BAB IV
PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM

Pengujian berguna untuk mengukur kehandalan dari sistem atau alat yang dibuat mulai dari hardware sampai software. Sehingga hasil yang diharapkan bisa tercapai dengan baik. Pengujian dilakukan dengan beberapa tahap mulai dari pengukuran dari alat yang dipakai sampai dengan pengujian integrasi.

4.1 Pengukuran Fungsional dan Kehandalan Sistem

4.1.1 Pengujian Sensor Garis

Sensor garis yang dipakai adalah dengan memanfaatkan cahaya tampak dari led dan phototransistor sebagai penerima. *Output* sensor terhubung ke *input inverting* pada komparator, yang dibandingkan dengan tegangan referensi yang sudah ditentukan.

Robot ini memiliki sepuluh sensor garis. Sensor ini dapat menjadi *input* posisi robot, yang dikendalikan dengan motor sehingga robot tidak keluar dari garis hitam. Pada pengujian sensor garis ini dilakukan di ruangan *indoor* dengan diterangi cahaya lampu. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.1 Pengujian sensor garis di permukaan putih.

Sensor	Non-Inverting	Inverting	Output	Keterangan
1	2,22 V	0,45 V	High	Berhasil
2	2,22 V	0,35 V	High	Berhasil
3	2,22 V	0,32 V	High	Berhasil
4	2,22 V	0,40 V	High	Berhasil
5	2,22 V	0,31 V	High	Berhasil
6	2,22 V	0,32 V	High	Berhasil
7	2,22 V	0,34 V	High	Berhasil
8	2,22 V	0,34 V	High	Berhasil
9	2,22 V	0,71 V	High	Berhasil
10	2,22 V	0,44 V	High	Berhasil

Tabel 4.2 Pengujian sensor garis di permukaan hitam.

Sensor	Non-Inverting	Inverting	Output	Keterangan
1	2,22 V	4,00 V	Low	Berhasil
2	2,22 V	3,10 V	Low	Berhasil
3	2,22 V	3,62 V	Low	Berhasil
4	2,22 V	3,66 V	Low	Berhasil
5	2,22 V	3,55 V	Low	Berhasil
6	2,22 V	3,75 V	Low	Berhasil
7	2,22 V	3,90 V	Low	Berhasil
8	2,22 V	3,23 V	Low	Berhasil
9	2,22 V	4,13 V	Low	Berhasil
10	2,22 V	3, 84 V	Low	Berhasil

Keterangan:

a. *Input non-inverting*, merupakan tegangan referensi.
b. *Input inverting*, merupakan *output* sensor.
c. Output didapat dari membandingan tegangan *output* sensor dengan tegangan referensi.
d. Keterangan merupakan hasil pengujian sensor yang telah dibandingkan dengan ketentuan dari komparator yang dipakai.

Pengujian terhadap sensor garis, dengan cara mengukur tegangan pada kedua input di komparator yaitu input *inverting* dan *non-inverting* sesuai dengan ketentuan komparator dimana jika tegangan *non-inverting* > tegangan *inverting* maka *output high*, sebaliknya jika tegangan *non-inverting* < tegangan *inverting* maka *output low*.

4.1.2 Pengujian Driver Motor L298

Pengujian *driver* motor adalah untuk menggerakkan motor. Pengujian ini berlaku untuk kedua motor (motor kiri dan motor kanan). Hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Hasil pengujian driver motor untuk menggerakkan motor.

Enable	IN+	IN-	Kondisi motor	Keterangan
0	X	X	Tidak berputar	Berhasil
1	0	0	Tidak berputar	Berhasil
	0	1	Berputar	Berhasil
	1	0	Berputar berlawanan arah	Berhasil
	1	1	Tidak berputar	Berhasil

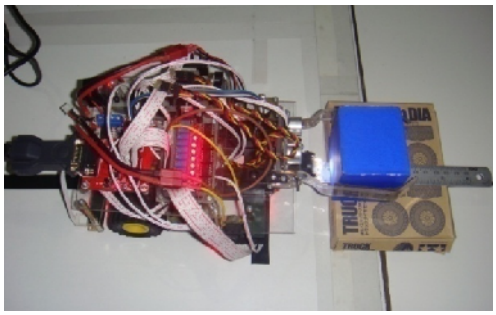
Keterangan:

a. Jika *enable* bernilai nol, maka berapapun inputnya motor tidak akan berputar.
b. Jika *enable* bernilai satu, maka kondisi motor sesuai dengan inputan. Kondisi motor dapat terlihat pada tabel 4.3.

Pengujian putar motor dc menggunakan *driver* motor ini dilakukan dengan cara memberikan inputan dari mikrokontroler ke *driver* motor. Untuk menggerakkan satu motor dc dibutuhkan tiga inputan yaitu input *enable, input positif* dan *input negatif.*

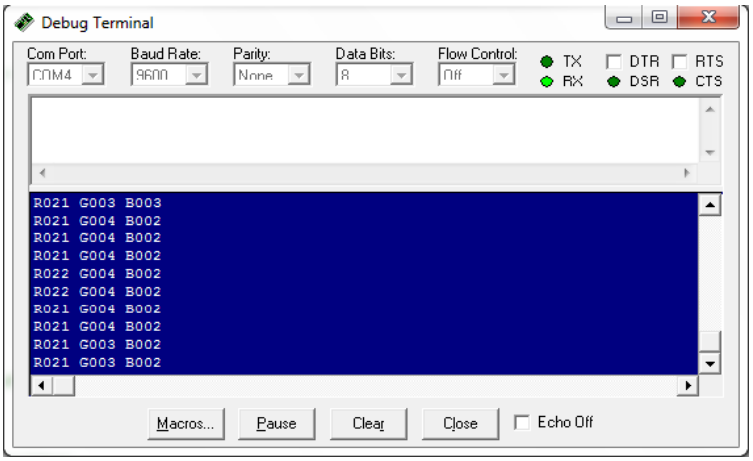
4.1.3 Pengujian Sensor Warna (TCS 3200)

Berikut ini adalah hasil pengujian terhadap sensor warna TCS 3200 dengan warna yang di uji yaitu warna merah, warna hijau dan warna biru dengan jarak yang terjangkau atau di sesuaikan dengan gripper yaitu jarak 1cm, 2cm dan 2,5cm. Pada pengujian sensor garis ini dilakukan di ruangan *indoor* dengan diterangi cahaya lampu. Berikut adalah gambar pengambilan data sensor warna.

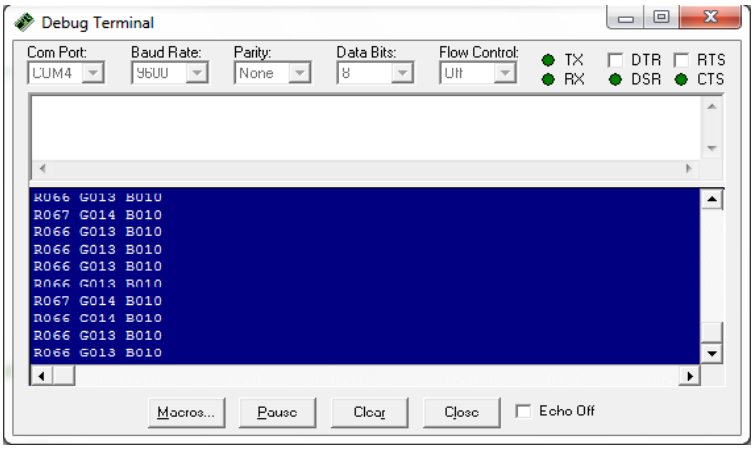


Gambar 4.1 Debug sensor warna dengan warna merah pada jarak 1cm.

Pada pengujian sensor warna terlihat bahwa hasil debug warna merah, akan terlihat data yang paling dominan antara ketiga warna RGB tersebut adalah merah dan begitu juga dengan hasil debug sensor warna yang lainnya, ketika warna biru dan hijau tersebut di debug maka hasil data warna yang di debug yang akan dominan. Data warna ini sebagai pembanding dengan warna-warna yang lainnya dan sebagai perbedaan warna.



Gambar 4.2 Debug sensor warna dengan warna merah pada jarak 1cm.



Gambar 4.3 Debug sensor warna dengan warna merah pada jarak 2cm.



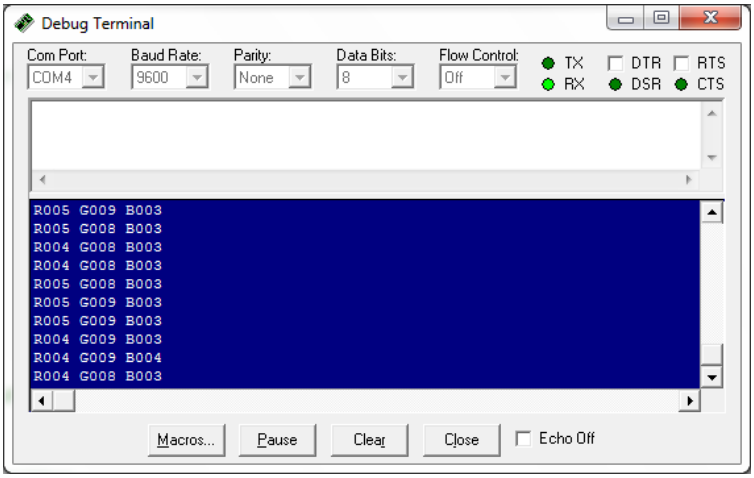
Gambar 4.4 Debug sensor warna dengan warna merah pada jarak 2,5cm.

Tabel 4.4 Data sensor warna dengan warna merah pada jarak 1cm, 2cm dan 2,5cm.

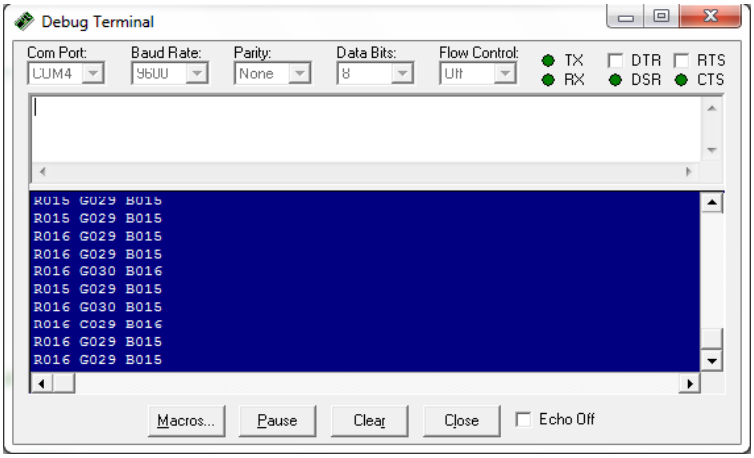
Data Warna Merah	**Jarak**								
	1cm			**2cm**			**2,5cm**		
	R	**G**	**B**	**R**	**G**	**B**	**R**	**G**	**B**
1	21	3	3	66	13	10	41	8	6
2	21	4	2	67	14	10	42	8	7
3	21	4	2	66	13	10	41	8	6
4	21	4	2	66	13	10	41	8	6
5	22	4	2	66	13	10	42	8	6
6	22	4	2	66	13	10	41	8	6
7	21	4	2	67	14	10	41	8	6
8	21	4	2	66	14	10	41	8	6
9	21	3	2	66	13	10	41	8	6
10	21	3	2	66	13	10	42	8	6

Tabel 4.5 Kemungkinan data warna merah pada sensor warna berdasarkan jarak.

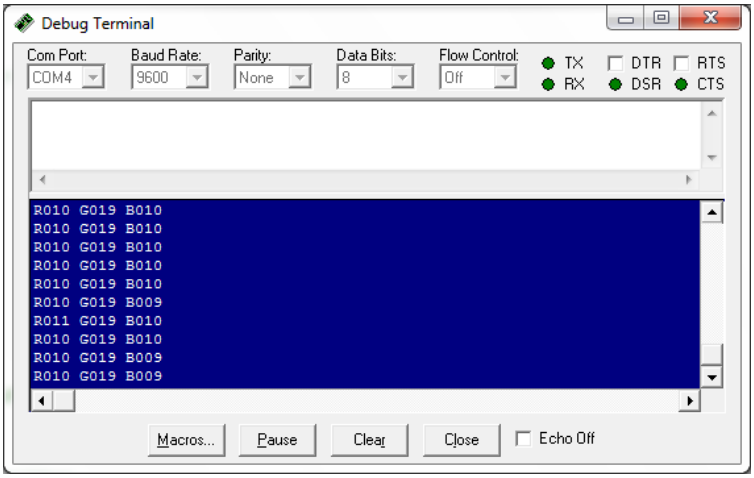
Data Warna Merah	Jarak								
	1cm			2cm			2,5cm		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
1	21	3	3	66	13	10	41	8	6
2	21	4	2	67	14	10	42	8	7
3	21	3	2	66	13	10	42	8	6
4	-	-	-	67	14	10	-	-	-
5	-	-	-	66	14	10	-	-	-



Gambar 4.5 Debug sensor warna dengan warna hijau pada jarak 1cm.



Gambar 4.6 Debug sensor warna dengan warna hijau pada jarak 2cm.



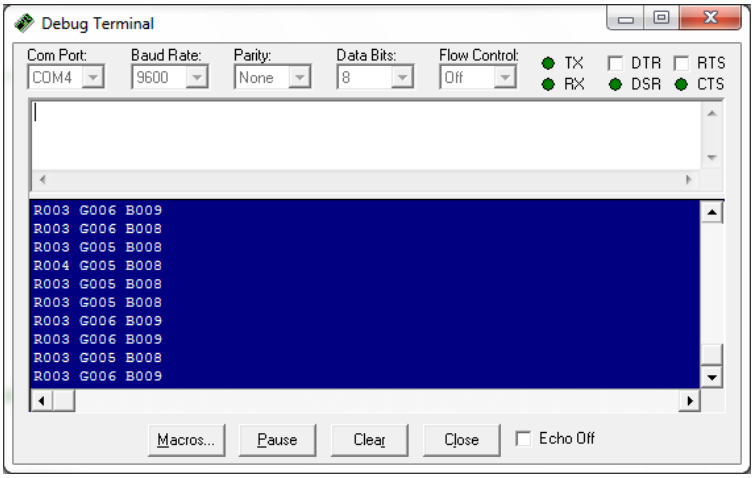
Gambar 4.7 Debug sensor warna dengan warna hijau pada jarak 2,5cm.

Tabel 4.6 Data sensor warna dengan warna hijau pada jarak 1cm, 2cm dan 2,5cm.

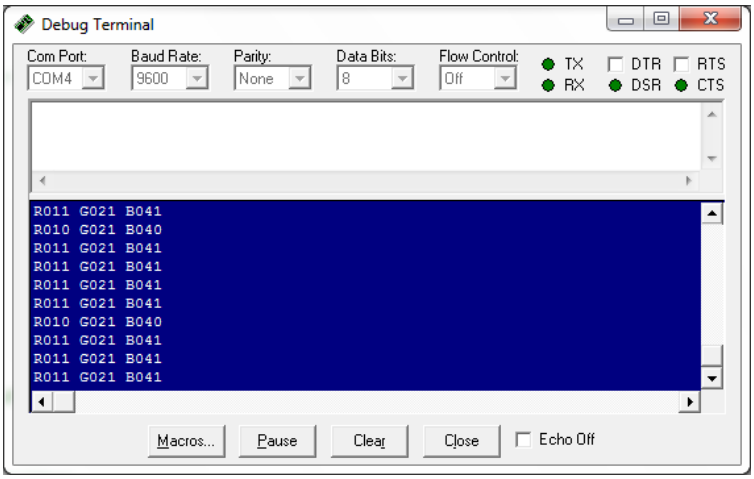
Data Warna Merah	**Jarak**								
	1cm			**2cm**			**2,5cm**		
	R	**G**	**B**	**R**	**G**	**B**	**R**	**G**	**B**
1	5	9	3	15	29	15	10	19	10
2	5	8	3	15	29	15	10	19	10
3	4	8	3	16	29	15	10	19	10
4	4	8	3	16	29	15	10	19	10
5	5	8	3	16	30	16	10	19	10
6	5	9	3	16	29	15	10	19	9
7	5	9	3	16	30	15	11	19	10
8	4	9	3	16	29	16	10	19	10
9	4	9	4	16	29	15	10	19	9
10	4	8	3	16	29	15	10	19	9

Tabel 4.7 Kemungkinan data warna hijau pada sensor warna berdasarkan jarak.

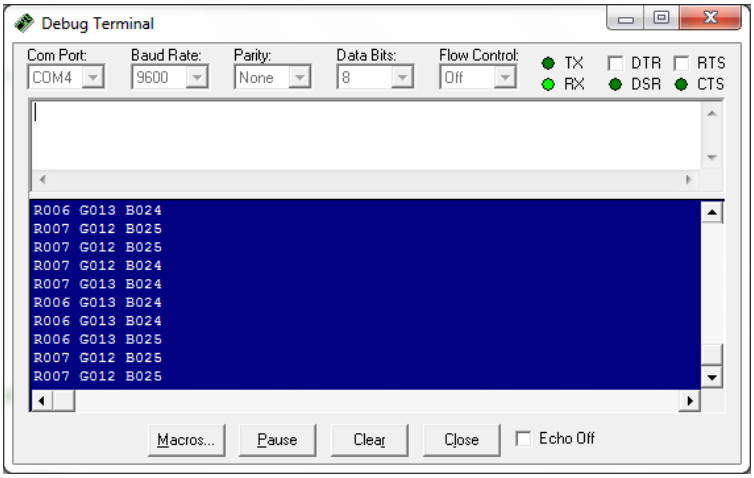
Data Warna Hijau	Jarak								
	1cm			2cm			2,5cm		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
1	5	9	3	15	29	15	10	19	10
2	5	8	3	16	29	15	10	19	9
3	4	8	3	16	30	15	11	19	10
4	4	9	3	16	29	16	-	-	-
5	4	9	4	-	-	-	-	-	-



Gambar 4.8 Debug sensor warna dengan warna biru pada jarak 1cm.



Gambar 4.9 Debug sensor warna dengan warna biru pada jarak 2cm.



Gambar 4.10 Debug sensor warna dengan warna biru pada jarak 2,5cm.

Tabel 4.8 Data sensor warna dengan warna biru pada jarak 1cm, 2cm dan 2,5cm.

Data Warna Merah	**Jarak**								
	1cm			**2cm**			**2,5cm**		
	R	**G**	**B**	**R**	**G**	**B**	**R**	**G**	**B**
1	3	6	9	11	21	41	6	13	24
2	3	6	8	10	21	40	7	12	25
3	3	5	8	11	21	41	7	12	25
4	4	5	8	11	21	41	7	12	24
5	3	5	8	11	21	41	7	13	24
6	3	5	8	11	21	41	6	13	24
7	3	6	9	10	21	40	6	13	24
8	3	6	9	11	21	41	6	13	25
9	3	5	8	11	21	41	7	12	25
10	3	6	9	11	21	41	7	12	25

Tabel 4.9 Kemungkinan data warna biru pada sensor warna berdasarkan jarak.

Data Warna Biru	Jarak								
	1cm			2cm			2,5cm		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
1	3	6	9	11	21	41	6	13	24
2	3	6	8	10	21	40	7	12	25
3	3	5	8	-	-	-	7	12	24
4	4	5	8	-	-	-	6	13	25
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-

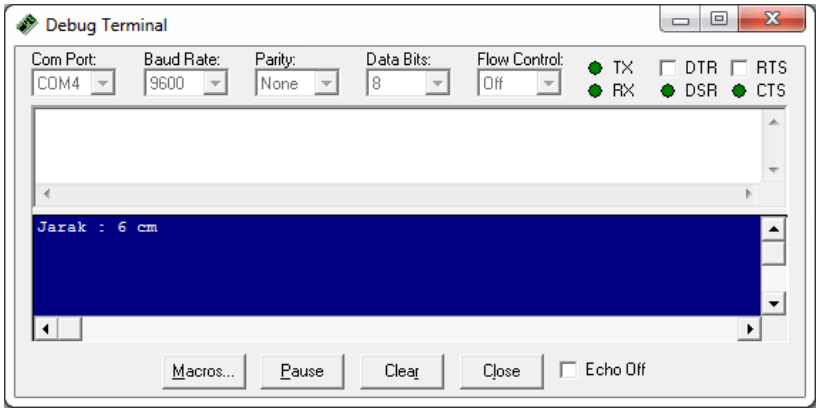
Dari pengujian sensor warna merah, hijau dan biru di dapat kesimpulan bahwa sensor yang dominan atau nilai yang paling terbesar terdapat pada jarak 2 cm dan nilai yang paling terkecil pada jarak 1cm.

4.1.4 Pengujian Sensor Ultrasonik

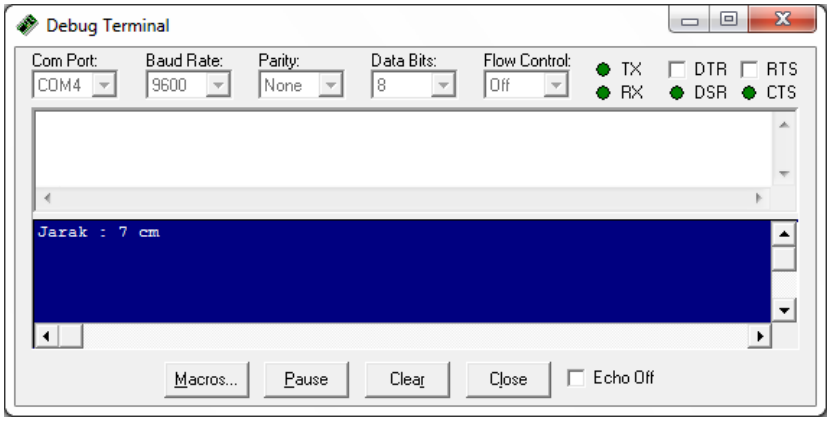
Sensor ultrasonik (sensor jarak) adalah salah satu elemen penting pada sebuah robot yang sedang bergerak. Hal ini dibutuhkan oleh robot untuk mengetahui posisi robot terhadap objek-objek tertentu seperti *box*. Dalam jarak antara 3 cm hingga 3 meter, ultrasonik adalah media yang sesuai dengan perancangan robot ini. Contoh penerapannya di simpan di depan robot, agar robot mengetahui apakah di depannya terdapat *box* atau tidak ada *box*.

Proses pengukuran dilakukan dengan menembakkan sinyal ultrasonic dan menghitung kapan sinyal tersebut diterima kembali oleh sensor. Sensor ultrasonik yang sering digunakan dipasaran adalah sensor yang memiliki respon frekuensi 40kHz. Oleh karena itu, untuk memancarkan sinyal dengan respon maksimum, dibutuhkan gelombang dengan frekuensi kHz yang dibangkitkan dengan osilator.

Pada pengujian sensor garis ini dilakukan di ruangan *indoor* dengan diterangi cahaya lampu. Berikut ini adalah hasil pengujian terhadap sensor ultrasonik pada jarak 6 cm dan 7 cm yang dibaca oleh mikrokontroler.



Gambar 4.11 Data sensor ultrasonik pada jarak 6cm.



Gambar 4.12 Data sensor ultrasonik pada jarak 7cm.

Tabel 4.10 Data sensor ultrasonik berdasarkan jarak.

Jarak (cm)	Sensor Jarak	Perbandingan Error	Keterangan
10	10	0	Baik
20	20	0	Baik
30	30	0	Baik
40	41	1	Kurang Baik
50	53	3	Kurang Baik
60	64	4	Kurang Baik
70	75	5	Kurang Baik
80	85	5	Kurang Baik
90	95	5	Kurang Baik
100	106	6	Kurang Baik

110	116	6	Kurang Baik
120	127	7	Kurang Baik
130	138	8	Kurang Baik
140	149	9	Kurang Baik
150	159	9	Kurang Baik
160	170	10	Buruk
170	181	11	Buruk
180	193	13	Buruk
190	203	13	Buruk
200	214	14	Buruk

4.1.5 Motor Servo

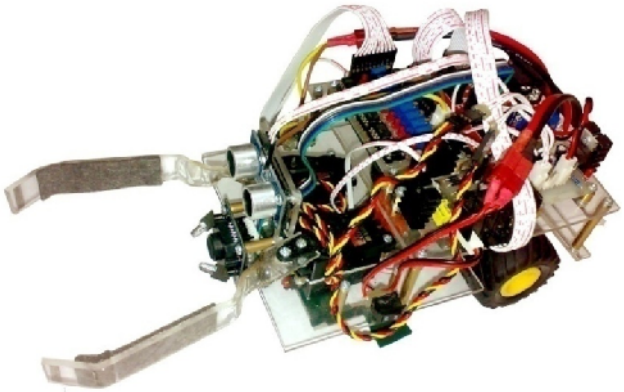
Motor servo diperlukan untuk membuat *gripper*. Motor servo yang digunakan HS-5645MG yaitu merupakan motor servo digital sehingga dapat menahan posisi sesuai dengan keinginan. Tegangan yang digunakan untuk menjalankan motor servo ini adalah mulai dari 4,8 volt sampai 6 volt. Nilai yang diberikan untuk motor servo kanan adalah 2300 dan untuk motor servo kiri 1500 dalam kondisi *gripper* terbuka dan dalam kondisi *gripper* tertutup atau mencapit adalah servo kanan adalah 2050 dan untuk motor servo kiri 1800. Nilai tersebut digunakan dengan memakai perintah pulsout dalam *basic stamp*.

4.1.6 Baterai (Li-Po)

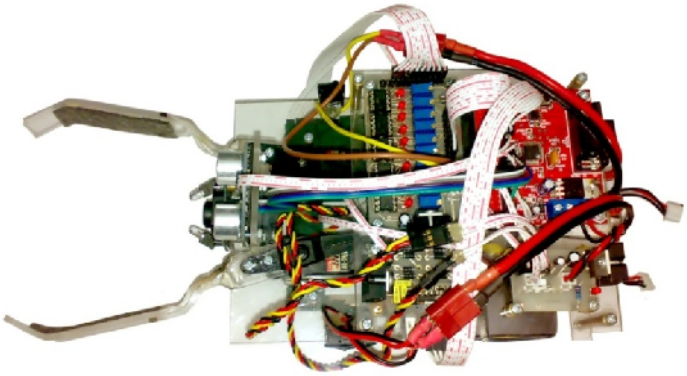
Sumber tegangan yang digunakan untuk robot ini adalah baterai *Lithium Polymer* dengan tegangan 7,4 volt dan arus 2200 mAh di hubungkan ke regulator. Baterai *Lithium Polymer* digunakan karena memiliki tegangan dan arus yang dapat memberikan kesemua komponen yang terdapat pada robot. Penggunaan baterai ini bertahan sampai 30 menit, sehingga harus segera diisi kembali. Untuk *driver* motor sumber tegangan langsung dari baterai *Lithium Polymer* dengan tegangan 7,4 volt dan arus 2200 mAh, dengan maksimal pemakaian 30 menit.

4.1.7 Robot Secara Keselurhan

Berikut ini adalah gambar robot secara keseluruhan yang diuji dengan robot sebagai berikut:



Gambar 4.13 Robot tampak samping kiri atas.



Gambar 4.14 Robot tampak permukaan atas.

4.2 Pengujian Integrasi

4.2.1 Pengujian Gerak Robot

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan dan kehandalan sistem kendali robot yang digunakan, maka dilakukan pengujian terhadap pergerakan robot. Gerakan-gerakan yang sering dilakukan oleh robot seperti maju lurus (line Following), putar kanan 90^0, putar kiri 90^0, putar kiri 180^0.

Untuk membuktikan keberhasilan pergerakan robot, maka dilakukan percobaan sebanyak 10 kali. Tabel 4.11 adalah hasil pengujian pergerakan robot.

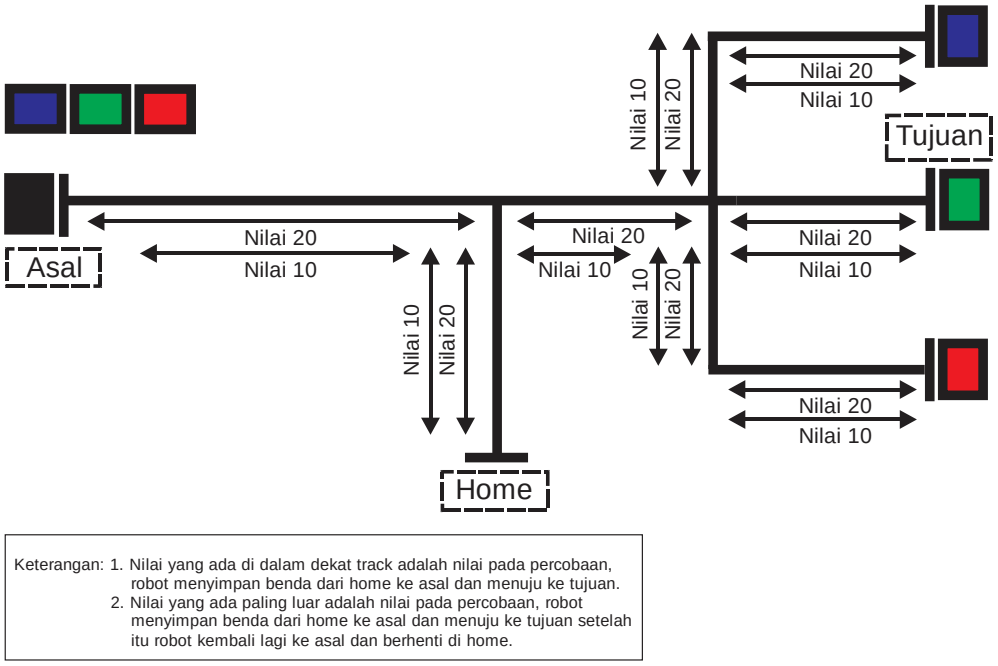
Tabel 4.11 Hasil pengujian pergerakan robot.

Pergerakan	Percobaan	Keterangan
Putar Kiri 90°	1	Berhasil
	2	Berhasil
	3	Berhasil
	4	Berhasil
	5	Berhasil
	6	Berhasil
	7	Berhasil
	8	Berhasil
	9	Berhasil
	10	Berhasil
Putar Kanan 90°	1	Berhasil
	2	Berhasil
	3	Berhasil
	4	Berhasil
	5	Berhasil
	6	Berhasil
	7	Berhasil
	8	Berhasil
	9	Berhasil
	10	Berhasil
Putar Kanan 180°	1	Berhasil
	2	Berhasil
	3	Berhasil
	4	Berhasil
	5	Berhasil
	6	Berhasil
	7	Berhasil
	8	Berhasil
	9	Berhasil

	10	Berhasil

4.2.2 Pengujian Jalan Robot

Pada pengujian jalan robot data yang diambil diantara lain dari waktu dan tingkat keberhasilan. Pengujian yang dilakukan menggunakan *track* seperti di gambar dibawah ini.



Gambar 4.15 Miniatur track robot.

Tabel 4.12 Hasil pengujian robot menyimpan benda di tujuan B (Blue).

Pengujian	Banyak percobaan	Waktu	Tingkat keberhasilan
Robot dari *Home* menuju Asal mengambil *box* dan menyimpan *box* di Tujuan B (*Blue*)	1	20,40 detik	100%
	2	20,56 detik	100%
	3	20,35 detik	100%
	4	20,84 detik	100%
	5	20,28 detik	100%
	6	12,69 detik	50%
	7	20,47 detik	100%
	8	21,12 detik	100%
	9	20,07 detik	100%
	10	19,97 detik	100%
Rata-rata			95%

Tabel 4.13 Hasil pengujian robot kembali menuju home dari B (Blue).

Pengujian	Banyak percobaan	Waktu	Tingkat keberhasilan
Robot dari *Home* menuju Asal mengambil *box* dan menyimpan *box* di Tujuan B (*Blue*). Setelah menyimpan *box* di Tujuan, robot kembali lagi ke Asal mengecek ke Asal, ketika tidak ada *box* di Asal, robot kembali lagi ke Home.	1	41,59 detik	100%
	2	41,66 detik	100%
	3	42,00 detik	100%
	4	41,59 detik	100%
	5	41,97 detik	100%
	6	41,65 detik	100%
	7	41,72 detik	100%
	8	41,53 detik	100%
	9	42,31 detik	100%
	10	41,72 detik	100%
Rata-rata			100%

Tabel 4.14 Hasil pengujian robot menyimpan benda di tujuan G (Green).

Pengujian	Banyak percobaan	Waktu	Tingkat keberhasilan
Robot dari *Home* menuju Asal mengambil *box* dan menyimpan *box* di Tujuan G (*Green*)	1	16,41 detik	100%
	2	16,72 detik	100%
	3	16,84 detik	100%
	4	16,97 detik	100%
	5	17,25 detik	100%
	6	16,87 detik	100%
	7	16,90 detik	100%
	8	16,82 detik	100%
	9	16,78 detik	100%
	10	17,09 detik	100%
Rata-rata			100%

Tabel 4.15 Hasil pengujian robot kembali menuju home dari G (Green).

Pengujian	Banyak percobaan	Waktu	Tingkat keberhasilan
Robot dari *Home* menuju Asal mengambil *box* dan menyimpan *box* di Tujuan G (*Green*). Setelah menyimpan *box* di Tujuan, robot kembali lagi ke Asal mengecek ke Asal, ketika tidak ada *box* di Asal, robot kembali lagi ke Home.	1	35,19 detik	100%
	2	35,37 detik	100%
	3	35,06 detik	100%
	4	35,50 detik	100%
	5	35,19 detik	100%
	6	34,78 detik	100%
	7	34,91 detik	100%
	8	34,81 detik	100%
	9	31,38 detik	80%
	10	35,44 detik	100%
Rata-rata			98%

Tabel 4.16 Hasil pengujian robot menyimpan benda di tujuan R (Red).

Pengujian	Banyak percobaan	Waktu	Tingkat keberhasilan
Robot dari *Home* menuju Asal mengambil *box* dan menyimpan *box* di Tujuan R (*Red*)	1	20,47 detik	100%
	2	20,41 detik	100%
	3	20,87 detik	100%
	4	19,75 detik	100%
	5	19,84 detik	100%
	6	20,41 detik	100%
	7	20,31 detik	100%
	8	20,34 detik	100%
	9	19,91 detik	100%
	10	19,97 detik	100%
Rata-rata			100%

Tabel 4.17 Hasil pengujian robot kembali menuju home dari R (Red).

Pengujian	Banyak percobaan	Waktu	Tingkat keberhasilan
Robot dari *Home* menuju Asal mengambil *box* dan menyimpan *box* di Tujuan R (*Red*). Setelah menyimpan *box* di Tujuan, robot kembali lagi ke Asal mengecek ke Asal, ketika tidak ada *box* di Asal, robot kembali lagi ke Home.	1	42,44 detik	100%
	2	43,18 detik	90%
	3	42,35 detik	100%
	4	42,12 detik	100%
	5	42,75 detik	100%
	6	43,50 detik	100%
	7	43,28 detik	100%
	8	42,47 detik	100%
	9	43,34 detik	100%
	10	42,53 detik	100%
Rata-rata			99%

Tabel 4.18 Hasil pengujian robot secara keseluruhan.

Pengujian	Banyak percobaan	Waktu	Tingkat keberhasilan
Robot dari *Home* menuju Asal mengambil *box* dan menyimpan *box* di Tujuan B (*Blue*). Setelah menyimpan *box* di Tujuan, robot kembali lagi ke Asal mengecek ke Asal, ketika ada *box* di Asal G (*Green*), robot kembali lagi ke Tujuan G (*Green*) dan robot kembali lagi ke Asal mengecek ke Asal, ketika ada *box* di Asal R (*Red*), robot kembali lagi ke Tujuan R (*Red*) dan kembali lagi ke *Home*.	1	01:22:03 menit	100%
	2	01:22:23 menit	100%
	3	01:22:37 menit	100%
	4	01:22:06 menit	100%
	5	01:22:68 menit	100%
	6	01:22:91 menit	100%
	7	01:22:72 menit	100%
	8	01:22:59 menit	100%
	9	01:15:83 menit	90%
	10	01:22:25 menit	100%
Rata-rata			99%

Pada pengujian jalan robot data yang diambil diantara lain dari waktu dan tingkat keberhasilan. Pengujian yang dilakukan menggunakan jam tangan yang terdapat *stopwatch.*

Pengujian terhadap tugas robot yang berhasil memindahkan benda di *track* dari 10 pengujian didapat persentase keberhasilan dan faktor kegagalan antara lain:

a. Robot keluar dari jalur hitam yang sudah ditentukan dalam perjalanan ke asal atau dalam proses pemindahan barang ke tujuan.
b. Pembacaan sensor garis yang tidak tepat di karenakan tidak pasnya sensor garis mengenai jalur hitam.
c. Robot gagal dalam proses pengangkatan barang di asal karena jarak robot dengan barang yang terlalu jauh sehingga robot tidak dapat menjangkau barang.
d. Robot salah memindahkan barang di tujuan.