

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu menjadi salah satu acuan penulis, sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian. Adapun hasil-hasil penelitian yang dijadikan perbandingan tidak terlepas dari topik penelitian mengenai robot *line follower*. Berikut merupakan penelitian terdahulu berupa beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis:

1. Penelitian “Rancang Bangun Robot Pemindah Barang Berdasarkan Warna Berbasis Mikrokontroler Parallax BS2P40” Oleh Aji Brahma Nugroho dan Fahmi Hafid Lantikawan tahun 2017.

Dalam penelitiannya peneliti menggunakan mikrokontroler Parallax BS2P40 sebagai kontroler. Komponen yang digunakan adalah 2 pasang sensor LED dan LDR untuk mendeteksi barang (merah, hijau, biru) dan mendeteksi lintasan yang akan dilewati, 2 motor servo untuk memutar roda dan menggerakkan *gripper* (pencapit barang). Robot ini akan berjalan mengikuti lintasan berupa garis hitam menuju tempat pengambilan barang, robot akan mengambil dan mendeteksi warna barang lalu memindahkan pada tempat yang sudah ditentukan. Hasil pengujian robot menunjukkan bahwa dari sepuluh kali percobaan memindahkan barang ke tempat lain melalui garis, persentase keberhasilan mencapai 100 %.

Berdasarkan penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa:

1. Robot pemindah barang berdasarkan warna berbasis Mikrokontroler Parallax BS2P40 ini dirancang untuk berjalan mengikuti lintasan bergaris hitam menuju tempat pengambilan barang lalu robot akan mengambil dan mendeteksi barang dan memindahkannya ke tempat yang sudah ditentukan
2. Robot tersebut dapat memindahkan barang ke tempat lain melalui lintasan garis dengan tingkat keberhasilan sebesar 100%.

2. Penelitian “Rancang Bangun Gerak Robot Pemindah Barang Berdasarkan Jalur Garis Hitam Dengan Basis Mikrokontroler AT89S52” oleh H.E. Havitz, M.P. Lestari dan A. Sofwan tahun 2008.

Dalam penelitiannya peneliti menggunakan mikrokontroler AT89S52 sebagai kontroler. Komponen yang digunakan adalah 3 motor DC yang dapat berputar secara *differential*, putaran arah motor yang dirancang menggunakan 1 *driver* motor IC L293D, dan 2 pasang sensor *infrared* IC 4093 sebagai pendeteksi jalur lintasan pergerakan, pendeteksi tempat tujuan persediaan barang dan pendeteksi jenis barang yang akan dipindahkan. Robot ini dirancang untuk dapat membedakan jenis barang yang akan dipindahkan, dan juga untuk membedakan jenis tempat persediaan barangnya. Untuk menempuh setiap tempat persediaan barang, robot dirancang hanya dapat bergerak melalui lintasan acuan tertentu yaitu berupa garis hitam yang telah dirancang dengan lebar 1.5cm dan panjang 194.6 cm. Dengan tegangan 8 volt pada penggerak jalan robot didapat kecepatan rata-rata stabil dalam pendeteksian sebesar 4.203995π cm/s. Untuk robot yang berbelok stabil pada jalur lintasan sudut dirancang 0,25 lingkaran dengan radius 10 cm. Tingkat keberhasilan robot memindahkan barang sesuai gudang tujuan mencapai 95%.

Berdasarkan penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa:

1. Robot Pemindah Barang Berdasarkan Jalur Garis Hitam Dengan Basis Mikrokontroler AT89S52 ini dirancang untuk berjalan mengikuti lintasan garis berwarna hitam lalu bisa membedakan jenis barang yang akan dipindahkan, dan juga membedakan jenis tempat persediaan barangnya.
 2. Robot tersebut dapat memindahkan barang sesuai gudang tujuan dengan tingkat keberhasilan mencapai 95%.
3. Penelitian “Rancang Bangun Robot Pengantar Makanan Line follower” oleh Daisy A.N Janis, David Pang, ST., MT, dan J. O. Wuwung ST., MT tahun 2014.

Dalam penelitiannya peneliti menggunakan mikrokontroler ATMEGA 16 sebagai kontroler. Komponen yang digunakan adalah 4 pasang LED dan photodiode, driver motor L298N untuk mengendalikan 2 buah motor DC, 2 buah *driver relay* untuk mengendalikan motor DC dan modul ISD17240 untuk menghasilkan suara. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C Code vision AVR. Penelitian ini menghasilkan robot yang dapat mengantarkan makanan menuju 2 meja tujuan dengan mengikuti lintasan berupa garis berwarna hitam. Waktu yang ditempuh untuk menuju ke meja kedua lebih lama dibandingkan menuju ke meja pertama karena perbedaan panjang lintasan. Dengan demikian secara keseluruhan sistem pada robot pengantar makanan ini dapat berfungsi dengan baik.

Berdasarkan penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa:

1. Robot Pengantar Makanan *Line follower* ini dapat mengantarkan makanan menuju 2 meja tujuan dengan mengikuti lintasan berupa garis berwarna hitam.
2. Waktu yang ditempuh untuk menuju ke meja kedua lebih lama dibandingkan menuju ke meja pertama karena perbedaan panjang lintasan.

Tabel 2.1 Persamaan dan perbedaan penelitian terdahulu

No.	Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1	Aji Brahma Nugroho dan Fahmi Hafid Lantikawan. 2017. Rancang Bangun Robot Pemindah Barang Berdasarkan Warna Berbasis Mikrokontroler Parallax BS2P40	-	1. Menggunakan mikrokontroler Parallax BS2P40 sebagai kontroler 2. Menggunakan 2 pasang sensor LED dan LDR, 2 motor servo
2.	H.E. Havitz, M.P. Lestari dan A. Sofwan. 2008. Rancang Bangun Gerak	-	1. Menggunakan mikrokontroler AT89S52 sebagai

	Robot Pemindah Barang Berdasarkan Jalur Garis Hitam Dengan Basis Mikrokontroler AT89S52.		<p>kontroller.</p> <p>2. Menggunakan 3 motor DC, 1 driver motor IC L293D, dan 2 pasang sensor infrared IC 4093</p>
3.	Daisy A.N Janis, David Pang, ST., MT, J. O. Wuwung ST., MT. 2014. Rancang Bangun Robot Pengantar Makanan Line follower.	-	<p>1. Menggunakan mikrokontroler ATMEGA 16 sebagai kontroler.</p> <p>2. Menggunakan 4 pasang LED dan photodiode, 1 driver motor L298N, 2 buah <i>driver relay</i> dan 1 buah modul ISD17240</p>

2.2 Forklift

Menurut Heno Ardian (2015) *Forklift* adalah mesin yang menggunakan dua garpu untuk mengangkat dan menempatkan beban ke posisi yang biasanya sulit dijangkau. *Forklift* umumnya digunakan dalam gudang rumah, di sekitar dermaga truk, kereta dan di seluruh lokasi konstruksi atau dalam aplikasi militer. Biasanya *Forklift* memiliki ban kecil yang dirancang untuk berjalan pada permukaan aspal dan biasanya didukung oleh sebuah mesin pembakaran *internal* yang berbahan bakar bensin, solar, atau bahan bakar propana. Beberapa *forklift* industri kecil yang didukung oleh sebuah motor listrik berjalan dari baterai *internal*. Ada dua kategori *forklift* yaitu untuk medan industri dan kasar. Untuk *forklift* medan kasar, dirancang untuk berjalan pada permukaan kasar, permukaan beraspal. Jenis *forklift* medan kasar dapat memiliki sebuah menara *vertikal*, yang mengangkat beban lurus ke atas, atau ledakan teleskopis, yang mengangkat beban dan keluar dari dasar mesin.



Gambar 2.1 *Forklift*

Sekarang *forklift* banyak dibutuhkan untuk pengoperasian gudang. Setiap perusahaan atau perusahaan manufaktur hampir secara keseluruhan memiliki *forklift*. Hampir setiap gudang setidaknya punya satu *forklift*, sebuah perangkat yang dapat mengangkat puluhan bahkan ratusan kilogram dengan bantuan dua garpu terbuat dari logam besi. *Forklift* adalah kendaraan seperti truk kecil, yang dikendarai oleh operator yang bisa mengangkat kontainer atau bahan menggunakan dua buah garpu. *Forks*, juga disebut *tines* atau pisau, biasanya terbuat dari baja dan mampu mengangkat berat berton-ton.

Biasanya *Forklift* difungsikan sebagai alat angkut dalam pemindahan barang berkapasitas besar baik *indoor* maupun *outdoor*, termasuk dalam kegiatan bongkar muat barang di pelabuhan, pabrik, gudang, ekspedisi, supermarket, dll. Dioperasikan secara *electric* untuk dapat menaik turunkan beban serta bermanuver dengan jarak yang cukup jauh. Operator dapat dengan mudah mengoperasikan alat ini dengan duduk diatas *cab operator* yang telah disediakan dengan beragam fitur, diantaranya layar LCD digital *multi* fungsi, tombol kendali kecepatan, alarm, rem otomatis, sabuk pengaman, dll.

Alat ini sangat ramah lingkungan dan tidak menimbulkan polusi, bahkan telah dilengkapi sistem manajemen baterai dan menghindari pembuangan baterai. Penggunaan *forklift* dinilai sangat membantu karena selain dapat menghemat

biaya operasional, produktifitas kerja pun meningkat. Kapasitas *forklift* biasanya secara umum berkisar antara 1 ton – 10 ton dengan daya angkat masing – masing unitnya mampu menjangkau ketinggian 3 meter hingga 6 meter.

2.2.1 Jenis – Jenis *Forklift*

Menurut Heno Ardian (2015) ada 2 macam jenis sumber energi yang populer digunakan digunakan oleh *forklift*.

1. *Forklift diesel*

Forklift ini menggunakan mesin *diesel* sebagai penggerakannya. Secara otomatis, *forklift* ini berbahan bakar solar dan biasanya memiliki jenis ban yang terbuat dari karet seperti ban kendaraan pada umumnya.

2. *Forklift electric*

Forklift ini menggunakan tenaga baterai sebagai sumber energinya. Baterai ini mempunyai *lifetime* sehingga diperlukan sebuah alat untuk *me-recharge* sehingga baterai dapat berfungsi kembali. Fungsi perawatan ini sangat penting untuk kelangsungan hidup dari sebuah baterai.

2.2.2 Bagian Utama *Forklift*

Menurut Heno Ardian (2015) pada umumnya *forklift* tersusun atas :

1. *Fork*

Adalah bagian utama dari sebuah *forklift* yang berfungsi sebagai penopang untuk membawa dan mengangkat barang. *Fork* berbentuk dua buah besi lurus dengan panjang rata-rata 2.5 m. Posisi peletakan barang di atas *pallet* masuk ke dalam *fork* juga menentukan beban maksimal yang dapat diangkat oleh sebuah *forklift*.

2. *Carriage*

Carriage merupakan bagian dari *forklift* yang berfungsi sebagai penghubung antara *mast* dan *fork*. Ditempat inilah *fork* melekat. *Carriage* juga berfungsi sebagai sandaran dan pengaman bagi barang-barang dalam *pallet* untuk transportasi atau pengangkatan.

3. *Mast*

Mast adalah bagian utama terkait dengan fungsi kerja sebuah *fork* dalam *forklift*. *Mast* adalah satu bagian yang berupa dua buah besi tebal yang terkait dengan *hydrolic system* dari sebuah *forklift*. *Mast* ini berfungsi untuk *lifting* dan *tilting*.

4. *Overhead Guard*

Overhead guard merupakan pelindung bagi seorang *forklift driver*. Fungsi perlindungan ini terkait dengan *safety* user dari kemungkinan terjadinya barang yang jatuh saat diangkat atau diturunkan, juga sebagai pelindung dari panas dan hujan.

5. *Counterweight*

Counterweight merupakan bagian penyeimbang beban dari sebuah *forklift*. Letaknya berlawanan dengan posisi *fork*.

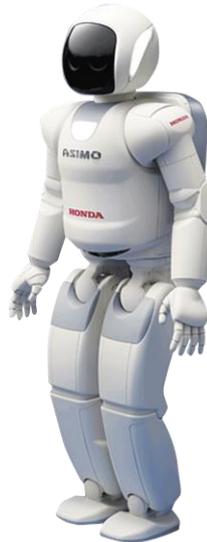


Gambar 2.2 Bagian – bagian *forklift*

2.3 Robot

Robot berasal dari kata “Robota” yang dalam bahasa Cheko berarti pekerja. Robot juga merupakan alat mekanik yang diciptakan untuk membantu dan meringankan pekerjaan manusia untuk melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan dikendalikan manusia maupun menggunakan program untuk

menjalankannya. Secara umum robot adalah peralatan yang dapat menghasilkan gerakan (Winarno, 2011).



Gambar 2.3 Robot

2.3.1 Jenis – Jenis Robot

Menurut Hartini (2016) jenis-jenis robot ada 4 bagian yaitu:

1. *Non Mobile Robot*

Robot ini tidak dapat berpindah posisi dari satu tempat ke tempat lainnya, sehingga robot tersebut hanya dapat menggerakkan beberapa bagian dari tubuhnya dengan fungsi tertentu yang telah dirancang. Contoh : robot *manipulator* berlengan.

2. *Mobile Robot*

Mobile dapat diartikan bergerak, sehingga robot ini dapat memindahkan dirinya dari satu tempat ke tempat lain. dari segi manfaat, robot ini diharapkan dapat membantu manusia dalam melakukan otomasi dalam transportasi, platform bergerak untuk robot industri, eksplorasi tanpa awak dan masih banyak lagi. Contoh : *Robot Line Follower*.

3. Gabungan *Mobile Robot* dan *Non Mobile Robot*.

Robot ini merupakan penggabungan dari fungsi-fungsi pada robot *mobile* dan *non mobile*. sehingga keduanya saling melengkapi dimana robot *non*

mobile dapat terbantu fungsinya dengan bergerak dari satu tempat ke tempat lain.

4. Robot *Humanoid*.

Robot ini dirancang dengan menirukan anatomi dan perilaku manusia. Fungsi-fungsi tubuh manusia baik lengan, kaki, mata, dan pergerakan sendi kepala dan bagian lainnya sebisa mungkin diterapkan di robot ini. Contoh : Robot ASIMO buatan jepang.

2.4 Robot Pengikut Garis (*Line Follower*)

Menurut Koko Joni (2016) robot *line follower* merupakan robot yang dapat mengikuti jalur lintasan. Jalur ini bisa berupa garis berwarna hitam diatas permukaan putih atau sebaliknya. Sensor yang digunakan untuk robot *line follower* ini adalah sensor warna, *infrared*, *photodiode* atau LDR

2.5 LEGO Mindstorms EV3

Menurut Mf Nugraha (2017) Lego Mindstorms EV3 (*Evolution 3*) adalah *kit robotika* generasi ketiga di jajaran Lego Mindstorms. Ini adalah penerus dari generasi kedua yaitu Lego Mindstorms NXT 2.0. Penunjukan "EV" mengacu pada "*Evolusi*" dari lini produk Mindstorms. "3" merujuk pada fakta bahwa itu adalah modul komputer generasi ketiga, yang pertama adalah RCX dan yang kedua adalah NXT. Lego Mindstorms EV3 sendiri Secara resmi diumumkan pada 4 Januari 2013 dan dirilis di toko-toko pada 1 September 2013. Edisi pendidikan dirilis pada 1 Agustus 2013.

Perubahan terbesar dari Lego Mindstorms dari NXT dan NXT 2.0 ke EV3 adalah kemajuan teknologi dalam *Brick* yang dapat diprogram. Prosesor utama NXT adalah mikrokontroler ARM7, sedangkan EV3 memiliki CPU ARM9 yang lebih kuat. Lego Mindstorm EV3 memiliki USB konektor dan Micro SD Slot (*up to* 32GB). Lego Mindstorms EV3 memiliki beberapa varian yaitu Lego Mindstorms Home (31313) dan Lego Mindstorm Education (45544). Pada Set EV3 Home (31313) terdiri dari: 1 *Brick* EV3 yang dapat diprogram, 2 Motor Besar, 1 Motor Sedang, 1 Sensor Sentuh, 1 Sensor Warna, 1 Sensor Inframerah, 1

Remote Control, kabel, kabel USB. Sedangkan pada Set Pendidikan EV3 *Core Set* (45544) terdiri dari: 1 *Brick* EV3 yang dapat diprogram, 2 Motor Besar, 1 Motor Sedang, 2 Sensor Sentuh, 1 Sensor Warna, 1 Sensor gyro, 1 Sensor Ultrasonik, kabel, kabel USB dan 1 baterai isi ulang.



Gambar 2.4 Lego Mindstorms EV3

Tabel 2.2 Tabel Perbandingan Lego EV3, NXT dan RCX

Device	EV3	NXT	RCX
Release Date	September 2013	July 2006	1998
Display	178×128 pixel Monochrome LCD	100×64 pixel Monochrome LCD	Segmented Monochrome LCD
Main Processor	TI Sitara AM1808 (ARM926EJ- S core) @300 MHz	Atmel AT91SAM7S256 (ARM7TDMI core) @48 MHz	Hitachi H8/300 @16 MHz
Main Memory	64 MB RAM 16 MB Flash microSDHC Slot	64 KB RAM 256 KB Flash	32 KB RAM 16 KB ROM
USB Host Port	Yes	No	No
WiFi	Optional dongle via USB port	No	No
Bluetooth	Yes	Yes	No
Connects to Apple devices	Yes	No	No

2.6 Komponen Lego Mindstorms EV3

Lego Mindstorms EV3 memiliki beberapa komponen, antara lain :

2.6.1 EV3 Brick

Menurut Ika Sunarsih (2017) *Brick* adalah komponen paling penting dari robot EV3, karena berfungsi sebagai pengendali (otak dan sumber tenaga robot EV3). Program yang sudah dibuat dapat di upload ke EV3 *Brick* untuk di *compile*. *Brick* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 EV3 Brick

Spesifikasi EV3 *Brick* :

1. ARM main microprocessor @300 MHz (16 MB flash memory, 64 MB RAM ditambah slot ekspansi microSD hingga 32 GB).
2. LCD display 172 x 128 pixel
3. Bluetooth V2.1
4. Satu port USB 2.0 interface memungkinkan untuk konektivitas WiFi.
5. Empat port input: port 1, port 2, port 3, dan port 4 yang menghubungkan hingga 4 sensor pada saat yang sama termasuk sensor NXT.
6. Empat port output : port A, port B, port C, dan port D yang menghubungkan hingga 4 motor.
7. *Speaker* terintegrasi untuk mengeluarkan output suara.
8. Tiga tombol : kembali, pusat, navigasi (kiri, kanan, atas , bawah).
9. Kompatibel untuk iOS dan Android 7

Penggunaan dua *processor* membuat Lego Mindstorms EV3 dapat menjalankan lebih dari satu *Thread* pada program. Hal ini disebabkan oleh adanya 2 (dua) processor yang mengerjakan fungsi yang berbeda pada saat bersamaan. Mikrokontroler ARM9 berfungsi sebagai *master controller* yang fungsi utamanya mengatur jalur komunikasi. Fungsi dari mikrokontroler (PMW) untuk mengendalikan empat motor, serta *Analog to Digital Converter* (ADC) dari terminal masukan. Tampilan pada layar LCD *Brick* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 EV3 Tampilan Layar *Brick*

Brick Status adalah cahaya yang mengelilingi Tombol *Brick* yang memberitahu Anda status saat ini dari EV3 *brick*. Cahaya ini dapat menjadi hijau, oranye, atau merah, dan dapat berkedip. Status *brick* kode Cahaya adalah sebagai berikut:

1. *Red = Startup, Updating, Shutdown*
2. *Red pulsing = Busy*
3. *Orange = Alert, Ready*
4. *Orange pulsing = Alert, Running*
5. *Green = Ready*
6. *Green pulsing = Running program*

Kita juga dapat memprogram status cahaya *Brick* untuk menunjukkan warna yang berbeda dan pulsa ketika kondisi yang berbeda terpenuhi. Untuk bagian-bagian yang terdapat pada sisi EV3 *Brick* bisa kita lihat pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 EV3 Brick Bagian Atas

Pada bagian *port* PC terdapat *mini-USB* yang terletak disebelah *port* D, digunakan untuk menghubungkan EV3 Brick ke Komputer. Port A, B, C, dan D sebagai *port output* yang digunakan untuk menghubungkan motor ke EV3 Brick. Brick bagian atas bisa dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 EV3 Brick Bagian Bawah

Untuk bagian bawah EV3 Brick terdapat port 1, 2, 3 dan 4 sebagai *port input* yang digunakan untuk menghubungkan sensor dengan EV3 Brick. Tampilan pada sisi Brick bagian bawah dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 EV3 Brick Bagian Kanan

Bagian sebelah kanan EV3 Brick terdapat *Speaker* yang berfungsi sebagai output suara yang digunakan dalam pemrograman robot. Tampilan Brick bagian sebelah kanan dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 EV3 *Brick* Bagian Kiri

Pada bagian *port* USB *Host* dapat digunakan untuk menambahkan USB Wi-Fi dongle untuk menghubungkan ke jaringan nirkabel, atau untuk menghubungkan dua hingga empat EV3 *Bricks* secara bersamaan. *Port* SD Card untuk meningkatkan memori yang sudah tersedia pada EV3 *Brick* dengan SD Card (Maksimum 32 GB). *Brick* bagian kiri dapat dilihat pada Gambar 2.10.

Brick dapat kita ibaratkan seperti CPU pada komputer, yang berfungsi untuk mengolah data. *Brick* berfungsi untuk mengendalikan jalannya robot sesuai dengan program yang kita buat. Pada pembuatan program dengan EV3 kita dapat melakukan dengan 2 cara :

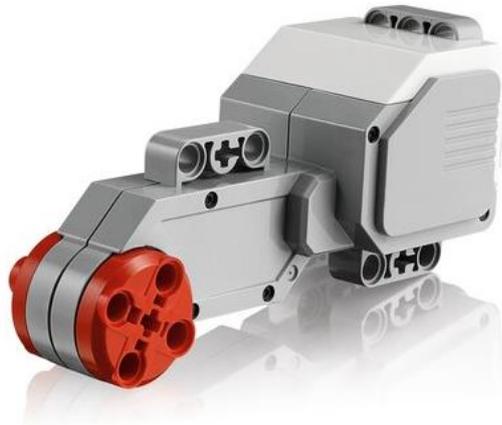
1. Membuat program secara langsung pada EV3 *Brick*.
2. Membuat program melalui komputer, selanjutnya kita upload ke EV3 *Brick*.

Untuk program-program yang sederhana kita dapat membuatnya secara langsung pada EV3 *Brick*, sedangkan untuk program-program yang kompleks dan rumit kita dapat membuatnya di komputer terlebih dahulu.

2.6.2 Motor

Menurut Mf Nugraha (2017) Motor pada Lego Mindstorms EV3 ada dua jenis motor, Motor *Large* dan Motor *Medium* yang berfungsi untuk menggerakkan bagian robot seperti memutar roda atau menjadi sendi. Satu *Brick* bisa dipasang hingga empat buah motor. Motor pada EV3 Mindstorms tidak menggunakan motor DC biasa. Motor DC memiliki keterbatasan dalam hal kemampuan torsi putar, karena motor DC tidak mempunyai umpan balik untuk mengadaptasi beban pada motor DC.

Pada robot Lego Motor yang dipakai adalah motor DC servo yang dilengkapi dengan sebuah *encoder* yang berfungsi sebagai umpan balik, sehingga pusat pengendalian dapat memberikan arus yang sesuai dengan beban pada motor. Kecepatan sudut maksimum motor adalah satu putaran per detik. Servo juga dapat digunakan untuk menghitung derajat perputaran atau rotasi. Akurasi dari servo motor mencapai kurang satu derajat. Torsi yang besar yang didapat dalam waktu singkat merupakan kelebihan motor servo. Kekurangan motor servo adalah kurangnya akurasi sehingga diperlukan suatu pengendali yang dapat meningkatkan keakuratan. Gambar 2.11 menunjukkan Motor *Large* dan Motor *Medium* Lego Mindstorms EV3 :



Gambar 2.11 Motor *Large*

Motor *Large* merupakan motor kuat dan “cerdas” yang memiliki *built-in* Rotasi Sensor dengan resolusi 1 derajat untuk kontrol yang tepat. Motor *Large* dioptimalkan untuk menjadi basis mengemudi pada robot. Dengan menggunakan *7 Move Steering* atau pindahkan blok pemrograman *Tank* di *Software* EV3-G, Motor besar akan mengkoordinasikan tindakan secara bersamaan.



Gambar 2.12 Motor *Medium*

Motor *Medium* juga termasuk *built-in* Rotasi Sensor dengan resolusi satu derajat, tetapi lebih kecil dan lebih ringan. Itu berarti ia mampu merespon lebih cepat. Motor *Medium* dapat diprogram untuk mengaktifkan atau menonaktifkan, mengendalikan tingkat daya, atau untuk menjalankan untuk jumlah waktu tertentu atau rotasi. Dari keterangan dua motor diatas dapat kita bandingkan yakni:

1. Motor *Large* berjalan pada 160-170 rpm, dengan torsi berjalan dari 20 Ncm dan torsi 40Ncm (lambat, tapi kuat).
2. Motor *Medium* berjalan pada 240-250 rpm, dengan torsi berjalan dari 8 Ncm dan torsi 12 Ncm (lebih cepat, tapi kurang kuat).

2.6.3 Sensor Warna (*Color Sensor*)

Menurut David dan Ivan (2017) Sensor warna adalah salah satu sensor yang memberikan robot penglihatan (layaknya sensor ultrasonik) Sensor warna adalah sensor digital yang dapat mendeteksi warna atau intensitas cahaya. Sensor warna EV3 mampu mendeteksi objek dengan tujuh macam warna dan objek yg tidak berwarna. Hal ini dapat membedakan antara 8 warna atau hitam-putih atau antara biru, hijau, kuning, merah, putih, dan coklat. Sensor ini dapat digunakan dalam tiga mode yang berbeda:

1. Mode *Color*, sensor warna yang mengakui tujuh warna hitam, biru, hijau, kuning, merah, putih, coklat-plus dan tidak berwarna. Kemampuan untuk membedakan antara warna berarti robot kita mungkin diprogram untuk mengurutkan benda berwarna atau blok, berbicara nama-nama warna seperti yang terdeteksi, atau menghentikan tindakan ketika melihat warna merah.
2. Mode Intensitas Cahaya yang dipantulkan, sensor warna mengukur intensitas cahaya yang dipantulkan kembali dari lampu memancarkan cahaya merah. Sensor menggunakan skala 0 (sangat gelap) hingga 100 (sangat ringan). Ini berarti robot kita mungkin diprogram untuk bergerak pada permukaan putih sampai garis hitam terdeteksi, atau untuk menafsirkan kartu identitas kode warna.

3. Mode Intensitas Cahaya yang ada disekitarnya, sensor warna mengukur kekuatan cahaya yang masuk dari jendela lingkungannya, seperti sinar matahari atau sinar senter. Sensor menggunakan skala 0 (sangat gelap) hingga 100 (sangat ringan). Ini berarti robot kita mungkin diprogram untuk menonaktifkan alarm ketika matahari terbit di pagi hari, atau menghentikan tindakan jika lampu mati.

Tingkat sampel Sensor warna adalah 1 kHz/detik, untuk akurasi terbaik, ketika di *Color Mode* atau Modus Tercermin Intensitas Cahaya, sensor harus dipegang di sudut kanan, tetapi tidak menyentuh permukaan. Dalam menggunakan deteksi warna seperti dapat dilihat pada Gambar 2.13, ada tiga fungsi utama yang harus diperhatikan, yaitu:

1. Sensor warna

Untuk mendapatkan deteksi warna yang optimal, sensor harus diarahkan dalam sudut yang tepat sekitar 1 cm ke permukaan. Pembacaan warna yang salah dapat terjadi jika sensor ini diarahkan di sudut lain ke permukaan atau jika digunakan dalam cahaya terang.

2. Sensor cahaya

Sensor dapat digunakan untuk mengambil pembacaan intensitas cahaya tunggal. Ini berfungsi sebagai sensor cahaya ketika warna cahaya diatur ke warna merah. Dengan menggunakan warna terang (hijau atau biru) dapat memberikan hasil yang berbeda. Sensor ini dapat digunakan untuk membaca intensitas cahaya dari lingkungan atau pantulan cahaya. Salah satu dari tiga warna bisa bersinar ketika membaca cahaya yang dipantulkan.

3. Lampu warna

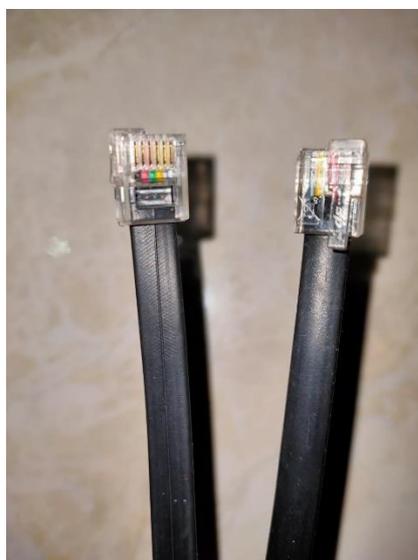
Sensor dapat digunakan sebagai lampu warna untuk mengontrol warna keluaran individu (merah, hijau, atau biru) dan menambahkan kepribadian untuk robot.



Gambar 2.13 Sensor Warna (*Color Sensor*)

2.6.4 Konektor

Menurut Mf Nugraha (2017) sensor dihubungkan ke EV3 Brick menggunakan suatu *6-position* modular *connector* yang mengutamakan kedua antarmuka digital dan analog. Antarmuka yang analog adalah *backward-compatible* (dengan menggunakan suatu adapter) dengan *Robotics Invention System* yang lama. Antarmuka yang digital mampu untuk kedua komunikasi I2C dan RS-485.



Gambar 2.14 Konektor

Tabel 2.3 EV3 Sensor Interface Pin-Out

<i>Pin</i>	<i>Name</i>	<i>Function</i>	<i>Color</i>
1	<i>ANALOG</i>	<i>Analog interface, +9V Supply</i>	<i>White</i>
2	<i>GND</i>	<i>Ground</i>	<i>Black</i>
3	<i>GND</i>	<i>Ground</i>	<i>Red</i>
4	<i>IPOWERA</i>	<i>+4.3V Supply</i>	<i>Green</i>
5	<i>DIGIA10</i>	<i>I2C Clock (SCL), RS-485 B</i>	<i>Yellow</i>
6	<i>DIGIA11</i>	<i>I2C Clock (SDA), RS-485 A</i>	<i>Blue</i>

2.6.5 Komponen Tambahan

Menurut Mf Nugraha (2017) selain komponen utama, ada juga komponen tambahan untuk membuat robot lego mindstorms EV3. Komponen tambahan berupa berbagai macam part yang dapat dikreasikan menjadi bentuk yang bervariasi sesuai dengan keinginan atau fungsi yang dibutuhkan. Adapun komponen-komponen yang terdapat di robot lego Mindstorms EV3 secara lengkap, dapat dilihat pada Gambar 2.15:

**Gambar 2.15** Komponen Tambahan EV3

2.7 Lego Mindstorms EV3 Education

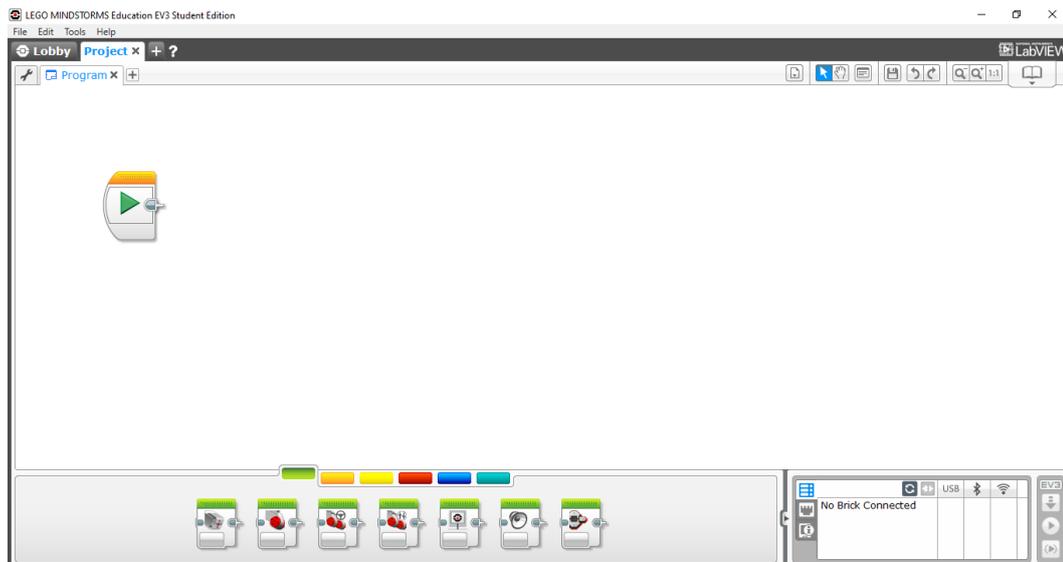
Menurut Ika Sunarsih (2017) Untuk menjalankan robot Lego Mindstorms EV3, robot tersebut harus diprogram dengan algoritma yang kita inginkan. Ada banyak bahasa pemrograman yang dapat digunakan untuk memprogram EV3, salah satunya adalah Lego Mindstorms EV3 *Education*. Lego Mindstorms EV3 *Education* adalah *Software* untuk memprogram EV3 *Brick* dari komputer yang dapat dilakukan secara grafikal. *Software* ini menggunakan *Icon-Based* sehingga mempermudah untuk memprogram robot yang dirancang.

Dalam program Lego Mindstorms EV3 *Education*, layar ditampilkan di waktu *startup* disebut *Lobby* seperti pada Gambar 2.16. Isi *Lobby* adalah menu untuk mengakses setiap fungsi dari program Lego Mindstorms EV3 *Education*.



Gambar 2.16 Lego Mindstorms EV3 *Education*

Lembar *Project* adalah halaman yang digunakan untuk membuat program dengan menggunakan blok pemrograman, seperti pada Gambar 2.17.

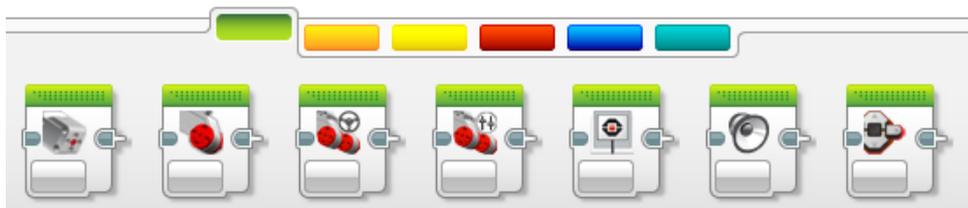


Gambar 2.17 Lembar *Project*

2.8 Programming Blocks and Palettes

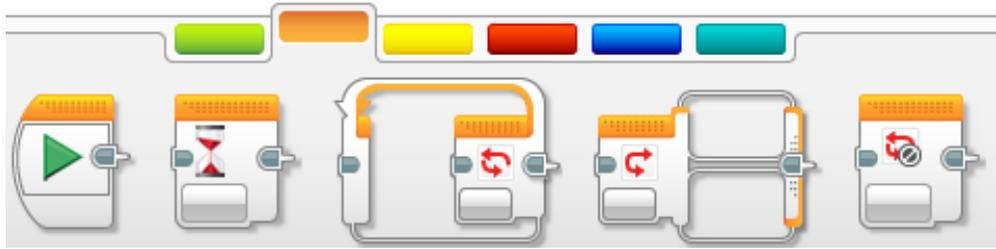
Menurut Ika Sunarsih (2017) Semua blok pemrograman yang digunakan untuk mengendalikan robot Anda berada di *Palette Programming* di bagian bawah antarmuka Pemrograman bawah kanvas *Programming*. Blok Pemrograman dibagi ke dalam kategori menurut jenis dan sifat, sehingga mudah untuk menemukan blok yang Anda butuhkan.

Untuk sekilas video pemrograman, bisa dilihat di bagian *Quick Start* dari *Lobby* dan juga dapat menemukan informasi lebih lanjut tentang bagaimana program di teks “*help*” pada *Lego Mindstorms EV3 Education*. Pada “*Programming Palettes*” terdapat blok program sebagai berikut



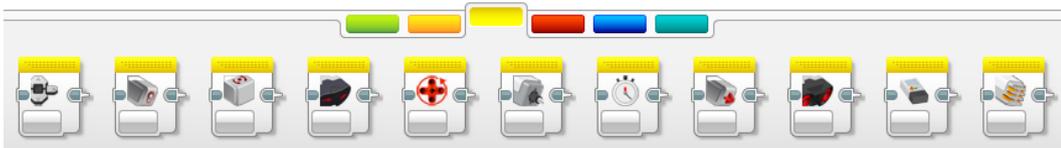
Gambar 2.18 *Action Blocks*

Pada *Action Blocks* terdapat blok program untuk *Medium Motor*, *Large Motor*, *Move Steering*, *Move Tank*, *Display*, *Sound*, *Brick Status Light*. Seperti pada Gambar 2.18.



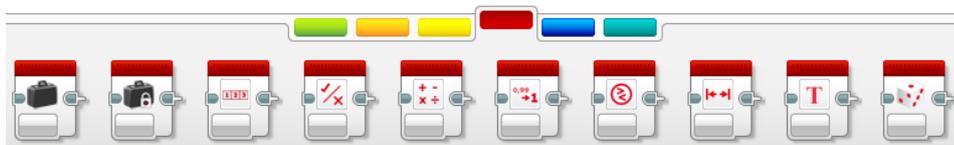
Gambar 2.19 *Flow Control*

Pada Flow Control Blocks berisikan *block Start, Wait, Loop, Switch Loop Interrupt*. Blok ini biasa digunakan untuk memprogram robot. Blok-blok pada *Flow Control* dapat dilihat pada Gambar 2.19.



Gambar 2.20 *Sensor Blocks*

Pada block Sensor terdapat *block Brick Buttons, Colour Sensor, Gyro Sensor, Infrared Sensor, Motor Rotation, Temperature Sensor, Timer, Touch Sensor, Ultrasonic Sensor, Energy Meter* dan *NXT Sound Sensor*. Seperti pada Gambar 2.20.



Gambar 2.21 *Data Operations*

Dibagian Data Operations berisikan *block Variable, Constant, Array Operations, Logic Operations, Math, Round, Compare, Range, Text* dan *Random*. Seperti pada Gambar 2.21.



Gambar 2.22 *Advance*

Pada Advanced terdapat *block File Access, Data Logging, Messaging, Bluetooth Connection, Keep Awake, Raw Sensor Value, Unregulated Motor, Invert Motor, Stop Program dan Comment*. Seperti pada Gambar 2.22.



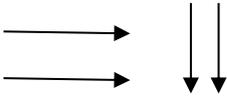
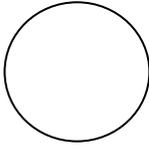
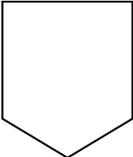
Gambar 2.23 My Blocks

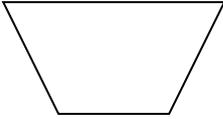
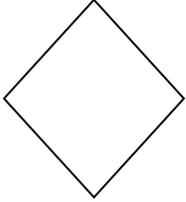
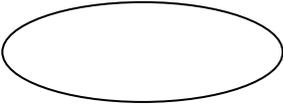
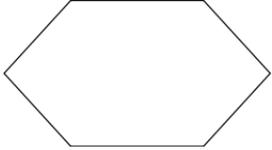
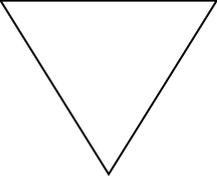
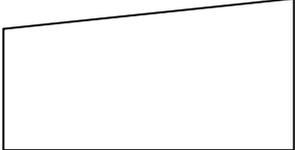
Pada My Blocks berisi *Block* yang telah anda buat. Ini sangat membantu ketika kita berulang kali akan menggunakan bagian yang sama dari sebuah program. Seperti pada Gambar 2.23.

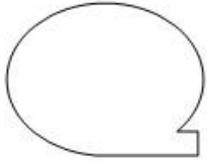
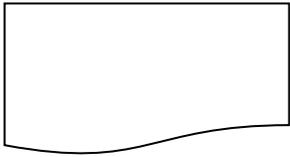
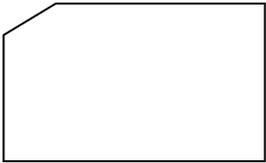
2.9 Flowchart

Menurut Ika Sunarsih (2017) Simbol-simbol flowchart yang biasanya dipakai adalah simbol-simbol flowchart standar yang dikeluarkan oleh ANSI dan ISO. Simbol-simbol ini dapat dilihat pada gambar berikut ini :

Tabel 2.4 Simbol-simbol *Flowchart*

NO	SIMBOL	KETERANGAN
1		Simbol arus / <i>flow</i> , yaitu menyatakan jalannya arus suatu proses
2		Simbol <i>connector</i> , menyatakan sambungan dari proses ke proses lainnya dalam halaman yang sama
3		Simbol <i>offline connector</i> , menyatakan sambungan dari proses ke proses lainnya dalam halaman yang berbeda
4		Simbol proses, yaitu menyatakan suatu tindakan (proses) yang dilakukan oleh <i>computer</i>

5		Simbol <i>manual</i> , menyatakan suatu tindakan (proses) yang tidak dilakukan oleh komputer
6		Simbol <i>decision</i> , yaitu menunjukkan suatu kondisi tertentu yang akan menghasilkan dua kemungkinan jawaban : ya / tidak
7		Simbol <i>terminal</i> , yaitu menyatakan permulaan atau akhir suatu program
8		Simbol <i>predefined process</i> , menyatakan persediaan tempat penyimpanan suatu pengolahan untuk memberi harga awal
9		Simbol <i>keying operation</i> , menyatakan segala jenis operasi yang diproses dengan menggunakan suatu mesin yang mempunyai <i>keyboard</i>
10		Simbol <i>offline-storage</i> , menunjukkan bahwa data dalam <i>symbol</i> ini akan disimpan ke dalam suatu media tertentu
11		Simbol <i>manual input</i> , menyatakan data secara manual dengan menggunakan <i>online keyboard</i>
12		Simbol <i>input / output</i> , menyatakan proses <i>input</i> atau <i>output</i> tanpa tergantung jenis peralatannya

13		Simbol <i>magnetic tape</i> , menyatakan <i>input</i> berasal dari pita magnetis atau <i>output</i> tersimpan ke dalam pita magnetis
14		Simbol <i>disk storage</i> , menyatakan input berasal dari <i>disk</i> atau <i>output</i> tersimpan ke dalam disk
15		Simbol <i>document</i> , mencetak keluaran dalam bentuk dokumen (memulai <i>printer</i>)
16		Simbol <i>punched card</i> , menyatakan <i>input</i> berasal dari kartu atau <i>output</i> ditulis ke kartu