

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Mobile Manipulator*

Mobile manipulator adalah gabungan dari *mobile robot* dan *robot manipulator (arm robot)*. *Mobile robot* merupakan jenis robot yang dapat bergerak dari satu tempat ke tempat lain, sedangkan *robot manipulator (arm robot)* merupakan jenis robot yang dapat mengambil dan memindahkan benda atau barang tetapi tidak dapat berpindah tempat [1]. Sehingga, robot *mobile manipulator* berfungsi sebagai robot yang mengambil benda dan dapat bergerak memindahkan benda tersebut dari satu tempat ke tempat lain. Contoh robot *mobile manipulator* terdapat pada **Gambar 2.1** berikut;



Gambar 2. 1 Robot *Mobile Manipulator*

(sumber: <http://www.propology.ca/remote-manipulator-arm.html>)

Pada **Gambar 2.1** merupakan contoh gambar robot gabungan antara *mobile robot* yang termasuk jenis robot *mobile* sehingga dapat bergerak dari satu titik ke titik lain dengan *manipulator (arm robot)* yang termasuk jenis robot *non-mobile* yang merupakan jenis robot yang *fixed*. *Mobile manipulator* memberikan dua keunggulan yaitu mobilitas yang diberikan *mobile robot* dan ketangkasan yang diberikan *manipulator robot* [2].

2.2 Sensor

Sensor adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik dan sebagainya [5]. *Mobile manipulator* ini memiliki beberapa input atau masukan yang berupa sensor, yaitu sensor jarak (*ultrasonic*) pada *mobile robot* dan juga pada *end effector manipulator* dan kamera (modul kamera *raspberry Pi*) sebagai input di *end effector* pada *manipulator*.

2.2.1 Sensor Jarak (*Ultrasonic*)

Sensor jarak (*ultrasonic*) adalah sensor yang bekerja dengan mendeteksi benda atau halangan tanpa adanya kontak fisik. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik (bunyi ultrasonik) dalam mendeteksi jarak suatu benda [6]. Sensor *ultrasonic* merupakan perangkat yang mengubah informasi tentang gerakan atau keberadaan objek menjadi sinyal listrik atau sebaliknya. Sensor jarak (*ultrasonic*) yang banyak digunakan adalah *ultrasonic* tipe HC SR04, bentuk fisik sensor jarak (*ultrasonic*) dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.

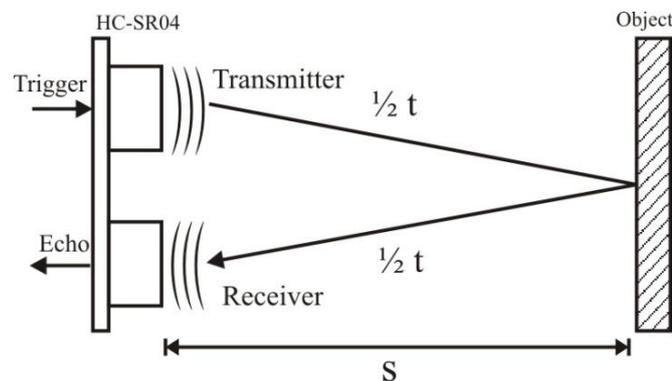


Gambar 2. 2 Bentuk Fisik Sensor Jarak (*Ultrasonic*)

(sumber: <https://elektrologi.iptek.web.id/sensor-jarak-ultrasonik-hc-sr04/>)

Berdasarkan **Gambar 2.2** tersebut dapat dilihat bahwa konfigurasi pin pada sensor *ultrasonic* terdiri dari Vcc, Trig (*Trigger*/Penyulut), Echo (*Receive*/Indikator) dan GND (*Ground*). Masing-masing pin mempunyai fungsi

yang berbeda, yaitu Vcc berfungsi sebagai pin sumber tegangan positif sensor, Trig (*Trigger*/Penyulut) berfungsi sebagai pin yang digunakan untuk membangkitkan sinyal ultrasonik, Echo (*Receive*/Indikator) berfungsi sebagai pin yang digunakan untuk mendeteksi sinyal pantulan ultrasonik dan GND (*Ground*) berfungsi sebagai pin sumber tegangan negatif sensor. Sensor *ultrasonic* mampu mengkonversi gelombang bunyi kedalam beberapa satuan seperti jarak, ketinggian dan kecepatan. Teknik pengukuran jarak/panjang ini menggunakan gelombang ultrasonik di udara termasuk metode *echo* pulsa, pancaran pulsa dikirim ke media transmisi dan dipantulkan oleh sebuah objek pada jarak tertentu [7]. Gambaran prinsip kerja ultrasonik dapat dilihat pada **Gambar 2. 3** di bawah ini.



Gambar 2. 3 Prinsip Kerja Sensor *Ultrasonic*

(sumber:

<https://www.andalanelektro.id/2018/09/cara-kerja-dan-karakteristik-sensor-ultrasonic-hcsr04.html>)

Seperti pada **Gambar 2. 3** tersebut, prinsip kerja secara umum sensor *ultrasonic* ini akan menembakkan gelombang ultrasonik atau sinyal menuju suatu ke area atau suatu target. Sinyal tersebut berfrekuensi diatas 20kHz. Sinyal yang dipancarkan akan merambat sebagai gelombang bunyi dengan kecepatan sekitar 340m/s. Setelah gelombang menyentuh permukaan target, maka target akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Gelombang pantulan dari target selanjutnya akan diterima oleh sensor, kemudian sensor akan menghitung jarak benda dengan selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima [6]. Jarak tersebut dapat dihitung dengan rumus:

$$s = t \times \frac{340m/s}{2}$$

Keterangan: s adalah jarak antara sensor *ultrasonic* dengan benda (bidang pantul) dan t merupakan selisih waktu antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima.

2.2.2 Kamera (Modul Kamera *Raspberry Pi*)

Modul kamera *raspberry Pi* atau biasa disebut *Pi camera* atau *Raspicam* adalah modul kamera yang didesain khusus untuk *Raspberry Pi* [3]. Modul kamera *raspberry Pi* merupakan salah satu aksesoris pendukung *Raspberry Pi* keluaran distributor *RS Components* dan *Premier Farnell/Element 14*. Kamera berukuran 5mp ini dilengkapi dengan kabel datar fleksibel seperti yang terlihat pada **Gambar 2. 4** kabel tersebut berfungsi untuk dihubungkan pada konektor CSI yang terletak antara port ethernet dan port HDMI pada *Raspberry Pi board* [4]. Kabel ini dikontrol untuk menyesuaikan ketinggian, arah dan sudut pandang *Pi camera*.



Gambar 2. 4 Modul Kamera *Raspberry Pi*

(Sumber: <https://www.raspberrypi.org/products/camera-module-v2/>)

Pada **Gambar 2. 4** menunjukkan bentuk fisik dari modul kamera *raspberry Pi*. Modul kamera *raspberry Pi* atau *Pi camera* ini berisi sensor gambar CMOS 5 megapiksel dari *Omnivision* yang dirancang dengan arsitektur piksel iluminasi sisi belakang 1,4 mikron, yang menghadirkan fotografi 5 megapiksel dan rekaman

video *high-definition* (HD) dengan laju bingkai tinggi 720p/60 [5]. Salah satu keunggulan dari modul kamera *raspberry Pi* ini adalah kecepatan dalam memproses data dikarenakan kompatibel dengan *board raspberry Pi*.

Sebuah *Pi camera* yang sederhana dilengkapi dengan sebuah lensa standar untuk menangkap sinyal gambar, *casing (cover)* untuk menutupi lensa standar dan memiliki sebuah lubang lensa di *casing* depan yang berguna untuk memasukkan gambar. *Pi camera* juga dilengkapi dengan *software*, *software* ini mengambil gambar-gambar dari kamera digital secara terus menerus ataupun dalam interval waktu tertentu dan menyiarkannya [5].

2.3 *Raspberry Pi*

Raspberry Pi atau yang disingkat raspi adalah komputer papan tunggal (*single-board circuit* atau *SBC*) yang seukuran dengan kartu kredit yang dapat digunakan untuk menjalankan program perkantoran, permainan komputer dan pemutaran video HD. Sistem operasi utama untuk *Pi* adalah *Raspbian OS* dan didasarkan dari *Debian (based on debian)*. *Raspberry Pi* menggunakan *system on a chip (SoC)* dari Broadcom BCM2835, juga sudah termasuk prosesor ARM1176JZF-S 700 MHz, GPU VideoCore IV dan RAM sebesar 256 MB (untuk Rev. B). Tidak menggunakan hard disk, namun menggunakan *SD Card* untuk proses *booting* dan penyimpanan data jangka-panjang[5]. Bentuk fisik dari *Raspberry Pi* dapat dilihat pada **Gambar 2. 5**.



Gambar 2. 5 *Raspberry Pi*

(sumber: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>)

Dalam perkembangannya *Raspberry Pi* mengalami beberapa tahap perubahan model sejalan dengan tahap penelitian hingga tahap produksi yang sampai pada masyarakat pengguna. Berikut ini merupakan tahap perubahan model pada *Raspberry Pi*:

- a. *Raspberry Pi Zero*
- b. *Raspberry Pi 1 model A+*
- c. *Raspberry Pi 1 model B+*
- d. *Raspberry Pi 2 model B*
- e. *Raspberry Pi 3 model B*
- f. Dan *Industrial Computer Module*

Pada **Gambar 2. 5** merupakan gambar *Raspberry Pi 3 model B*. *Raspberry Pi 3 model B* ini tersusun dari beberapa komponen yang memiliki fungsi masing-masing, yaitu:

- a. *SoC (System on Chip)*, terdiri dari *CPU (Central Processing Unit)* sebagai otaknya komputer dan *GPU (Graphic Processing Unit)* digunakan untuk memproses gambar (visual).
- b. *RAM (Random Access Memory)*, ketika menjalankan program dengan *Raspberry Pi*, *RAM* inilah yang menyimpan apa yang sedang dikerjakan. *RAM* bersifat *volatile* yang berarti *memory* akan hilang apabila *power* pada *Raspberry Pi* dimatikan.
- c. *PMIC (Power Management Integrated Circuit)*, berfungsi untuk menangani mengubah daya yang masuk dari port micro *USB* menjadi daya yang dibutuhkan untuk menjalankan *Raspberry Pi*.
- d. *USB Port (Universal Serial Bus)*, *Raspberry Pi* mempunyai 4 *USB Port* yang digunakan untuk menghubungkan *mouse*, *keyboard*, *flashdisk* dan lain-lain.
- e. *Ethernet Port* atau *Network Port*, digunakan untuk menghubungkan *Raspberry Pi* dengan internet menggunakan kabel *ethernet* yang disebut juga *RJ45 Connector*.
- f. *MicroSD Card*, terletak dibagian belakang *Raspberry Pi* dan dengan *MicroSD Card* ini kita dapat menginstall *Operating System*, *Software*, menyimpan file dan lain-lain.

- g. *GPIO Header (General Purpose Input Output)*, terdapat 40 pin GPIO pada *Raspberry Pi* dan GPIO inilah yang menghubungkan *Raspberry Pi* dengan *hardware* lainnya, seperti LED, Sensor dan lain-lain.
- h. *Display Connector* atau *Display Serial Interface (DSI)*, didesain untuk dihubungkan dengan *Raspberry Pi Touch Display*.
- i. *Power Input*, digunakan untuk menghubungkan *Raspberry Pi* dengan sumber *power*.
- j. *HDMI (High Definition Multimedia Interface)*, digunakan untuk *display* monitor sekaligus juga audio pada *Raspberry Pi*. HDMI ini dapat dihubungkan ke TV, proyektor atau monitor.
- k. *Camera Connector* dan *AV Jack*, *camera connector* digunakan untuk menghubungkan *camera module* khusus *Raspberry Pi*. Sedangkan, *AV Jack* dapat dihubungkan dengan *headshet* atau *speaker*.

2.4 Arduino Mega 2650

Arduino Mega 2560 merupakan *controller* yang menggunakan Atmega 2560 sebagai prosesornya. Arduino Mega2560 memiliki 54 pin digital *input/output*, dimana 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. Sumber daya yang digunakan untuk Arduino Mega 2560 ini bersumber dari luar yang didapatkan dari catu daya eksternal. Arduino Mega 2560 dapat bekerja pada tegangan 6-20 volt. Namun apabila tegangan yang digunakan melebihi 12 volt maka arus yang mengalir akan besar sehingga akan membuat PCB (*Printed Circuit Board*) menjadi panas. Panas yang berlebihan dapat mengakibatkan kerusakan. Apabila tegangan yang digunakan kurang dari 7-19 volt maka tegangan yang didapatkan tidak akan stabil. Oleh karena itu tegangan yang dianjurkan adalah antara 7-12 volt agar *Controller* dapat bekerja dengan baik [10-11].

Arduino Mega2560 kompatibel dengan sebagian besar *shield* yang dirancang untuk Arduino *Duemilanove* atau Arduino *Diecimila*. Arduino Mega2560 adalah versi terbaru yang menggantikan versi Arduino Mega. Secara fisik, ukuran

Arduino Mega 2560 hampir kurang lebih 2 kali lebih besar dari Arduino Uno, ini untuk mengakomodasi lebih banyaknya pin Digital dan Analog pada Arduino Mega 2560 tersebut[12]. Arduino Mega 2560 juga memiliki fitur-fitur sebagai berikut:

- a. 1.0 *pinout*: ditambahkan pin SDA dan pin SCL yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat dengan pin RESET, IOREF memungkinkan shield untuk beradaptasi dengan tegangan yang tersedia pada papan. Di masa depan, shield akan kompatibel dengan papan yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan 3.3 volt.
- b. Sirkuit RESET.
- c. Chip ATmega16U.

Arduino mega ditunjukkan pada **Gambar 2.6** dibawah ini.



Gambar 2.6 Arduino Mega 2560

(sumber:

<https://www.gmelectronic.com/development-kit-arduino-mega-adk>)

Spesifikasi arduino mega 2560 dapat dilihat pada **Tabel 2.1** berikut ini:

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560

No	Device	Spesifikasi
1.	Mikrokontroler	Atmega2560
2.	Tegangan Operasi	5 V
3.	Tegangan <i>Input</i> (Limit)	6-20 V
4.	Digital I/O pin	54 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM <i>Output</i>

5.	Pin I/O Analog	16 Buah
6.	Arus DC untuk Pin I/O	20 mA
7.	Flash Memory	256 KB
8.	SRAM	8 KB
9.	EEPROM	4 KB
10.	Clock Speed	16 MHz
11.	Dimensi	101,52 mm x 53,3 mm
12.	Berat	37 gram

(sumber: Heri Andrianto, Aan Darmawan, Belajar Arduino, Januari 2016
hal.27-34)

2.5 Motor DC

Motor DC adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik atau gerakan (*motion*). Motor DC banyak digunakan dalam industri karena banyak keunggulannya, diantaranya adalah julat pengaturan kecepatan yang lebar, kemudahan dalam pengendalian, dan karakteristik torsi-kecepatan yang bervariasi dengan memvariasikan hubungan lilitan medannya. Arus DC yang dilewatkan lilitan medan digunakan untuk menghasilkan fluks di dalam mesin. Induksi tegangan pada lilitan jangkar dibuat berubah-ubah dengan komutator dan sikat. Perubahan induksi tegangan pada lilitan jangkar inilah yang menyebabkan gerakan putar pada rotor. Kecepatan motor DC dapat diatur dengan tiga cara yaitu mengatur tegangan jangkar, mengatur resistan jangkar atau mengatur besarnya arus medan[13]. Bentuk fisik motor DC dapat dilihat pada **Gambar 2. 7** berikut:



Gambar 2. 7 Motor DC

(sumber:

<https://www.pixelelectric.com/dc-motor-8-8kg-12v-250rpm-4mm-shaft/>)

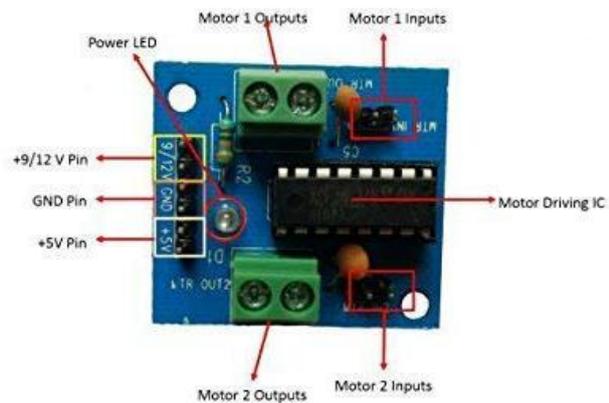
2.5.1 Prinsip Kerja Motor DC

Terdapat dua bagian utama pada sebuah Motor Listrik DC, yaitu Stator dan Rotor. Stator adalah bagian motor yang tidak berputar, bagian yang statis ini terdiri dari rangka dan kumparan medan. Stator ini juga berfungsi untuk menghasilkan medan magnet. Sedangkan Rotor adalah bagian yang berputar, bagian Rotor ini terdiri dari kumparan Jangkar dan berfungsi sebagai tempat terbentuknya gaya gerak listrik (GGL). Dua bagian utama ini dapat dibagi lagi menjadi beberapa komponen penting yaitu diantaranya adalah *Yoke* (kerangka magnet) dan *Poles* (kutub motor). Prinsip kerja dari motor DC yaitu rotor yang ditempatkan di antara kutub magnet, kemudian kutub magnet tersebut menghasilkan garis gaya medan magnet fluks. Garis gaya fluks yang dialiri arus akan menghasilkan torsi yang memutar jangkar.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengendalikan kecepatan putaran motor DC adalah menggunakan PWM (*Pulse Width Modulation*). PWM adalah suatu teknik modulasi yang mengubah lebar pulsa (pulse width) dengan nilai frekuensi dan amplitudo yang tetap. Sinyal tetap berada di posisi tinggi disebut dengan “ON Time” atau “Waktu ON” sedangkan sinyal tetap berada di posisi rendah atau 0V disebut dengan “OFF Time” atau “Waktu OFF”. Terdapat dua siklus kerja dalam PWM, yaitu PWM (duty cycle) dan Frekuensi PWM (*frequency*).

2.6 Driver Motor L293D

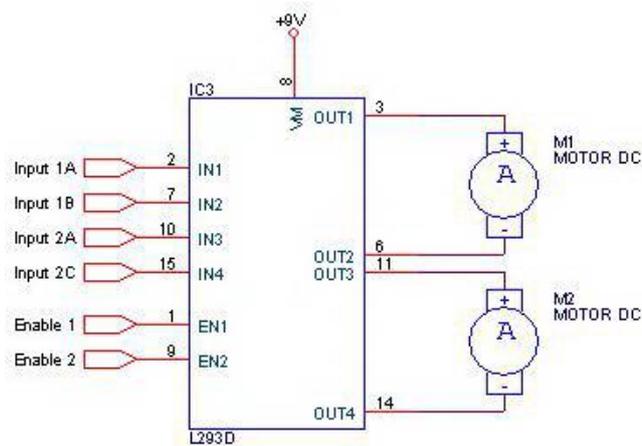
Driver motor L293D merupakan IC yang didesain khusus sebagai *driver* motor DC dan dapat dikendalikan dengan rangkaian TTL maupun mikrokontroler. Motor DC yang dikontrol dengan *driver* IC L293D dapat dihubungkan ke ground maupun ke sumber tegangan positif karena di dalam *driver* L293D sistem *driver* yang digunakan adalah totem pool. Dalam 1 unit chip IC L293D terdiri dari 4 buah *driver* motor DC yang berdiri sendiri sendiri dengan kemampuan mengalirkan arus 1 Ampere tiap *drivernya*. Sehingga dapat digunakan untuk membuat *driver H-bridge* untuk 2 buah motor DC [14-15]. Modul *driver* motor DC IC L293D dapat dilihat pada **Gambar 2. 8** dan konfigurasi pin *driver* motor DC IC L293D dapat dilihat pada **Gambar 2. 9** di bawah ini:



Gambar 2. 8 Modul Driver Motor DC IC L293D

(sumber:

<https://www.amazon.in/Embeddinator-L293D-Motor-Driving-Module/dp/B01N1TRBBC>)



Gambar 2. 9 Konfigurasi Pin Driver Motor DC IC L293D

(sumber:

<https://e-belajarelektroika.com/driver-motor-dc-h-bridge-dengan-ic-l293d/>)

Fungsi Pin Driver Motor DC IC L293D adalah sebagai berikut:

- Pin EN (*Enable*, EN1.2, EN3.4) berfungsi untuk mengizinkan driver menerima perintah untuk menggerakkan motor DC.
- Pin In (*Input*, 1A, 2A, 3A, 4A) adalah pin *input* sinyal kendali motor DC.
- Pin Out (*Output*, 1Y, 2Y, 3Y, 4Y) adalah jalur *output* masing-masing *driver* yang dihubungkan ke motor DC.

- d. Pin VCC (VCC1, VCC2) adalah jalur *input* tegangan sumber *driver* motor DC, dimana VCC1 adalah jalur *input* sumber tegangan rangkaian kontrol *dirver* dan VCC2 adalah jalur *input* sumber tegangan untuk motor DC yang dikendalikan.
- e. Pin GND (Ground) adalah jalu yang harus dihubungkan ke *ground*, pin GND ini ada 4 buah yang berdekatan dan dapat dihubungkan ke sebuah pendingin kecil.

2.7 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor dengan *sistem closed feedback* dimana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor servo sering digunakan sebagai kontrol loop tertutup, sehingga dapat menangani perubahan posisi secara tepat dan akurat begitu juga dengan pengaturan kecepatan dan percepatan [16-17]. Motor servo mampu bekerja dua arah yaitu *clock wise* (CW) dan *counter clock wise* (CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya. Bentuk fisik dari motor servo dapat dilihat pada **Gambar 2. 10** berikut:



Gambar 2. 10 Bentuk Fisik Motor Servo

(sumber: <http://www.webstudi.site/2020/01/Motor-Servo.html>)

Motor servo dikemas dalam bentuk segi empat dengan sebuah *output shaft* motor dan konektor dengan 3 kabel yaitu *ground*, *power* dan *control*. Jenis motor servo berdasarkan sudut operasi motor *servo* dibagi menjadi 2 yaitu yang pertama adalah motor servo standar 180 derajat, dan yang kedua adalah motor servo

continuous. Berikut perbedaan antara motor servo standar 180 derajat dan motor servo *continuous*:

a. Motor Servo *Standart* 180°

Motor servo *standart* merupakan motor *servo* yang mampu bergerak CW dan CCW dengan sudut operasi tertentu, misal 60°, 90° atau 180°. sudut maksimal yang diperbolehkan untuk motor *servo* standart adalah 180°. Motor *servo* ini sering dipakai pada sistem robotika yang menggunakan lengan atau kaki.

b. Motor Servo *Continuous*

Motor *servo continuous* adalah motor *servo* yang mampu bergerak CW dan CCW tanpa batasan sudut operasi (berputar secara kontinyu). Motor *servo* ini sering digunakan sebagai aktuator pada *mobile* robot. Motor *servo* beroperasi pada tegangan *supply* 4,8 volt hingga 7,2 volt.

2.7.1 Motor Servo MG S996R

Motor servo S996R adalah versi *upgrade* dengan fitur *high-torque* dari motor servo sebelumnya yaitu servo S995. MG996R telah di*upgrade* berupa adanya fitur *shock-proofing* dan desain ulang PCB serta IC kontrol sistem yang membuat servo ini lebih akurat dari versi sebelumnya. Pada MG S996R juga terdapat perbaikan dan peningkatan performa pada gear dan motor. Berikut bentuk fisik motor servo MG996r pada **Gambar 2. 11** berikut:



Gambar 2. 11 Motor servo S996R

(*sumber:*

<https://www.amazon.com/MG996R-Torque-Digital-Helicopter-IFANCY-TECH/dp/B01GN07I5U>)

Spesifikasi Motor Servo MG S996R:

- a. Dimensi: 40.7 x 19.7 x 42.9 mm *approx.*
- b. Torsi: 9.4 kgf.cm (4.8 V), 11 kgf.cm (6V).
- c. Kecepatan: 0.17 s/60° (4.8 V), 0.14 s/60° (6 V).
- d. Tegangan: 4.8V-7.2 V.
- e. Arus: 2.5 A (6V).
- f. Berat: 55 g.
- g. Desain bantalan bola ganda yang stabil dan tahan guncangan.
- h. Temperature range: 0°-55°.

2.8 UBEC (*Universal Battery Elimination Circuit*)

UBEC merupakan rangkaian untuk mengubah tegangan, tinggi ke rendah atau sebaliknya, memerlukan rangkaian yang tepat, agar daya dapat di-*deliver* dengan tingkat efisiensi setinggi mungkin. Namun ada juga SBEC (*Switching Battery Elimination Circuit*) dimana secara keseluruhan kegunaannya sama dengan UBEC, hanya saja SBEC memiliki kualitas dibawah UBEC.

Untuk menurunkan tegangan dengan menggunakan IC regulator seperti 7805, sangat umum digunakan. Regulator ini memiliki kemampuan menangani arus hingga 1A, dengan V_{in} minimal sama dengan 7V, untuk menghasilkan output 5V. Dengan perhitungan sederhana, bila $V_{in} = 9V$, maka disipasi daya 4 Watt, satu nilai yang cukup besar (panas) atau menggunakan regulator linier tipe LDO, seperti 2940, yang juga memiliki kemampuan menangani arus hingga 1A, dengan V_{in} minimal sama dengan 5.5V, untuk menghasilkan output 5V.

Pilihan lain adalah regulator *switching*. Untuk kebutuhan mencatu motor servo atau rangkaian lain yang bekerja pada tingkat tegangan 5V – 6V, dapat menggunakan UBEC. UBEC adalah rangkaian elektronik yang mengambil daya dari battery pack atau sumber DC lainnya, dan menurunkannya ke level tegangan 5V atau 6V. Bentuk dari baterai UBEC dapat dilihat pada **Gambar 2. 12** berikut:



Gambar 2. 12 UBEC (*Universal Battery Elimination Circuit*)

(sumber:

<https://www.amazon.co.uk/Airplane-UBEC-Output-Voltage-Adjustable/dp/B01K9D7XM0>)

2.9 *Fuzzy Logic*

Fuzzy logic merupakan jenis logika multi nilai, yang berkaitan dengan perkiraan alasan yang belum tentu tepat. Logika *fuzzy* membutuhkan manusia untuk mengimplementasikan suatu sistem untuk melakukan sistem kontrol yang cerdas dan kompleks. *Fuzzy logic* digunakan untuk menerjemahkan suatu besaran yang dinyatakan dengan menggunakan *linguistic* (ilmu bahasa). Contohnya yaitu dengan besaran kecepatan suatu kendaraan yang dinyatakan dengan stop, lambat, sedang dan cepat. Dalam hal ini *fuzzy logic* menunjukkan sejauh mana suatu nilai dapat dikatakan benar atau salah. Tidak seperti logika klasik atau tegas yang hanya mempunyai dua kemungkinan cepat atau lambat, *fuzzy logic* mempunyai kemungkinan yang lebih banyak. Oleh sebab itu *fuzzy logic* dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah dalam waktu yang bersamaan [18].

Suatu sistem berbasis aturan *fuzzy* yang lengkap terdiri dari tiga komponen utama: *fuzzification*, *inference*, dan *defuzzification*. *Fuzzification* mengubah masukan-masukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti (*crisp input*) kedalam bentuk *fuzzy input*, yang berupa nilai linguistik berdasarkan fungsi keanggotaan tertentu misalnya, suhu 20°C dikonversi menjadi Hangat dengan derajat keanggotaan sama dengan 0,7. *Inference* melakukan penalaran menggunakan *fuzzy input* dan *fuzzy rules* yang telah ditentukan sehingga menghasilkan *fuzzy output* misalnya, IF *antecedent* THEN *consequent*. Sedangkan, *Defuzzification* mengubah *fuzzy output* menjadi *crisp value* berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan

