

BAB II

DASAR TEORI

2.1 *Lawn Mower*

Robot *Lawn Mower* adalah jenis robot yang dirancang khusus untuk memotong rumput pada area halaman atau taman tanpa intervensi manusia secara langsung. Robot *Lawn Mower* menggunakan sensor GPS *Tracker* dan pisau pemotong yang terpasang pada bagian bawahnya untuk melakukan pemotongan rumput secara efisien dan terprogram. Robot *Lawn Mower* bekerja dengan cara yang sama dengan mesin pemotong rumput konvensional, tetapi tanpa tenaga manusia [1].

Berdasarkan penjelasan diatas mengenai beberapa macam alat mesin pemotong rumput yang sering digunakan, pada penelitian ini, alat mesin pemotong rumput yang penulis rancang dan bangun termasuk golongan Robot *Lawn Mower*. Pembedanya adalah robot yang penulis rancang dan bangun ini sudah tidak membutuhkan manusia sebagai operator pengendalian robot [1].

Pisau pemotong rumput dipilih agar sesuai dengan rancangan pengembangan robot pemotong rumput dengan beberapa kriteria, yaitu ringan, dapat digerakkan menggunakan motor DC, dapat memotong rumput dengan gaya pemotongan rendah. Pisau pemotong yang dihasilkan dari penelitian ini memiliki lebar kerja 21.5 cm terdiri dari dua bilah pisau. Pisau pemotong rumput ini digerakkan oleh motor DC 12 V dengan kecepatan putar 7.000 rpm [2].

Dalam penelitian ini terdapat beberapa penelitian terdahulu yang sudah dilakukan sebelumnya, yang ada pada tabel 2.1 di bawah ini. Pada penelitian sebelumnya, belum menggunakan sensor kecepatan pada motor penggerak dan metode logika *Fuzzy* untuk menentukan kecepatan motor yang dibutuhkan.

$$v = \frac{s}{t} \dots\dots\dots(2.1)$$

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

No.	Penulis	Judul	Keterangan
1.	M. R. Fazal [3].	Rancang Bangun Automatic Solar <i>Lawn Mower</i> (ALMo) Berbasis IoT untuk Pemeliharaan Preventif Area Bandar Udara	Penelitian ini mengembangkan robot pemotong rumput otomatis berbasis IoT dengan GPS untuk efisiensi energi.
2.	M.F. Ismail [4].	Perancangan Pengaplikasian Internet of Things pada Robot Pemotong Rumput Berbasis Arduino Mega 2560	Studi ini mengimplementasikan IoT dalam kendali robot pemotong rumput dengan Arduino Mega 2560. Penelitian menilai efektivitas sistem kendali kecepatan berbasis sensor
3.	Yusman, W. Mellyssa, Salahuddin, K.Mukhlisin, S.Mualla. [7].	Rancang Bangun Robot Pemotong Rumput Secara Otomatis dengan Kontrol Smartphone Android Berbasis Arduino Uno	Desain robot pemotong rumput yang dapat bekerja dalam mode manual (dikontrol via Android) dan mode otomatis (mengikuti <i>frame</i> atau batas area).
4.	Y. B. Widodo, T. I. Rahman, S. Sibuea [8].	Rancang Bangun Kendali Cerdas dan Otonom pada Robot Mobil Beroda	Mengembangkan sistem kendali cerdas berbasis GPS dan logika <i>Fuzzy</i> untuk robot <i>Lawn Mower</i> .
5.	W. Upaphai et al [9].	Design of Self-Tuning <i>Fuzzy</i> PID Controllers for Position Tracking Control of Autonomous Agricultural Tractor	Mengembangkan sistem kendali cerdas berbasis GPS dan logika <i>Fuzzy</i> untuk robot <i>Lawn Mower</i> .

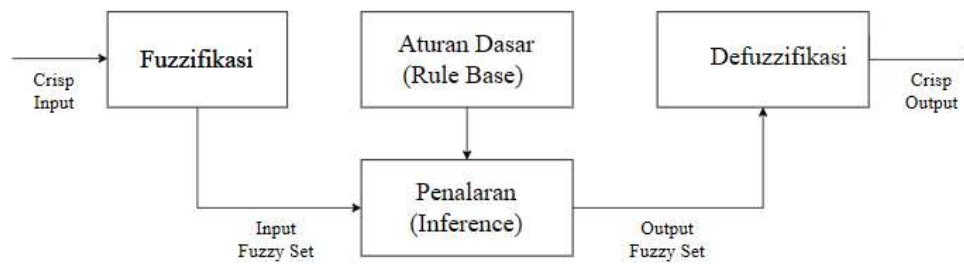
2.2 Logika *Fuzzy*

Teori tentang *Fuzzy* set atau himpunan samar pertama kali dikemukakan oleh Lotfi Zadeh sekitar tahun 1965 pada sebuah makalah yang berjudul '*Fuzzy Set*'. Setelah itu, sejak pertengahan 1970-an, para peneliti Jepang berhasil mengaplikasikan teori ini ke dalam permasalahan teknis. Logika *Fuzzy* adalah peningkatan dari logika boolean yang berhadapan dengan konsep kebenaran sebagian. Saat logika klasik menyatakan segala hal dapat didefinisikan dalam istilah biner [6].

Logika *Fuzzy* dalam logika klasik dinyatakan bahwa segala sesuatu bersifat biner, yang artinya adalah hanya dua kemungkinan yaitu “ya atau tidak”, “benar atau salah”, “baik atau buruk” dan lain-lain. Oleh karena itu, semua ini dapat mempunyai nilai keanggotaan 0 atau 1. Akan tetapi, dalam logika *Fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan berada di antara 0 atau 1, artinya bisa saja suatu keadaan mempunyai dua nilai “ya dan tidak”, “benar dan salah”, “baik dan buruk” secara bersamaan, namun besar nilainya tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya [10]. Secara umum ada beberapa unsur dalam logika *Fuzzy*, yaitu :

- a. Himpunan tegas (dengan nilai crisp) yang merepresentasikan nilai keanggotaan.
- b. Himpunan *Fuzzy* yang berfungsi untuk mengkonversi nilai crisp ke dalam beberapa nilai kelompok
- c. Fungsi keanggotaan yang didefinisikan dalam rentang 0 sampai 1.
- d. Kata-kata sebagai variabel dalam konteks bahasa.
- e. Untuk mengontrol *Output* dari klasifikasi *Input*, digunakan aturan *Fuzzy if-then*.

Ketika menggunakan logika *Fuzzy*, ada beberapa pertimbangan penting, termasuk pendekatan untuk mengubah *Input* menjadi *Output* melalui sistem inferensi *Fuzzy*. Proses ini mencakup operasi logika, fungsi keanggotaan, dan aturan *if-then*. Gambar 2.1 menunjukkan diagram blok pengendali logika. Seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.1, sistem logika *Fuzzy* terdiri dari beberapa tahap, termasuk :



Gambar 2.1 Diagram logika *Fuzzy*

a. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan tahapan dimana nilai masukan berupa himpunan crisp dikonversikan menjadi himpunan *Fuzzy*.

b. Penalaran (*Inference*)

Penalaran dalam logika *Fuzzy* adalah proses pengambilan keputusan atau kesimpulan berdasarkan aturan-aturan *Fuzzy* dan nilai keanggotaan dari variabel yang tidak pasti atau samar. Logika *Fuzzy* digunakan untuk menangani sistem yang memiliki ketebalan dan tidak dapat direpresentasikan dengan nilai biner (0 atau 1) seperti dalam logika klasik.

c. Aturan Dasar (*Rule Base*)

Rule Base dalam logika *Fuzzy* adalah kumpulan aturan berbentuk *IF-THEN* yang digunakan untuk menghubungkan variabel *Input* dan *Output* dalam sistem inferensi *Fuzzy*. Aturan-aturan ini dibuat berdasarkan pengetahuan pakar atau data empiris untuk membahas dan informasi yang samar.

d. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses dalam logika *Fuzzy* yang mengubah keluaran *Fuzzy* menjadi nilai *crisp* (tegas) agar dapat digunakan dalam sistem nyata. Karena hasil dari sistem inferensi *Fuzzy* berbentuk variabel linguistik (Contoh : "rendah", "sedang", atau "tinggi") dengan tingkat keanggotaan tertentu, diperlukan defuzzifikasi untuk mendapatkan nilai numerik yang dapat diterapkan langsung.

2.1.1 Jenis Metode Logika *Fuzzy*

Metode *Fuzzy* terbagi menjadi 3 inferensi, yaitu : metode Tsukamoto, metode Mamdani, dan metode Sugeno. Di bawah ini adalah penjelasan tentang 3 metode sebagai berikut :

a. Metode Tsukamoto

Saat proses evaluasi aturan dalam mesin inferensi, metode *Fuzzy* Tsukamoto menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai α -predikat tiap-tiap rule ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$). Masing-masing nilai α predikat digunakan untuk menghitung hasil inferensi secara tegas (crisp) masing-masing rule ($z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$). Proses defuzzifikasi pada metode Tsukamoto menggunakan metode rata-rata (Average).

b. Metode Sugeno

Pendekatan inferensi *Fuzzy* untuk aturan yang dibingkai sebagai pernyataan *if-then*, di mana keluaran sistem (konsekuen) bukan merupakan himpunan *Fuzzy*, tetapi dapat berupa konstanta atau persamaan linear.

c. Metode Mamdani

Saat melakukan evaluasi aturan dalam mesin inferensi, metode Mamdani menggunakan fungsi MIN dan komposisi antar-rule menggunakan fungsi MAX untuk menghasilkan himpunan *Fuzzy* baru. Proses defuzzifikasi pada metode Mamdani menggunakan metode Centroid [11].

- Dalam pembentukan himpunan *Fuzzy*, variabel *Input* dan variabel *Output* dalam satu atau lebih himpunan *Fuzzy* tidak dapat dipisahkan.
- Penggunaan fungsi implikasi: Metode Mamdani menggunakan fungsi min ketika ada lebih dari satu *Input*. Secara umum, ini dapat dinyatakan sebagai:

$$\mu_{sf}[X_i] = \min (\mu_{sf} \cap [X_i] \mu_{kf} [X_i]) \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan :

$\mu_{sf}[X_i]$ = nilai keanggotaan solusi *Fuzzy* sampai aturan ke i

$\mu_{kf} [X_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen *Fuzzy* aturan ke i .

- Penegasan atau defuzzifikasi ketika menggabungkan aturan Mamdani dengan metode centroid. Dalam metode ini, nilai crisp diturunkan dari titik pusat wilayah *Fuzzy*. Secara umum dinyatakan [10]:

$$\mu(x) = \frac{\int_b^a x\mu(x)dx}{\int_b^a \mu(x)dx} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

$\mu(x)$ menunjukkan tingkat keanggotaan *Fuzzy* untuk nilai x .

$\mu(x)$ merupakan hasil kali antara x dan derajat keanggotaan, yang digunakan untuk menentukan setiap nilai kontribusi x pada *Output*. dx merupakan hasil dari pengintegralan hasil kali derajat keanggotaan $\mu(x)$ dan nilai x pada interval dari x_1 ke x_2 .

Berdasarkan penjelasan di atas dari ketiga metode, metode *Fuzzy* Mamdani adalah metode yang dibutuhkan untuk mengontrol kecepatan motor pada robot *Lawn Mower*.

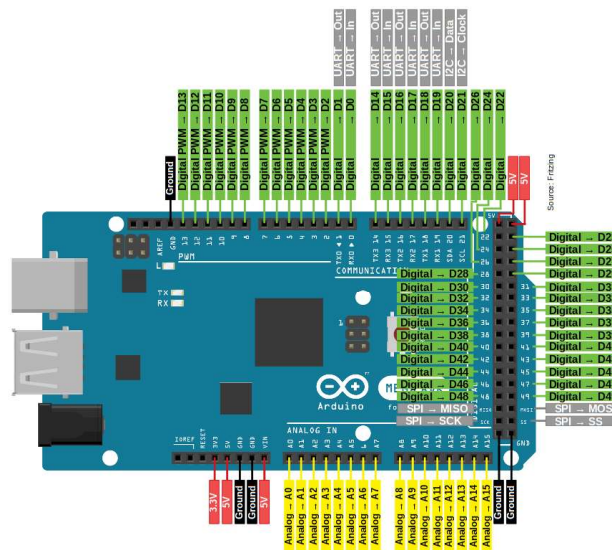
2.3 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berbasis Atmega 2560. Arduino Mega 2560 ini memiliki 54 pin digital *Input/Output*, di mana 15 pin dapat digunakan sebagai *Output* PWM, 16 pin sebagai *Input* analog, dan 4 pin sebagai UART (port serial Hardware), 16 Mhz kristal osilator, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler [12].



Gambar 2.2 Arduino Mega 2560 [13]

Pada Gambar 2.2 adalah mikrokontroler Arduino Mega 2560 merupakan suatu *Integrated Circuit* (IC) yang di dalamnya berisi *Central Processing Unit* (CPU), *Read Only Memory* (ROM), *Random Access Memory* (RAM), dan *Input/Output* . Mikrokontroler dapat melakukan proses berpikir berdasarkan program yang telah dimasukkan, hal ini dikarenakan didalamnya tertanam CPU. Gambar 2.3 merupakan datasheet Arduino Mega 2560 [13] pada Tabel 2.2 adalah spesifikasi dari Arduino Mega 2560 [14].



Gambar 2.3 Datasheet Arduino Mega

Pada perancangan robot *Lawn Mower* mikrokontroler yang akan digunakan adalah arduino mega 2560 sebagai pusat pengendali dari sensor dan aktuator, karena pada penelitian ini membutuhkan banyak komponen yang dihubungkan dengan pin pada kontroler.

Komponen Papan Arduino Mega 2560 adalah sebagai berikut :

- ATmega 2560, Menggunakan chip ATmega16U2 yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial. Mikrokontroler ini dipilih karena I/O banyak.
- 5 V, Sebuah pin yang mengeluarkan tegangan ter-regulator 5 V, dari pin ini tegangan sudah diatur dari regulator yang tersedia pada papan arduino.

- c. 3.3 V, Sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 V. Tegangan ini dihasilkan oleh regulator yang terdapat pada papan arduino.
- d. Analog *Input*, Masing-masing dari 54 digital pin pada Arduino Mega dapat digunakan sebagai *Input* atau *Output* , menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`.
- e. Reset, Sirkuit reset adalah jalur pengaturan program ulang.
- f. GND, Pin *Ground*.

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Jenis Mikrokontroler	ATmega 2560
Tegangan Operasional	5 volt
Tegangan Rekomendasi	7-12 volt
Batas Tegangan	6-20 volt
Pin <i>Input/Output</i>	54
Digital	
Pin PWM	15
Pin <i>Input</i> Analog	16
Arus Untuk Pin I/O	20 mA
Arus Untuk Pin 3,3v	50 mA
Memori Flash	256 kb (8 kb untuk bootloader)
SRAM	8 kb
EPROM	4 kb
<i>CLOCK SPEED</i>	16 Mhz
Panjang	10.1 cm
Lebar	5.3 cm
Berat	37 Gram

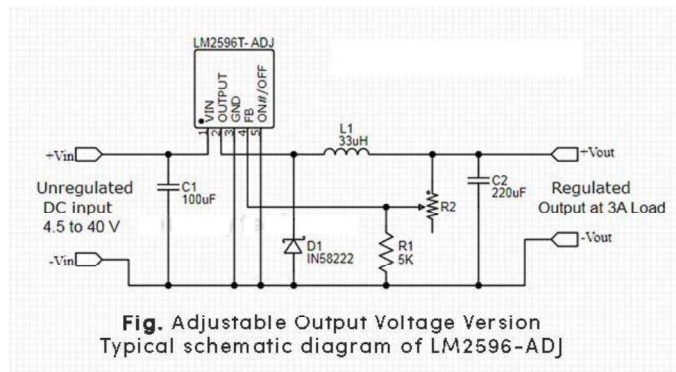
2.4 Step down LM2596

Merupakan modul regulator *switching* yang memiliki IC LM2596 yang bersifat monolitik yang memiliki fungsi untuk *switching step-down direct current* (DC) dengan *current rating* 3A. Modul ini beroperasi pada frekuensi *switching* 150 kHz, sehingga memungkinkan filter yang berukuran lebih kecil perlu regulator lagi sebagai pengatur frekuensi yang lebih rendah. Modul *step down* LM2596 memiliki 4 pin, 2 pin *Input* DC di sebelah kiri dan 2 pin *Output* DC di sebelah kanan [5].



Gambar 2.4 Step down LM2596

Pada Gambar 2.4 perancangan robot *Lawn Mower* membutuhkan modul *step down* LM2596 berguna untuk menurunkan sumber daya utama yaitu baterai 12 Volt menjadi lebih rendah, yaitu 5 - 3.3 Volt, hal ini dibutuhkan untuk sensor dan komponen yang membutuhkan tegangan yang sesuai spesifikasi [15].



Gambar 2.5 Skematik Step down LM2596

Seperti yang ada pada Gambar 2.5 adalah skematik *step down* LM2596. Komponen utama yang ada pada modul ini berupa IC regulator LM2596 berfungsi menurunkan tegangan, induktor menyimpan energi dan melepaskan energi supaya stabil, dioda 1N5822 meningkatkan efisiensi regulator, kapasitor menjaga kestabilan tegangan dan heatsink untuk mendinginkan IC regulator.

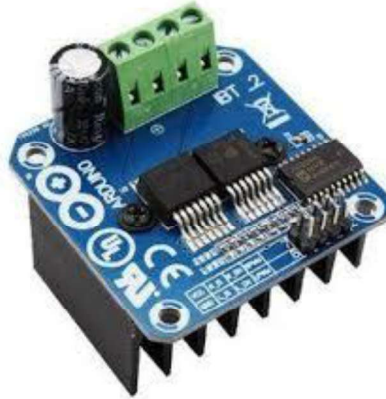
Tabel 2.3 Spesifikasi *Step down* LM2596

Parameter	Nilai	Satuan
Tegangan <i>Input</i>	3.2 - 42	VDC
Tegangan <i>Output</i>	1.25 - 35	VDC
Arus	1 - 3	A
Operasi Temperatur	-45 - 85	°C
Efisiensi Step down	92	%

Berdasarkan tabel 2.3 modul ini memiliki spesifikasi tegangan *Input* 3.2 – 42 VDC, tegangan *Output* 1.25 – 35 VDC, arus 1- 3 A, dan modul ini memiliki efisiensi mencapai 92% untuk mendapatkan tegangan yang sesuai kebutuhan.

2.5 Driver Motor BTS7960

Salah satu pengendali motor yang sering ditemukan pada komponen robot. Pengendali motor ini dapat mengatur motor DC yang memerlukan arus tinggi dan cukup tahan lama. Pengendali motor ini memiliki rentang tegangan masukan 5,5 V hingga 27 V DC dan dapat menghasilkan arus hingga 43 A. Pengendali motor BTS7960 terdiri dari delapan pin: R_PWM, L_PWM, R_EN, L_EN, R_IS, L_IS, VCC, dan GND. L_PWM berada dalam kondisi rendah, dan pin R_PWM digunakan untuk membalik arah putaran motor. R_PWM berada dalam kondisi rendah, dan pin L_PWM digunakan untuk membalik arah putaran motor. 5V dihubungkan ke pin R_EN dan L_EN. BTS7960 menggunakan modulasi lebar pulsa (PWM). PWM pada arduino bekerja di frekuensi 500 Hz yaitu 500 siklus per ketukan dalam 1 detik dan pada setiap siklus memberikan nilai dari 0 sampai 255 [16].



Gambar 2.6 Driver Motor BTS7960

Pada Gambar 2.6 merupakan modul driver motor BTS7960 digunakan untuk mengatur arah putaran dan kecepatan motor DC. Modul ini memiliki komponen utama diantaranya IC BTS7960 untuk pengendalian dua motor DC modul ini dirancang untuk aplikasi daya tinggi karena mampu menangani arus besar hingga 43A dan tegangan kerja hingga 24V. BTS7960 juga dilengkapi fitur *current sensing*, *over-temperature protection*, dan *short circuit protection*, sehingga lebih andal dan aman dibanding driver motor konvensional seperti L298N [17].

Pada driver motor BTS7960 digunakan sistem PWM (*Pulse width Modulation*), adalah sebuah metode untuk pengaturan kecepatan perputaran motor DC untuk gerak *Lawn Mower*. Pengaturan kecepatan motor dilakukan dengan cara pengontrolan pulsa aktif yang dikirimkan dari kontroler ke rangkaian *driver*. Metode PWM ini mengatur lebar sempitnya periode pulsa aktif yang dikirimkan oleh kontroler. Nilai PWM terdiri dari 0-255. Secara analog besaran PWM dihitung dalam persentase. Persamaan *Duty Cycle* dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Duty\ Cycle = \frac{T_{ON}}{(T_{ON} + T_{OFF})} 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$

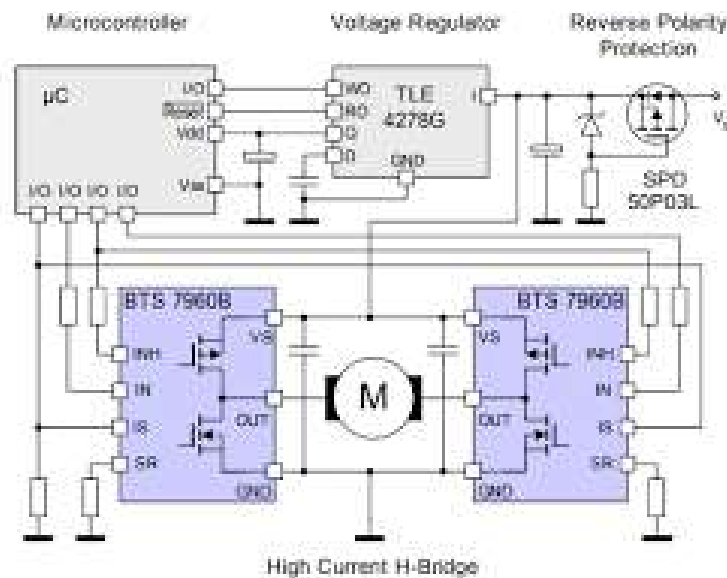
Duty Cycle 100% berarti sinyal tegangan pengatur motor dilewatkan seluruhnya. Jika tegangan catu 12V, maka motor akan mendapat tegangan 12V. Pada *Duty Cycle* 50%, tegangan pada motor hanya akan diberikan 50% dari total tegangan yang ada, atau 6V jika tegangan catu 12V. Persamaan tegangan *Output* pada *Duty Cycle* dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Voltage = duty\ cycle \times V_{full} \dots\dots\dots(2.5)$$

Average voltage adalah rata rata tegangan *Output* pada motor yang dikontrol oleh sinyal, yang mana:

- V_{total} adalah tegangan maksimum pada motor.

Dengan menggunakan persamaan 2.4, maka akan didapatkan tegangan *Output* yang sesuai dengan sinyal kontrol *Pulse Width Modulation* yang diinginkan.



Gambar 2.7 Skematik Driver Motor BTS7960

Pada Gambar 2.7 merupakan Skematik yang menunjukkan rangkaian driver motor BTS7960 dengan konfigurasi H-Bridge yang dikendalikan oleh mikrokontroler melalui sinyal PWM untuk mengatur arah dan kecepatan motor DC berdaya besar. Dua IC BTS7960B berfungsi sebagai saklar MOSFET daya tinggi yang memungkinkan motor berputar maju, mundur, berhenti, maupun direm, dengan tambahan pin IS untuk monitoring arus. Sistem ini dilengkapi regulator TLE4278G guna menstabilkan tegangan logika dan proteksi reverse polarity SPD50P03L agar aman dari kesalahan polaritas. Dengan kemampuan menangani arus hingga 43A, rangkaian ini ideal untuk aplikasi motor torsi besar seperti robot *Lawn Mower* [18].

Tabel 2.4 Spesifikasi Motor Driver BTS7960

Spesifikasi	Detail
Model Driver	BTS7960
Chip Driver	Double H-Bridge
Tegangan Kerja (Vcc)	5V
Tegangan Motor (Vmotor)	46V
Tegangan Suplai Motor (Maksimum)	6 – 27 VDC
Arus Suplai Motor (Maksimum)	2A
Arus Kontinu	43A
Tegangan Logika	5V
Arus Puncak	55A (Sesaat)
Tegangan Tipe Driver	5V – 35V
Frekuensi PWM Maksimal	25 kHz
Arus Driver	2A
Arus Logika	0 – 36mA
Proteksi	Over-temperature, Over-current, Short-circuit
Daya Maksimum	25W
Dimensi Modul	± 50mm x 50mm x 43mm
Fitur Tambahan	- Heatsink untuk performa lebih baik - Indikator LED saat daya aktif - Sensor arus untuk tiap motor

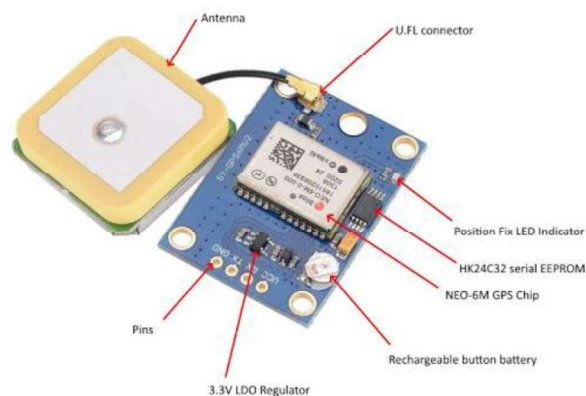
Berdasarkan pada tabel 2.4 diatas driver motor ini memiliki beberapa spesifikasi yang mendukung dalam penelitian ini memiliki tegangan kerja 5V, tegangan motor

dari 6 sampai 27 VDC, dan memiliki proteksi seperti over temperature, over current, short circuit untuk mencegah hal yang tidak diinginkan.

2.6 Sensor GPS NEO 6M V2 Ublox

Modul Ublox Neo 6 berfungsi sebagai penerima sinyal GPS (*Global Positioning System Receiver*) yang dapat mendeteksi lokasi dengan menangkap dan memproses sinyal dari satelit navigasi. Modul ini memiliki ukuran 25x35 mm dan antenanya berukuran 25x25 mm. Modul ini kompatibel dengan APM2 dan APM2.5 dengan EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) terpadu yang dapat digunakan untuk menyimpan data konfigurasi. Antarmuka modul ini menggunakan serial TTL (*Transistor Transistor Logic*) (RX/TX) yang dapat diakses dari mikrokontroler yang memiliki fungsi UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) atau emulasi serial TTL (pada arduino menggunakan library komunikasi serial). Baud rate default pada 9600 bps [19].

Pada penelitian robot *Lawn Mower* menggunakan sensor GPS Neo-6M untuk menentukan titik koordinat dengan akurasi yang presisi, sensor ini digunakan karena mampu menerima sinyal dari satelit secara stabil. Dengan ini sensor hanya berperan dalam memperoleh titik koordinat, untuk memastikan robot tetap berada dalam area kerja yang ditentukan.



Gambar 2.8 Sensor GPS NEO 6M V2 Ublox

Pada Gambar 2.8 adalah Sensor GPS NEO 6M beserta pin I/O dan beberapa komponen, antenna untuk menerima sinyal satelit GPS, U.FL Connector meningkatkan sinyal penerimaan GPS, HK24C32 Serial EEPROM untuk

menyimpan data GPS, 3.3V LDO Regulator menurunkan tegangan yang sesuai kebutuhan chip GPS [20].

Tabel 2.5 Spesifikasi Sensor GPS NEO 6M V2 Ublox

Parameter	Nilai	Satuan
Tegangan <i>Input</i>	3,3 – 5	Volt
Akurasi Lokasi	$\pm 2,5$	Meter
Konsumsi Daya	20 - 45	mA
Kecepatan Pembaruan Data	5	Hz
Rentang Frekuensi	0,25 - 1	Hz / kHz
Akurasi Arah	$\pm 0,5$	Derajat °
Akurasi Kecepatan	$\pm 0,1$	m/s
Ketinggian Maksimum	50	Km
Kecepatan Maksimum	500 / 1800	m/s / km/jam

Berdasarkan Tabel 2.5 adalah spesifikasi dari sensor Neo-6M yang memiliki tegangan *Input* 3,3 – 5 volt, akurasi lokasi mencapai $\pm 2,5$ meter, konsumsi daya mencapai 20 – 45 mA, kecepatan pembaruan mencapai 5 Hz dan memiliki ketinggian maksimum 50 km [20].

2.7 Modul GSM SIM800L V2

SIM800L V2 adalah modul SIM yang digunakan dalam penelitian ini. Solusi pita ganda GSM / GPRS lengkap dalam modul SMT yang dapat ditanamkan di aplikasi pengguna. Dengan antar muka standar industri, SIM800L memberikan performa GSM / GPRS 900 / 1800 MHz untuk suara, SMS, Data, dan Faks dalam faktor bentuk kecil dan dengan konsumsi daya rendah. Dengan konfigurasi kecil 24mmx24mmx3mm, SIM800L dapat memenuhi hampir semua persyaratan ruang dalam aplikasi pengguna, terutama untuk permintaan desain yang ramping dan padat [21].

Penelitian ini menggunakan modul GSM SIM800L sebagai sistem komunikasi pada robot *Lawn Mower*; terutama dalam pemantauan *real time* dan mengirim lokasi GPS. Modul ini digunakan untuk mengirim notifikasi SMS atau data melalui GPRS ke perangkat pengguna. Modul ini mampu bekerja pada tegangan maksimal 4,3V.



Gambar 2.9 Modul GSM SIM800L V2

Pada Gambar 2.9 adalah modul GSM SIM800L yang memiliki komponen SIM800L chip sebagai komunikasi GSM/GPRS, antenna sebagai penerima sinyal GSM, Sim card slot agar dapat terhubung jaringan seluler, dan voltage regulator untuk mengatur tegangan yang dibutuhkan [22]. Adapun spesifikasi modul GSM SIM800L dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Berikut adalah beberapa fitur yang terdapat pada modul GSM SIM800L, yaitu:

- a. Empat pita 850/ 900/ 1800/ 1900 MHz.
- b. Modul daya secara otomatis booting, pada jaringan rumahan.
- c. Mendukung jaringan : Empat pita jaringan global.
- d. Ukuran modul : 2.5 x 2.3cm kelas 1 (1 W @ 1800/1900MHz).
- e. TTL Port serial untuk Port serial, mampu menghubungkan secara langsung ke mikrokontroler. Tidak memerlukan MAX232 karena konsumsi daya rendah : 1.5mA (mode tidur).
- f. Sinyal di atas papan akan menyala semua, akan berkedip perlahan saat ada sinyal, apabila berkedip cepat maka tidak ada sinyal.

Tabel 2.6 Spesifikasi Modul GSM SIM800L

Parameter	Nilai	Satuan
Jaringan	850-1900	MHz
Kelas GPRS	12	Kelas
Kecepatan Data	85,6	kbps
Tegangan Kerja	3,4 – 4,3	V
Temperatur Kerja	-40-85	°C

2.8 Motor Penggerak

Motor DC adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik atau gerakan. Motor DC ini juga dapat disebut sebagai Motor Arus Searah. Motor DC menghasilkan sejumlah putaran per menit atau biasanya dikenal dengan istilah RPM (*Revolusi per menit*) dan dapat dibuat berputar searah jarum jam maupun berlawanan arah jarum jam, apabila polaritas listrik yang diberikan pada motor DC tersebut dibalik [23].

**Gambar 2.10** Motor DC 12V 37GB31ZY

Pada Gambar 2.10 adalah motor dengan tipe 37GB31ZY motor ini digunakan untuk mengukur kecepatan menggunakan logika *Fuzzy* motor ini digunakan sebagai penggerak karena memiliki torsi maksimal 11 kg dan kecepatan 110 RPM yang cukup dalam perancangan robot *Lawn Mower* [24]. Motor DC tipe ini sering digunakan untuk alat yang memerlukan putaran tergolong rendah namun memiliki torsi besar. Untuk menentukan kebutuhan tenaga motor pada robot *Lawn Mower* perlu mengetahui beban yang dibutuhkan pada robot *Lawn Mower* dan beban maksimal, berikut adalah persamaan untuk mengetahui beban total motor [25].

$$m_{total} = m_{Bodi} + m_{Beban} \dots\dots\dots(2.6)$$

Untuk mengetahui beban total, selanjutnya menghitung gaya untuk pergerakan pada *Lawn Mower* berikut adalah persamaan untuk mengetahui nilai gaya [2].

$$F = m \times g \dots\dots\dots(2.7)$$

Lalu menghitung torsi pada motor dari hasil persamaan pada beban total dengan koefisien gaya gravitasi yang dikalikan dengan jari-jari pada roda [2].

$$\tau = F \times r \dots\dots\dots(2.8)$$

Untuk mengetahui torsi motor yang dibutuhkan, maka dilakukan perhitungan laju gerak robot *Lawn Mower* dan hasil potong.

$$v = \pi \times D \times \frac{RPM}{60} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

F adalah gaya.

r adalah radius roda (dalam meter).

m adalah berat.

g adalah gaya gravitasi dengan konstanta 9.8m/s.

τ adalah torsi

v adalah laju

Tabel 2.7 Spesifikasi Motor DC 37GB31ZY

Parameter	Nilai	Satuan
Kecepatan	110	RPM
Perbandingan Gear	1:56	
Power consumption Standard	<0.12	A
Power consumption max	<0.25	A
Torque	3 - 11	Kg.cm
Shaft diameter	6	Mm

Berdasarkan tabel 2.7 adalah spesifikasi dari motor DC 37GB31ZY yang memiliki speed 110 RPM, konsumsi daya yang cukup rendah yaitu 0,12-0.25A, dan

memiliki torsi maksimal yang cukup besar 3,6 kg mencapai 11 kg yang sesuai dengan kebutuhan dalam perancangan robot *Lawn Mower*.

2.9 Motor Pemotong

Motor DC RS-775 memiliki rentang rotasi 360°. Motor DC RS-775 dapat bekerja antara 6 - 20 VDC, dengan tegangan nominal 12V DC sebagai nilai yang direkomendasikan. 12 VDC. Pada kondisi tanpa beban motor ini mampu berputar hingga 3.200 RPM pada tegangan 12V, dengan arus operasi 0.22A – 3.5A . Pada saat diberi beban motor dapat berputar hingga 10.000 RPM dengan torsi 1.0 Nm [18].



Gambar 2.11 Motor DC RS-755

Motor DC yang digunakan sebagai pemotong dalam penelitian robot *Lawn Mower* ini adalah motor DC tipe RS 755 yang ada pada Gambar 2.11 dan pada Tabel 2.8 adalah spesifikasi dari Motor DC RS 755. Motor DC RS 755 adalah motor yang populer untuk alat-alat seperti mesin bor dan gerinda yang membutuhkan torsi yang cukup besar dan putaran yang relatif tinggi [18]. Untuk mengetahui hasil potong pada robot *Lawn Mower* dengan lebar kerja pisau pemotong 21,5cm, menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Luas Potong} = \text{Laju} \times \text{Lebar kerja} \dots (2.10)$$

Tabel 2.8 Spesifikasi Motor DC RS 755

Parameter	Nilai	Satuan
Kecepatan	5000-7000	RPM
Arus Keluaran	0,2 – 3.5	A
Tegangan Pengoperasian	6 – 20	V
Torsi	1.2	Nm
Ukuran	26 x 30	Mm

2.10 Baterai VRLA 12V

Pada penelitian ini menggunakan tipe baterai *Valve Regulated Lead Acid* (VRLA) merupakan jenis baterai yang sering digunakan untuk menyimpan energi listrik dari sumber energi terbarukan. Salah satu keunggulan utamanya adalah tidak memerlukan perawatan rutin dan memiliki umur pakai yang panjang, yang secara ekonomis dapat menghemat biaya [26].



Gambar 2.12 Baterai VRLA 12V

Pada Gambar 2.12 adalah baterai VRLA 12 V, baterai VRLA digunakan dalam perancangan ini karena kemampuannya membuat tegangan stabil dan kapasitasnya yang besar. Baterai ini memiliki tegangan 12V, kapasitas 8Ah, dan berat sekitar 2,3kg hal ini cukup untuk *supply* beberapa komponen yang ada dalam perancangan robot *Lawn Mower* [27]. Pada Tabel 2.9 adalah spesifikasi Baterai VRLA 12V.

Menghitung waktu penggunaan baterai :

$$\text{Ah (kapasitas)} \times \text{V (tegangan)} \times \text{Efisiensi (0,9)} / (\text{W) Daya beban} \dots (2.11)$$

Tabel 2.9 Spesifikasi Baterai VRLA 12 V

Spesifikasi	Nilai
Tegangan	12 V
Kapasitas	8 Ah
Berat	2.3 Kg
Dimensi	15 cm x 9 cm x 6 cm

2.11 LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD (*Liquid Crystal Display*) bisa menampilkan suatu gambar/karakter dikarenakan terdapat banyak sekali titik cahaya (*piksel*) yang terdiri dari satu buah kristal cair sebagai titik cahaya. Walau disebut sebagai titik cahaya, namun Kristal cair ini tidak memancarkan cahaya sendiri. LCD 16x2 dapat menampilkan sebanyak 32 karakter yang terdiri dari 2 baris dan tiap baris dapat menampilkan 16 karakter [19].

Pada penelitian ini LCD berguna untuk menampilkan hasil kecepatan motor yang telah dihitung oleh logika *Fuzzy* dan untuk menampilkan titik koordinat robot *Lawn Mower* secara *real-time*. LCD I2C ini memiliki potensio untuk mengatur kecerahan dan kontras pada LCD, resistor Pull-up digunakan pada pin SDA dan SCL agar stabil, dan IC kontroler LCD untuk menerjemahkan instruksi digital dari Arduino ke dalam tampilan yang bisa dimengerti oleh LCD.



Gambar 2.13 LCD I2C 16 x 2

Pada Gambar 2.13 LCD 16x2 pada umumnya menggunakan 16 pin sebagai kontrolnya, tentunya akan boros apabila menggunakan 16 pin tersebut. Karena itu, digunakan *driver* khusus sehingga LCD dapat dikontrol dengan modul I2C atau (*Inter-Integrated Circuit*) [28]. Dengan modul I2C, maka LCD 16x2 hanya memerlukan dua pin untuk mengirimkan data dan dua pin untuk pemasok tegangan. Sehingga hanya memerlukan empat pin yang perlu dihubungkan ke Arduino Mega yaitu :

- a. GND : Terhubung ke ground
- b. VCC : Terhubung dengan 5V
- c. SDA : Sebagai I2C data dan terhubung ke pin Digital
- d. SCL : Sebagai I2C data dan terhubung ke pin Digital

2.12 Arduino IDE

Arduino (*Integrated Development Environment*) merupakan perangkat lunak yang berfungsi sebagai media untuk memprogram pada board arduino. Arduino IDE berguna untuk membuat perintah atau *source code*, melakukan upload program, kompilasi, melakukan pengecekan kesalahan dan juga dapat digunakan untuk menguji hasil kerja dari arduino melalui serial monitor dan dapat mengintegrasikan sensor GPS Neo-6M untuk mengetahui titik koordinat, modul GSM SIM800L untuk komunikasi, motor driver untuk penggerak robot *Lawn Mower* dan motor pisau pemotong, serta LCD I2C untuk tampilan informasi [29].

2.13 Matlab

Matlab berguna untuk mengolah data dengan perhitungan kompleks adalah MATLAB. Maka dari itu peneliti akan menggunakan aplikasi MATLAB sebagai software penunjang. MATLAB merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk pemrograman, analisis, serta komputasi teknis dan matematis berbasis matriks, MATLAB dapat dioperasikan pada sistem operasi Windows, Linux, maupun MacOS. Selain itu, MATLAB juga bisa dihubungkan dengan aplikasi atau bahasa eksternal lainnya, seperti C, Java, .NET, dan Microsoft Excel. Dalam MATLAB tersedia pula *toolbox* yang dapat digunakan untuk aplikasi-aplikasi khusus, seperti pengolahan sinyal, sistem kontrol, logika *Fuzzy*, jaringan syaraf tiruan, optimasi, pengolahan citra digital, bioinformatika, simulasi, dan berbagai teknologi lainnya [30].

Pada penelitian ini algoritma pemrograman *Fuzzy* memungkinkan pengaturan nilai *set point*, *Input*, dan *Output*. Aturan penghubung antara *Input* dan *Output* kemudian dapat dimasukkan dengan *and*, *then*, atau *or* agar program beroperasi sesuai dengan nilai *Input*, *Output*, dan *set point* yang telah dibuat dalam software. Matlab mampu menampilkan visual data berdasarkan nilai *Input* data *Output* dan *set point*. Software Matlab digunakan dalam perancangan program untuk membuat

fungsi keanggotaan dan konfigurasi aturan untuk pengendalian kecepatan. Pada penelitian ini menggunakan versi MATLAB R2013a.

2.14 Nilai *Error* pada Sensor

Nilai kesalahan sensor dihitung sebagai perbedaan antara pengukuran dan nilai sebenarnya. Beberapa aspek dari nilai kesalahan adalah:

- a. Kalibrasi yang salah. Sensor harus dikalibrasi terlebih dahulu dengan membandingkannya dengan alat ukur yang sebenarnya sebelum digunakan.
- b. Kendala sensor itu sendiri karena keterbatasan akurasinya.

Persamaan berikut ini dapat digunakan untuk menentukan nilai kesalahan pada sensor dan persentasenya [31]. :

$$Error = \frac{Nilai\ pada\ sensor - Nilai\ sebenarnya}{Nilai\ Sebenarnya} \times 100 \dots\dots(2.12)$$

Sedangkan untuk mengetahui rata-rata *Error* menggunakan persamaan berikut:

$$Rata - rata\ Error = \frac{jumlah\ error}{jumlah\ data} \times 100 \dots\dots(2.13)$$

2.15 Momen Inersia

Momen inersia adalah besaran suatu benda yang menunjukkan pada ukuran kelembaman atau kecenderungan sebuah benda dalam mempertahankan keadaan benda terhadap gerak rotasinya. Menurut hukum Newton, benda dapat diamati apabila gaya yang bekerja pada benda tersebut memiliki durasi yang cukup. Namun, dalam peristiwa fisika dimana gaya bekerja dalam waktu yang sangat singkat, seperti yang melibatkan lintasan miring, pengamatan menjadi tantangan tersendiri [32].

Penelitian tentang robot *Lawn Mower* mengaitkan momen inersia dengan seberapa sulit bagi motor untuk mempercepat atau mempertahankan kecepatan putaran roda, serta massa robot secara keseluruhan. Persamaan 2.8 mengilustrasikan rumus momen inersia yang berlaku untuk benda berbentuk silinder atau roda. Rumus ini menghitung momen inersia berdasarkan jari-jari roda (r) dan massa (m).

$$I = \frac{1}{2} mr^2 \dots\dots(2.14)$$

Ketika *Lawn Mower* melalui medan yang bervariasi seperti tanjakan, motor tidak hanya melawan gaya sejajar dari gravitasi dan juga inersia dari beban putaran roda dan distribusi massa robot *Lawn Mower*.

2.16 Sensor *Hall Effect*

Prinsip hall effect, fenomena fisika di mana arus listrik yang mengalir melalui konduktor akan menghasilkan perbedaan tegangan (hall voltage) ketika terpapar medan magnet yang tegak lurus terhadap arah arus, merupakan dasar kerja sensor hall effect. Sensor tersebut kemudian memproses tegangan ini untuk menentukan apakah medan magnet hadir, terorientasi, atau kuat. Untuk memberikan sinyal yang presisi saat mendeteksi perubahan medan magnet, sensor hall effect umumnya menggunakan bahan semi konduktor, yang lebih sensitif daripada logam biasa [33].



Gambar 2. 14 Sensor Hall Effect

Pada Gambar 2.14 adalah sensor Hall Effect berperan penting dalam penelitian ini sebagai sensor kecepatan (rotasi) pada motor DC. Sensor ini dipasang dekat dengan rotor atau roda gigi yang memiliki magnet permanen, sehingga setiap kali magnet melewati sensor, akan dihasilkan pulsa tegangan. Pulsa tersebut dihitung oleh mikrokontroler (misalnya Arduino Mega 2560) untuk menentukan jumlah putaran per detik (RPM). Dengan data RPM, sistem dapat menghitung kecepatan aktual motor dan menggunakannya sebagai umpan balik (feedback) dalam kontrol tertutup, misalnya pada logika *Fuzzy* untuk pengaturan PWM [33].

Table 2. 10 Spesifikasi Sensor Hall Effect

Spesifikasi	Nilai
Tegangan	4,5 - 24 VDC
Arus Kerja	4-10 mA
Frekuensi	20 – 25 kHz
Sensitivitas Medan Magnet	± 25 mT

Berdasarkan tabel 2.10 keunggulan dari sensor hall effect adalah kemampuannya bekerja secara non kontak sehingga lebih awet, tahan terhadap debu, dan dapat bekerja pada lingkungan dengan getaran tinggi. Memiliki tegangan kerja 4,5 -24 VDC, arus kerja hanya 4-10 mA, frekuensi 20-25 kHz, dan sensitivitas medan magnet ± 25 mT. Menjadikan sensor ini sesuai untuk robot *Lawn Mower* yang beroperasi di area luar ruangan.