

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Lego Mindstorms EV3

Lego Mindstorms EV3 merupakan penerus generasi kedua Lego Mindstorms NXT 2.0. Penunjukkan nama “EV” mengacu pada kata “evolusi” dari lini produk Mindstorms, dan “3” mengacu pada fakta bahwa robot ini merupakan generasi ketiga dari modul robot sebelumnya yang pertama adalah RCX dan yang kedua adalah NXT.

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*, dimana dilengkapi pemrograman perangkat lunak atau opsional *lab view* untuk Lego Mindstorms.



Gambar 2.1 Lego Mindstorms EV3

**Tabel 2.1** Perbandingan EV3 , NXT dan RCX

	EV3	NXT	RCX
<i>Release Date</i>	<i>September 2013</i>	<i>July 2006</i>	1998
<i>Display</i>	178 x 128 pixel Monochrome LCD	100 x 64 pixel Monochrome LCD	Segmented Monochrome LCD
<i>Main Processor</i>	TI Sitara AM1808 (ARM926EJ-S core) @300 MHz	AtmelAT91SAM7S256 (ARM7TDMI core) @48 MHz	HitachiH8/300 @16 MHz
<i>Main Processor</i>	64 MB RAM 16 MB Flash microSDHC Slot	64 KB RAM 256 KB Flash	32 KB RAM 16 KB ROM
<i>USB Host Port</i>	<i>Yes</i>	<i>No</i>	<i>No</i>
<i>WiFi</i>	<i>Optional dongle via USB port</i>	<i>No</i>	<i>No</i>
<i>Bluetooth</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>No</i>
<i>Connects to Apple devices</i>	<i>Yes</i>	<i>No</i>	<i>No</i>

## 2.2 Komponen Lego Mindstroms EV3

Ada beberapa jenis Lego Mindstroms EV3 yang beredar dipasaran yaitu :

- Lego Mindstorms EV3 *Retail Kit* (Diperuntukan untuk hobi dan perorangan).
- Lego Mindstorms Education EV3 *Core Set* ( Diperuntukan untuk kebutuhan lembaga pendidikan).

Selain kedua jenis Lego Mindstroms EV3 diatas, Lego Mindstroms EV3 juga menyediakan paket aksesoris yang didalamnya terdapat motor, lego, dan sensor tambahan sebagai pelengkap paket Lego Mindstroms EV3 standard. Paket standard dari robot Lego Mindstroms EV3 memiliki beberapa komponen, antara lain :

### 2.2.1 EV3 Brick

*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 2.2.

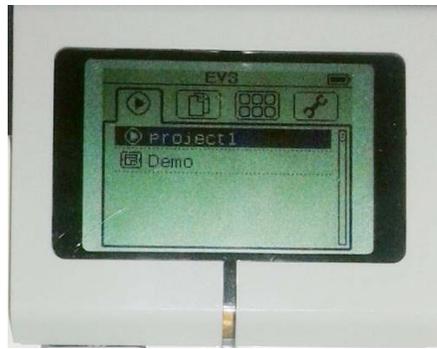


**Gambar 2.2** EV3 *Brick*

#### Spesifikasi EV3 Brick

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

Penggunaan dua *processor* membuat Lego Mindstroms 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 2.3.



**Gambar 2.3** 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 bata kode Cahaya adalah sebagai berikut:

- *Red* = *Startup, Updating, Shutdown*
- *Red pulsing* = *Busy*
- *Orange* = *Alert, Ready*
- *Orange pulsing* = *Alert, Running*
- *Green* = *Ready*
- *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 2.4



**Gambar 2.4** 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 2.4.



**Gambar 2.5** 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 2.5.



**Gambar 2.6** 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 2.6.



**Gambar 2.7** 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 2.7

*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 :

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

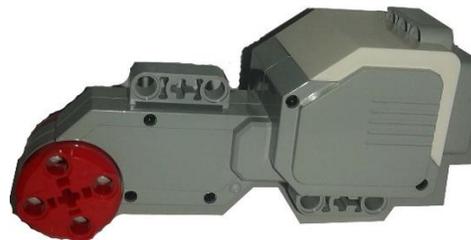
Untuk program-program yang sederhana kita dapat membuatnya secara langsung pada EV3 *Brick*, sedangkan untuk program-program yang kompleks dan rumit kita dapat membuatnya di komputer terlebih dahulu.

### 2.2.2 Motor

Motor pada Lego Mindstroms EV3 mencakup 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 4 (empat) buah motor. Motor pada EV3 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. 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 untu

Pada robot Lego Mindstorms EV3, 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 perdetik. Servo juga dapat digunakan untuk menghitung derajat perputaran atau rotasi. Akurasi dari servo motor mencapai kurang lebih 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 2.8** 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* ini dioptimalkan menjadi basis mengemudi di robot. Dengan menggunakan *Move Steering* atau memprogram *Move Tank* pada aplikasi Lego Mindstorms EV3 *Home Edition*, motor *large* akan mengkoordinasikan tindakan secara bersamaan. Tampilan motor *large* bisa dilihat pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.9** Motor *Medium*

Motor *Medium* juga termasuk *built-in* Rotasi sensor dengan resolusi 1 derajat, tetapi lebih kecil dan lebih ringan dari motor besar. Itu berarti ia mampu merespon lebih cepat dari pada motor besar. Motor *medium* dapat diprogram untuk mengaktifkan atau menonaktifkan, mengendalikan tingkat daya, atau untuk menjalankan untuk jumlah waktu tertentu atau rotasi. Tampilan motor *medium* dapat dilihat pada Gambar 2.9.

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 Infrared dan Remote Infrared Beacon**

Sensor *infrared* adalah sensor digital yang dapat mendeteksi cahaya *infrared* yang tercermin dari benda padat. Hal ini juga dapat mendeteksi sinyal cahaya *infrared* yang dikirim dari *Remote Infrared Beacon*. Sensor ini dapat digunakan dalam tiga mode yang berbeda: *mode proximity*, *mode beacon*, dan *mode remote*. Dalam *mode proximity*, sensor *infrared* menggunakan gelombang cahaya yang di pantulkan kembali dari objek untuk memperkirakan jarak antara sensor dan objek dengan laporan jarak menggunakan nilai antara 0 (sangat dekat) dengan 100 (jauh), bukan dengan *centimeter*

atau *inci*. Sensor dapat mendeteksi objek sampai 70cm, tergantung pada ukuran dan bentuk objek.



**Gambar 2.10** Sensor *Infrared*

Pada *mode Beacon*, salah satu dari *Remote Infrared Beacon* empat saluran dari *Channel Selector* merah. Sensor *Infrared* akan mendeteksi sinyal yang cocok dengan channel yang di tetapkan dalam program sampai dengan jarak sekitar 200 cm kearah depan. Setelah terdeteksi, sensor bisa memperkirakan arah dan jarak (*proximity*) ke *beacon*. Dengan informasi ini, terdapat nilai antara -25 dan 25, dengan 0 menunjukkan bahwa sinyal tersebut secara langsung di depan sensor *infrared* dengan kedekatan nilai 0 dan 100. Sensor *infrared* dapat dilihat pada Gambar 2.10.



**Gambar 2.11** *Remote Infrared Beacon*

*Remote Infrared Beacon* adalah perangkat terpisah yang dapat di genggam atau dibangun ke dalam model LEGO. Hal ini membutuhkan dua baterai AAA. Untuk mengaktifkan *Remote Infrared Beacon on*, tekan tombol *mode Beacon* di bagian atas perangkat. Indikator LED hijau akan menyala, menunjukkan perangkat aktif dan transmisi terus menerus. Tekan lagi tombol *mode Beacon* akan memamatkannya (setelah satu jam tidak aktif, sinyal secara otomatis akan mati). *Remote infrared beacon* dapat dilihat pada Gambar 2.11.

*Mode remote, Remote Infrared Beacon* sebagai *remote control* untuk robot. Ketika di *remote Mode*, sensor *Infrared* dapat mendeteksi tombol (tombol kombinasi) pada sinyal di tekan. Ada sebelas tombol kombinasi pada *Remote Infrared Beacon* :

- 0 = Tidak ada tombol (*Mode off*)
- 1 = Tombol 1
- 2 = Tombol 2
- 3 = Tombol 3
- 4 = Tombol 4
- 5 = Baik Tombol 1 dan Tombol 3
- 6 = Kedua Tombol 1 dan Tombol 4
- 7 = Tombol 2 dan Tombol 3
- 8 = Tombol 2 dan Tombol 4
- 9 = Beacon Mode on
- 10 = Kedua Tombol 1 dan Tombol 2
- 11 = Tombol 3 dan Tombol 4

#### 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 12C dan RS-485



**Gambar 2.12** Konektor

**Tabel 2.2** EV3 Sensor *Interface Pin-Out*

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

### 2.2.5 Komponen Tambahan

Selain komponen utama, ada juga komponen tambahan untuk membuat robot lego mindstorms EV3. Komponen-komponen yang terdapat di robot lego mindstorms EV3 secara lengkap, dapat dilihat pada Gambar 2.13.

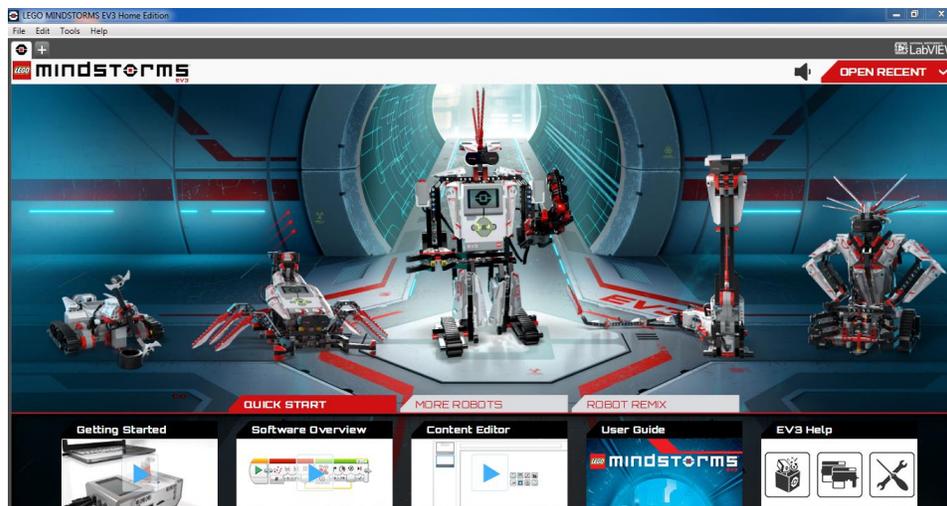
**Gambar 2.13** Komponen Tambahan

### 2.3 Lego Mindstorms EV3 Home Edition

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 <sup>1</sup>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.

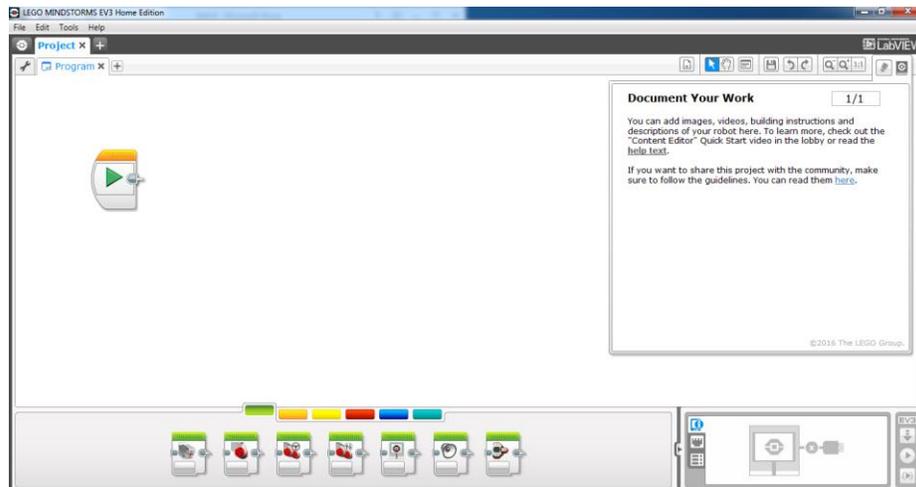
Dalam program Lego Mindstorms EV3 Home Edition, layar ditampilkan di waktu *startup* disebut *Lobby* seperti pada Gambar 2.14. Isi *Lobby* adalah menu untuk mengakses setiap fungsi dari program Lego Mindstorms EV3 Home Edition.



Gambar 2.14 Lego Mindstorms EV3 Home Edition Lobby

<sup>1</sup> Aplikasi Lego Mindstorms EV3 Home Edition dapat di unduh secara gratis pada laman.  
<https://www.lego.com/en-us/mindstorms/downloads>

Lembar *Project* adalah halaman yang digunakan untuk membuat program dengan menggunakan blok pemrograman, seperti pada Gambar 2.15.

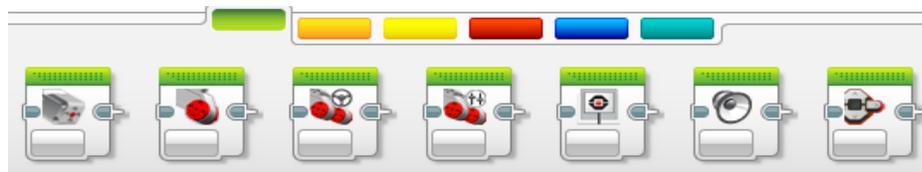


**Gambar 2.15** Lembar *Project*

### 2.3.1 *Programming Blocks and Palettes*

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 dibagian *Quick Start* dari Lobby dan juga dapat menemukan informasi lebih lanjut tentang bagaimana program di teks “*help*” pada *Lego Mindstorms EV3 Home Edition*. Pada “*Programming Palettes*” terdapat blok program sebagai berikut



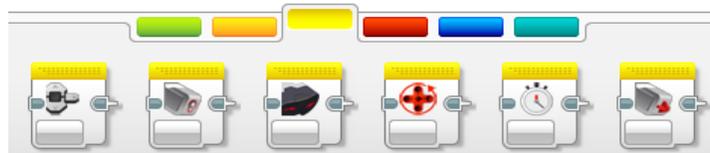
**Gambar 2.16** *Action Blocks*

Pada *Action Blocks* terdapat blok program untuk *Medium Motor*, *Large Motor*, *Move Steering*, *Move Tank*, *Display*, *Sound*, *Brick Status Light*. Seperti pada Gambar 2.16.



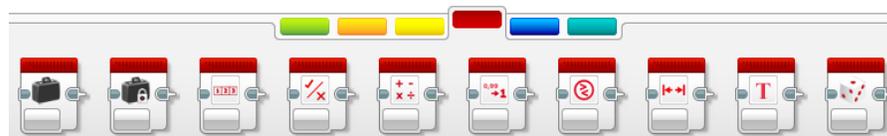
**Gambar 2.17** *Flow Control*

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 2.17.



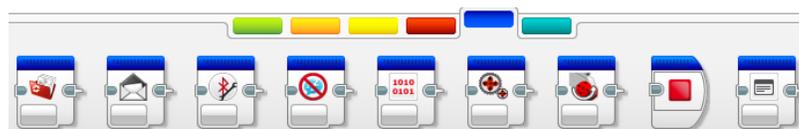
**Gambar 2.18** *Sensor Blocks*

Pada *block Sensor* terdapat *block Brick Buttons*, *Colour Sensor*, *Infrared Sensor*, *Motor Rotation*, *Timer* dan *Touch Sensor*. Seperti pada Gambar 2.18.



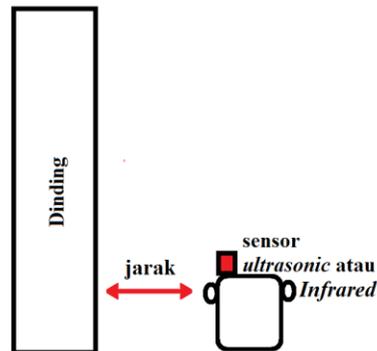
**Gambar 2.19** *Data Operations*

Dibagian *Data Operations* berisikan *block Variable*, *Constant*, *Array Operations*, *Logic Operations*, *Math*, *Round*, *Compare*, *Range*, *Text* dan *Random*. Seperti pada Gambar 2.19.



**Gambar 2.20** *Advance*





**Gambar 2.22** *Wall Follower*

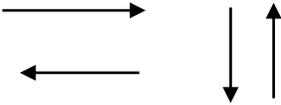
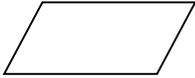
Cara kerjanya adalah dengan mengatur jarak dinding dengan robot tetap konstan dengan menyesuaikan jarak antara dinding dengan robot menggunakan sensor *ultrasonic* atau *infrared*. Bila terjadi perubahan, maka robot akan bergerak untuk kemudian menyesuaikan jarak lagi. Proses ini akan dilakukan secara berulang-ulang. Ada empat metode dari *wall follower*:

- *Contact* Robot menggunakan saklar mekanik yang merasakan sentuhan dengan dinding. Ini adalah metode yang paling mudah namun saklar akan cenderung mengalami kerusakan mekanis setelah beberapa waktu.
- *Noncontact, active sensor*. Robot menggunakan sensor aktif yang beroperasi dalam jarak dekat seperti infra merah atau ultrasonik untuk mengukur jarak antara dinding dengan robot.
- *Noncontact, passive sensor*. Robot memakai sensor pasif seperti saklar *Hall effect* untuk mengukur jarak antara robot dengan dinding. Pada kasus ini, dinding harus berbahan logam atau dipasangi kabel elektrik agar sensor dapat menangkap medan magnetik saat robot mendekati dinding.
- *Soft-contact*. Robot menggunakan bahan mekanik untuk mendeteksi sentuhan dengan dinding, namun sentuhan ini diperhalus dengan memasang material lunak atau lentur contohnya roda dari busa atau karet. Kelebihan dari metode ini adalah berkurangnya kerusakan mekanis.

## 2.6 Flowchart

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 2.3** Simbol Simbol *Flowchart*

	Arus / Flow	Penghubung antara prosedur / proses
	Connector	Simbol keluar / masuk prosedur atau proses dalam lembar / halaman yang sama
	Off-line Connector	Simbol keluar / masuk prosedur atau proses dalam lembar / halaman yang lain
	Process	Simbol yang menunjukkan pengolahan yang dilakukan komputer.
	Decision	Simbol untuk kondisi yang akan menghasilkan beberapa kemungkinan jawaban / aksi
	Predefined Process	Simbol untuk mempersiapkan penyimpanan yang akan digunakan sebagai tempat pengolahan didalam storage
	Terminal	Simbol untuk permulaan atau akhir dari suatu program
	Manual Input	Simbol untuk pemasukan data secara manual on-line keyboard
	Input-Output	Simbol yang menyatakan proses input dan output tanpa tergantung dengan jenis peralatannya

	Document	Simbol yang menyatakan input berasal dari dokumen dalam bentuk kertas atau output di cetak dikertas
	Disk and On-line Storage	Simbol untuk menyatakan input berasal dari disk atau output di simpan ke disk