasi (PM 77 Tahun 2015 Tentang Standarisasi dan Sertifikasi Fasilitas Bandar Udara, 2015) mengenai regulasi kegiatan pemeliharaan rumput harian di sisi *airside* dan *landside* untuk mendukung fungsi alat dan pengoperasian bandar udara berjalan lancar. Sesuai dengan regulasi (KM 326 Tahun 2019 Tentang *Manual of Standard CASR - Part 139 Volume I Bandar Udara (Aerodrome)*, 2019) pemeliharaan rumput di sisi *airside* maupun *landside* yang dipegang oleh unit *Infrastruktur Facility* bandar udara harus dipelihara setiap hari agar sesuai dengan batas minimum ketinggian rumput yang telah diatur. Dalam kegiatan pemeliharaan rumput bandara sesuai dengan SOP (*Standard Operating Procedure*) Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II (SMB II) Palembang menggunakan alat berupa *hand mower* dan *tractor mower* konvensional. Penggunaan *tractor mower* konvensional memiliki kekurangan, termasuk ketidakmampuan untuk memberikan pemotongan yang seragam dan konsisten, rentan terhadap kesalahan operator yang dapat menyebabkan kerusakan pada fasilitas bandar udara dan penggunaan bahan bakar konvensional yang menyebabkan peningkatan biaya operasional dan risiko kecelakaan pada lingkungan bandar udara yang berpotensi membahayakan pengguna (Pascuzzi dkk., 2023).

Otomasi pada dunia industri penerbangan telah merevolusi cara bandara dan maskapai penerbangan dalam beroperasi, meningkatkan efisiensi, keselamatan dan kenyamanan bagi penumpang (Jaka Naufal Semendawai dkk., 2021). Salah satu elemen dari automasi adalah teknologi *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan berbagai perangkat dan sistem untuk saling terhubung dan berkomunikasi secara *real-time* (Abdurrachman dkk., 2024). Peran teknologi IoT dalam peningkatan keandalan operasional di bandara sangat signifikan, termasuk

dalam pemantauan kondisi peralatan, perawatan preventif dan khususnya dalam pemeliharaan area rumput di sekitar bandara untuk memastikan keamanan penerbangan (Nugroho dkk., 2024). Peran robot pada dunia transportasi udara dapat melakukan pekerjaan yang membutuhkan presisi dan akurasi tinggi (Salurante, 2023). Penggunaan robot tersebut bukanlah sesuatu yang baru dalam penerapan di bandar udara (Nur dkk., 2023),(Salurante, 2023). Sehingga, pengembangan robot sudah banyak dilakukan dengan contoh penerapan pada kegiatan pemeliharaan preventif di lingkungan bandar udara (Yusup dkk., 2020). Robot yang dilengkapi dengan sensor dan kemampuan *Artificial Intelligence* (AI) mampu melakukan inspeksi dan pemeliharaan peralatan dengan tingkat ketelitian yang tinggi, termasuk menjaga area rumput tetap terpotong rapi, mengurangi kesalahan manusia, dan memastikan bahwa semua sistem berada dalam kondisi optimal (Defnizal dkk., 2023). Dengan demikian, teknologi IoT dan otomasi tidak hanya meningkatkan efisiensi dan keandalan tetapi juga memperpanjang umur peralatan dan mengurangi biaya operasional di industri penerbangan (Prihatini dkk., 2021).

Berdasarkan pengalaman *On the Job Training* (OJT), kegiatan perawatan preventif khususnya rumput pada area *airside* dibantu dengan peralatan A2B (alat-alat berat) dengan menggunakan *tractor mower* konvensional . Satu unit *tractor mower* menghabiskan 20 liter dalam 6 jam pemakaian. Sedangkan, saat ini hanya satu dari empat unit *tractor mower* yang dapat beroperasi. Melihat dari jumlah luasan area *airside* yang ditumbuhi rumput, tentunya kebutuhan alat pemotong rumput terbilang sangat kurang ditandai dengan pemotong rumput dilakukan selama 10 jam dengan dibagi dua kali pemotongan, sehingga menimbulkan biaya pengoperasian sangat besar ditambah dengan pendanaan terhadap teknisi pemeliharaan serta polusi yang ditimbulkan akibat penggunaan bahan bakar berupa solar. Selain itu, *tractor mower* yang dimiliki bandara SMB II Palembang dioperasikan oleh satu orang teknisi dengan dilengkapi *Handy Talky* (HT) dan *handphone* untuk berkoordinasi dengan *tower*. Koordinasi tersebut bertujuan untuk menginformasikan kepada personel *tractor mower* jika terdapat pesawat lepas landas sehingga penggunaan *tractor mower* diharuskan untuk menjauh dari radius 50 meter ke area yang aman. Adapun kondisi sekarang, saat *tower* melakukan

panggilan HT suara bising dari *tractor* dan *cutting mower* menyebabkan komunikasi antar *tower* dan *tractor* tidak jelas terdengar sehingga terjadi ketidakfokusan dalam mengendarai *tractor mower* yang berpotensi membahayakan keselamatan teknisi. Mengacu kepada (KM No.51/Kemnaker/1999, 1999) tentang batas kebisingan terhadap pekerja sebesar 85 dB jika melebihi akan meningkatkan pemaparan suara pada pekerja serta menambah risiko terhadap pekerja alat berat. Permasalahan lain muncul saat *tractor mower* mengalami ban slip membuat penerbangan menjadi terhambat. Hal tersebut dibuktikan ketika penulis mengikuti langsung kegiatan lapangan, mencoba mengkoordinasikan dengan rekanan, dan melakukan tes kejelasan komunikasi melalui *Handy Talky* (HT) serta wawancara langsung dengan operator.

Telah dilakukan penelitian tentang *tractor mower* yang menggunakan sistem otomasi, dengan penggunaan mikroprosesor ATmega 16 sebagai alat pengontrol dan tujuh buah sensor *limit switch* untuk mendeteksi halangan (Sinaulan dkk., 2015). Penggunaan mikroprosesor dan sensor tersebut kurang efisien dikarenakan kecepatan putaran dan ketinggian pisau pemotong rumput yang dihasilkan serta pergerakan robot tidak dapat dikontrol sesuai kehendak pengguna. Penelitian (Widiarto dkk., 2018) menggunakan *joystick* yang berfungsi sebagai sistem kendali yang dapat memonitoring robot melalui perangkat *joystick*. Kedua produk yang dihasilkan belum dilengkapi dengan kamera sebagai pendeteksi jika adanya *unwanted object* yang akan dipotong dan penggunaan *solar cell* sebagai pengisian daya utama sehingga menimbulkan biaya yang harus dikeluarkan dalam pengoperasian alat tersebut. Sedangkan pada tugas akhir ini akan dilakukan rancang bangun *Automatic Solar Lawn Mower* berbasis IoT dan *solar cell* (ALMo) dengan skala 1 : 4 pada *tractor mowe* Konvensional.

Dengan permasalahan tersebut, penulis mengangkat judul tugas akhir “**Rancang Bangun *Automatic Solar Lawn Mower* (ALMo) Berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk Pemeliharaan Preventif Area Bandar Udara**”. ALMo mendukung *net zero emission* dan *fully automatic solar system*, yang mampu mengurangi polusi dan biaya akibat penggunaan *tractor mower* konvensional serta meningkatkan keselamatan. Implementasi ALMo diharapkan dapat membuka

peluang pengembangan bidang otomasi dan energi terbarukan serta menjadi langkah awal dalam mewujudkan visi bandara SAGA (*Smart Airport Green Airport*) di lingkungan Bandara Internasional Sultan Mahmud Badarrudin II Palembang.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari latar belakang penelitian tersebut yaitu, bagaimana merancang bangun *Automatic Solar Lawn Mower* (ALMo) berbasis *Internet of Things* (IoT) yang tepat untuk pemeliharaan preventif di area Bandar Udara SMB II Palembang?

C. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah, maka hanya membatasi pada rancang bangun *Automatic Solar Lawn Mower* (ALMo) berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk pemeliharaan preventif di area Bandar Udara SMB II Palembang.

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang tersaji, tujuan dari penelitian yaitu merancang bangun *Automatic Solar Lawn Mower* (ALMo) berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan skala 1:4 berbanding dengan ukuran asli *tractor mower* konvensional untuk pemeliharaan preventif di area bandar udara SMB II Palembang.

E. Manfaat

Adapun manfaat penelitian mencakup tiga aspek meliputi manfaat perusahaan, lembaga dan pribadi yang dijabarkan sebagai berikut:

1. Manfaat Perusahaan

Penelitian ini dapat menjadi kontribusi dalam pengembangan teknologi otomasi serba otomatis berbasis IoT dan *renewable energy* yang dapat diterapkan dalam konteks industri transportasi dan penerbangan. Implementasi *Automatic Solar Lawn Mower* (ALMo) dapat memperluas penggunaan teknologi otomasi dan energi terbarukan dalam pemeliharaan rumput.

2. Manfaat Lembaga

Penerapan *Automatic Solar Lawn Mower* (ALMo) di lingkungan lembaga pendidikan memberikan peluang bagi mahasiswa untuk mempelajari teknologi baru yang dapat digunakan sebagai alat pendidikan untuk mengajarkan konsep- konsep terkait otomasi dan energi terbarukan.

3. Manfaat Pribadi:

Terlibat dalam operasional pembuatan dan penerapan *Automatic Solar Lawn Mower* (ALMo) berbasis IoT dan *renewable energy* dapat memberikan individu keterampilan baru dalam mendukung keberlanjutan lingkungan yang dapat meningkatkan kesadaran terhadap konsep otomasi dan energi terbarukan.

F. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada tugas akhir yang dibuat penulis dapat diuraikan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Didalamnya mengandung latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Berisi tentang teori- teori yang digunakan dalam penelitian, teori penunjang, dan kajian penelitian terdahulu yang relevan sebagai perbandingan produk yang dihasilkan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Memaparkan mengenai metode penilitan yang digunakan, perancangan, dan langkah- langkah pembuatan produk.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan hasil dari metodologi penelitian yang dijabarkan dalam bentuk pembahasan dan pengoperasian produk.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

Didapat kesimpulan menyeluruh dari hasil dan pembahasan serta saran- saran untuk perbaikan atau aspek lain yang perlu dikaji lebih lanjut.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Deskripsi Teoritik

1. Pemeliharaan Preventif pada Bandara

Pemeliharaan preventif pada bandara adalah serangkaian tindakan rutin seperti inspeksi, pembersihan, perbaikan skala kecil dan penggantian komponen untuk menjaga peralatan dan fasilitas berfungsi dengan normal serta mencegah kerusakan atau gangguan operasional (Ahmad dkk., 2016). Pemeliharaan preventif termasuk menjaga kebersihan dan keindahan rumput di *airside* dan *landside* untuk meningkatkan keandalan, keamanan dan efisiensi operasional bandara untuk mengurangi risiko kecelakaan akibat hewan pengganggu dan *Foreign Object Debris* (FOD) (Riandi dkk., 2022; Sugeng Haryadi dkk., 2023; Wijayanti dkk., 2023). Teknik pemeliharaan meliputi pemangkasan rutin, pengendalian gulma, dan pemupukan yang tepat (Sunaryanti dkk., 2022). Teknologi modern seperti sistem irigasi otomatis dan penggunaan jenis rumput tahan tekanan dan cuaca ekstrem dapat meningkatkan efisiensi pemeliharaan rumput di bandara.

Pemeliharaan rumput di bandara terbagi menjadi dua yaitu *airside* dan *landside* (Hudallah, 2019). Pada sisi *airside*, pemeliharaan rumput penting untuk keamanan penerbangan dengan menjaga area *runway* tetap bersih dan bebas hambatan sedangkan sisi *landside*, pemeliharaan bertujuan untuk estetika, memberikan kesan menyenangkan bagi penumpang dan pengunjung (Amiwarti dkk., 2020). Pemotongan rumput dilakukan dengan *tractor mower* untuk area luas dan *hand mower* untuk area yang sulit dijangkau (Karimah dkk., 2020).

2. Tractor Mower Konvensional

Tractor mower konvensional menjadi pilihan utama dalam pemotongan rumput di area yang luas seperti taman, lapangan dan pertanian (Zhortuylov dkk., 2021). Sebagaimana dikemukakan oleh penelitian (Stanisavljević dkk., 2021), *tractor mower* konvensional memiliki beberapa kelebihan yang signifikan. *Tractor mower* konvensional memiliki lebar potong yang besar,

sehingga memungkinkan untuk memotong rumput dalam waktu yang relatif singkat terutama di area yang luas, seperti yang dijelaskan oleh beberapa peneliti (Harjono dkk., 2022; Nurmala dkk., 2023). Peneliti lain membahas kecepatan pemotongan yang tinggi dan kapasitas tangki bahan bakar yang besar, yang dapat meningkatkan produktivitas pemotongan rumput (Karimah dkk., 2020). Fitur ergonomis yang terintegrasi seperti tempat duduk yang nyaman dan kontrol operator yang mudah dijangkau membantu mengurangi kelelahan operator selama penggunaan (Handayani, 2020).

Tractor mower konvensional memiliki sejumlah kekurangan yang perlu dipertimbangkan seperti sulit digunakan pada area yang sempit dan memiliki banyak hambatan seperti pepohonan atau tiang lampu (Zhortuylov dkk., 2021). Selain itu, meskipun memiliki produktivitas yang tinggi *tractor mower* konvensional biasanya memerlukan biaya operasional yang tinggi terkait dengan pemeliharaan, bahan bakar dan perawatan (Stanisavljević dkk., 2021). Penggunaan bahan bakar fosil pada *tractor mower* konvensional ditemukan dapat menyebabkan pencemaran udara dan lingkungan yang signifikan (Aktas Cimen & Erketein, 2023).

3. Penerapan Teknologi Otomasi pada Peralatan Bandara

Penerapan teknologi otomatisasi dalam peralatan telah mengubah lanskap industri penerbangan dengan signifikan (Dahlan dkk., 2021). Salah satu contoh sistem *check-in* mandiri dan pemeriksaan keamanan otomatis (Mellyssa dkk., 2023). *Check-in* mandiri memungkinkan penumpang untuk mencetak *boarding pass* dan label bagasi sendiri untuk mengurangi antrian dan mempercepat proses *check-in* (Rahmawati dkk., 2021). Sistem pemeriksaan keamanan menggunakan mesin pemindai canggih dan teknologi biometrik seperti pemindaian wajah, yang mempercepat pemeriksaan tanpa mengurangi standar keselamatan atau *safety management system* (Martadinata dkk., 2021)(Fazal, 2022).

Teknologi *automatic* diterapkan dalam manajemen bagasi dan pemeliharaan fasilitas bandara, seperti pengiriman bagasi otomatis menggunakan teknologi seperti *conveyor belts* dan *Radio Frequency Identification* (RFID) untuk

memastikan penanganan bagasi yang cepat dan akurat serta mengurangi kehilangan barang dalam pelayanan jasa bandara (Baenil & Saepul, 2019). Teknologi *automatic* meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual (Ahmad dkk., 2016). Inovasi seperti *Automatic Solar Lawn Mower (ALMo)* yang berbasis *Internet of Things (IoT)* juga digunakan untuk nonperimeter di bandara secara otomatis, ramah lingkungan, dan hemat energi. Teknologi *automatic* menunjukkan bagaimana penerapan teknologi otomatis di bandara untuk meningkatkan efisiensi operasional dan meningkatkan keamanan dalam pemeliharaan serta pelayanan (Mellyssa dkk., 2023).

4. Penerapan *Solar Cell* pada Alat

Penerapan *solar cell* di bandara adalah langkah inovatif yang dapat memberikan manfaat signifikan dalam mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil dan meminimalkan dampak lingkungan (Bunahri, 2023).. Menurut (Kevino, 2020), penggunaan *solar cell* di bandara dapat menjadi sumber energi alternatif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. *solar cell* mampu mengubah energi matahari menjadi listrik dengan efisiensi yang terus meningkat seiring dengan perkembangan teknologi dan ini memberikan peluang besar bagi bandara untuk mengurangi emisi karbon serta biaya operasional dalam jangka panjang (Nada dkk., 2022).

Penerapan *solar cell* di bandara telah digunakan di beberapa kendaraan pada bandara seperti kendaraan truk pengangkut kargo atau mobil penumpang yang dilengkapi dengan *solar cell* di bagian atas (Bunahri, 2023). Penerapan kendaraan menggunakan energi matahari untuk mengisi daya baterai pada kendaraan bertujuan untuk menempuh langkah progresif dalam pengurangan emisi gas rumah kaca dan penggunaan energi terbarukan di sektor transportasi bandara (Karimah dkk., 2020)

5. *Internet of Think (IoT)*

Internet of Things (IoT) adalah jaringan perangkat fisik yang terhubung melalui internet untuk bertukar data dan komunikasi *real time* (Saputra & Papatungan, 2022). Penerapan IoT pada robot meningkatkan kapabilitas dan

efisiensi operasional dengan contoh robot IoT yang dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh, memungkinkan pengawasan performa dan penyesuaian operasional tanpa kehadiran fisik (Abdurrachman dkk., 2024).. Robot mengumpulkan data dari berbagai sensor untuk analisis kinerja dan pemeliharaan prediktif untuk menyelesaikan tugas yang kompleks (Soedjarwanto, 2021).

Keamanan meningkat melalui pemantauan sensor secara terus-menerus dan memungkinkan tindakan korektif otomatis terhadap ancaman. Fleksibilitas robot IoT memungkinkan pembaruan dan pemrograman ulang melalui jaringan sehingga mereka cepat beradaptasi dengan perubahan operasional (Bunahri, 2023). Contoh penerapannya meliputi robot pertanian yang memantau kondisi tanah dan tanaman, robot industri yang meningkatkan efisiensi produksi dan robot medis yang membantu prosedur bedah serta memantau kondisi pasien. Integrasi IoT dengan robot membawa perubahan signifikan di berbagai industri, meningkatkan efisiensi, keamanan dan fleksibilitas operasional (Danuri, 2019).

6. Peralatan Perancangan Mekanikal

Perancangan elektrikal memerlukan pemahaman mendalam mengenai berbagai komponen dasar yang digunakan dalam sistem kelistrikan. Adapun peralatan perancangan elektrikal terdiri sebagai berikut:

a. Pneumatik

Pneumatik merupakan penggerak otomatis menggunakan udara bertekanan untuk mengontrol gerakan dan melakukan pekerjaan mekanis yang melibatkan sistem pneumatik untuk menggerakkan komponen- komponen mekanis seperti silinder pneumatik, katup, dan motor udara (Indriyanto dkk., 2018). Prinsip dasar pneumatik melibatkan penggunaan tekanan udara yang dihasilkan oleh kompresor udara untuk melakukan pekerjaan, seperti menggerakkan piston dalam sebuah silinder pneumatik untuk menciptakan gerakan linier (Hudallah, 2019). Sistem pneumatik sering digunakan dalam berbagai aplikasi industri, otomasi pabrik, dan sistem kendali otomatis

dengan dicampur menggunakan teknologi *IoT* (Anditha dkk., 2018). Penggunaan pneumatik tentunya dapat dikontrol menggunakan system *IoT* melalui aplikasi *Blynk* dari robot yang digunakan untuk memantau dan mengatur tinggi rendahnya pneumatik yang dipasang (Abdurrachman dkk., 2024). Gambar Aktuator pneumatik terdapat pada Gambar II. 1 terlampir:



Gambar II. 1 Aktuator Pneumatik
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

b. Roda

Roda penggerak adalah komponen penting dalam kendaraan yang bertanggung jawab untuk mentransfer tenaga dari mesin ke permukaan yang akan digerakkan (Rahmawati dkk., 2021). Dalam konteks kendaraan, roda penggerak adalah elemen yang memberikan traksi dan menggerakkan kendaraan maju. Roda atau ban merupakan komponen krusial dalam kendaraan yang memberikan traksi, stabilitas dan kenyamanan selama berkendara. Ban modern terdiri dari lapisan karet, kawat atau serat dan kanvas atau karet *ply* yang dirancang untuk mengimbangi kekuatan, fleksibilitas dan daya tahan (Rahmawati dkk., 2021). Prinsip kerjanya meliputi penjaminan traksi dengan permukaan jalan, stabilitas selama manuver dan penyerapan guncangan untuk meningkatkan kenyamanan. Pemeliharaan ban meliputi menjaga tekanan udara yang tepat, melakukan rotasi secara teratur dan memeriksa secara berkala untuk memastikan kinerja dan keamanan optimal kendaraan (Karimah dkk., 2020).

7. Peralatan Perancangan Elektrikal

Perancangan elektrikal memerlukan pemahaman mendalam mengenai berbagai komponen dasar yang digunakan dalam sistem kelistrikan. Adapun peralatan perancangan elektrikal terdiri sebagai berikut:

a. *Raspberry- Pi*

Komponen induk untuk mengontrol seluruh komponen otomasi ALMO adalah *raspberry- pi* tipe 4. *Raspberry- pi* telah menjadi *platform* pengembangan untuk produk- produk industri ditandai dengan banyak perusahaan menggunakan *Raspberry- pi* sebagai basis untuk produk- produk seperti robot penghisap debu, pemutar media, dan media pembelajaran (Widiarto dkk., 2018). Pemanfaatan di bidang teknologi tersebut sangat beragam, salah satunya adalah pengontrol otomatis berbasis *Raspberry- Pi* (Andika Alam dkk., 2019). Keunggulan *Raspberry-pi* memiliki ukuran yang kecil dan kemampuannya untuk menjalankan berbagai pemograman aplikasi dan komputasi dibandingkan dengan arduino (Hirzan dkk., 2023). Selain itu, *Raspberry- pi* memiliki keunggulan dari segi pengisian yang lebih stabil saat digabungkan dengan pengisian daya menggunakan *solar cell* (Putra dkk., 2018). *Raspberry- pi* yang tersemat pada ALMO terdapat pada Gambar II. 2 terlampir:

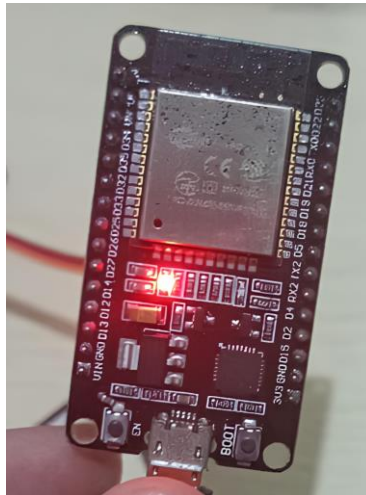


Gambar II. 2 *Raspberry- Pi 4*

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

b. Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP32 adalah mikrokontroler berbasis *sistem-on-chip* (SoC) yang ekonomis dalam penggunaan daya dengan fitur modul WiFi dan *bluetooth* (Putra dkk., 2020). Ditenagai oleh mikroprosesor *Tensilica Xtensa LX6* dalam konfigurasi *chip dual core* dan ESP32 dilengkapi dengan berbagai komponen penting seperti sakelar antena, power *amplifier*, dan modul manajemen daya (Firdaus dkk., 2017). Dikembangkan oleh *Espressif Systems* menggunakan proses fabrikasi 40 nm, ESP32 merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. ESP32 yang tersemat pada ALMo terlampir pada Gambar II. 3 terlampir:



Gambar II. 3 ESP 32

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

c. *Solar Cell*

Solar cell merupakan perangkat elektronik yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui proses fotoVoltaik. *Solar cell* terdiri dari bahan semikonduktor yang menghasilkan arus listrik saat disinari oleh cahaya matahari (Hameiri, 2019). Pada penelitian ALMo, *solar cell* berjenis *monocrystal* dengan lapisan *anti-reflection* yang digunakan pada robot ALMo. Pemilihan jenis ini disebabkan oleh regulasi bandara yang mewajibkan *air traffic control* (ATC) tidak boleh terkena silau dari pantulan panel. Menurut (Pambudi dkk., 2023),

proses pengisian baterai *lithium* menggunakan *solar cell* melibatkan konversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui efek fotoVoltaik dalam *solar cell*. Arus listrik yang dihasilkan kemudian diatur oleh *solar charge controller* (SCC) pengisian untuk mencegah *overcharging* dan *undercharging*. Selama proses pengisian, aki dapat menyimpan energi hingga terisi penuh dan pengisian dapat dihentikan untuk mencegah kerusakan akibat *overcharging* (Hameiri, 2019). Adapun *solar cell* yang digunakan terdapat pada Gambar II. 4 terlampir:



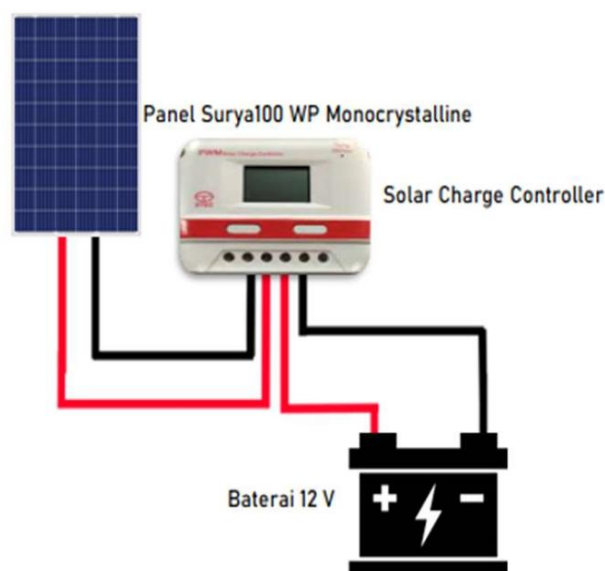
Gambar II. 4 *Solar Cell*

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Penerapan *solar cell* di bandara sedang menghadapi beberapa tantangan dan kendala. Menurut studi oleh (Nada dkk., 2022), salah satu kendala utama adalah ketersediaan lahan yang terbatas di sekitar bandara untuk menerapkan *solar cell* dalam jumlah yang memadai. Bandara sering kali memiliki infrastruktur yang kompleks dan sensitif, yang memerlukan penyesuaian yang cermat dalam perencanaan dan pemasangan sistem *solar cell* untuk memastikan tidak terganggunya operasi penerbangan. Dengan strategi perencanaan yang matang dan pengelolaan yang efektif, penerapan *solar cell* di bandara dapat menjadi langkah penting dalam mendukung keberlanjutan dan efisiensi operasional dalam industri penerbangan. Selain penerapan *solar cell* di bandara, beberapa kendaraan yang digunakan di bandara juga telah

menggunakan teknologi *solar cell* (Widyastuti dkk., 2020),. Kendaraan seperti truk pengangkut kargo atau mobil penumpang yang dilengkapi dengan panel surya pada bagian atas yang dapat menggunakan energi matahari untuk mengisi daya baterai atau mendukung sistem listrik di dalam kendaraan bertujuan untuk menempuh langkah progresif dalam pengurangan emisi gas rumah kaca dan penggunaan energi terbarukan di sektor transportasi bandara (Pambudi dkk., 2023).

Dalam proses untuk menghasilkan tegangan 0,5 sampai 1 *Volt* tergantung intensitas cahaya dan jenis zat semikonduktor yang dipakai dan intensitas energi yang terkandung dalam sinar matahari sampai ke permukaan bumi besarnya sekitar 1000 *Watt* (Sugiono dkk., 2022). Teknologi ini cukup canggih dengan keuntungan yang didapat seperti harganya murah, bersih, mudah dipasang dan dioperasikan. Selain itu, *solar cell* merupakan investasi awal yang besar dan harga per kWh listrik yang dibangkitkan relatif tinggi karena memerlukan sub sistem yang terdiri atas baterai, unit pengatur dan inverter sesuai dengan kebutuhannya (Hidayat dkk., 2019). Integrasi pengisian baterai ke *solar cell* dapat dilihat pada Gambar II. 5 terlampir :



Gambar II. 5 Integrasi Pengisian Baterai menggunakan *Solar Cell*

(Sumber: Widyastuti dkk., 2020)

Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menentukan jumlah kebutuhan panel surya dan waktu yang diperlukan untuk mengisi baterai menggunakan panel surya:

1. Menentukan jumlah kebutuhan panel surya.

$$N_{panel\ surya} = \frac{ET}{Insolasi\ Matahari} \times 1.1 \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

N_{panel} = Jumlah panel surya yang diperlukan

ET = Energi harian yang dibutuhkan (Wh)

Insolasi matahari : jumlah rata-rata jam matahari penuh per hari (h)

Insolasi matahari yang dimaksud dalam rumus merupakan energi yang didapatkan pada saat pengujian pengecasan panel surya dalam sehari yang biasanya sekitar tiga sampai lima jam berdasarkan wilayah Indonesia dan wilayah dalam lingkup tropis.

d. *Solar Charge Controller (SCC)*

Dalam menyesuaikan arus listrik yang masuk kedalam baterai dan menghindari *overcharge* ketika tidak ada sumber matahari yang memadai maka dibutuhkan *Solar Charge Controller (SCC)* atau pengontrol pengisi daya surya untuk bekerja sebagai pengontrol masuknya tegangan (Anggara Trisna Nugraha & Priyambodo, 2020). Menurut (Widyastuti dkk., 2020), beberapa fungsi lain dari SCC sebagai pengendali tegangan panel surya untuk mencegah panel surya yang akan mengisi baterai terus menerus sehingga akan merusak sel yang terdapat pada baterai. SCC juga berfungsi untuk mendeteksi tegangan baterai sehingga ketika tegangan baterai rendah maka SCC akan otomatis memutus penggunaan baterai aki kepada beban (Nisrina & Julaihah, 2021). Adapun SCC terdapat pada Gambar II. 6 terlampir:



Gambar II. 6 *Solar Charge Controller (SCC)*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

e. Aki

Pengisian baterai aki menggunakan sel surya adalah sistem yang populer dalam banyak proyek inovasi (Afif & Hardianto, 2023). Baterai Aki *12 Volt 20 Ah* dipilih karena telah menerapkan teknologi baterai yang paling canggih dan mutakhir dengan keunggulan utamanya yang terletak pada rasio daya terhadap beratnya yang tinggi sehingga memungkinkan baterai dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan pengguna (Sahada dkk., 2023). Baterai Aki *12 Volt 20 Ah* didasarkan pada kimia *Lithium Polymer* yang memungkinkan memiliki kepadatan energi jauh lebih tinggi dibandingkan dengan jenis baterai lainnya (Harjono, 2023). Menurut (Harjono, 2023), baterai aki dapat menyimpan lebih banyak energi dalam berat yang sama dibandingkan dengan baterai lain, sehingga sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan daya yang ringan namun kuat, seperti kursi roda elektrik dan sepeda listrik. Aki *12 Volt 20 Ah* yang digunakan pada ALMo bertipe *VRLA 12 Volt 20 Ah* sebanyak 1 buah. Adapun aki terdapat pada Gambar II. 7 terlampir :



Gambar II. 7 Baterai Aki 12 V 20Ah
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Adapun perhitungan mengacu pada buku pada buku (David & Reddy B Thomas, 2011) dalam penggunaan aki pada robot ALMo dengan rumus sebagai berikut:

1. Total Kapasitas Baterai

$$Ah = \frac{ET}{Vs} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan:

Ah = Daya Baterai (Ah)

ET = Besarnya energi (Wh)

Vs = Tegangan Baterai yang Digunakan (*Volt*)

2. Waktu operasi berdasarkan kapasitas baterai

$$t_{\text{operasi}} = \frac{ET}{P_{\text{Total}}} \dots\dots\dots (3)$$

Dengan:

T_{operasi} = Waktu operasi dalam jam (h)

ET = Besarnya energi (Wh)

P_{total} = Total daya yang dihasilkan oleh panel dalam *watt* (W)

3. Waktu durasi pengecasan baterai

$$t_{\text{charging}} = \frac{Ah}{I} \dots\dots\dots (4)$$

Dengan:

$T_{charging}$ = Durasi Pengecasan (h)

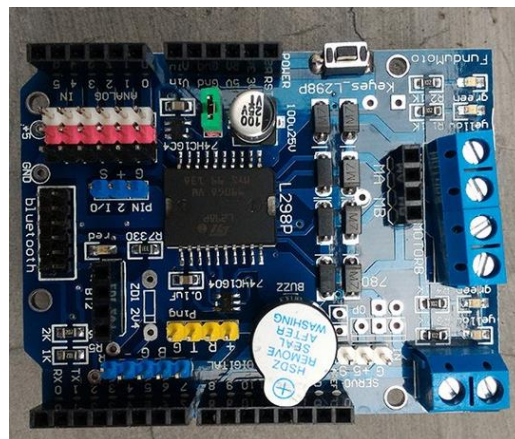
Ah = Kapasitas Aki (Ah)

A = Arus Pengisian (A)

Insolasi = Jumlah rata-rata jam matahari per hari (h)

f. *Motor Driver L298P*

Motor Driver L298P merupakan modul yang berfungsi untuk mengontrol motor DC atau motor *stepper bipolar* (Azzami dkk., 2021). *Motor driver* menggunakan rangkaian *H-Bridge* yang dilengkapi dengan *chip* L298P serta dalam menghidupkan dan mematikan motor hanya membutuhkan satu sakelar untuk mengontrol satu motor dalam satu arah (Wibowo dkk., 2015). Menurut (Singh dkk, 2016), jika motor driver berbalik arah maka cukup dengan membalikkan polaritasnya. Hal tersebut dapat dicapai dengan melakukan pemrograman arduino dan ditambahkan *controller motor driver* sehingga rangkaian tidak hanya menggerakkan motor, tetapi juga mengontrol arahnya. Salah satu desain yang paling umum adalah sirkuit *H-bridge* di mana transistor disusun dalam bentuk yang menyerupai *alfabet* Inggris "H". Gambar motor *driver* L298P dapat dilihat pada Gambar II. 8 berikut:



Gambar II. 8 *Motor Driver* L298P

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Motor Driver L298P dapat mengontrol dua buah sampai empat buah dengan jumlah beban *motor* DC maksimal sebesar 2 ampere per

Channel (Chy dkk., 2022). Motor *driver* L298P memiliki *current sensing* yang berfungsi menjaga motor *driver* dan IC *driver* tidak kelebihan daya yang akan menyebabkan *overheat* (Soedjarwanto, 2021). Motor *Driver* L298P berfungsi untuk mengontrol kecepatan dan arah dari putaran motor, kemudian memiliki fitur rem dengan cara membalikkan arah arus dari motor DC disaat motor DC berputar (Hafidhin dkk., 2020). *Motor driver* L298P cocok digunakan pada semua komponen proyek mekatronika untuk menggerakkan motor DC pada robot (Faraby dkk., 2017).

g. *Motor Direct Current (DC)*

Dalam menggerakkan ALMo dibutuhkan dua buah Motor DC bertipe torsi dan satu buah motor DC bertipe kecepatan untuk menggerakkan *mower* dari pisau pemotong rumput (Direkwatana, 2020). Motor DC dapat mengubah energi listrik menjadi energi gerak dengan memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik (Servenák, 2020). Motor DC bekerja dengan menghasilkan putaran per menit atau yang juga biasa dikenal dengan istilah RPM (Afif & Hardianto, 2023). motor DC dapat berputar searah maupun berlawanan arah jarum jam (Direkwatana, 2020). Pengoperasian dinamo ini dapat diatur kecepatannya melalui *smartphone*. Motor DC yang digunakan ALMo terlampir pada Gambar II. 9 berikut :



Gambar II. 9 DC Motor

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Adapun rumus dari (Hasan dkk., 2022) yang digunakan dalam perhitungan motor DC terdiri dari rumus perhitungan torsi dengan daya, Hukum kedua *Newton* atau beban yang dapat digerakkan oleh motor DC dengan robot dan torsi yang dibutuhkan terlampir sebagai berikut:

1. Perhitungan Jumlah Torsi pada Motor DC

$$\tau = \frac{K \times P}{N} \dots\dots\dots(5)$$

Dengan:

P = Daya dalam satuan HP (*Horse Power*)

τ = Torsi (Nm)

N = Jumlah putaran per – menit (RPM)

K = 5252 (Konstanta Ketetapan daya motor)

2. Hukum *Newton* II (Beban yang dapat digerakkan motor DC)

$$F = m \times a \dots\dots\dots(6)$$

Dengan:

F = Beban (kg)

m = Berat keseluruhan rencana (watt)

a = Percepatan Translasi (m/s^2)

3. Perhitungan Torsi yang Dibutuhkan

$$\tau = f \times r \dots\dots\dots(7)$$

Dengan:

τ = Torsi (Nm)

f = Gaya yang dihasilkan torsi (N)

r = Jari – jari roda (m)

h. Kamera *Logitech C922 Pro Stream HD*

Penggunaan kamera pada ALMo merupakan objek yang sangat penting dikarenakan berfungsi sebagai pemantauan pergerakan ALMo dan mengatur tinggi rendahnya pemotong rumput dari pneumatik serta pendeteksian bila adanya *unknownted object* seperti batu maupun hewan liar pada area pemotongan. Kamera yang digunakan bertipe *Logitech C922 Pro Stream HD* merupakan kamera *web* atau *webcam*

yang dirancang khusus untuk berbagai keperluan seperti video konferensi, streaming langsung, merekam video dengan teknologi *full HD* yang membantu dalam penginputan sistem IoT atau lebih spesifiknya *Neural Network* untuk mengintegrasikan seluruh fitur inovasi ALMo (Moniruzzaman dkk., 2023). Kamera *Logitech c922 Pro Stream* terlampir pada Gambar II. 10 berikut :

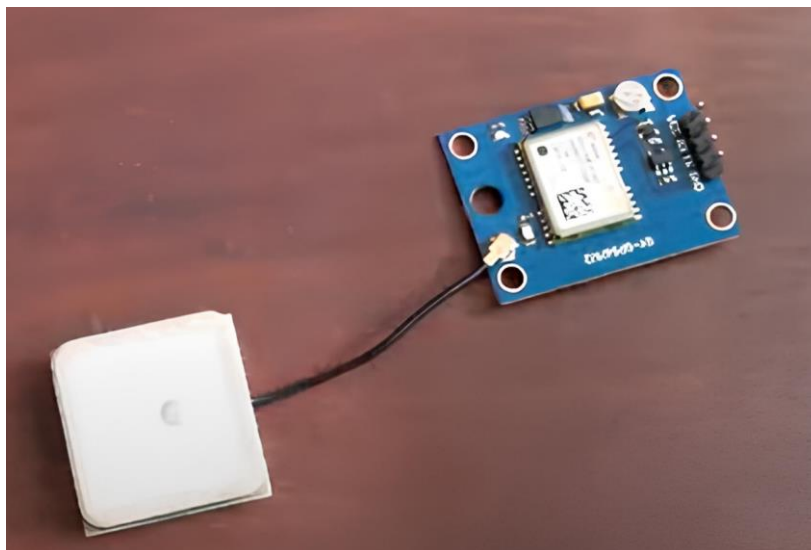


Gambar II. 10 Kamera *Logitech C922 Pro Stream HD*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

i. *Global Positioning System (GPS)*

Global Positioning System (GPS) tracking dalam membantu pendeteksian pergerakan ALMo dari jarak jauh untuk menunjang fungsi dari kamera *Logitech C922 Pro Stream HD*. Menurut (Syaddad, 2020) GPS adalah sistem yang digunakan untuk menentukan lokasi di permukaan bumi dengan memanfaatkan sinyal dari satelit yang tersedia. Menurut (Putra dkk., 2020), GPS didefinisikan sebagai sistem navigasi yang menggunakan satelit untuk memberikan informasi tentang posisi, kecepatan, dan waktu di hampir semua lokasi di bumi, baik dalam kondisi cuaca apapun. Alat yang digunakan untuk menerima sinyal dari satelit tersebut secara umum disebut sebagai *GPS tracking* (Rianandra dkk., 2015). Dengan menggunakan GPS pengguna dapat melacak posisi robot secara *real-time* dan komponen

GPS yang digunakan dalam *project* ALMo menggunakan *GPS Tracing Neo 6m* (Manurung, 2019). Gambar *GPS Tracing Neo 6m* terlampir pada Gambar II. 11 berikut:



Gambar II. 10 *GPS Tracing Neo 6m*

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

8. Peralatan Perancangan *Desain*

Dalam perancangan seluruh komponen berbagai peralatan dan perangkat lunak digunakan untuk mempermudah proses desain dan simulasi sistem kelistrikan. Adapun *software* yang digunakan sebagai berikut:

a. *Blynk*

Blynk adalah *platform Internet of Things* (IoT) yang berfungsi sebagai pengendalian dan pemantauan perangkat fisik melalui *smartphone* dan laptop (Syaddad, 2020). *Platform Blynk* menyediakan berbagai *widget* yang dapat digunakan untuk membangun *antarmuka* pengguna yang interaktif seperti tombol (*Button*), tampilan nilai (*Value Display*), grafik (*Graph*), tabel nilai (*Table*) (Saputra & Papatungan, 2022).

b. *Fritzing*

Fritzing adalah perangkat lunak *open-source* yang digunakan untuk merancang skematik, membuat *layout PCB* (*Printed Circuit Board*) dan memvisualisasikan prototipe elektronik dalam bentuk skematik dan breadboard secara intuitif. Dirancang dengan *interface* yang mudah

diakses oleh pengguna, *fritzing* cocok untuk mendesain komponen elektronika. *Fritzing* menyediakan berbagai komponen elektronik standar, memungkinkan pengguna untuk merancang prototipe dengan mudah tanpa keahlian yang mendalam dalam desain PCB (Saputra & Papatung, 2022). *Fritzing* mendukung konversi desain ke format yang dapat diproduksi secara komersial dan memfasilitasi pengembangan proyek elektronik dari konsep awal hingga produksi massal (Adly dkk., 2022).

c. *SketchUp*

Sketchup adalah perangkat lunak desain grafis tiga dimensi yang mudah untuk digunakan (Kevino, 2020). Dengan *interface* yang ramah pengguna dan fitur yang mudah diakses, *Sketchup* memungkinkan pengguna untuk membuat model 3D dengan cepat dan akurat. *SketchUp* digunakan dalam berbagai industri termasuk arsitektur, desain interior, rekayasa dan media *video game* untuk merancang bangunan suatu ruang dan objek dengan detail yang tinggi (Adly dkk., 2022). Pada ALMo digunakan untuk membuat *layout* daerah pemotong pada sisi *airside* bandara SMB II Palembang.

d. Bahasa Pemrograman *Python*

Bahasa pemrograman yang digunakan dalam mengoding seluruh fitur ALMo menggunakan *Python*. *Python* adalah sebuah bahasa pemrograman interpretatif yang serbaguna, didesain untuk memudahkan keterbacaan kode agar lebih mudah dipahami (Zein, 2018). Dalam perangkat *Raspberry- Pi 4*, *Python* menjadi bahasa pemrograman dengan fitur utama dari program bahasa *Python* meliputi keberadaan beragam pustaka standar yang membantu para pemrogram dalam melakukan berbagai tugas umum, seperti terhubung ke server web, mengakses dan memanipulasi isi *file* (Aftab dkk., 2022). Bahasa pemrograman *Python* dapat dijalankan di berbagai sistem operasi, termasuk *Mac OS X*, *Windows*, *Linux*, dan *Unix* (Khatri dkk., 2019). *Python* termasuk perangkat lunak sumber terbuka yang memungkinkan pengguna untuk mengedit, memperbarui, menambahkan fitur,

memperbaiki bug, dan meningkatkan perangkat lunak tanpa perlu izin resmi (Semendawai dkk., 2021).

d. Bahasa Pemrograman C++

Bahasa pemrograman C++ dalam konteks aplikasi *Arduino Uno* menunjukkan bahwa C++ menjadi pilihan utama untuk pengembangan perangkat keras di platform. *Arduino uno* sebagai mikrokontroler terpopuler dengan menggunakan konsep dari sintaks dasar C++ seperti variabel, tipe data, operator dan kontrol aliran untuk mengelola sumber daya elektronika secara efisien (Afif & Hardianto, 2023). Platform *arduino uno* menyediakan pustaka dan abstraksi tingkat tinggi yang mempermudah akses ke perangkat keras yang memungkinkan pengembangan aplikasi dapat lebih cepat. Contoh aplikasi praktis seperti sistem kontrol dan sensorik menunjukkan bagaimana C++ dapat diimplementasikan secara efektif dalam lingkungan perangkat keras nyata. Inputan berisi data-data komponen panel dari Board *Arduino Uno* didapatkan oleh *Android* (Muhammad Iqbal Dzaki dkk., 2018).

9. Rancang Bangun Alat

Rancang bangun alat merujuk pada proses sistematis dalam mengembangkan sebuah perangkat atau alat yang dapat digunakan untuk tujuan tertentu (Hudallah, 2019). Proses ini melibatkan beberapa langkah kunci, termasuk identifikasi kebutuhan pengguna, perancangan konsep awal yang memadai, pembuatan prototipe berdasarkan spesifikasi yang telah ditetapkan, pengujian untuk memverifikasi kinerja dan keamanan, serta evaluasi dan perbaikan berkelanjutan berdasarkan umpan balik pengguna (Afif & Hardianto, 2023). Pendekatan ini tidak hanya mempertimbangkan aspek teknis seperti integrasi komponen mekanika, elektronika, dan perangkat lunak, tetapi juga memperhatikan keberlanjutan lingkungan, efisiensi energi, dan keamanan operasional alat yang dikembangkan (Pambudi, 2023). Dengan mengikuti metodologi rancang bangun yang baik, proses pengembangan alat dapat menghasilkan produk yang lebih efektif, aman dan sesuai dengan kebutuhan pengaplikasiannya.

B. Hasil Penelitian Yang Relevan

Pada Tabel II.1 terlampir, menunjukkan penelitian- penelitian mengenai *tractor mower* sebelumnya yang pernah dilakukan. Hal tersebut dibutuhkan sebagai pertimbangan dalam pembuatan tugas akhir.

Tabel II. 1 Penelitian- penelitian Sebelumnya

Penelitian, Tahun, Judul	Hasil Penelitian	Perbedaan	Persamaan
Strisciuglio dkk (2018), <i>TrimBot2020: An Outdoor Robot For Automatic Gardening</i>	<i>TrimBot2020</i> bertujuan untuk mengembangkan konsep algoritma yang memungkinkan robot melakukan navigasi di berbagai jenis medan, menghindari hambatan, dan memotong tanaman. <i>TrimBot2020</i> dilengkapi dengan sistem kamera stereo berbentuk pentagon di mana setiap pasang kamera terdiri dari satu kamera berwarna RGB dan satu kamera <i>grayscale</i> . Kamera-kamera ini mengambil gambar dengan resolusi 752x480 piksel (WVGA). Selain itu, <i>TrimBot2020</i> dilengkapi dengan lengan robotik untuk keperluan pemotongan tanaman.	Pertama, penelitian <i>Trimbot 2020</i> menggunakan kamera yang masih tergolong rendah dengan resolusi 752 x 480 yang memungkinkan saat pemantauan dari jauh dan meng <i>image processing</i> objek akan terjadinya potensi <i>error</i> . Kedua, penelitian ini belum menggunakan pengisian daya baterai menggunakan <i>solar cell</i> . Ketiga, penelitian terfokus kepada pemotong tanaman liar.	Penelitian memiliki persamaan dalam penggunaan kamera untuk pemantauan
Ahmad dkk (2016), <i>Autonomous Lawnmowe using FPGA Implementation</i>	Pemotong rumput otomatis dengan menggunakan teknologi FPGA dan navigasi GPS yang dapat beroperasi menggunakan FPGA dilengkapi dengan sensor ultrasonik dan dua motor DC. Pemotong ini dapat menghindari rintangan dan melakukan gerakan maju, mundur, serta belok. Jalur	Penelitian ini menerapkan pergerakan <i>fully autonomus</i> menggunakan FPGA <i>Board</i> yang dirancang khusus tersendiri, sensor ultrasonic dan GPS. Akan tetapi. dalam pemantauan tidak bisa dilihat secara langsung melalui layar <i>Handphone</i> ataupun <i>Personal Computer</i>	Penelitian memiliki kesamaan dalam penggunaan GPS dalam mengetahui posisi pemotongan

	pergerakan ditentukan oleh empat titik GPS yang dibuat pengguna. Semua tindakan pemotong rumput dikontrol oleh FPGA DE1 Cyclone II dengan bantuan sensor.	untuk pemantauan secara <i>real time</i> .	
Aryani dkk (2015), <i>Prototype Robot Pemotong Rumput Berbasis Raspberry Pi B+ Menggunakan Web Browser</i>	Robot cerdas pemotong rumput berbasis <i>raspberry Pi B+</i> merupakan sistem robotik yang bertujuan mengendalikan 2 buah motor <i>driver</i> 1289N yang berguna untuk menjalankan gear box roda robot dan dinamo pemotong rumput pada alat pemotong rumput tanpa awak. Robot cerdas pemotong rumput dapat dengan langsung melakukan pemotongan rumput dengan dikendalikan <i>web browser</i> dalam satu jaringan.	Penelitian ini menerapkan mikrokontroller <i>raspberry-p</i> yang berpotensi untuk menghasilkan teknologi <i>neural network</i> secara <i>fully autonomus</i> , akan tetapi dalam pembuatan autonomus masih diharuskan membuat tombol darurat untuk mematikan robot agar dalam pengontrolan bila terjadi <i>error</i> robot dapat dimatikan.	Penelitian memiliki kesamaan dalam penggunaan mikrokontroler <i>raspberry-p</i> dan memakai aplikasi blynk dalam pemotongan
Firdaus dkk (2017), <i>Pengendalian Robot Mobil Otonom Pemotong Rumput Menggunakan Metode Logika Fuzzy</i>	Penelitian menggunakan metode logika <i>fuzzy</i> ini telah membuktikan bahwa penggunaan sensor ultrasonik pada robot mobil dapat secara efektif mempengaruhi perilaku motor dalam menghindari rintangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot mobil mampu bergerak lurus ke depan ketika jarak rintangan melebihi 45cm, sementara akan melakukan manuver berbalik arah sejauh 180° jika mendeteksi rintangan dalam jarak	Penelitian ini menyoroti penggunaan sensor warna yang mampu mendeteksi perbedaan warna untuk mengontrol motor. Melalui penerapan logika <i>Fuzzy</i> yang berhasil diimplementasikan pada Arduino menggunakan <i>library Fuzzy Logic (eFLL-master)</i> dan berhasil menghubungkan input dari sensor ultrasonik dan mengontrol output kecepatan motor. Temuan ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan	Penelitian memiliki kesamaan dalam penggunaan mikrokontroler <i>raspberry-p</i> dan memakai aplikasi blynk dalam pemotongan

kurang dari 45 cm. Penelitian ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan satu sensor ultrasonik, robot mobil dapat melakukan navigasi yang cukup efisien dalam menghindari rintangan

sistem navigasi yang adaptif dan responsif terhadap lingkungan sekitar dan berpotensi untuk pengembangan penambahan gps pada robot.

Dedi Irawan & Endah Fitriani (2021), Rancang Robot Pemotong Rumput Otomatis Berbasis *Arduino Uno* Dengan Sistem Kendali Aplikasi Blynk

Penelitian ini menekankan pentingnya pengembangan robot pemotong rumput otomatis yang dapat dikendalikan melalui ponsel pintar guna mengatasi tantangan dalam pemotongan rumput secara manual. Komponen-komponen kunci seperti Mikrokontroler *Arduino Uno*, *NodeMcu*, *Motor Brushless*, *Sensor Infrared*, *Servo*, dan Baterai telah diintegrasikan secara efektif untuk menciptakan solusi yang efisien, ekonomis, dan aman. Penggunaan Sensor Infrared dalam mengatur kecepatan motor *brushless*, pengendalian mikrokontroler *Arduino Uno*, serta implementasi aplikasi *Blynk* sebagai antarmuka pengguna merupakan kontribusi penting dalam pengembangan robot pemotong rumput yang dapat diimplementasikan dengan sukses untuk membersihkan halaman rumah dan sekitarnya.

Penelitian ini menggunakan sensor Infrared yang dapat menyebabkan variasi dalam pembacaan sensor pada robot untuk menentukan ketinggian rumput yang akan dipotong yang dapat dipengaruhi oleh cahaya matahari dan penggunaan aplikasi *Blynk* sudah dapat menerapkan teknologi IoT pada robot yang dibuat peneliti

Penelitian ini memiliki kesamaan dalam kendali mengintegrasikan kontrol IoT.

Mellyssa dkk, (2023), Rancang Bangun Robot Pemotong Rumput Secara Otomatis dengan Kontrol <i>Smartphone</i> Android Berbasis <i>Arduino Uno</i>	<p>Penelitian ini berfokus pada pengembangan robot pemotong rumput yang dapat dikendalikan melalui <i>Smartphone</i> Android berbasis Arduino, untuk merawat halaman rumah, taman rekreasi, atau lapangan sepakbola secara otomatis. Robot ini dapat beroperasi dalam mode manual, di mana pengguna mengontrolnya melalui joystick, dan mode otomatis dengan bantuan frame sebagai pembatas area pemotongan. Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA 2560, aplikasi MIT App Inventor, dan sensor ultrasonik untuk menentukan batas jarak, robot ini berhasil menyelesaikan tugas pemotongan rumput dengan tingkat kesalahan sekitar 1-2 cm. Sumber daya utamanya berasal dari baterai dengan tegangan sekitar 13 Volt, yang meningkatkan keandalan dan mobilitas robot secara keseluruhan.</p>	<p>Penelitian ini memanfaatkan dua metode kontrol sebagai langkah <i>contingency plan</i> dalam mengantisipasi kesalahan pada perangkat robot diatur menggunakan kontrol <i>joystick</i> dari smartphone, sementara sensor ultrasonik digunakan sebagai pembatas pergerakan dalam mode otonom. Namun, penggunaan pembatas fisik tidak memungkinkan di sisi airside bandara, oleh karena itu diperlukan sensor <i>scanning</i> berupa GPS untuk menentukan area yang akan dipotong.</p>	<p>Penelitian ini berfokus pada pengembangan robot pemotong rumput yang dapat dikendalikan melalui <i>Smartphone</i> Android.</p>
Rahman & Putra, (2023), Perancangan Sistem Mekatronika Pada Mesin Pemotong Rumput Menggunakan <i>Hybrid Energy</i> .	<p>Penelitian ini menitikberatkan pada penerapan teknologi mekatronika dalam mesin pemotong rumput dengan energi hibrida. Dengan menggunakan baterai 12 Volt dan kontrol frekuensi 315 Mhz, mesin ini dilengkapi dengan</p>	<p>Penggunaan solar panel 10 WP dinilai kurang efektif diakibatkan lama pengecasan dengan baterai 2200 MaH membutuhkan 11 jam pengecasan dengan dibandingkan menggunakan listrik konvensional hanya 1 jam pengecasan. Akan</p>	<p>Penelitian ini memiliki kesamaan dalam penggunaan <i>solarcell</i></p>

aktuator utama seperti motor pemotong, motor transmisi, dan servo motor. Proses pengisian baterai menggunakan sistem hibrida sel surya 10 wp dan charger listrik 72 Watt, dengan rentang waktu operasional antara 50 hingga 75 menit. Hasil pengujian menunjukkan waktu pengerjaan tercepat adalah 6 menit 15 detik untuk rumput dengan ketinggian 20 mm, sementara waktu terlama adalah 11 menit 30 detik untuk rumput dengan ketinggian 60 mm. Mesin ini menghasilkan efisiensi hingga 59.000 perbulan dengan parameter yang sama dengan mesin konvensional.

Kesimpulannya, penelitian ini memberikan wawasan tentang sistem mekatronika pada mesin pemotong rumput dengan energi hibrida, menyoroti torsi, waktu pengisian baterai, dan konsumsi daya selama pemotongan rumput dengan berbagai ketinggian.

Syarifudin (2021), Analisis Konsumsi Bahan Bakar Mesin Pemotong Rumput Menggunakan *Remote Control*

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi konsumsi bahan bakar pada mesin pemotong rumput yang dikendalikan secara otomatis menggunakan *remote control*. Pengujian dilakukan

tetapi, peneliti mengklaim bahwa penggunaan teknologi hibrida dapat menghemat biaya bahan bakar sebesar Rp.59.000 per bulan. Penelitian ini belum menerapkan teknologi IoT sehingga harus digerakkan secara manual.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada fokus evaluasi yang berbeda terhadap konsumsi bahan bakar pada mesin pemotong rumput yang dikendalikan dengan

Penelitian ini memiliki kesamaan dalam kontrol menggunakan *Blynk*.

dengan menggunakan mesin berkapasitas 196cc dengan berbagai kecepatan putaran mesin (1500, 2000, dan 2500rpm) dan dua jenis bahan bakar, yaitu pertalite dan pertamax 92. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran mesin, kapasitas pemotongan juga meningkat. Konsumsi bahan bakar lebih tinggi saat menggunakan pertamax dibandingkan pertalite pada putaran mesin 1500rpm dan 2000rpm, namun lebih rendah pada putaran 2500rpm. Penelitian ini memberikan wawasan penting terkait efisiensi penggunaan bahan bakar pada mesin pemotong rumput otomatis yang dioperasikan melalui *remote control*.

remote control. Penelitian ini menekankan pada analisis konsumsi bahan bakar pada mesin pemotong rumput otomatis dengan variasi kecepatan putaran mesin dan jenis bahan bakar yang digunakan. Hasil pengujian menunjukkan perbedaan signifikan dalam konsumsi bahan bakar antara penggunaan pertalite dan pertamax pada berbagai putaran mesin, menyoroti pentingnya pemilihan bahan bakar yang tepat untuk mencapai efisiensi operasional yang optimal. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi yang berharga dalam pemahaman tentang faktor-faktor yang memengaruhi konsumsi bahan bakar pada mesin pemotong rumput otomatis yang dikendalikan dengan *remote control*.

Wikarta dkk (2023), Penerapan Produk Teknologi Traktor Tangan Bertenaga Listrik Untuk Petani

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan teknologi traktor tangan bertenaga listrik dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas pengelolaan lahan pertanian. Metode yang digunakan melibatkan fabrikasi komponen mekanik dan elektrik traktor tersebut, termasuk pembuatan

Penelitian ini menggunakan *tractor* tangan yang menjadi awal potensi menjadikan *tractor* mower bertenaga listrik dengan klaim dari penelitian ini mengklain bahwa menjadialat alternatid yang ramah lingkungan serta mengurangi biaya

Memiliki persamaan dalam menerapkan *tractor* tangan menggunakan energi tenaga listrik .

frame, roda gergaji, produksi dan konsumsi alat konvensional. penutup bawah, penutup baterai dan pengontrol, pemasangan motor, serta pembuatan sistem tenaga listrik seperti motor listrik, pengontrol, baterai, dan rantai roda. Pengujian dilakukan di lahan pertanian desa Wanar, Lamongan, menunjukkan bahwa traktor tersebut berhasil mengurangi biaya operasional secara signifikan dan memiliki kinerja yang baik. Teknologi ini memungkinkan petani mengurangi biaya operasional, perawatan, dan penggantian suku cadang, serta memberikan dampak positif pada lingkungan. Disarankan untuk melanjutkan penelitian dan pengembangan teknologi ini sebagai alternatif efisien dan ramah lingkungan dalam pengelolaan lahan pertanian.

Atmojokusumo & Sofwan (2020), Analisa Perancangan Sistem Koordinasi Antara *Solar Cell* Dengan *Fuel Cell* Pada Kendaraan Listrik.

Penelitian ini terfokus dalam upaya mengatasi keterbatasan cadangan energi konvensional yang semakin menipis, energi surya diangkat sebagai alternatif untuk produksi listrik. Metode yang digunakan adalah penyimpanan energi listrik dari matahari ke baterai yang dikendalikan oleh pengontrol, dengan output dihubungkan

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan perhitungan daya penggunaan *solar cell* yang dipakai dalam penggunaan sumber daya utama baterai LiPo dari ALMo.

Penelitian ini memiliki kesamaan dalam integrasi *solar cell* dengan *fuel cell* pada kendaraan listrik.

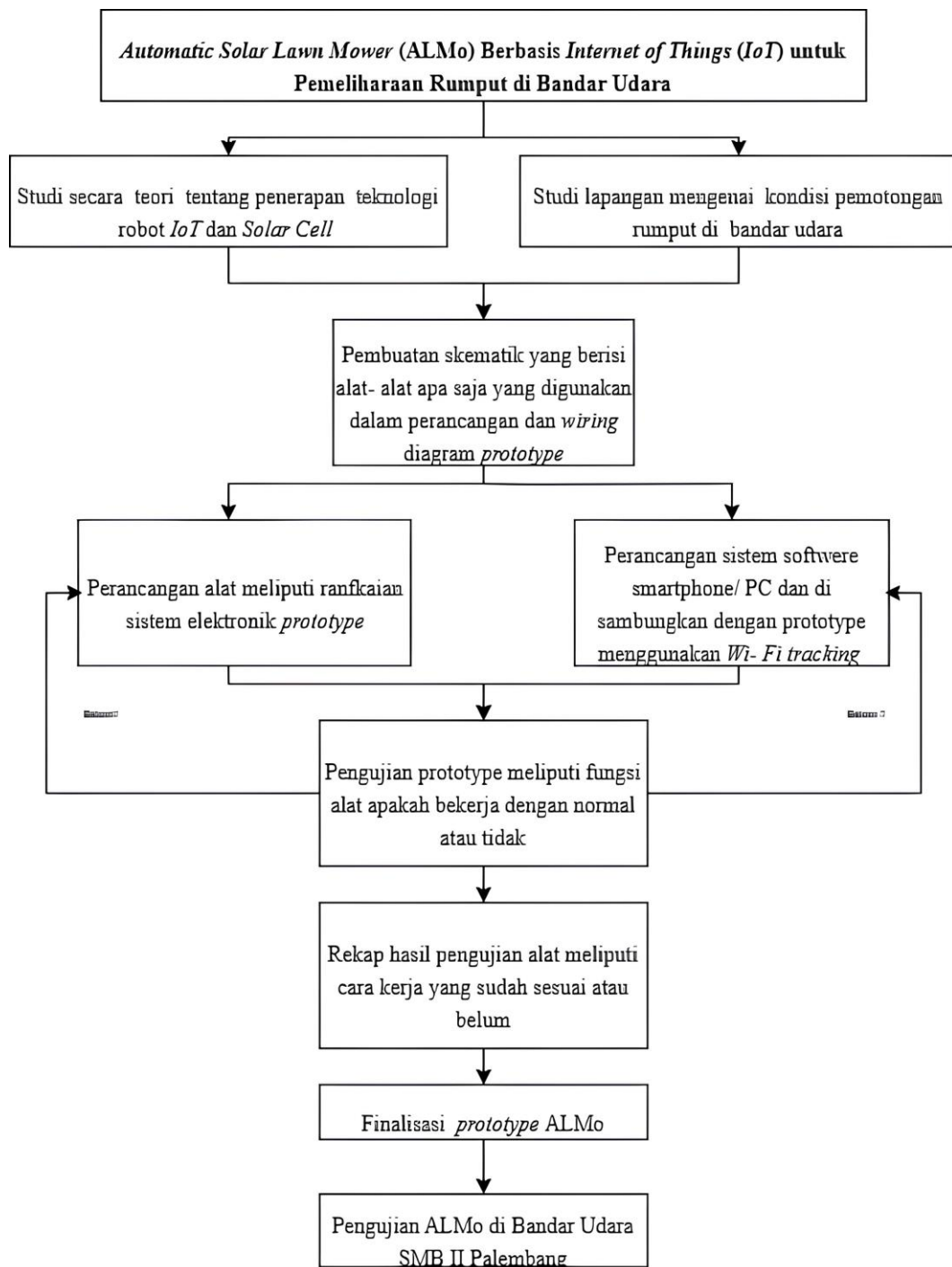
langsung ke inverter DC ke AC untuk penggunaan rumah tangga. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan energi listrik untuk keperluan penerangan dan beban rumah sederhana membutuhkan energi sebesar 1,132 kWh per hari. Dengan memperhitungkan tarif listrik dan biaya perangkat energi surya, diketahui bahwa kembalinya modal dari investasi energi surya dalam waktu 9 Tahun.

(Sumber: Data Pribadi)

Pada penelitian terdahulu didapatkan cara mengelola variabel yaitu *solar cell* dengan memanfaatkan energi *solar cell* dan alat pemotong rumput otomatis. Pada penelitian ini, penulis membuat variabel- variabel bersumber dari penelitian terdahulu sebanyak 11 penelitian untuk menjadi satu kesatuan yang dapat saling menguntungkan dalam perencanaan sebuah *prototype Automatic Solar Lawn Mower* (ALMo) berbanding 1 : 4 cm dengan *tractor mower* konvensional untuk pemeliharaan rumput dengan basis dasar yaitu *solar cell* yang berteknologi IoT pada Bandar Udara Sultan Mahmud Badaruddin (SMB) II Palembang.

C. Kerangka Berpikir

Adapun kerangka berfikir dalam menentukan arah penelitian ALMo terlampir pada Gambar II. 12 berikut :



Gambar II. 11 Kerangka Berfikir Penelitian ALMo

(Sumber: Data Pribadi)