BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 LEGO Mindstroms EV3

LEGO Mindstorms EV3 adalah generasi ketiga dari LEGO. Ini merupakan penerus dari LEGO Mindstorms NXT seri 2.0 generasi kedua. The "EV3" penunjukan berarti bahwa itu ialah evolusi dari seri NXT sebelumnya. Robot LEGO Mindstorms EV3 Secara resmi diumumkan pada tanggal 4 Januari 2013.

Perubahan terbesar dari NXT untuk seri EV3 adalah perbaikan teknologi *brick* yang dapat diprogram. Prosesor utama dari NXT merupakan mikrokontroler ARM7, sedangkan EV3 memiliki prosesor ARM9. EV3 memiliki sebuah konektor USB dan slot Micro SD, serta dilengkapi pemograman perangkat lunak atau opsional lab VIEW untuk LEGO MINDSTORMS. Berbagai bahasa resmi ada, seperti NXC, NBC leJOS NXJ, dan Robot C (Nugraha, 3, 2017).

LEGO Mindstorms EV3 dapat dibangun dan diprogram, robot tersebut bisa melakukan apa yang diinginkan *user*. Satu set perlengkapan pada LEGO EV3 dapat digunakan untuk membangun dan memprogram robot LEGO cerdas, dan membuatnya melakukan banyak operasi yang berbeda. Robot seperti pada Gambar 2.1 dapat dirakit misalnya dengan sensor yang mengontrol motor dan bereaksi terhadap cahaya, sentuhan, suara, dan lain-lain.



Gambar 2.1 LEGO Mindstroms EV3

2.2 Komponen LEGO Mindstorms EV3

Berikut susunan proses dan komponen-komponen yang digunakan dalam pembuatan robot LEGO Mindstorms EV3.



Gambar 2.2 Blok Diagram Robot LEGO Mindstorms EV3

Kondisi ada atau tidaknya pot yang terdeteksi oleh sensor warna pot akan menjadi data *input* yang dikirim ke LEGO Mindstorms EV3 *Brick* untuk diproses dan menghasilkan *output* ke sensor warna garis. Hasil pembacaan sensor warna garis merupakan data *input* dalam proses mengikuti garis (*line following*) yang dikirim ke *brick* untuk diolah dan menghasilkan output ke LCD, Motor B dan Motor C, serta Motor *Medium*.

2.2.1 EV3 Brick

Brick adalah komponen 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*.

Spesifikasi teknis dari EV3 Brick, yaitu:

- 1. ARM9 main microprossesor @300MHz
- 2. LCD display 178 x 128 pixel.
- 3. Bluetooth V2.1

- 4. Satu port USB 2.0 interface memungkinkan untuk konektifitas 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.

Penggunaan dua prosesor membuat LEGO Mindstroms EV3 dapat menjalankan lebih dari satu *Thread* pada program. Hal ini disebabkan oleh adanya 2 prosesor yang mengerjakan fungsi yang berbeda pada saat bersamaan. *Microcontroller* ARM9 berfungsi sebagai *master controller* yang fungsi utamanya mengatur jalur komunikasi. Fungsi dari *microcontroller* (PMW) untuk mengendalikan empat motor serta *Analog to Digital Converter* (ADC) dari terminal masukan. *Brick* dapat menerima masukkan dari empat sensor, dan menjalankan empat motor sekaligus, EV3 *brick* dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3(a) dan tampilan layar LCD *brick* dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3(b) :



Gambar 2.3(a) EV3 Brick

Gambar 2.3(b) Tampilan pada Layar LCD Brick

Status cahaya pada *brick* yang mengelilingi *Buttons Brick* memberitahu kita, status keadaan EV3 *Brick* saat ini. Cahaya pada *Buttons Brick* seperti pada Gambar

2.4 dapat menjadi hijau, orange, atau merah. Kode status cahaya *Buttons Brick* adalah sebagai berikut:

- 1. Merah = *Startup*, *Updating*, *Shutdown*.
- 2. Merah berdenyut = Sibuk.
- 3. Orange = *Alert*, Siap.
- 4. Orange berdenyut = *Alert*, Menjalankan.
- 5. Hijau = Siap.
- 6. Hijau berdenyut = Menjalankan Program.



Gambar 2.4 Status Cahaya EV3 Brick

Untuk bagian-bagian yang terdapat pada sisi EV3 *brick* bisa kita lihat pada gambar-gambar di bawah ini.



Gambar 2.5 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 dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.6 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 2.6.



Gambar 2.7 EV3 Brick Bagian Kanan

Pada 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 2.7.



Gambar 2.8 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 *Brick* 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 2.8.

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.
- 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.

2.2.2 Motor

Menurut Nugraha (2017:6-7) Motor pada LEGO Mindstroms EV3 mencakup dua jenis motor, Motor *Large* dan Motor *Medium* yang berfungsi untuk menggerakan bagian robot seperti memutar roda atau menjadi sendi. Satu *brick* bisa dipasang hingga empat buah motor. Motor pada EV3 Mindstroms 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 keakurasian. Gambar 2.9 dan Gambar 2.13 menunjukkan Motor *Large* dan Motor *Medium* LEGO Mindstroms EV3.



Gambar 2.9 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 *Move Steering* atau pindahkan blok pemrograman *Tank* di Software EV3-G, motor besar akan mengkoordinasikan tindakan secara bersamaan.

Instruksi untuk membuat robot bergerak dan berbelok dilakukan oleh Motor *Large* yang berputar ke arah yang telah ditentukan di mana kecepatan bernilai positif (contoh, 60), akan menyebabkan rotasi searah jarum jam dan kecepatan bernilai negatif (contoh, -60) akan menyebabkan rotasi berlawanan arah jarum jam. Konsep tersebut juga berlaku pada Motor *Medium*.



Gambar 2.10 Perputaran Motor Large

Ada dua cara untuk membuat robot berbelok, membuat hanya satu motor yang bergerak atau menggunakan kedua motor untuk bergerak dengan arah berlawanan yang disebut dengan "berputar".



Gambar 2.11 Ilustrasi Robot Berbelok Menggunakan Satu Motor

Dalam kasus ini, Motor C memiliki kecepatan sebesar 0 sehingga tidak bergerak. Motor B yang memiliki nilai kecepatan akan bergerak dan membuat robot berbelok ke kanan.

Cara selanjutnya yaitu dengan menggunakan kedua motor dalam arah yang berlawanan. Sebagai contoh, robot akan berputar ke kanan. Motor B harus memiliki kecepatan yang bernilai positif dan Motor C harus memiliki kecepatan yang bernilai negatif sehingga Motor B akan berputar searah jarum jam dan motor C akan berputar berlawanan arah jarum jam.



Gambar 2.12 Ilustrasi Robot Berputar Menggunakan Dua Motor



Gambar 2.13 Motor Medium



Gambar 2.14 Perputaran 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:

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

2.2.3 Sensor Warna (Color Sensor)

Sensor warna adalah salah satu sensor yang memberikan robot penglihatan (layaknya sensor ultrasonik). Sensor warna sebenarnya memiliki tiga fungsi yang berbeda dalam satu alat. Sensor warna adalah sensor digital yang dapat mendeteksi warna atau intensitas cahaya (David dan Ivan, 43, 2012). Sensor warna EV3 mampu mendeteksi objek dengan tujuh macam warna dan objek yg tidak berwarna (tidak ada warna yang terdeteksi). Hal ini dapat membedakan antara warna atau hitamputih atau antara biru, hijau, kuning, merah, putih, dan coklat. Sensor ini dapat digunakan dalam tiga mode yang berbeda:

1. Mode *Color*, sensor warna yang mangakui 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 Intesitas 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 terang). Ini berarti robot kita mungkin diprogram untuk menonaktifkan alarm ketika matahariterbit 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 sensor warna seperti pada Gambar 2.15, ada tiga fungsi utama yang harus diperhatikan, yaitu:

1. Sensor warna

Untuk mendapatkan deteksi warna yang dioptimal, 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

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



Gambar 2.15 Sensor Warna (Color Sensor)

Dalam proses pembacaan garis digunakan Mode Intesitas Cahaya yang dipantulkan (Reflected Light Intensity). Mode RLI mengukur total jumlah cahaya pantulan yang memasuki sensor. Ini termasuk pantulan dari LED merah, ditambah cahaya apapun yang ada dalam ruangan. Untuk mengurangi gangguan dari sumber cahaya lainnya, sensor harus diposisikan dekat dengan permukaan yang akan diukur tetapi tidak menyentuh permukaan tersebut. Nilai RLI yang ditangkap oleh sensor dapat dilihat pada *brick* dengan memilih tab Brick App > Port View, kemudian pilih port yang tersambung dengan sensor warna garis.



Gambar 2.16 Nilai RLI yang Ditampilkan di LCD

Nilai RLI memiliki rentang 0-100%. Berikut gambaran rentang nilai RLI pada permukaan gelap, terang, dan di perbatasan daerah gelap dan terang.



Gambar 2.17 Rentang Nilai RLI

Untuk proses pendeteksian warna pot menggunakan Mode *Color* yang dapat mengenali warna hitam, biru, hijau, kuning, merah, putih, coklat-plus dan tidak berwarna. Sensor akan mendeteksi warna dari pot yang dilewatinya yang berjarak 1-2 cm kemudian mengaktifkan Motor *Medium*.

2.2.4 Konektor

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 (Nugraha, 9, 2017).

Pin	Name	Function	Color
1	ANALOG	Analog interface, +9V Supply	White
2	GND	Ground	Black
3	GND	Ground	Red
4	IPOWERA	+4.3V Supply	Green
5	DIGIAI0	I2C Clock (SCL),RS-485 B	Yellow
6	DIGIAI1	I2C Data (SDA), RS-485 A	Blue

Tabel 2.1 EV3 Sensor Interface pin-out

2.3 Program LEGO Mindstorms EV3

Menurut Sunarsih (2017:15) Untuk menjalankan robot EV3, kita harus memprogram robot tersebut dengan algoritma yang kita inginkan. Ada banyak bahasa pemrograman yang dapat digunakan untuk memprogram EV3, salah satunya adalah LEGO Mindstorms EV3 *Home Edition*.

LEGO Mindstorms EV3 *Home Edition* 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. Selain dapat memprogram melalui PC / Laptop, kita juga bisa memprogram robot LEGO Mindstorms EV3 dari ponsel / tablet.

Dalam program LEGO Mindstorms EV3 *Home Edition*, layar ditampilkan di waktu *startup* disebut *Lobby* seperti pada Gambar 2.18. Isi *Lobby* adalah menu untuk mengakses setiap fungsi dari program LEGO Mindstorms EV3 *Home Edition*.



Gambar 2.18 LEGO Mindstorms EV3 Home Edition Lobby

Lembar *Project* adalah halaman yang digunakan untuk membuat program dengan menggunakan blok pemrograman, seperti pada Gambar 2.19.



Gambar 2.19 Lembar Project

2.3.1 Programming Blocks and Palettes

Semua blok pemrograman yang digunakan untuk mengendalikan robot berada di *Programming Palettes* pada bagian bawah *Programming Canvas*. Blok Pemrograman dibagi ke dalam kategori sesuai dengan jenis dan sifat, sehingga mudah untuk menemukan blok yang dibutuhkan (Nugraha, 14, 2017).

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 EV3-G. Pada *Programming Palettes* terdapat blok program sebagai berikut:



Gambar 2.20 Action Blocks

Pada Action Blocks terdapat block program untuk Motor *Medium*, Motor *Large*, *Move Steering*, *Move Tank*, *Display*, *Sound*, *Brick* Status *Light*.



Gambar 2.21 Flow Control

Bagian Flow Control berisikan block Start, Wait, Loop, Switch, Loop Interrupt. Block ini biasa digunakan untuk memprogram robot.



Gambar 2.22 Block Sensor

Pada block Sensor terdapat block Brick Buttons, Sensor Colour, Sensor Gyro, Sensor Infrared, Motor Rotation, Sensor Temperature, Timer, Sensor Touch, Sensor Ultrasonic, Energy Meter, Sensor Sound NXT.



Gambar 2.23 Data Operations

Dibagian Data Operations berisikan block Variable, Constant, Array Operations, Logic Operations, Math, Round, Compare, Range, Text, Random.



Gambar 2.24 Advance

Pada Advanced terdapat block File Access, Data Logging, Messaging, Bluetooth Connection, Keep Awake, Raw Sensor Value, Unregulated Motor, Invert Motor, Stop Program.



Gambar 2.25 My Blocks

My Blocks berfungsi ketika kita berulang kali menggunakan bagian yang sama dari sebuah program di banyak program, itu merupakan saat yang tepat untuk membuat *My Blocks*.

2.3.2 Data Logging

Menurut Nugraha (2017:17-19) EV3-G tidak hanya merekam data, tetapi dapat membantu kita untuk mengatur dan menganalisanya. Data Logging terdiri dari bidang utama sebagai berikut:

- 1. *Graph Area* Untuk melihat dan menganalisa plot data.
- Configuration Panel Disini kita menyiapkan eksperimen, mengelola dataset, dan mendapatkan akses ke Dataset Perhitungan dan Grafik Programming, fungsi data logging khusus.
- 3. Hardware Page Untuk membangun dan mengelola komunikasi dengan EV3 Brick, melihat posisi motor dan sensor yang terhubung. Hardware Page tempat untuk men-download program ke EV3 Brick. Tombol pada pengendali Hardware Page memiliki fungsi sebagai berikut:
 - Download –Untuk men-download program ke EV3 Brick.
 - *Download* and *Run* –Men-*download* program EV3 *Brick* dan segera menjalankan program.

- *Download* and *Run Selected* –Men-*download* hanya blok yang disorot ke EV3 *Brick* dan segera menjalankan program.
- *Upload* –Meng-*Upload* dataset yang dikumpulkan dari EV3 *Brick* ke Percobaan.



Gambar 2.26(a) Graph Area



Gambar 2.26(b) Configuration Panel

A A	B	C	D	EV
	2	3	4	
Channel and Channe				

Gambar 2.26(c) Hardware Page

Pada Gambar 2.26(a) di sini kita mempersiapkan sebuah eksperimen dengan memilih durasi sampel, menilai dan memilih sensor apa yang digunakan untuk mengumpulkan data. Untuk setiap sensor, kita juga harus memilih mode sensor, karena sebagian besar sensor dapat memberikan berbagai jenis data.

Pada Gambar 2.26(b) dapat memanipulasi *dataset* dan grafik dengan melakukan berbagai perhitungan dengan menggunakan angka, fungsi, dan dataset lainnya. Hasil *output* akan ditampilkan berupa sebuah grafik dan nilai-nilai dataset.

Pada Gambar 2.26(c) membagi bidang grafik kita dalam zona yang berbeda, kita dapat mengaktifkan *input* sensor untuk memicu atau mengaktifkan *output*: misalnya, motor atau suara dari EV3 *Brick* ketika nilai-nilai sensor mencapai tingkat atau ambang tertentu.

2.4 Line Follower Robot

Line Follower Robot adalah sebuah alat yang dapat berjalan secara otomatis mengikuti garis berdasarkan perubahan warna pada garis baik hitam dan putih (Hastuti, 2016). Untuk membaca garis, robot dilengkapi dengan sensor cahaya yang diletakkkan diujung depan dari robot tersebut. Sensor ini disusun dari LED dan fotodioda. LED berfungsi sebagai sumber dan pengirim cahaya ke garis, lalu cahaya akan dipantulkan oleh garis dan kemudian akan dibaca oleh fotodioda sebagai penerima cahaya. Jika fotodioda menerima cahaya, itu berarti sensor cahaya telah berhasil membaca adanya garis, dan robot akan mulai mengikuti garis tersebut.

Garis yang biasa diikuti adalah garis hitam di atas permukaan yang berwarna putih atau garis putih di atas permukaan yang berwarna hitam. Prinsipnya adalah sifat dari warna putih (permukaan terang) dapat memantulkan cahaya, sedangkan warna hitam (permukaan gelap) tidak dapat memantulkan cahaya.