

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Robot

Robot adalah mesin yang terlihat seperti manusia dan melakukan berbagai tindakan yang kompleks dari manusia seperti berjalan atau berbicara, atau suatu peralatan yang bekerja secara otomatis. Robot biasanya diprogram untuk melakukan pekerjaan berulang kali dan memiliki mekanisme yang dipandu oleh kontrol otomatis (Herdiana dan Mutaqin, 2017).

2.2 Jenis-jenis Robot

2.2.1 Robot Humanoid

Robot humanoid adalah sebuah robot yang memiliki bentuk menyerupai manusia, baik dari struktur maupun pergerakan dari robot itu sendiri. Bagian tubuh dari robot ini dapat menirukan kegiatan manusia, seperti berjalan, membawa barang, dan berinteraksi. Contohnya Robot Vyomitra, dari India yang diciptakan untuk membantu mempersiapkan misi berawak di luar angkasa.

2.2.2 *Mobile Robot*

Mobile Robot didefinisikan sebagai robot yang dikendalikan oleh *software* biasanya dilengkapi sensor untuk mengidentifikasi benda sekitar. *Mobile robot* dapat berfungsi untuk mengangkut muatan, petunjuk arah, eksplorasi tanpa awak dan sebagainya. Contoh dari *mobile robot* salah satunya yaitu *Under Water Robot* yang digunakan di laut untuk penelitian di bawah laut.

2.2.3 *Non-mobile Robot*

Robot ini tidak dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain, sehingga robot tersebut hanya dapat menggerakkan beberapa bagian dari tubuhnya. Contohnya robot industri.

2.2.4 Kombinasi *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 nonmobile dapat terbantu fungsinya dengan bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain.

2.3 *Lego Mindstorms EV3 45544*

Lego Mindstorms merupakan robot manipulator yang disusun dengan beberapa komponen keluaran *Lego*. *Lego Mindstorms EV3* adalah robot generasi ketiga dari *Lego*. Robot *Lego Mindstorms EV3 45544* Secara resmi diumumkan pada tanggal 4 Januari 2013. Pemberian nama “EV3” ini menunjukkan bahwa robot ini merupakan evolusi generasi ketiga dari produk *Mindstorms* setelah generasi pertama yaitu *RCX* dan generasi kedua yaitu *NTX*.

Perbedaan antara seri *EV3* dan *NXT* adalah pada teknologi *brick* yang dapat diprogram. Prosesor utama dari *NXT* merupakan mikrokontroler ARM7, sedangkan *EV3* memiliki prosesor ARM9 yang lebih kuat. *EV3* memiliki sebuah konektor *USB* dan *slot Micro SD*. Di mana dilengkapi pemrograman perangkat lunak atau opsional *lab view* untuk *Lego Mindstorms*. Gambar 2.1 merupakan *Lego Mindstorms* seri *EV3*.



Gambar 2.1 *Lego Mindstorms EV3*

Tabel berikut merupakan perbandingan terperinci seri *Lego Mindstorms EV3*, dengan seri sebelumnya yakni seri *NXT* dan *RXT* yang dikeluarkan pada tahun 1998 dan 2006. Perbedaan yang signifikan ditunjukkan dengan pembaharuan prosesor pada masing-masing seri. Prozessor utama dari *NXT* merupakan mikrokontroler *ARM7*, sedangkan *EV3* memiliki prosesor *ARM9*.

Tabel 2. 1 Perbandingan Lego Mindstorms seri EV3, NXT, dan RTX

<i>Device</i>	<i>EV3</i>	<i>NXT</i>	<i>RCX</i>
<i>Release Date</i>	2013	Juli 2006	1998
<i>Display</i>	178×128 pixel Monochrome LCD	100×64 pixel Monochrome LCD	Segmented Monochrome LCD
<i>Main Processor</i>	TI Sitara AM1808 (ARM926EJ- S core) @300 MHz	Atmel AT91SAM7S256 (ARM7TDMI core) @48 MHz	Hitachi H8/300 @16 MHz
<i>Main Memory</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>	Yes	No	No
<i>WiFi</i>	Optional dongle via USB port	No	No
<i>Bluetooth</i>	Yes	Yes	No
<i>Connects to Apple devices</i>	Yes	No	No

(Sumber: *EV3 Hardware Developer*, 2014)

2.4 Komponen Elektronik *Lego Mindstorms EV3*

Komponen elektronik pada robot biasanya digunakan sebagai controller atau sensor. Komponen-komponen ini berfungsi sebagai pusat pengolahan data dan input data atau rangsangan dari lingkungan (Djaya Siswaja 2009). Komponen elektronik pada *Lego Mindstorms EV3* terdiri dari *EV3 Intelligent Brick*, dua motor, enam sensor, dan satu *connector*.

2.4.1 *EV3 Intelligent Brick*

EV3 Intelligent Brick atau *EV3 Brick* berfungsi sebagai pusat kendali pada robot. Program yang telah dibuat pada *PC* dapat di-*upload* ke *EV3 Brick* untuk dijalankan. Sumber daya yang digunakan untuk menyalakan *EV3 Intelligent Brick* ini dapat berupa baterai *EV3 Rechargeable DC Battery* atau baterai AA sebanyak 6 buah. Tampilan depan *EV3 Intelligent Brick* dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 *EV3 Intelligent Brick*

EV3 Brick yang dapat diprogram adalah unit pemrosesan pusat dalam platform *Lego Mindstorms* yang baru. *Brick* yang dapat diprogram terdiri dari berbagai elektronik canggih untuk memungkinkan berbagai fungsinya. Tabel di bawah ini adalah ringkasan spesifikasi perangkat keras untuk *EV3 Programmable brick*.

Tabel 2. 2 Spesifikasi *hardware*

Komponen	Spesifikasi
<i>Main processor</i>	<ul style="list-style-type: none"> - 32-bit ARM9 processor, Texas Instrument AM1808 - 300 MHz - OS: LINUX
<i>Memory</i>	<ul style="list-style-type: none"> - 64 MB DDR RAM - 16 MB FLASH - 256 KB EEPROM
<i>Micro SD-Card interface</i>	<i>SDHC standard, 2 – 32 GB</i>
<i>Bluetooth wireless communication</i>	<i>Bluetooth V2.1 EDR, Panasonic PAN1325 module</i> <ul style="list-style-type: none"> - Texas Instrument CC2550 chip - BlueZ Bluetooth stack - Primary usage, Serial Port Profile (SPP)
<i>USB 2.0 Communication, Client interface</i>	<i>High speed port (480 MBit/s)</i>
<i>USB 1.1 Communication, Host interface</i>	<i>Full speed port (12 MBit/s)</i>
<i>4 input ports</i>	<i>6 wire interface supporting both digital and analog interface</i> <ul style="list-style-type: none"> - Analog input 0 – 5 volt - Support Auto-ID for external devices - UART communication <ul style="list-style-type: none"> o Up to 460 Kbit/s (Port 1 and 2) o Up to 230 Kbit/s (Port 3 and 4)
<i>4 output ports</i>	<i>6 wire interface supporting input from motor encoders</i>

<i>Display</i>	<i>178x128 pixel black & white dot-matrix display</i> <i>- Viewing area: 29.9 x 41.1 mm</i>
<i>Loudspeaker</i>	<i>Diameter, 23 mm</i>
<i>6 Buttons User interface</i>	<i>Surrounding UI light</i>
<i>Power source</i>	<i>6 AA batteries</i> <i>- Alkaline batteries are recommended</i> <i>- Rechargeable Lithium Ion battery, 2000 mAH</i>
<i>Connector</i>	<i>6-wire industry-standard connector, RJ-12 Right side adjustment</i>

(Sumber: EV3 Hardware Developer, 2013)

Pada bagian atas *EV3 Intelligent Brick* terdapat *port PC Port Mini-USB PC*, yang terletak *disebelah port D*, digunakan untuk menghubungkan *EV3 Brick* ke *device*. *Port Output A, B, C, dan D* digunakan untuk menghubungkan motor ke *EV3 Brick*. Bagaian atas *EV3 Intelligent Brick* dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2. 3 *EV3 Intelligent Brick* bagian atas

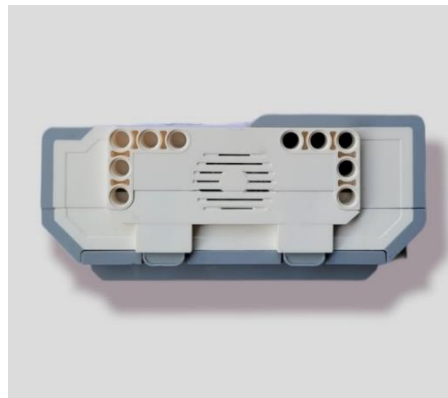
Sedangkan bagian bawah *EV3 Intelligent Brick* terdapat port 1, 2, 3 dan 4 sebagai *port input* yang digunakan untuk menghubungkan sensor dengan *EV3*

Intelligent Brick. Tampilan pada sisi Brick bagian bawah dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 *EV3 Intelligent Brick* bagian bawah

Di bagian kanan *EV3 Intelligent Brick* terdapat sebuah *speaker*. Semua suara dari *EV3 Intelligent Brick* datang dari *speaker* ini, termasuk suara apapun yang digunakan untuk memprogram robot. Tampilan *Brick* bagian kanan dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 *EV3 Intelligent Brick* bagian kanan

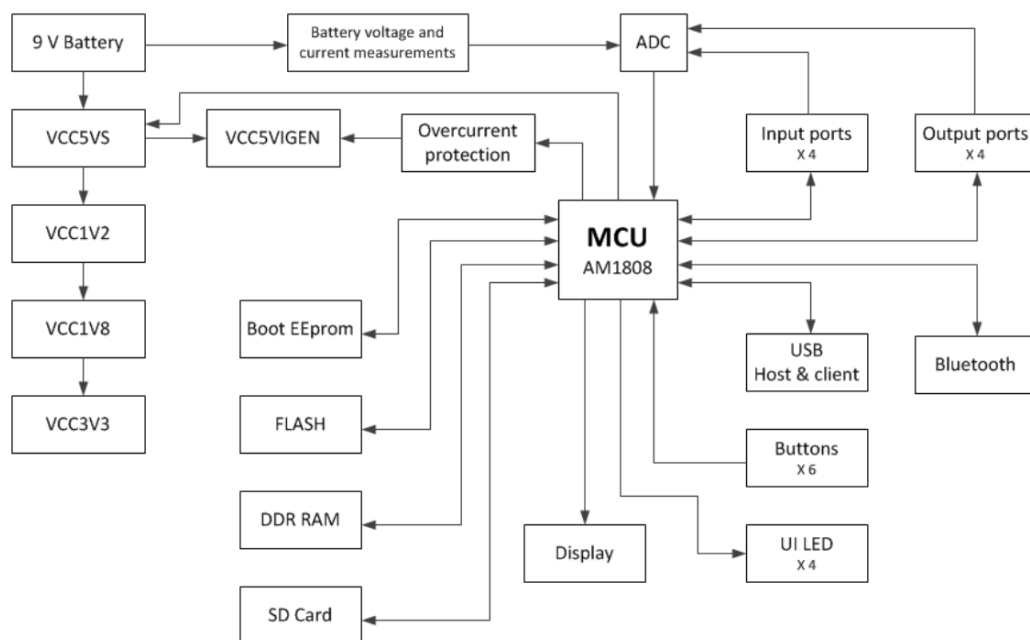
Terdapat dua input pada *EV3 Intelligent Brick* bagian kiri (gambar 2.6) yaitu *Port SD Card* untuk memanfaatkan ketersediaan memori sampai 32GB, dan *Port Host USB* dapat digunakan untuk menambahkan *dongle Wi-Fi USB* untuk

menghubungkan ke jaringan nirkabel, atau untuk menghubungkan hingga empat *EV3 Bricks* sekaligus.



Gambar 2. 6 *EV3 Intelligent Brick* bagian kiri

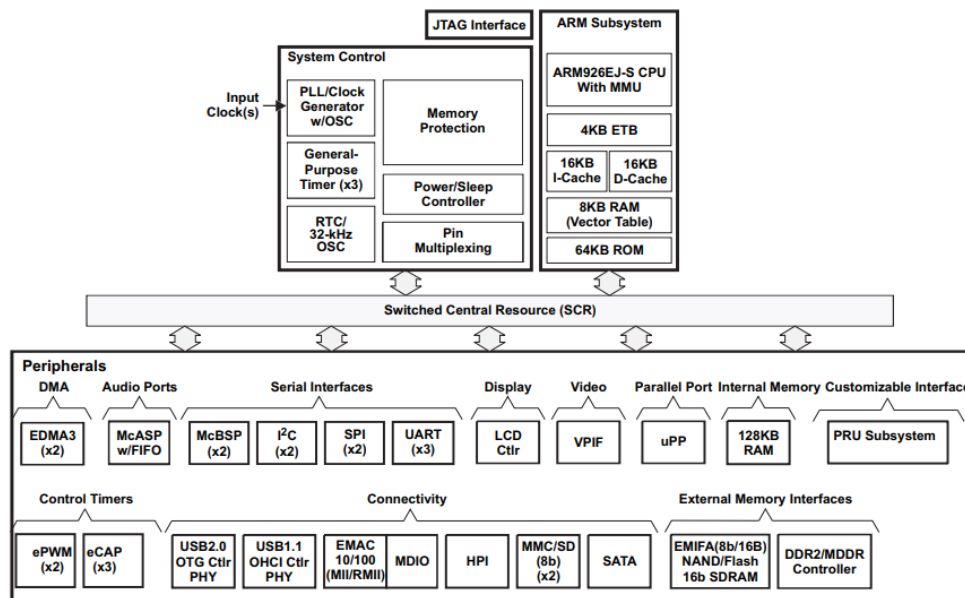
Blok diagram pada gambar 2.7 merepresentasikan grafis dari area fungsional utama dalam *EV3 Programmable Brick*. MCU AM1808 sebagai prosesor yang di-supply oleh 9 Volt baterai yang kemudian dikonversi oleh ADC. MCU AM1808 juga mengoperasikan bagian lain seperti *display*, LED, *on/off button*, *input* dan *output*.



Gambar 2. 7 *Blok Diagram EV3 Intelligent Brick*

2.4.1.1 Mikroprosesor ARM AM1808

Mikroprosesor ARM AM1808 adalah prosesor aplikasi berdaya rendah berdasarkan ARM926EJ-S. Prosesor ARM926EJ-S merupakan bagian dari mikroprosesor serba guna ARM9. Prosesor ini ditargetkan untuk aplikasi *multi-tasking* di mana manajemen memori penuh, kinerja tinggi, dan penggunaan daya rendah. *CPU ARM* melakukan tugas kontrol sistem umum seperti startup sistem, konfigurasi, manajemen daya, dan mengeksekusi perintah. Mikroprosesor ARM AM1808 berisi CPU ARM RISC untuk menjalankan tujuan utama dan operasi sistem kontrol. Seperti pada gambar 2. 8 yang menjelaskan block diagram CPU ARM yang melakukan tugas kontrol sistem.



Gambar 2. 8 *Functional block diagram prosesor*

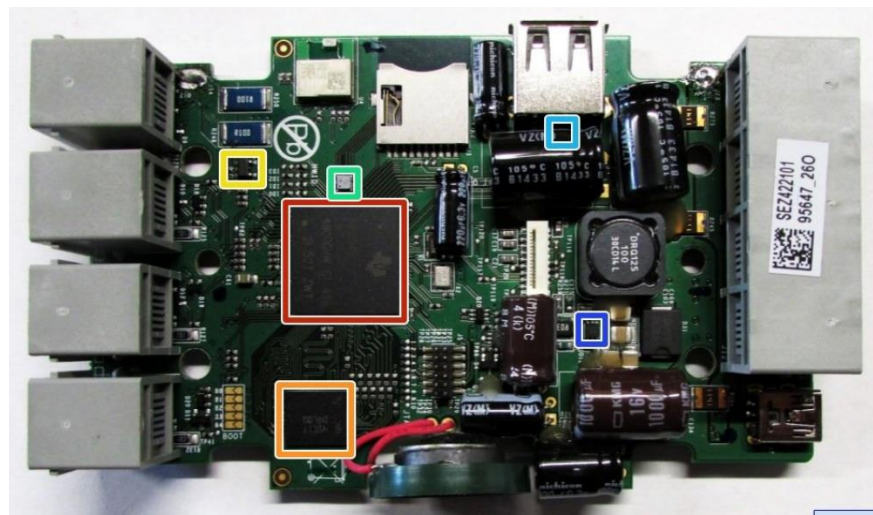
(Sumber: AM1808/AM1810 Sitara ARM Microprocessor, 2014)

Subsistem ARM terdiri dari komponen berikut:

- CPU RISC ARM926EJ-S™ 32-bit
- Cache Instruksi 16-KB
- Cache data 16 KB
- Unit Manajemen Memori (MMU)

- Co-Processor 15 (CP15) untuk mengontrol MMU dan cache
- Akselerator Java Jazelle™
- Memori Internal ARM (RAM 8KB dan ROM bawaan 64 KB)
- Modul Jejak Tertanam dan Buffer Jejak Tertanam (ETM/ETB)

Identifikasi IC sisi pertama PCB (*Printed Circuit Board*), atau lapisan paling pertama bagian dalam *EV3 Brick*, terdapat beberapa komponen yang terlihat, diantaranya dijelaskan dalam gambar 2.9 berikut yang ditandai dengan beberapa warna.



Gambar 2. 9 Sisi pertama pada *PCB EV3 Brick*

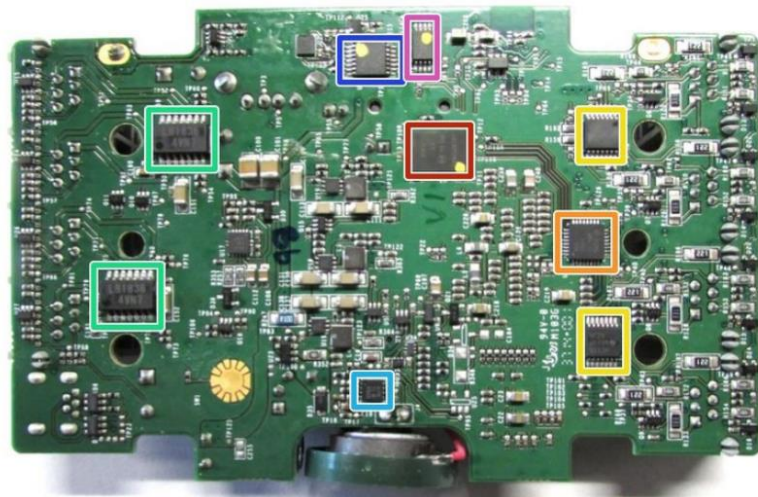
(Sumber: Bell dan KELLY, 2017)

- Merah : Prosesor Texas Instruments AM1808 ARM-9 Sitara
- Oranye : Micron MT46H32M16LFBF-5 IT:C DDR4
Memori SDRAM- 512 MB
- Kuning : Texas Instruments lmv321 penguat operasional rail-to-rail tunggal
- Hijau : STMicroelectronics EMIF06-mSD01F2 SD Card EMI

Filtering dengan ESD Protection

- Biru muda : Bourns CDSOT236-0502 2-Ch. Array Dioda TVS
- Biru tua : Regulator UTC LR31631BG-AG6 LDO

Identifikasi IC Sisi ke dua PCB (*Printed Circuit Board*), atau lapisan selanjutnya setelah PCB bagian pertama, terdapat beberapa komponen yang tersusun, diantaranya dijelaskan dalam gambar 2.10 berikut yang ditandai dengan beberapa warna.



Gambar 2. 10 Sisi ke dua pada *PCB EV3 Brick*

(Sumber: Bell dan KELLY, 2017)

- Merah : Memori flash micron N25Q128A serial NOR - 16 MB
- Oranye : Texas Instruments ADS7957 4-Ch. konverter analog ke digital
- Kuning : Texas Instruments sn74hc125 gerbang buffer bus empat kali lipat dengan output 3-state
- Hijau : ON Semikonduktor LB1836M dua arah motor driver
- Biru : Texas Instruments TPA6211A1 penguat audio mono 3.1 w
- Biru tua : Mikrochip PIC16LF1825 mikrokontroler 8-bit
- Ungu : Microchip 24FC128 EEPROM - 16 KB

Terdapat bagian lain dari sisi ke dua PCB (*Printed Circuit Board*), yang tersusun dari beberapa komponen yang ditandai dengan warna untuk mempermudah penjelasan pada gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Sisi ke dua bagian dua pada *PCB EV3 Brick*

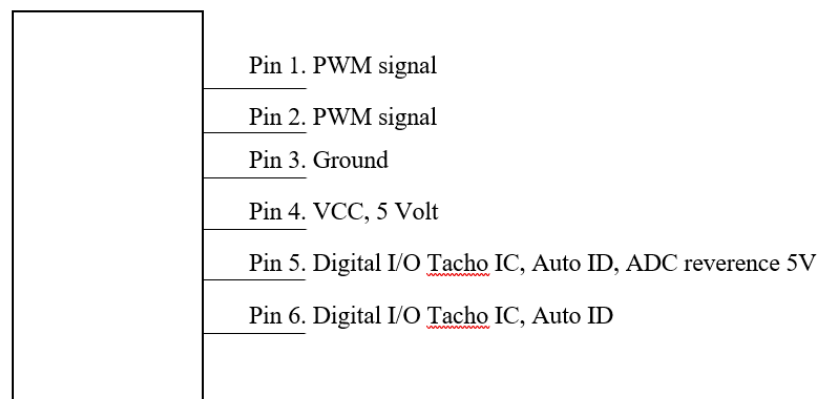
(Sumber: Bell dan KELLY, 2017)

- Merah : IC Otentikasi Apple MFI337S3959 Apple
- Oranye : Pengawas tegangan Texas Instruments TLV803
- Kuning : Texas Instruments TPS40210 meningkatkan konverter DC-DC
- Hijau : Konverter Step-Down Texas Instruments TPS62590 1A
- Biru : Bourns CDSOT236-0502 2-Ch. Array Dioda TVS
- Biru tua : Texas Instruments SN74LVC2G07 Dual Buffer/Driver

- Ungu : Saklar distribusi daya Texas Instruments TPS2041B

2.4.1.2 Input dan Output

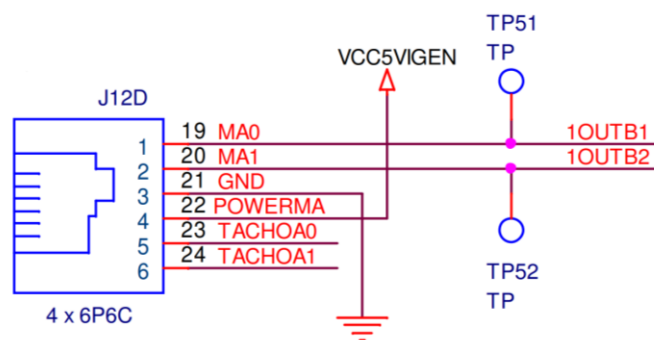
Lego Mindstorms EV3 memiliki empat port output yang digunakan untuk mengontrol aktuator yang terhubung ke EV3. Fungsi utama dari 4 port output terpisah adalah untuk memungkinkan kontrol aktuator eksternal. *Interface 6* kabel diimplementasikan untuk memungkinkan perangkat eksternal mengirim data ke *EV3 Brick* juga harus menggunakan port input. Gambar 2.12 menunjukkan detail skema di belakang port A dari brick.



Gambar 2. 12 Konfigurasi pin diimplementasikan pada port output

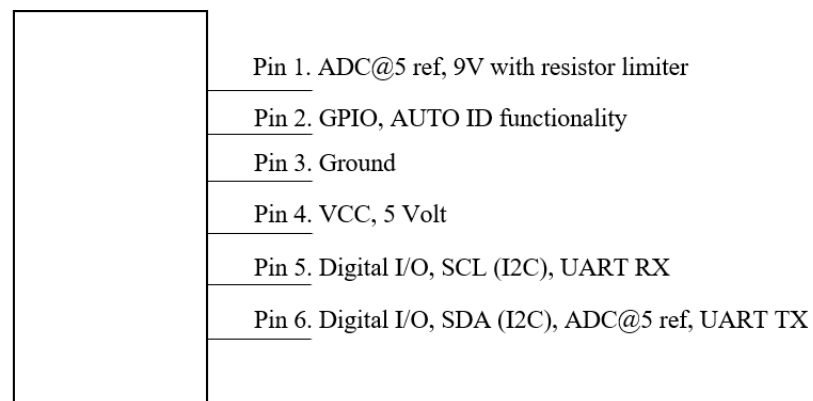
Pin 1 dan Pin 2 adalah sinyal PWM untuk mengendalikan aktuator eksternal. Sinyal-sinyal ini dikendalikan oleh satu driver motor internal yang terus-menerus memasok 700 mA dan arus puncak mencapai 1 A. Sinyal keluaran adalah sinyal PWM yang dapat digerakkan untuk memotong sinyal atau mengambang antar sinyal. Pengendali motor dengan perlindungan termal bawaan, yang berarti jika terlalu banyak listrik yang terus-menerus ditarik dari *brick* atau outputnya korslet. Pin 5 dan 6 bertindak sebagai port input. Pin digunakan untuk deteksi otomatis. Selain berfungsi sebagai pin I/O biasa, pin 5 juga terhubung ke konverter AD 10-bit.

Gambar 2.13 merupakan skema rangkaian output yang terdiri dari pin 1 dan pin 2 adalah sinyal PWM untuk mengendalikan aktuator eksternal. Sinyal keluaran adalah sinyal PWM, yang dapat dikontrol untuk putus atau mengambang di antara sinyal. *Motor driver* memiliki perlindungan termal bawaan, yang berarti bahwa jika terlalu banyak daya yang terus-menerus ditarik dari *brick* akan membuat output korsleting, motor driver akan secara otomatis menyesuaikan arus keluaran. Pin 5 dan 6 berfungsi sebagai port input.



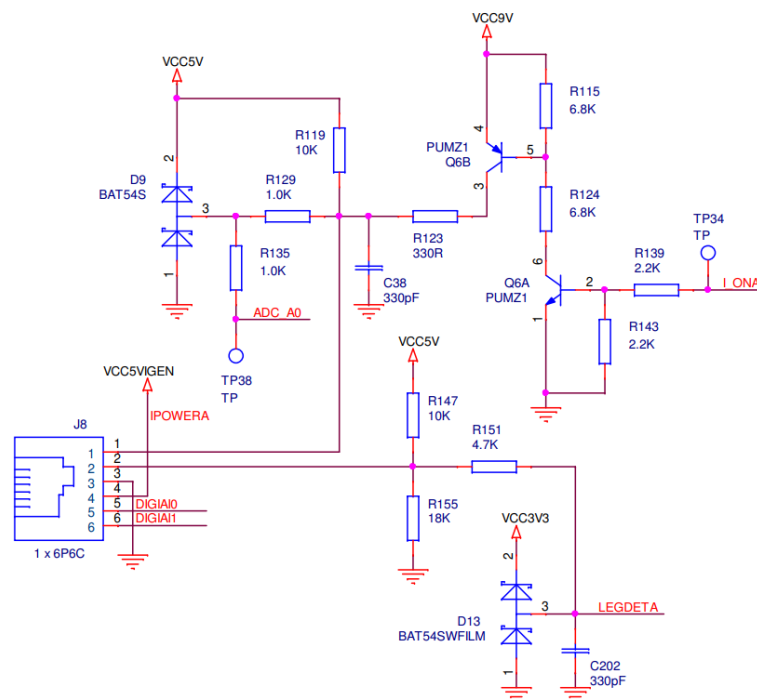
Gambar 2. 13 Skema rangkaian *output connector*

Fungsi utama untuk 4 port input individu adalah untuk memungkinkan sistem bereaksi terhadap lingkungannya melalui *feedback* dari sensor. *Interface 6* kabel diimplementasikan untuk memungkinkan perangkat eksternal mengirim kembali data ke *EV3 Brick*. Gambar 2.14 adalah konfigurasi pin yang diimplementasikan di port input.



Gambar 2. 14 Konfigurasi pin diimplementasikan pada *port input*

Seperti dapat dilihat pada gambar 2.15, masing-masing pin digunakan untuk berbagai fungsi tergantung pada fungsi/konteks yang diminta. Pin 1 digunakan untuk pembacaan nilai analog atau sensor yang memerlukan level output tegangan lebih tinggi, seperti maksimum 16 mA dapat bersumber melalui pin 1. Pin 2 sebagai fungsi ID otomatis yaitu untuk mendeteksi jenis sensor yang terpasang, dan sistem mengkonfigurasi pin 5 dan 6 ke fungsi yang sesuai.



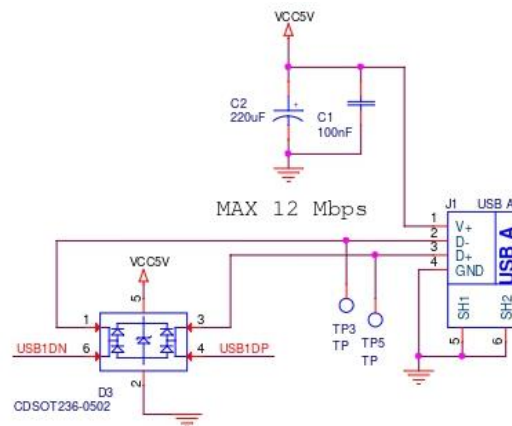
Gambar 2. 15 Skema rangkaian *input connector*

Seperti dapat dilihat pada gambar di atas, masing-masing pin digunakan untuk fungsi yang berbeda. Pin 1 yang dibaca nilai analog atau sensor dukungan yang membutuhkan tingkat output tegangan yang lebih tinggi, misalnya 16 mA dapat didukung oleh pin 1. Pin 2 digunakan dalam fungsi ID otomatis. Ketika sistem secara otomatis mendeteksi jenis sensor yang dipasang, sistem mengkonfigurasi pin 5. dan di atas 6 fungsi terkait. Pin tersebut dihubungkan dengan *connector* komponen ke *EV3 Intelligent Brick*. Terdapat tiga ukuran kabel konektor yaitu 10 inci, 14 inci, dan 20 inci. Gambar *connector* dapat dilihat pada gambar 2.16.



Gambar 2. 16 Connector

Selain konektor, terdapat port yang digunakan pada computer untuk mentransfer program ke mikrokontroler melalui 4 pin seperti pada gambar 2.17. Pin 1 yaitu v+ terhubung pada vcc. Sedangkan untuk Pin 2 dan 3 adalah untuk mengirim dan menerima data. Ketika meng-*upload* program dari laptop ke *brick*, maka program tersebut akan lewat di Pin 2 dan 3.

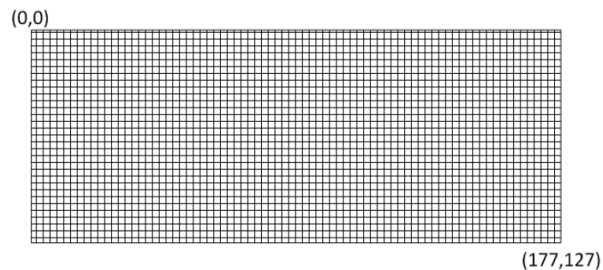


Gambar 2. 17 Skema Rangkaian USB Host Port

2.4.1.3 Display

Tampilan pada *EV3 brick* terdiri dari tampilan *dotmatrix* hitam putih grafis pada 178x100 *pixels*, dengan area tampilan 41,1 mm (L) x 29,9 mm (T). Pengontrol LCD yang digunakan untuk mengontrol tampilan adalah ST7586S, *Lego Mindstorms EV3* menggunakan antarmuka SPI standar yang berjalan pada 10 MHz di *LINUX*. *Layar Drive* ini berisi dua kartu memori ukuran penuh yang memungkinkan mampu beralih di antara konten layar dengan cepat. Gambar 2.18

mengilustrasikan bagaimana *display* untuk *EV3 brick* dibagi menjadi beberapa segmen.



Gambar 2. 18 Segmen pada display pada *EV3 Brick*

Berikut adalah spesifikasi *display EV3 Brick*:

- a. *Format* : 178 x 128 Dots
- b. *Dot size* : 0,195 mm (L) x 0,195 mm (T)
- c. *Dot pitch* : 0,21 mm (L) x 0,21 mm (T)
- d. *LCD mode* : *FSTN, Mode Reflektif Positif / Abu-abu*
- e. *Skema driving* : *1/128 Duty cycle, 1/12 Bias*
- f. *Komunikasi interface* : *4-line SPI interface*
- g. *Power supply voltage (VDD)* : *3.0 V*
- h. *LCD driving voltage (VLCD)* : *13.2 V*

Gambar 2.19 merupakan tampilan *LCD* pada *Lego Mindstorms EV3*. Terdapat ikon *bluetooth* yang dapat digunakan sebagai koneksi pada *device*. Pada posisi kanan atas terdapat jumlah baterai dan status tersambung nya *USB* pada *device*.



Gambar 2. 19 Tampilan *LCD*

2.4.1.4 Tombol Antarmuka

Terdapat 6 (enam) tombol yang diimplementasikan sebagai *joystick* empat arah sederhana termasuk tombol kendali di tengah. Sebuah kembali / tombol stop diletakkan di samping kiri brick. Gambar 2.20 adalah board PCB untuk *push button* pengendali brick.



Gambar 2. 20 PCB Tombol *push button* kendali

Status lampu pada yang mengelilingi tombol pada *EV3 Intelligent Brick* memiliki kode masing masing. Lampu-lampu ini berwarna hijau, oranye, atau merah dan bisa berdenyut dapat dilihat pada gambar 2.21. Kode *Brick Status Light* adalah sebagai berikut:

- | | |
|--------------------|--------------------------------------|
| a. merah | : memulai, memperbarui, menghentikan |
| b. merah berkedip | : sibuk |
| c. oranye | : lansiran, siap |
| d. oranye berkedip | : peringatan, running |
| e. hijau | : siap |
| f. hijau berkedip | : menjalankan program |



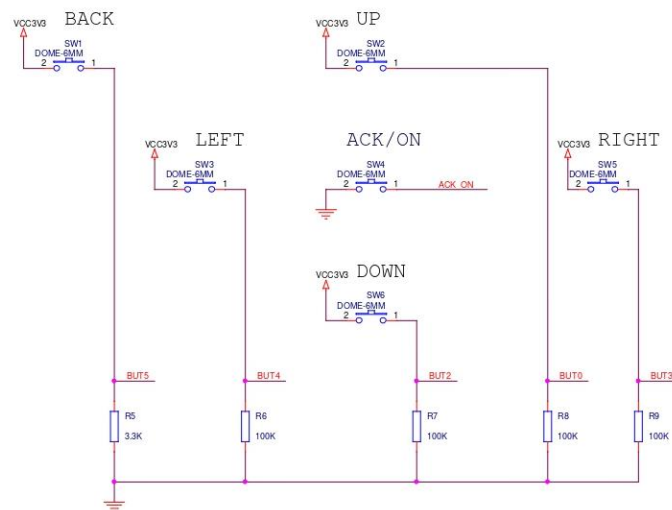
Gambar 2. 21 Kode *Brick Status Light*

(Sumber: *The Lego Mindstorms EV3 Laboratory*, 2015)

Display button difungsikan sebagai device penghubung atau pemutus program pada saat dijalankan. EV3 Brick mempunyai 6 button yang masing-masing memiliki fungsi berbeda. Posisi awal pada *switch* yaitu NO (*Normally Close*) yang siap tertutup saat ditekan.

SW1 berfungsi sebagai *back switch* untuk menghentikan jalannya program juga sebagai tombol *previous* atau kembali ke halaman sebelumnya, SW1 juga difungsikan sebagai tombol *off* untuk mematikan *brick* setelah program dihentikan. SW2 sebagai tombol *up* atau naik saat memilih perintah pada *LCD*. SW3 terletak di kiri button sebagai pemindah perintah yang akan dipilih ke arah kiri. SW4 adalah *switch* utama sebagai tombol on, dan juga sebagai *start* saat memulai menjalankan program yang dipilih. SW5 sama fungsinya dengan SW3, yang membedakan yaitu letaknya di sebelah kanan button dan fungsinya menjalankan perintah ke arah kanan. SW6 sebagai tombol *up* atau naik saat memilih perintah pada *LCD*.

Rangkaian USB ini juga menggunakan 4 buah resistor yang bernilai 100k yang terhubung dengan SW1, SW2, SW3, dan SW4, sedangkan 1 buah resistor bernilai 3.3k terhubung dengan SW1 yakni tombol off. Rangkaian skematik display button dapat dilihat pada gambar 2.22.



Gambar 2. 22 Skema rangkaian *display button*

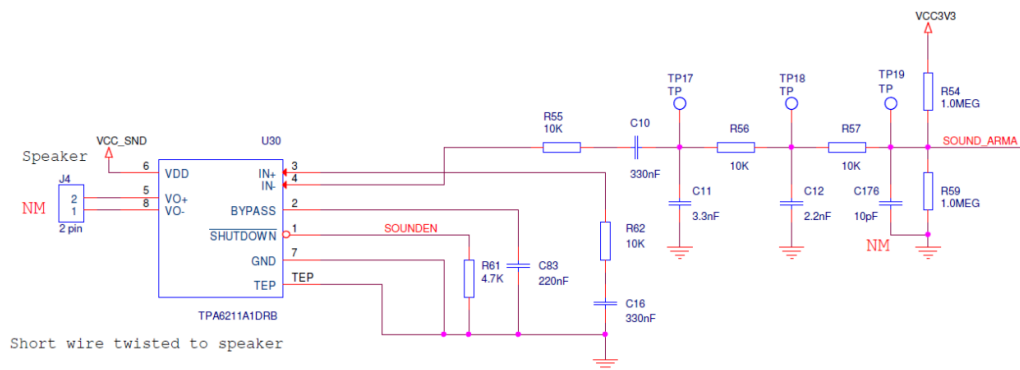
2.4.1.5 Suara

EV3 brick menyertakan *chip* penguat suara untuk meningkatkan tingkat dan kualitas keluaran suara. Output suara adalah sinyal output PWM yang dikendalikan oleh pengontrol *ARM9*. Tabel 2.23 di bawah ini menunjukkan konsumsi arus dan daya saat suara dimainkan pada dua frekuensi.

Tabel 2. 3 Konsumsi arus dan daya pada *sound*

Frekuensi	Saat ini	Kekuatan
440Hz	174 mA	484 mW
4 KHz	163 mA	425 mW

Driver suara TPA6211A1 adalah chip penguat suara diferensial mono dari Texas Instrument yang dapat menghasilkan hingga 3,1 Watt. Filter akan mengurangi *noise oversampling* pada sinyal. *Loudspeaker* pada *EV3 brick* adalah speaker dengan daya 16ohm dengan diameter 23 mm yang dapat dilihat gambar skematiknya pada gambar 2.23.



Gambar 2. 23 Skema untuk *output* suara di dalam *EV3 brick*

2.4.1.6 Baterai *Lithium ion*

Tenaga dalam *EV3 brick* berasal dari 6 baterai AA atau baterai *Lithium ion* yang dapat diisi ulang. Baterai lithium ion isi ulang *EV3* diisi melalui Lego transformator. Manajemen daya di dalam *EV3 brick* terdiri dari beberapa regulasi switching yang dikontrol dengan ketat dan saling terkait untuk mem-*boot* sirkuit elektronik dengan benar.

Untuk melindungi *EV3 brick* dari korsleting, 3 sakelar poli disertakan, satu untuk masing-masing dari dua *driver motor* dan satu untuk sisa sirkuit. Setiap saklar memiliki arus tahan sekitar 1,1 A dan akan dipicu sekitar 2,2 A. Berikut adalah tabel 2. 4 yang menjelaskan pengukuran konsumsi yang didasarkan pada baterai 9 Volt. Kinerja *EV3 Brick* tergantung pada baterai yang digunakan dan beban yang diterapkan pada bata. Gambar 2.24 dan gambar 2.25 menggambarkan kinerja *EV3 brick* saat menggunakan 6 baterai alkaline standar dan saat menggunakan *Lego Mindstorms EV3* baterai isi ulang lithium ion. Uji beban dilakukan dengan tiga *Lego Mindstorms Motor EV3* terpasang, dua motor besar dan satu motor sedang, ke *EV3 Brick* yang berjalan dengan kekuatan penuh dengan beban yang diterapkan. Pengujian menunjukkan bahwa *EV3 brick* bekerja dengan baik baik saat menggunakan baterai alkaline standar maupun saat menggunakan baterai lithium ion isi ulang *EV3*. Baterai lithium ion *Lego* adalah satu-satunya solusi yang memungkinkan *EV3 brick* menjadi daya terus menerus dengan menghubungkan

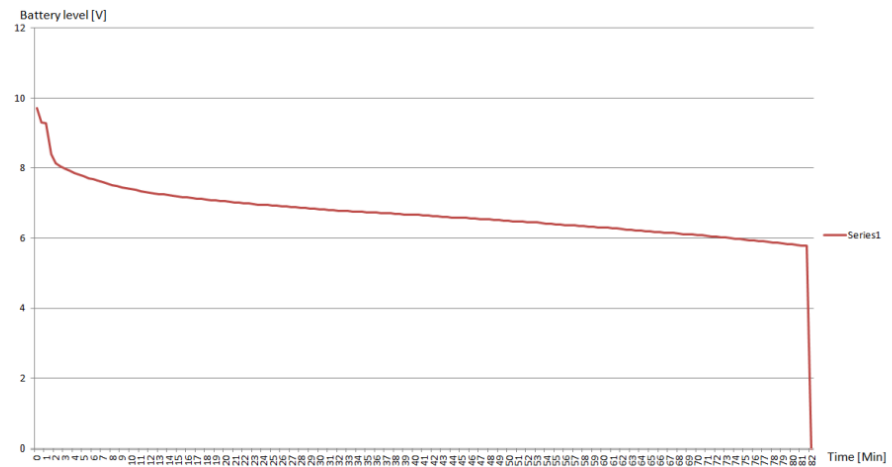
baterai ke Lego Transformator. Jika beban lebih dari sekitar 500 mA, daya pada akhirnya akan digunakan meskipun transformator terhubung.

Pada table 2.4 dapat dilihat perbandingan kondisi arus dan daya dalam kondisi maksimal dan minimal yang diukur dengan tiga buah motor dan empat buah sensor yang masing-masing dihitung saat baterai dalam kondisi 9 volt, 6 volt, dan 3,3 volt.

Tabel 2. 4 Pengukuran baterai yang didasarkan pada baterai 9 Volt

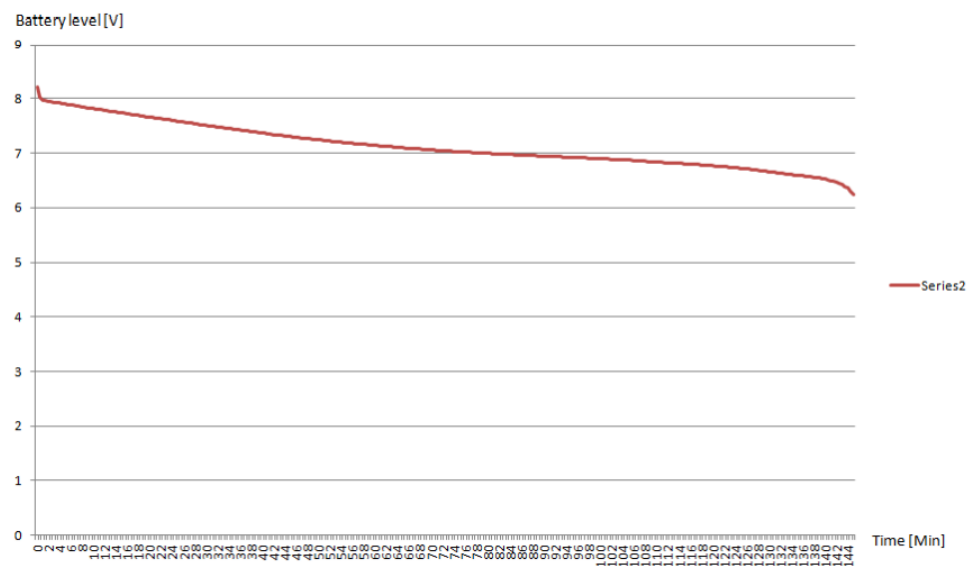
<i>Supply Voltage</i>	<i>Current</i>		<i>Effect (Battery = 9 Volt)</i>	
	Max [mA]	Normal [Ma]	Max [mW]	Normal [mW]
<i>3 Motors without load 4 Sensors No communication</i>				
9 Volt	N. A.	155	N. A.	1395
5 Volt	N. A.	308	N. A.	1540
3.3 Volt	N. A.	404	N. A.	1333
<i>3 Motors without load 4 Sensors With BT & WiFi active</i>				
9 Volt	N. A.	242	N. A.	2178
5 Volt	N. A.	395	N. A.	1975
3.3 Volt	N. A.	477	N. A.	1574
<i>Load on Motors</i>				
9 Volt	1760	640	15840	5760
5 Volt	2190	592	10950	2960
3.3 Volt	"Low Bat"	"Low Bat"	"Low Bat"	"Low Bat"
<i>Standby</i>				
9 Volt	N. A.	0.024	N. A.	0.216
5 Volt	N. A.	0.012	N. A.	0.060
3.3 Volt	N. A.	0.004	N. A.	0.013

(Sumber: LEGO® MINDSTORMS® EV3 Hardware Developer Kit, 2013)



Gambar 2. 24 Tingkat baterai dari waktu ke waktu saat menggunakan 6 baterai alkaline standar

(Sumber: LEGO® MINDSTORMS® EV3 Hardware Developer Kit, 2013)



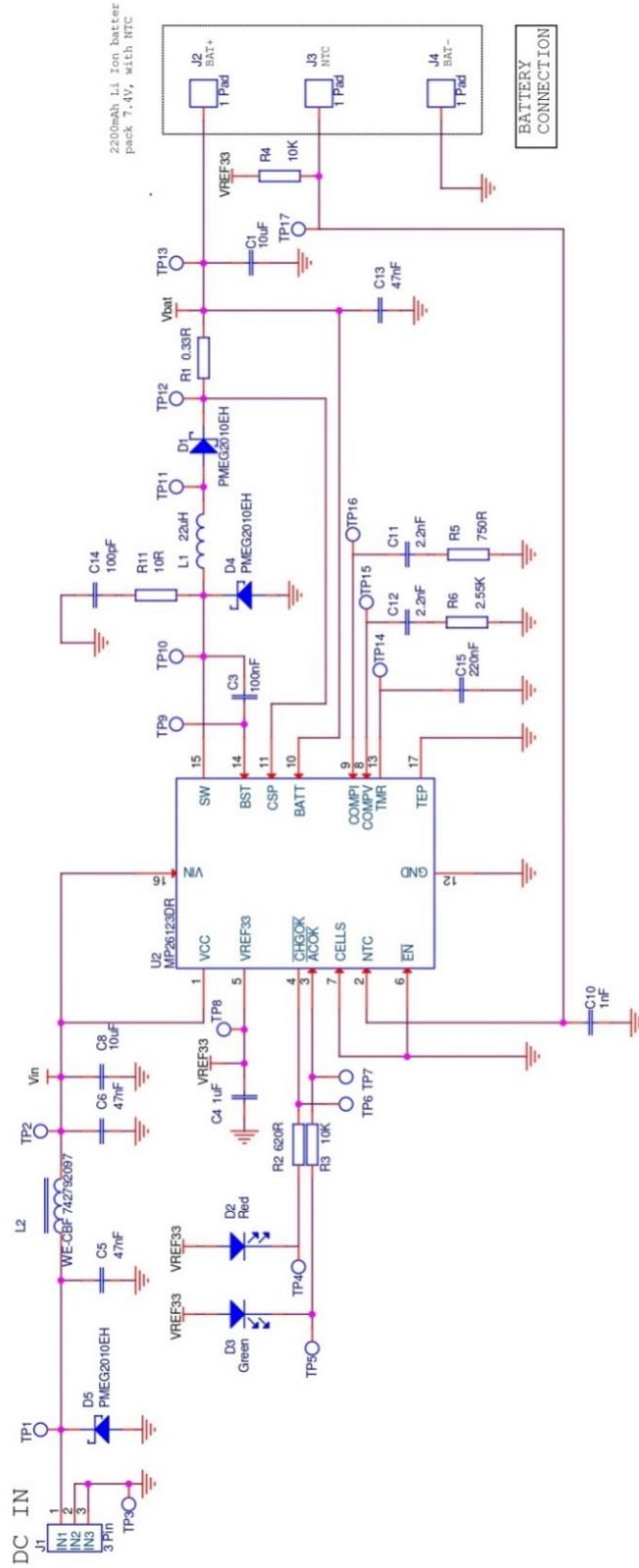
Gambar 2. 25 Tingkat baterai dari waktu ke waktu saat menggunakan *Mindstorms EV3* Baterai isi ulang

(Sumber: LEGO® MINDSTORMS® EV3 Hardware Developer Kit, 2013)

Perbedaan antara pemakaian baterai dari waktu ke waktu saat menggunakan enam buah baterai alkaline standar dan menggunakan *Mindstorms EV3* baterai isi ulang terlihat sangat signifikan. Dapat dilihat pada gambar 2.24 brick yang menggunakan enam buah baterai alkaline standar lebih banyak menghabiskan arus pada menit ke 82, sedangkan pada gambar 2.25 pada saat menggunakan saat menggunakan *Mindstorms EV3* Baterai isi ulang pengeluaran arus jauh lebih hemat yaitu baterai *low* sampai menit ke 144.

Pada rangkaian baterai li-ion menggunakan MP26123DR sebagai pengisi daya *switching step-down* DC-DC. *Switch* ini memiliki MOSFET daya sisi tinggi terintegrasi yang dapat menghasilkan hingga arus pengisian hingga 2A. MP26123 memiliki 16 pin yang memiliki fungsi masing-masing.

VCC berfungsi sebagai tegangan suplai IC. Pin NTC sebagai masukan termistor dan penghubung resistor dari pin ini ke VREF33, dan termistor dari ini pin ke *ground*. Selanjutnya pin ACOK, sebagai indikator Pasokan Input Valid sedangkan pin CHGOK sebagai Indikator Status Pengisian. Pin VREF33 yaitu Regulator Linier Internal, dan pin ID sebagai Input Kontrol Hidup/Mati. Selanjutnya pin SEL sebagai Input Perintah untuk Jumlah Sel Li-ion. Pin COMPV sebagai kompensasi V-LOOP dan COMPI sebagai kompensasi I-LOOP. Pin BATT sebagai Terminal Baterai Positif. Pin CSP sebagai *baterai-charge-sense-input positif*. Pin GND adalah referensi tegangan untuk tegangan keluaran yang diatur. Pin TMR untuk mengatur periode timer aman. Pin BST (*bootstrap*) membutuhkan kapasitor yang terisi daya untuk menggerakkan gerbang sakelar daya di atas suplai voltase. Pin SW sebagai Saklar Keluaran. Pin VIN sebagai tegangan masukan pengatur. Skema rangkaian baterai li-ion dapat dilihat pada gambar 2.26.

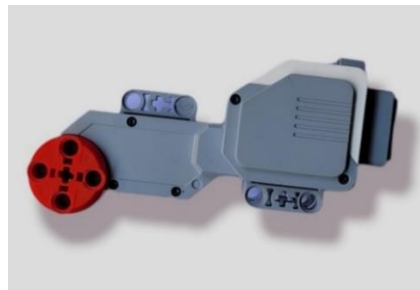


Gambar 2. 26 Skema rangkaian baterai

2.4.2 Motor

2.4.2.1 Large Motor

Large Motor adalah motor "pintar" yang kuat, memiliki sensor rotasi *built-in* dengan resolusi 1 derajat untuk kontrol yang tepat. *Large motor* dioptimalkan untuk menjadi basis penggerak robot. *Motor* ini berjalan maksimal 175 rpm, dan torsi berjalan 20 Ncm, torsi terhenti 40 Ncm (lebih lambat, tetapi lebih kuat). Gambar 2.7 menunjukkan *large motor*. Spesifikasi rotasi putar motor *large* dapat dilihat pada tabel 2.5



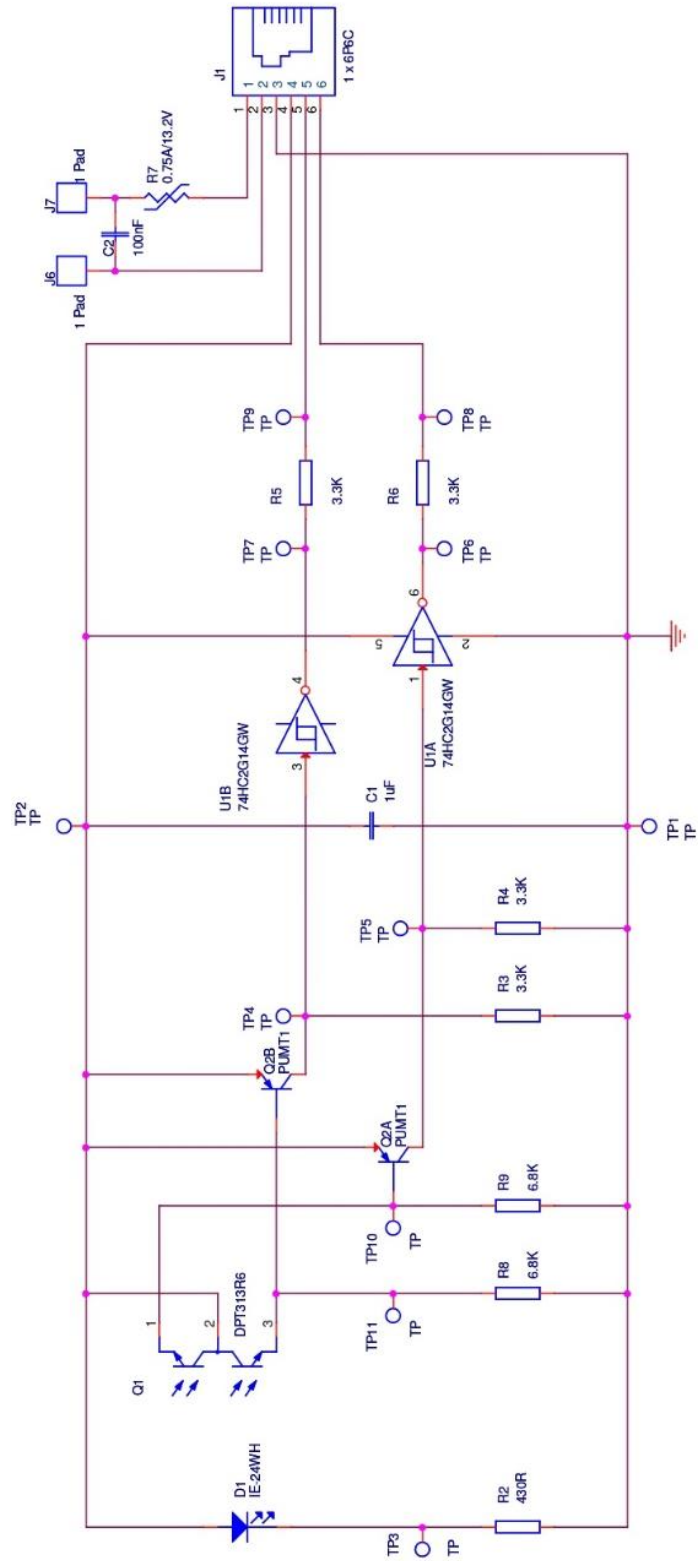
Gambar 2. 27 *Large Motor*

Tabel 2. 5 Karakteristik *Large Motor*

LEGO MINDSTORMS EV3 Large motor	
9 Volt, no load	175 RPM
	60 mA
Stalled	45 Ncm
	1.8 A

(Sumber: LEGO® MINDSTORMS® EV3 Hardware Developer Kit, 2013)

Motor large terhubung dengan mikrokontroler MCU AM1808 dengan konektor yang memiliki 6 pin. Pin 1 konektor terhubung ke sinyal PWM yaitu J6 sebagai terminal positif motor large, sedangkan pin 2 ke serial port J7 atau terminal negatif motor large. Pin 5 dan 6 konektor terhubung ke 74HC2G14GW yang memungkinkan penggunaan resistor pembatas arus untuk menghubungkan input ke tegangan yang melebihi VCC. Pin 3 konektor tersambung ke ground motor large dan pin 4 tersambung ke VCC. Gambar 2.28 merupakan rangkaian skematik motor large.



Gambar 2. 28 Rangkaian skematik motor large

2.4.2.2 *Medium Motor*

Gambar 2.29 merupakan *medium motor* juga menyertakan sensor rotasi bawaan (dengan resolusi 1 derajat), tetapi lebih kecil dan lebih ringan daripada *large motor*. Itu berarti motor ini mampu merespons lebih cepat daripada *large motor*. *Medium motor* berjalan pada 240–250 rpm, dengan torsi 8 Ncm dan torsi mati 12 Ncm (lebih cepat, tetapi kurang bertenaga).

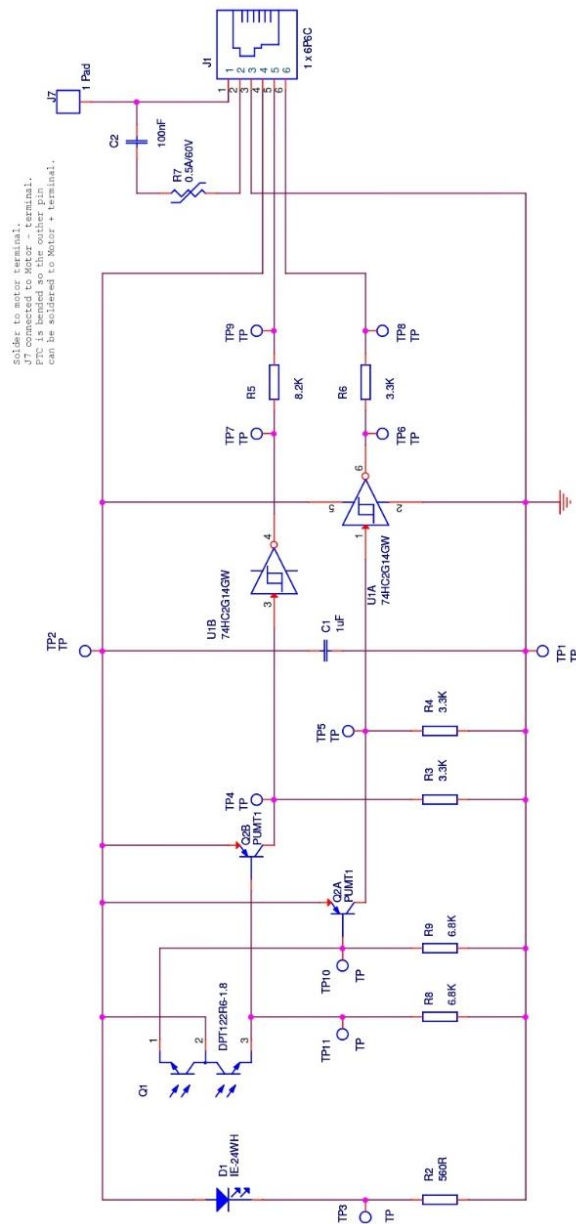


Gambar 2. 29 *Medium Motor*

Motor medium berfungsi sebagai servo yang memutar sensor ultrasonik saat mendeteksi objek. Sensor ini akan berputar 90 derajat ke arah kanan sebanyak tiga kali yang masing masing 30 derajat hingga sensor ultrasonik mendeteksi objek, motor medium berhenti berputar.

Rangkaian motor medium terhubung dengan mikrokontroler MCU AM1808 dengan konektor yang memiliki 6 pin. Pin 3 konektor tersambung ke ground motor large dan pin 4 tersambung ke VCC. Pin 1 dan pin 2 konektor terhubung ke sinyal PWM yaitu J7. PTC (*Positive Temperature Coefficient*) dicampur sehingga pin luar dapat disolder ke bagian positif terminal motor. Pin 5 dan 6 konektor terhubung ke interter 74HC2G14GW yang memungkinkan penggunaan resistor pembatas arus untuk menghubungkan input ke tegangan yang melebihi VCC. Gambar 3.7 merupakan gambaran skematik motor medium.

Rangkaian motor medium menggunakan modul LB1836M sebagai motor driver yang terhubung langsung ke MCU AM1808. Motor diver ini memiliki 4 input dan 4 output yang masing-masing input terhubung ke pin digital MCU AM1808. Kemudian output dari motor driver tersebut dihubungkan ke konektor untuk ditransfer dan menjalankan motor *large*. Gambar 2.30 merupakan konfigurasi pin AM1808, motor driver LB1836M, konektor, dan motor medium.



Gambar 2. 30 Rangkaian skematik motor medium

2.4.3. Sensor Ultrasonik STM8S103F3

Sensor ultrasonik adalah sensor digital yang dapat mengukur jarak suatu objek di depannya, dengan mengirimkan gelombang suara frekuensi tinggi dan mengukur berapa lama waktu yang dibutuhkan suara untuk dipantulkan kembali ke sensor. Jarak ke suatu objek dapat diukur dalam inci atau sentimeter. Karena sensor

ultrasonik bergantung pada pantulan gelombang suara, sensor ini efektif dalam mendeteksi permukaan yang bertekstur atau objek.

Saat menggunakan satuan sentimeter, jarak yang dapat dideteksi adalah antara 3 sampai 250 sentimeter (dengan akurasi +/- 1 sentimeter). Saat menggunakan satuan inci, jarak yang mampu diukur adalah antara 1 sampai 99 inci (dengan akurasi +/- 0,394 inci). Artinya jarak 255 sentimeter atau 100 inci berarti sensor tidak dapat mendeteksi objek apa pun di depannya. Bagian depan sensor ini dapat dilihat pada gambar 2.31.

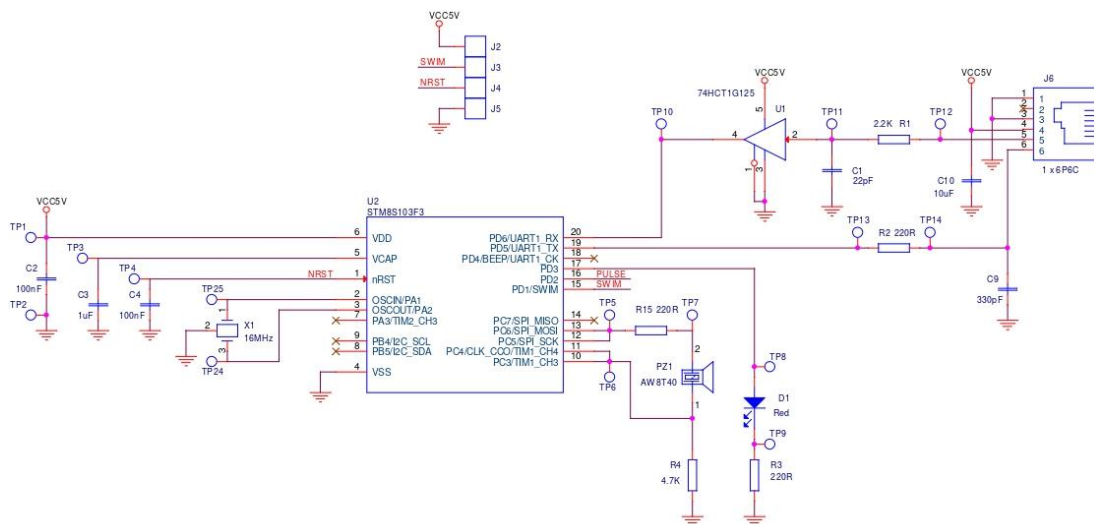


Gambar 2. 31 Sensor Ultrasonik

Rangkaian sensor ultrasonik STM8S103F3 bekerja menentukan jarak antara manusia dan robot. Sensor ini akan terhubung ke modul MCU AM1808. Pada robot *human follower* ini digunakan satu buah sensor ultrasonik yang terletak di depan robot tepat terhubung dengan motor medium yang menjalankan fungsi lain yaitu mencari objek yakni manusia sampai terdeteksi dengan jarak yang ditentukan.

Sensor Ultrasonik STM8S103F3 berjumlah 20 pin yang masing-masing mempunyai kendali. Pin NRST digunakan untuk mengaktifkan *bootloader* ketika mem-*flash* program baru pada MCU. *Port C6* sebagai SPI MISO (*Serial Peripheral Interface Master In Slave Out*) bertugas mengirimkan data ke perangkat master dari AW8T40, sedangkan port *C7* sebagai SPI MOSI (*Serial Peripheral Interface Master Out Slave In*) bertugas sebaliknya yaitu mengunduh data dari AW8T40 ke perangkat master. Terdapat *port C5* sebagai SPI SCK (*Serial CLOCK*) sebagai sinkronasi menghindari kesalahan dalam berkomunikasi SPI MOSI dan SPI MISO.

Selain pin SPI, sensor ultrasonik STM8S103F3 juga memiliki serial pin UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) yang berfungsi mengubah data paralel menjadi data serial untuk komunikasi keluar dan mengubah data serial menjadi data paralel untuk komunikasi masuk. Selain itu terdapat pin I2C (*Inter Integrated Circuit*) yang berfungsi sebagai saluran penghubung *interface* untuk mengirim maupun menerima data. Ada dua jenis pin I2C yaitu SDA (*Serial Data*) untuk untuk mentransaksikan data dan SCL (*Serial Clock Line*) untuk menghantarkan sinyal clock. Gambar 2.32 merupakan Rangkaian skematik sensor ultrasonik STM8S103F3.



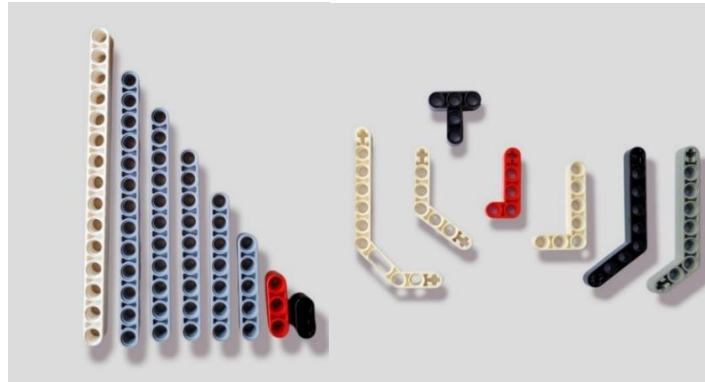
Gambar 2. 32 Rangkaian skematik sensor ultrasonik STM8S103F3

2.5 Komponen Mekanik *Lego Mindstorms EV3*

Komponen mekanik ini adalah komponen yang menghasilkan gerakan pada robot (Djaya Siswaja 2009). Komponen mekanik *Lego Mindstorms EV3* terdiri dari:

2.5.1 Balok

Balok berfungsi sebagai komponen dasar utama untuk membangun sebuah robot *Lego Mindstorms EV3*. Terdapat beberapa jenis balok, yang pertama yakni balok lurus yang terdiri dari delapan ukuran, seperti gambar 2.35. Selain itu terdapat balok sudut, yang terdiri dari tujuh ukuran dan besar sudut yang berbeda.



Gambar 2. 33 Balok Lurus dan Balok Sudut

Tabel 2.6 menjelaskan spesifikasi ukuran dan sudut komponen balok lurus dan balok sudut dari kiri ke kanan. Jumlah module sama dengan jumlah lubang pada balok.

Tabel 2. 6 Jumlah *module* pada balok

No.	Nama Komponen	No.	Nama Komponen
1.	<i>Beam, 13-module, white</i>	1.	<i>Double Angular Beam, 3x7-module, white</i>
2.	<i>Beam, 11-module, gray</i>	2.	<i>Angular Beam, 4x4-module, white</i>
3.	<i>Beam, 7-module, gray</i>	3.	<i>T Beam, 3x3, black</i>
4.	<i>Beam, 5-module, gray</i>	4.	<i>Angular Beam, 2x4-module, red</i>
5.	<i>Beam, 3-module, red</i>	5.	<i>Angular Beam, 3x5-module, white</i>
6.	<i>Beam, 1-module, black</i>	6.	<i>Angular Beam, 4x6-module, black</i>
		7.	<i>Angular Beam, 3x7-module, gray</i>

2.5.2 Konektor

Fungsi konektor di sini sebagai perekat atau penghubung komponen satu dengan komponen lain. Berikut konektor *axel* yang digunakan untuk merekatkan komponen *Lego Mindstorms EV3* dapat dilihat pada gambar 2.36 yang terdiri dari 7 bagian berbeda dan konektor lubang yang berjumlah 21 jenis konektor berbeda. Sedangkan tabel 2.7 menampilkan spesifikasi ukuran konektor dari kiri ke kanan.

Tabel 2. 7 Jumlah module pada konektor

No.	Nama Komponen	No.	Nama Komponen
1.	<i>Axle, 12-module, black</i>	15.	<i>Connector Peg with Fiction, 3-module, blue</i>
2.	<i>Axle, 10-module, black</i>	16.	<i>Axle, 2-module, red</i>
3.	<i>Axle, 9-module, gray</i>	17.	<i>Cross Block, 2-module, gray</i>
4.	<i>Axle, 8-module, black</i>	18.	<i>Double Connector Peg, 3-module, gray</i>
5.	<i>Axle, 6-module, black</i>	19.	<i>Cross Beam, 2x1-module, red</i>
6.	<i>Axle, 4-module, black</i>	20.	<i>Axle with Stud, 3-module, dark beige</i>
7.	<i>Axle, 3-module, gray</i>	21.	<i>Connector Peg with Fiction, 2-module, black</i>
8.	<i>½ Triangle Beam, 5x3-module, gray</i>	22.	<i>Connector Peg, 2-module, gray</i>
9.	<i>Bushing, 1/2-module, yellow</i>	23.	<i>Double Connector Peg, 3x3-module, gray</i>
10.	<i>3-spoke Angular Block, 3x120°, gray</i>	24.	<i>Angular Connector Peg, 3x3-module, gray</i>
11.	<i>Tube, 2-module, gray</i>	25.	<i>Connector Gear, 4-tooth, black</i>
12.	<i>Bushing, 1-module, gray</i>	26.	<i>Cross Block, 2x2-module, black</i>
13.	<i>Bushing, Axle Extender, 2-module, red</i>	27.	<i>Cross Block fork, 2x2-module, black</i>
14.	<i>Connector Peg, 3-module, beige</i>	28.	<i>Cross Block, 2x2-module, gray</i>



Gambar 2. 34 Konektor

2.5.3 Gear

Gear adalah roda yang berputar dengan gerigi yang menyatu dengan bagian bergerigi lainnya untuk mengirimkan pergerakan dan diidentifikasi dari jumlah giginya (Benedettelli 2015). Tabel 2.7 menjelaskan spesifikasi *gear* dan ukurannya.

Tabel 2. 8 Ukuran *gear*

No.	Nama Komponen	No.	Nama Komponen
1.	<i>Gear, 40-tooth, gray</i>	6.	<i>Gear, 8-tooth, dark gray</i>
2.	<i>Gear, 24-tooth, dark gray</i>	7.	<i>Bevel Gear, 12-tooth, beige</i>
3.	<i>Double Bever Gear, 36-tooth, black</i>	8.	<i>Gear, 16-tooth, gray</i>
4.	<i>Worm Gear, gray</i>	9.	<i>Hub, 24x4 mm, dark gray and Tire, 30, 4x4 mm, black</i>
5.	<i>Double Bever Gear, 20-tooth, black</i>		

Terdapat macam-macam karakter *gear* yang digunakan untuk membangun sebuah alat. Semakin banyak celah perputaran pada alat, semakin banyak gear yang digunakan. Bentuk umum gear dapat dilihat pada gambar 2.35.



Gambar 2. 35 Gear