

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Robot

Sejarah robot berawal pada abad pertengahan di Timur Tengah, seorang insinyur jenius bernama Al Jazari yang membuat jam gajah yang dapat bekerja secara otomatis, dan merupakan jam pertama di dunia. Beliau juga membuat robot *humanoid* pertama yang dapat bermain musik. Karya-karyanya terabadikan dalam salah satu bukunya: Al Jazari, *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices*: Kitab fima'rifat al-hiiyal al-handasiyya. Banyak penelitian dari Al Jazari yang membuat berbagai mesin otomatis yang dikemudian hari dikenal sebagai robot.

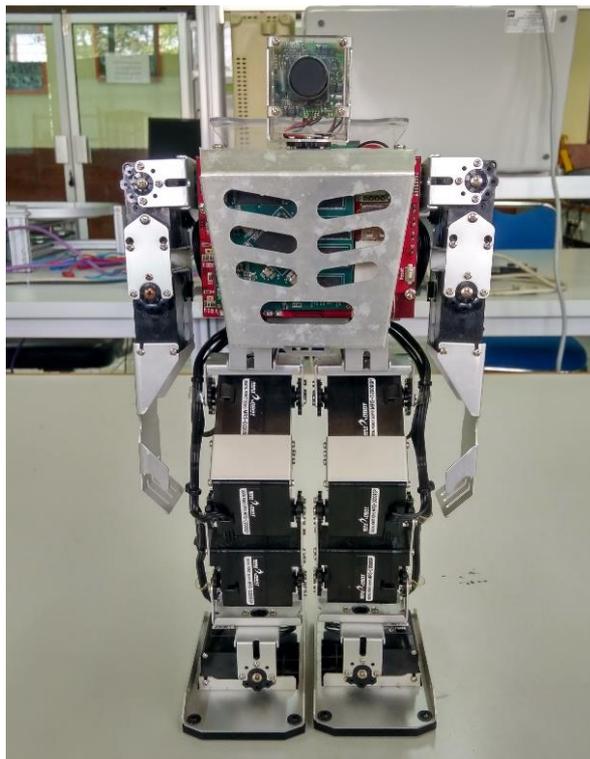
Pengertian robot banyak diartikan secara berbeda-beda yang mana setiap sumber yang berbeda memiliki arti yang berbeda pula. Berikut pengertian robot yang berasal dari beberapa sumber: - Kamus *Webster* "*Robot is An automatic device that performs function ordinarily ascribed to human beings*". - Kamus *Oxford* "*Robot is A machine capable of carrying out a complex series of actions automatically, especially one programmed by a computer*". Berdasarkan beberapa definisi diatas, menunjukkan bahwa robot tidak dapat diartikan secara mutlak, tergantung dari sudut pandang dan fungsional terhadap robot yang dibuat.[1]

2.1.1 Robot Humanoid[2]

Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia, ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dulu (Gonzales, 1987). Istilah robot berawal bahasa Cheko "*robota*" yang berarti pekerja atau kuli yang tidak mengenal lelah atau bosan. Robot biasanya digunakan untuk tugas yang berat, berbahaya, pekerjaan yang berulang dan kotor. Biasanya kebanyakan robot industri digunakan dalam bidang produksi. Penggunaan robot lainnya termasuk untuk pembersihan limbah beracun, penjelajahan bawah air dan luar angkasa, pertambangan, pekerjaan "cari dan tolong" (*search and rescue*), dan untuk pencarian tambang. Belakangan

ini robot mulai memasuki pasaran konsumen di bidang hiburan, dan alat pembantu rumah tangga, seperti penyedot debu, dan pemotong rumput.

Robot *humanoid* adalah robot yang termasuk dalam kategori robot berkaki yang memiliki bentuk struktural menyerupai manusia. Robot ini memiliki penampilan keseluruhan yang didasarkan pada bentuk tubuh manusia, yaitu: memiliki dua buah kaki, dua buah tangan, badan, dan kepala. Salah satu faktor yang sangat penting dan memerlukan perhatian lebih dalam membangun sebuah robot *humanoid* adalah faktor keseimbangan atau *balance* dari robot *humanoid* tersebut. Karena tugas utama dari sebuah robot *humanoid* adalah menirukan gerakan alami yang dilakukan oleh manusia, seperti: berjalan maju, berjalan ke samping, berbelok, melambatkan tangan, hingga menari. Tanpa memiliki keseimbangan yang baik, robot *humanoid* akan kesulitan untuk melakukan gerakan-gerakan tersebut karena robot *humanoid* tersebut akan mudah sekali terjatuh.



Gambar 2. 1 Robot Humanoid

(Sumber: Pribadi)

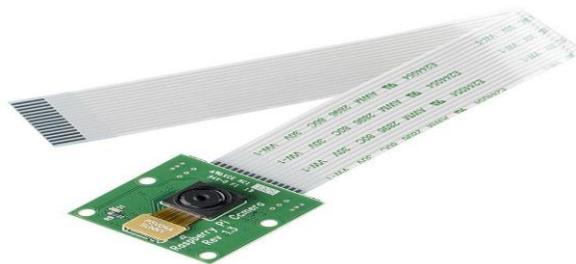
Robot *humanoid* sendiri menurut Budiharto (2013 : 5) adalah robot yang penampilan keseluruhannya dibentuk menyerupai tubuh manusia, mampu melakukan interaksi dengan peralatan maupun lingkungan yang *based on human* atau sesuai dengan manusia. Beberapa robot *humanoid* juga memiliki wajah lengkap dengan mata dan mulut seperti pada gambar 2.1 diatas yang merupakan robot *humanoid* yang akan dianalisis.

Robot *humanoid* gencar dikembangkan saat ini, karena penerapan robot ke depan akan difokuskan menjadi robot yang memiliki fitur mirip manusia. I Gusti Putu Mastawan Eka Putra dan Putri Alit Widyastuti Santiary melakukan penelitian berupa pendeteksi objek pada robot vision. Jika suatu objek yang berada di depannya bergerak ke kanan, mikrokontroler akan memerintahkan motor servo yang dipasang pada kamera tersebut untuk bergerak ke kanan, begitu juga untuk pergerakan objek ke kiri, ke atas maupun ke bawah. Dalam membangun atau merancang robot humanoid tentunya memiliki beberapa bagian utama yang harus terdapat pada robot humanoid agar bentuk dan fungsinya sama seperti layaknya tubuh manusia. Salah satu bagian penting dalam robot humanoid adalah Aktuator, merupakan motor yang bertanggungjawab sebagai media gerakan pada robot. Robot humanoid dibangun sedemikian rupa agar mereka mirip dengan tubuh manusia, maka mereka juga mempergunakan aktuator yang berlaku seperti otot dan sendi, meskipun dengan struktur yang berbeda.

2.2 Pi Camera[3]

Pi camera merupakan sebuah modul sensor kamera. *Pi camera* berisi sensor gambar CMOS 5 megapiksel dari OmniVision yang dirancang dengan arsitektur piksel iluminasi sisi belakang 1,4 mikron, yang menghadirkan fotografi 5 megapiksel, dan rekaman video high-definition (HD) dengan laju bingkai tinggi 720p/60. Modul kamera berantarmuka dengan *Raspberry Pi* melalui konektor kamera yang ada dengan menggunakan CSI untuk data dan I2C untuk kontrol. Ini memungkinkan pengguna untuk merekam 720p dan 1080p dengan laju 30 bingkai per detik dalam format video H264. *Pi camera* sendiri biasanya digunakan untuk keperluan konferensi jarak jauh atau juga sebagai kamera pemantau.

Pi camera adalah sebuah periferal berupa kamera sebagai pengambil *Image/gambar* yang dikendalikan oleh sebuah komputer atau oleh jaringan komputer. Gambar yang diambil oleh pi camera ditampilkan ke layar monitor, karena dikendalikan oleh komputer maka ada perangkat atau software yang digunakan untuk menghubungkan pi camera dengan komputer atau jaringan. *Pi camera* hampir sama dengan webcam sebagai web pages + Camera, karena dengan menggunakan webcam untuk mengambil gambar video secara aktual bisa langsung di upload bila komputer yang mengendalikan terkoneksi internet, dan pi camera juga demikian. Pi camera atau webcam sangat bermanfaat dalam bidang telekomunikasi, bidang keamanan, dan bidang industri. Sebagai contoh webcam digunakan untuk video call chatting, surveillience camera, dan juga sebagai video conference oleh beberapa user.



Gambar 2. 2 *Pi Camera*

(Sumber : <https://www.jakartanotebook.com/raspberry-pi-camera-board-500w-pixels>)

2.2.1 Cara Kerja Pi Camera

Sebuah *pi camera* yang sederhana terdiri dari sebuah lensa standar, dipasang di sebuah papan sirkuit untuk menangkap sinyal gambar; casing (cover), termasuk casing depan dan casing samping untuk menutupi lensa standar dan memiliki sebuah lubang lensa di casing depan yang berguna untuk memasukkan gambar; kabel support, yang dibuat dari bahan yang fleksibel, salah satu ujungnya dihubungkan dengan papan sirkuit dan ujung satu lagi memiliki connector, kabel ini dikontrol untuk menyesuaikan ketinggian, arah dan sudut pandang pi camera. Sebuah pi camera biasanya dilengkapi dengan software, software ini mengambil gambar-gambar dari kamera digital secara terus menerus ataupun dalam interval

waktu tertentu dan menyiarkannya. Ada beberapa metode penyiaran, metode yang paling umum adalah hardware mengubah gambar ke dalam bentuk file JPG.

Frame rate mengindikasikan jumlah gambar sebuah *software* dapat ambil dan transfer dalam satu detik. Untuk *streaming* video, dibutuhkan minimal 15 *frame per second* (fps) atau idealnya 30 fps. Untuk mendapatkan *frame rate* yang tinggi, dibutuhkan koneksi internet yang tinggi kecepatannya. Sebuah *pi camera* atau *webcam* tidak harus selalu terhubung dengan komputer, ada yang memiliki *software webcam* dan *web server built-in*, sehingga yang diperlukan hanyalah koneksi internet. *Webcam* seperti ini dinamakan “*network camera*”. Kita juga bisa menghindari penggunaan kabel dengan menggunakan hubungan radio, koneksi *Ethernet* ataupun *WiFi*.

2.3 Pengolahan Citra (*Image Processing*)[4]

Citra (*image*) istilah lain untuk gambar, sebagai salah satu komponen multimedia yang memegang peranan sangat penting sebagai bentuk informasi visual. Meskipun sebuah citra kaya informasi, namun seringkali citra yang kita miliki mengalami penurunan mutu (degradasi), misalnya mengandung cacat atau derau (*noise*), warnanya terlalu kontras, kurang tajam, kabur (*blurring*), dan sebagainya. Tentu saja citra semacam ini menjadi lebih sulit diinterpretasi karena informasi yang disampaikan oleh citra tersebut menjadi berkurang.



(Sumber : Benny Achmad, Mutiara. *Pengantar Pengolahan Citra*)

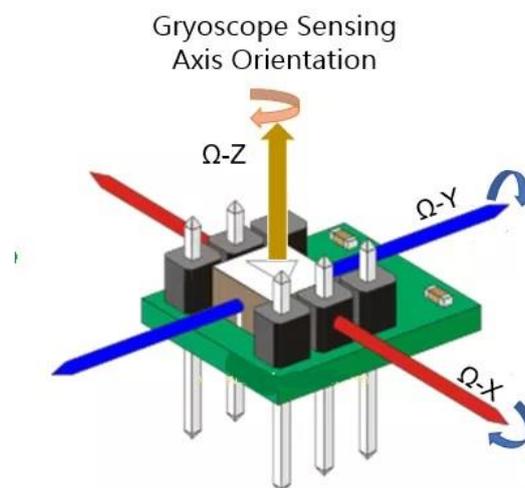
Gambar 2. 3 Proses Pengolahan Citra

Agar citra yang mengalami gangguan mudah diinterpretasi (baik oleh manusia maupun mesin), maka citra tersebut perlu dimanipulasi menjadi citra lain yang kualitasnya lebih baik. Bidang studi yang menyangkut hal ini adalah pengolahan citra (*image processing*). Pengolahan citra adalah pemrosesan citra, khususnya dengan menggunakan komputer, menjadi citra yang kualitasnya lebih

baik. Pengolahan citra bertujuan memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia atau mesin (dalam hal ini komputer). Teknik-teknik pengolahan citra mentransformasikan citra menjadi citra lain. Jadi, masukannya adalah citra dan keluarannya juga citra, namun citra keluaran mempunyai kualitas lebih baik daripada citra masukan.

2.4 Sensor Gyroscope

Gyroscope merupakan sensor kecepatan angular yang digunakan untuk mengukur rotasi dari suatu benda. *Gyroscope* berfungsi untuk mengukur atau menentukan orientasi suatu benda berdasarkan pada ketetapan momentum sudut, dengan kata lain *gyroscope* menentukan gerakan sesuai gravitasi yang dilakukan oleh pengguna. Berikut merupakan Gambar 2.5 yaitu orientasi poros pada *gyroscope*.



Gambar 2. 4 Orientasi Poros Pada *Gyroscope*

(Sumber : <https://www.nyebarilmu.com/tutorial-arduino-mengakses-module-accelorometer-gyroscope-mpu6050/>)

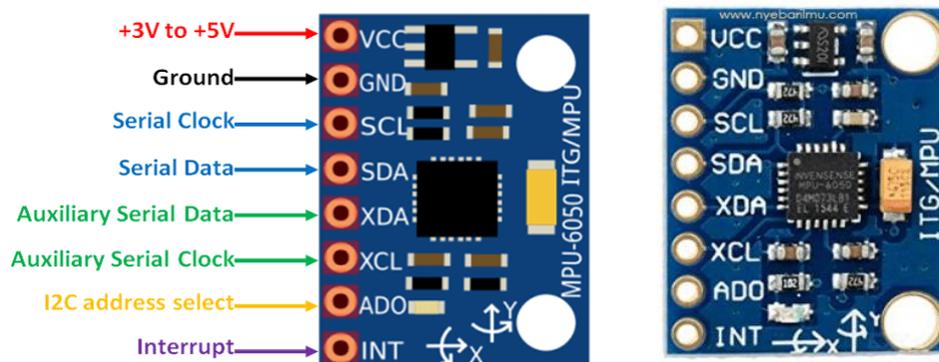
Gyroscope memiliki peranan yang sangat penting dalam hal mempertahankan keseimbangan suatu benda. *Gyroscope* memiliki keluaran berupa kecepatan sudut dari arah 3 sumbu yaitu, sumbu “x” yang nantinya akan menjadi sudut Φ *phi* (kanan dan kiri) dari sumbu “y” nantinya menjadi sudut θ *theta* (atas dan bawah), dan sumbu “z” nantinya menjadi sudut ϕ *psi* (depan dan

belakang). Sistem koordinat sensor sama dengan penggunaan pada sensor percepatan. Rotasi bernilai positif dalam arah berlawanan jarum jam, maka dari itu proses pengamatan melihat dari beberapa lokasi positif pada x, y, z sumbu pada perangkat diposisikan pada titik asal akan melaporkan rotasi positif jika perangkat tampaknya berputar berlawanan arah jarum jam. Output dari *gyroscope* terintegrasi dari waktu ke waktu untuk menghitung rotasi yang menggambarkan perubahan sudut atas perubahan waktu [5]

Kelebihan dari *gyroscope* yaitu, *gyroscope* memiliki respon yang cepat dalam menghasilkan perubahan pada sudut dan respon yang lebih baik. Sedangkan kekurangan dari *gyroscope* yaitu, ketidakteelitian dari pembacaan *gyroscope*, sudut kemiringan yang dihitung akan mengalami *drift* dari waktu ke waktu. *Gyroscope* adalah penyempurna *accelerometer*, maka *gyroscope* hanya bisa berfungsi dengan baik jika pada perangkat tersebut sudah terdapat *accelerometer* [6]

2.5.1 MPU-6050 6-Axis Gyroscope+Accelerometer Module

MPU-6050 adalah perangkat *MotionTracking* pertama yang memiliki 6-axis dengan mengombinasikan 3-axis *gyroscope*, 3-axis *accelerometer*, dan sebuah *Digital Motion Processor* dalam sebuah perangkat kecil. Dilengkapi dengan I^2C sensor bus, yang dapat menerima input langsung dari perangkat eksternal 3-axis *compass* untuk membuatnya menjadi 9-axis output. Berikut ini merupakan Gambar 2.6 yaitu pin Out Modul MPU-6050.



Gambar 2. 5 Modul MPU-6050

(Sumber : <https://www.nyebarilmu.com/tutorial-arduino-mengakses-module-accelorometer-gyroscope-mpu6050/>)

Spesifikasi dari modul MPU-6050 adalah, sebagai berikut:

1. Catu daya IC dari 2,375 V ~ 3,46 V namun modul ini sudah dilengkapi dengan LDO / *low drop-out voltage regulator* (untuk pengguna Arduino, Anda dapat menyambungkan pin Vcc dari modul ini dengan pin 5V pada Arduino Anda)
2. Antarmuka kendali dan pengumpulan data lewat protokol I²C berkecepatan tinggi (*Fast Mode*, 400 kHz), pada modul ini sudah dipasangkan *pull-up resistor* 2K2 sehingga Anda bisa menyambungkan pin SDA dan SCL dari modul ini dengan mikrokontroler / Arduino Board tanpa resistor eksternal tambahan
3. Pilihan rentang skala *gyroscope*: 250° (sensitivitas 13,1), 500° (65,6), 1000° (32,8), 2000° (16,4) per detik; sensitivitas dalam satuan LSB/°/detik
4. Pilihan rentang skala akselerometer: ±2g (sensitivitas 16384), ±4g (8192), ±8g (4096), ±16g (2048); sensitivitas dalam LSB/g
5. Data keluaran *Motion Fusion* sebanyak 6 atau 9 sumbu dalam format matriks rotasi, quaternion, sudut Euler, atau data mentah (*raw data format*).
6. Memori penampung data (*buffer memory*) sebesar 1 Kb, FIFO (*First-InFirst-Out*)
7. Dengan digabungkannya akselerometer dan giroskop dalam satu sirkuit terpadu menyebabkan pendeteksian gerakan menjadi lebih akurat (*reduced settling effects and sensor drift*) karena faktor kesalahan penyesuaian persilangan sumbu antara akselerometer dan giroskop dapat dihilangkan
8. DMP™ Engine mengambil alih komputasi rumit dari prosesor utama sehingga sistem tidak terbebani kalkulasi yang kompleks (*red*: sebelum adanya IC ini, perancang rangkaian elektronika biasanya menggunakan chip PLD eksternal untuk mengerjakan komputasi semacam ini karena perhitungan matematika dalam kalkulasi gerak sangatlah kompleks dan terlalu membebani kerja mikrokontroler yang biasanya bertenaga terbatas).
9. Tersedia platform pengembangan perangkat lunak MotionApps™ untuk sistem operasi Android, Linux, dan Windows
10. Algoritma untuk menghitung bias dan kalibrasi kompas sudah terpasang dan siap digunakan, tidak perlu intervensi dari pemakai

11. Interupsi yang dapat diprogram untuk mendeteksi pengenalan gestur (*gesture recognition*), pergeseran (*panning*), *zooming*, *scrolling*, dan *shake detection*
12. Konsumsi arus giroskop hanya sebesar 3,6 mA, giroskop + akselerometer hanya 3,8 mA (tenaga penuh, 1 kHz *sample rate*).
13. Moda siaga hemat daya hanya mengkonsumsi arus sebesar 5 μ A
14. Dapat menoleransi guncangan hingga 10000g / 10kg
15. Modul dengan PCB berkualitas dengan *gold immersion welding* untuk menjamin kualitas
16. Akses sangat mudah menggunakan pin standar dengan *pitch* 0,1" / 2,54 mm.

Berikut ini merupakan Gambar 2.7 yaitu diagram modul dari MPU-6050:



Gambar 2. 6 Diagram Modul MPU-6050

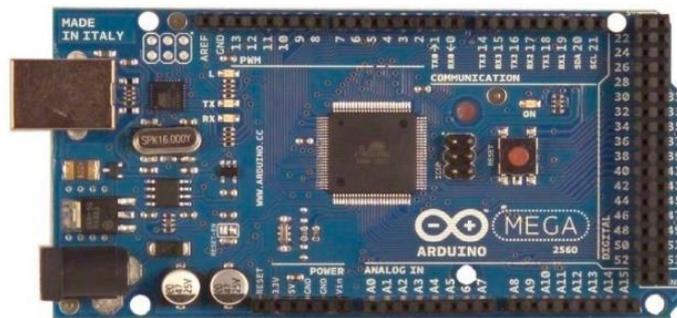
(sumber : <https://www.invensense.com/products/motion-tracking/6-axis/mpu-6050/>)

MPU-6050 menerapkan teknologi MotionFusion™ dan *run-time calibration firmware* yang menjamin kinerja optimal bagi pengguna. Dengan adanya Digital Motion Processor™ modul ini dapat diintegrasikan dengan magnetometer atau sensor lainnya lewat antarmuka I2C untuk memproses algoritma gerakan yang kompleks secara internal tanpa membebani kerja mikroprosesor / mikrokontroler utama[7]

2.5 Arduino Mega 2560[8]

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. Memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah pin digital I/O (14 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART (*Hardware serial ports*). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah *crystal oscillator* 16 Mhz, sebuah *port* USB, ICSP *header*, dan tombol *reset*. *Board* ini sudah sangat lengkap karena memiliki segala sesuatu yang

dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroller. Berikut ini merupakan Gambar 2.8 Arduino Mega 2650.



Gambar 2. 7 Arduino Mega 2650
(Sumber : *ArduinoMega2560Datasheet.pdf*)

2.6.1 Arsitektur Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 terbentuk dari processor yang dikenal dengan Mikrokontroler ATmega 2560, dapat dilihat pada gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2. 8 ATmega 2560 pada Arduino Mega 2560
(Sumber : *Atmel Corporation.2014*)

Mikrokontroler ATmega 2560 memiliki beberapa fitur / spesifikasi yang menjadikannya sebagai solusi pengendali yang efektif untuk berbagai keperluan. Berikut ini merupakan tabel 2.1 yaitu spesifikasi dari Arduino Mega 2560:

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Komponen

Spesifikasi

Mikrokontrolle

Tegangan Oper

Tegangan Inpu

Tegangan Inpu

Pin Digital I/O

Pin Input Anal

Arus Dc Pin I/C

Arus Dc Pin 3.3

Memori Flash

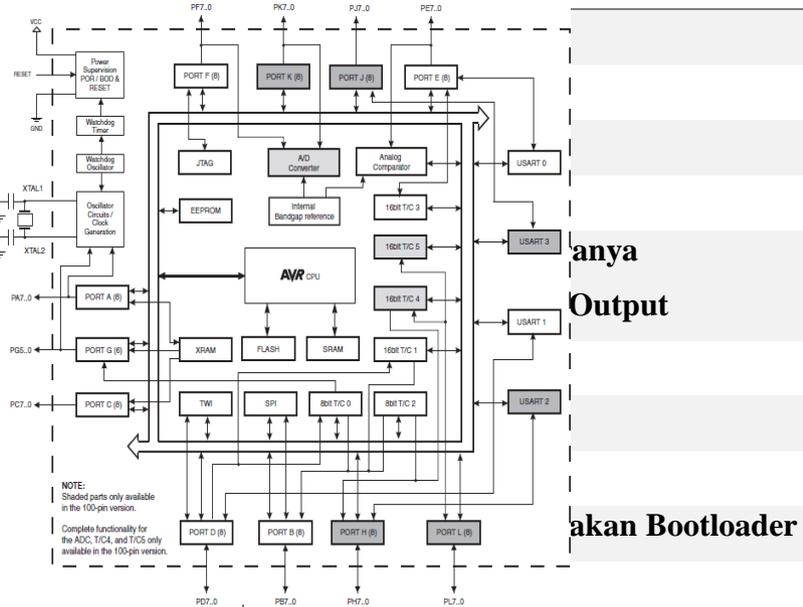
Sram

Eeprom

Clock Speed

Dimensi

Berat



**anya
Output**

akan Bootloader

Gambar 2. 9 Blok Diagram Arduino Mega 2560

16 Mhz

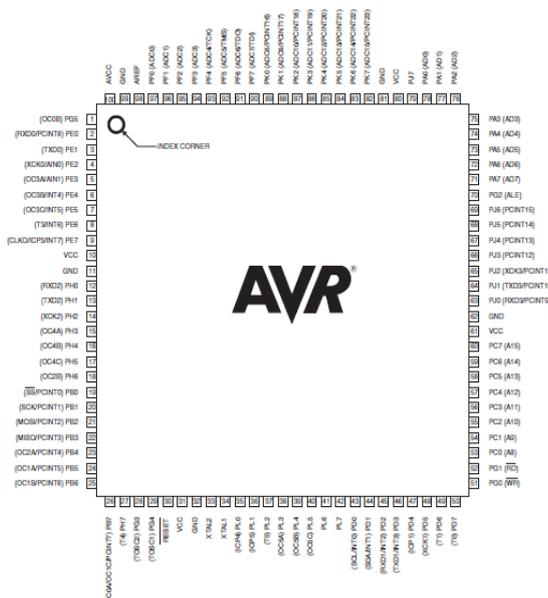
101.5 Mm X 53.4 Mm

37 G

2.6.2 Blok Diagram Arduino Mega 2560

(Sumber : Atmel Corporation.2014: 5)

2.6.3 Konfigurasi Pin Arduino Mega



(Sumber : Atmel Corporation.2014: 2)

Gambar 2. 10 Konfigurasi Pin Atmega 2560

Berikut konfigurasi pin Atmega 2560 :

1. VCC adalah tegangan catu digital
2. GND adalah *Ground*
3. Port A (PA7..PA0)

Port A adalah sebuah port I/O 8 bit dua arah dengan *internal pull-up resistor* (dipilih untuk masing-masing bit). Penyangga output Port A memiliki karakter penggerak karakteristik dengan kedua sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin Port A eksternal *pulled low* sumber arus jika resistor pull-up aktif. Pin port A dinyatakan tri ketika sebuah kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika waktu tidak berjalan. Port A juga menyajikan fungsi dari berbagai fitur spesial dari Atmega640/1280/1281/2560/2561.

4. Port B (PB7..PB0)

Port B adalah sebuah port I/O 8 bit dua arah dengan *internal pull-up resistor* (dipilih untuk masing-masing bit). Penyangga output Port B memiliki karakter penggerak karakteristik dengan kedua sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin Port A eksternal *pulled low* sumber arus jika resistor pull-up aktif. Pin port A dinyatakan tri ketika sebuah kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika waktu tidak berjalan.

5. Port C (PC7..PC0)

Port C adalah sebuah port I/O 8 bit dua arah dengan *internal pull-up resistor* (dipilih untuk masing-masing bit). Penyangga output Port C memiliki karakter penggerak karakteristik dengan kedua sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin Port C eksternal *pulled low* sumber arus jika resistor pull-up aktif. Pin port C dinyatakan tri ketika sebuah kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika waktu tidak berjalan.

6. Port D (PD7..PD0)

Port D adalah sebuah port I/O 8 bit dua arah dengan *internal pull-up resistor* (dipilih untuk masing-masing bit). Penyangga output Port D memiliki karakter penggerak karakteristik dengan kedua sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin Port D eksternal *pulled low* sumber arus jika

resistor *pull-up* aktif. Pin port D dinyatakan tri ketika sebuah kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika waktu tidak berjalan.

7. Port E (PE7..PE0)

Port E adalah sebuah port I/O 8 bit dua arah dengan *internal pull-up resistor* (dipilih untuk masing-masing bit). Penyangga output Port E memiliki karakter penggerak karakteristik dengan kedua sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin Port E eksternal *pulled low* sumber arus jika resistor *pull-up* aktif. Pin port E dinyatakan tri ketika sebuah kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika waktu tidak berjalan.

8. Port F (PF7..PF0)

Port F disajikan sebagai masukan analog ke *A/D converter*.

Port F juga menyajikan sebuah port I/O 8 bit dua arah, jika *A/D Converter* tidak digunakan. Pin port dapat menyediakan *internal pull-up resistor* (dipilih untuk masing-masing bit). Penyangga output Port F memiliki karakter penggerak karakteristik dengan kedua sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin Port F eksternal *pulled low* sumber arus jika resistor *pull-up* aktif. Pin port F dinyatakan tri ketika sebuah kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika waktu tidak berjalan. Jika antarmuka JTAG mengizinkan, *pull-up resistor* pada pin PF7(TDI), PF5(TMS), dan PF4(TCK) akan iaktifkan bahkan jika terjadi reset. Port F juga menyajikan fungsi dari antarmuka JTAG.

9. Port G (PG7..PG0)

Port G adalah sebuah port I/O 6 bit dua arah dengan *internal pull-up resistor* (dipilih untuk masing-masing bit). Penyangga output Port G memiliki karakter penggerak karakteristik dengan kedua sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin Port G eksternal *pulled low* sumber arus jika resistor *pull-up* aktif. Pin port G dinyatakan tri ketika sebuah kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika waktu tidak berjalan.

10. Port H (PH7..PH0)

Port H adalah sebuah port I/O 8 bit dua arah dengan *internal pull-up resistor* (dipilih untuk masing-masing bit). Penyangga output Port H memiliki karakter penggerak karakteristik dengan kedua sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin Port H eksternal *pulled low* sumber arus jika

resistor pull-up aktif. Pin port H dinyatakan tri ketika sebuah kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika waktu tidak berjalan.

11. Port J (PJ7..PJ0)

Port J adalah sebuah port I/O 8 bit dua arah dengan *internal pull-up resistor* (dipilih untuk masing-masing bit). Penyangga output Port J memiliki karakter penggerak karakteristik dengan kedua sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin Port J eksternal *pulled low* sumber arus jika *resistor pull-up* aktif. Pin port J dinyatakan tri ketika sebuah kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika waktu tidak berjalan.

12. Port K (PK7..PK0)

Port K disajikan sebagai masukan analog ke *A/D converter*.

Port K adalah sebuah port I/O 8 bit dua arah dengan *internal pull-up resistor* (dipilih untuk masing-masing bit). Penyangga output Port K memiliki karakter penggerak karakteristik dengan kedua sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin Port K eksternal *pulled low* sumber arus jika *resistor pull-up* aktif. Pin port K dinyatakan tri ketika sebuah kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika waktu tidak berjalan.

13. Port L (PL7..PL0)

Port L adalah sebuah port I/O 8 bit dua arah dengan *internal pull-up resistor* (dipilih untuk masing-masing bit). Penyangga output Port L memiliki karakter penggerak karakteristik dengan kedua sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin Port L eksternal *pulled low* sumber arus jika *resistor pull-up* aktif. Pin port L dinyatakan tri ketika sebuah kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika waktu tidak berjalan.

14. Reset

Input reset. Sebuah level rendah pada pin ini untuk lebih panjang dari pada panjang minimum pulsa akan menghasilkan sebuah reset, bahkan jika waktu tidak berjalan. Panjang minimum pulsa dijelaskan pada “Sistem dan karakter reset” pada halaman 360. Pulsa terpendek tidak dijamin menghasilkan sebuah reset .

15. XTAL1

Input ke *inverting amplifier oscillator* dan input ke internal jalur operasi waktu.

16. XTAL2

Keluaran dari *inverting oscillator amplifier*

17. AVCC

AVCC merupakan pin tegangan catu untuk port F dan *A/D Converter*. AVCC dapat terhubung secara eksternal ke VCC, bahkan jika ADC tidak digunakan jika ADC digunakan, ADC akan terhubung ke VCC melalui sebuah *low pass filter*.

18. AREF

AREF adalah pin referensi analog untuk *A/D Converter* (Atmel Corporation.2014).

Arduino Mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan Catu daya Eksternal. Sumber listrik dipilih secara otomatis. Eksternal (*nonUSB*) daya dapat datang baik dari AC-DC adaptor atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan cara menghubungkannya *plug* pusat-positif 2.1 mm ke dalam *board* penghubung listrik. *Lead* dari baterai dapat dimasukkan ke dalam header pin GND dan Vin dari konektor *Power*.

Board dapat beroperasi pada pasokan daya dari 6-20V. Jika diberikan dengan kurang dari 7V, bagaimanapun pin 5V dapat menyuplai kurang dari 5V dan *board* mungkin tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan merusak *board*. Rentang yang dianjurkan adalah 7-12V. Pin catu daya adalah sebagai berikut :

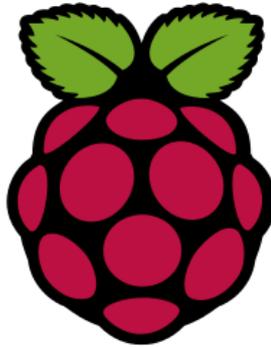
1. VIN. Tegangan input ke papan Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai lawan 5V dari koneksi USB atau sumber daya diatur lainnya). Anda dapat menyediakan tegangan melalui pin ini, atau, jika memasok tegangan melalui colokan listrik, mengaksesnya melalui pin ini.
2. 5V. Catu daya yang diatur digunakan untuk daya mikrokontroler dan komponen lain di papan tulis. Hal ini dapat datang baik dari VIN melalui regulator on-board, atau disediakan oleh USB atau suplai 5V diatur lain.
3. 3V3. Sebuah pasokan 3,3V yang dihasilkan oleh regulator *on-board*.

Menarik arus maksimum adalah 50 mA.

4. GND. Ground pins.

2.7 *Raspberry Pi*[9]

Raspberry Pi adalah sebuah komputer papan tunggal (*single-board computer*) atau SBC berukuran kartu kredit. *Raspberry Pi* telah dilengkapi dengan semua fungsi layaknya sebuah komputer lengkap, menggunakan SoC (*System-on-a-chip*) ARM yang dikemas dan diintegrasikan diatas PCB. Perangkat ini menggunakan kartu SD untuk *booting* dan penyimpanan jangka panjang. (Agfianto:2012).



Gambar 2. 11 Logo *Raspberry Pi*

(Sumber : <https://www.raspberrypi.org/wpcontent/uploads/2011/10/Raspi-PGB001.png>)

Raspberry Pi memiliki dua model yaitu model A dan model B. Secara umum *Raspberry Pi* Model B, 512MB RAM. Perbedaan model A dan B terletak pada memory yang digunakan, Model A menggunakan memory 256 MB dan model B 512 MB. Selain itu model B juga sudah dilengkapi dengan ethernet port (kartu jaringan) yang tidak terdapat di model A. Desain *Raspberry Pi* didasarkan seputar SoC (System-on-a-chip) Broadcom BCM2835, yang telah menanamkan prosesor ARM1176JZF-S dengan 700 MHz, VideoCore IV GPU, dan 256 Megabyte RAM (model B). Penyimpanan data didisain tidak untuk menggunakan hard disk atau solid-state drive, melainkan mengandalkan kartu SD (SD memory card) untuk booting dan penyimpanan jangka panjang. Hardware *Raspberry Pi* tidak memiliki real-time clock, sehingga OS harus memanfaatkan timer jaringan

server sebagai pengganti. Namun komputer yang mudah dikembangkan ini dapat ditambahkan dengan fungsi *real-time* (seperti DS1307) dan banyak lainnya, melalui saluran GPIO (*General-purpose input/output*) via antarmuka IC (*Inter-Integrated Circuit*). *Raspberry Pi* bersifat open source (berbasis Linux), *Raspberry Pi* bisa dimodifikasi sesuai kebutuhan penggunanya. Sistem operasi utama *Raspberry Pi* menggunakan Debian GNU/Linux dan bahasa pemrograman *Python*. Salah satu pengembang OS untuk *Raspberry Pi* telah meluncurkan sistem operasi yang dinamai Raspbian, Raspbian diklaim mampu memaksimalkan perangkat *Raspberry Pi*. Sistem operasi tersebut dibuat berbasis Debian yang merupakan salah satu distribusi Linux OS.

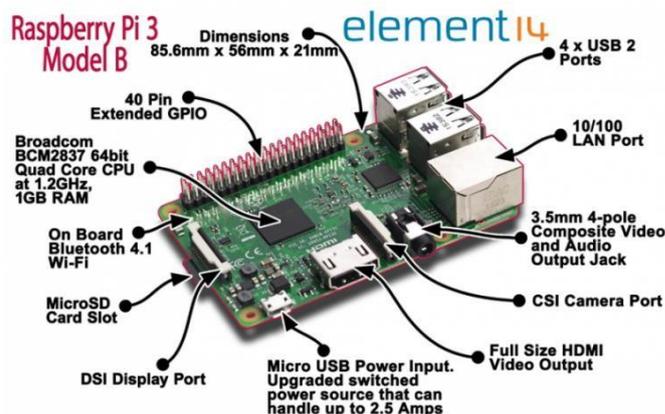
2.7.1 *Raspberry Pi 3*

Raspberry Pi 3 merupakan generasi ketiga dari keluarga *Raspberry Pi*. *Raspberry Pi 3* memiliki RAM 1GB dan grafis *Broadcom VideoCore IV* pada frekuensi *clock* yang lebih tinggi dari sebelumnya yang berjalan pada 250MHz. *Raspberry Pi 3* menggantikan *Raspberry Pi 2* model B pada bulan Februari 2016. Kelebihannya dibandingkan dengan *Raspberry Pi 2* adalah:

- A 1.2GHz 64-bit *quad-core* ARMv8 CPU
- 802.11n *Wireless* LAN
- *Bluetooth* 4.1
- *Bluetooth Low Energy* (BLE)

Sama seperti *Pi 2*, *Raspberry Pi 3* juga memiliki 4 USB port, 40 pin GPIO, *Full* HDMI port, Port Ethernet, *Combined* 3.5mm *audio jack and composite video*, *Camera interface* (CSI), *Display interface* (DSI), slot kartu *Micro SD* (Sistem tekan-tarik, berbeda dari yang sebelumnya ditekan-tekan), dan *VideoCore IV 3D graphics core*.

Raspberry Pi 3 memiliki factor bentuk identik dengan *Raspberry Pi 2* dan memiliki kompatibilitas lengkap dengan *Raspberry Pi 1* dan *2*. *Raspberry Pi 3* juga direkomendasikan untuk digunakan bagi mereka yang ingin menggunakan *Pi* dalam proyek-proyek yang membutuhkan daya yang sangat rendah.



Gambar 2. 12 Tampilan *Raspberry Pi 3 Model B*

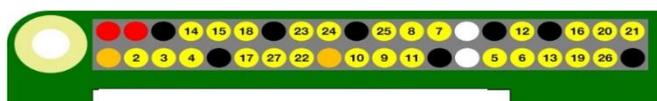
(Sumber : https://www.element14.com/community/dtss-images/uploads/devtool/diagram/large/Raspberry_Pi_3_Model_B_with_1GB_of_RAM.png)

2.7.2 GPIO Raspberry Pi 3

GPIO merupakan sederet pin yang terdiri dari 40 pin dengan berbagai fungsi. Salah satu fitur yang kuat dari Raspberry Pi adalah deretan GPIO (tujuan umum input / output) pin di sepanjang tepi atas pin board. These adalah antarmuka fisik antara Pi dan dunia luar. Pada tingkat yang paling sederhana, Anda dapat menganggap mereka sebagai switch yang Anda dapat mengaktifkan atau menonaktifkan (input) atau bahwa Pi dapat mengaktifkan atau menonaktifkan (output).

Dari 40 pin, 26 pin GPIO dan yang lain adalah pin *power* atau *ground* (ditambah dua pin ID EEPROM yang tidak harus anda gunakan). Anda dapat memprogram pin untuk berinteraksi dengan cara yang menakjubkan dengan dunia nyata. Input tidak harus berasal dari saklar fisik; itu bisa menjadi masukan dari sensor atau sinyal dari komputer lain atau perangkat, misalnya. output juga dapat melakukan apa saja, dari menyalakan LED untuk mengirim sinyal atau data ke perangkat lain.

Jika Raspberry Pi adalah pada jaringan, Anda dapat mengontrol perangkat yang terhubung padanya dari mana saja (Tidak secara harfiah di



Gambar 2. 13 *Raspberry Pi* GPIO pin

mana saja, tentu saja. Anda perlu hal-hal seperti akses ke jaringan, jaringan yang mampu perangkat komputasi, dan listrik.) dan perangkat-perangkat dapat mengirim data kembali. Konektivitas dan kontrol dari perangkat fisik melalui internet adalah hal yang sangat kuat dan menarik, dan Raspberry Pi ideal untuk ini. GPIO Raspberry Pi 3 dapat dilihat pada gambar 2.14.

(Sumber : <https://www.raspberrypi.org/documentation/usage/gpio-plus-and-raspi2/>)

Penjelasan lebih lanjut mengenai fungsi masing-masing PIN GPIO pada *Raspberry Pi 3* adalah sebagai berikut:

| Pin# | NAME | NAME | Pin# |
|------|------------------------------------|------------------------------------|------|
| 01 | 3.3v DC Power | DC Power 5v | 02 |
| 03 | GPIO2 (SDA1, I ² C) | DC Power 5v | 04 |
| 05 | GPIO3 (SCL1, I ² C) | Ground | 06 |
| 07 | GPIO4 (GPIO_GCLK) | (TXD0) GPIO14 | 08 |
| 09 | Ground | (RXD0) GPIO15 | 10 |
| 11 | GPIO17 (GPIO_GEN0) | (GPIO_GEN1) GPIO18 | 12 |
| 13 | GPIO27 (GPIO_GEN2) | Ground | 14 |
| 15 | GPIO22 (GPIO_GEN3) | (GPIO_GEN4) GPIO23 | 16 |
| 17 | 3.3v DC Power | (GPIO_GEN5) GPIO24 | 18 |
| 19 | GPIO10 (SPI_MOSI) | Ground | 20 |
| 21 | GPIO9 (SPI_MISO) | (GPIO_GEN6) GPIO25 | 22 |
| 23 | GPIO11 (SPI_CLK) | (SPI_CE0_N) GPIO18 | 24 |
| 25 | Ground | (SPI_CE1_N) GPIO17 | 26 |
| 27 | ID_SD (I ² C ID EEPROM) | (I ² C ID EEPROM) ID_SC | 28 |
| 29 | GPIO5 | Ground | 30 |
| 31 | GPIO6 | GPIO12 | 32 |
| 33 | GPIO13 | Ground | 34 |
| 35 | GPIO19 | GPIO16 | 36 |
| 37 | GPIO26 | GPIO20 | 38 |
| 39 | Ground | GPIO21 | 40 |

Gambar 2. 14 *Raspberry Pi 3 Model B* GPIO 40 Pin Block Pinout
(Sumber: www.element14.com/RaspberryPi)

Hardware yang menunjang Raspberry Pi

- Prosesor ARM11 700 MHz: ARM11 adalah keluarga dari *ARM architecture 32-bit RISC microprocessor cores*. Dan didukung dengan RAM 256MB.
- 2 Port USB : Port standart komputer untuk menghubungkannya dengan piranti lain. Port ini mempunyai kecepatan tinggi sesuai dengan versinya, bila dibandingkan dengan port serial maupun port paralel. Contohnya digunakan untuk camera digital, hardisk eksternal, keyboard mouse usb, modem dan peralatan tambahan komputer lainnya.
- 1 Port HDMI : HDMI (High-Definition Multimedia Interface) adalah port yang sering digunakan pada berbagai perangkat audio visual dan mampu mengalirkan bandwidth hingga hitungan Gigabyte. Port HDMI bisa digunakan untuk mengkoneksikan seluruh sumber audio/video berbentuk

digital seperti Blu-ray Disc Player, PC, Video game Console, televisi digital dan smartphone.

- d. 1 Port RCA untuk Video output
- e. 1 Port Audio 3.5mm: Port audio atau soundcard adalah periferan yang terhubung ke slot ISA atau PCI pada motherboard, yang memungkinkan komputer untuk memasukkan input, memproses dan menghantarkan data berupa suara. Digunakan untuk menghasilkan output suara (speaker, headphone) dan juga input suara dengan mikrofon.
- f. 1 Port SDCARD: Port yang digunakan untuk menghubungkan memori SDCARD dengan komputer.
- g. 1 Port RJ 45 (Ethernet LAN Port) : Port LAN atau lan card digunakan untuk menghubungkan komputer satu dengan lainnya yang membentuk jaringan komputer dalam suatu wilayah. Jaringan LAN biasanya hanya mencakup satu gedung rumah, misalnya jaringan LAN di kantor, hotel, bandara, warnet dll.
- h. 8x GPIO UART,SPI BUS :
- i. Konsumsi listrik: 750maH/ 5VDC/ mini usb charge yang di pakai di charger blackberry

2.8 Motor Servo MRS-D2009SP

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di set-up atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor. Motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian gear yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo. Motor servo bisa digunakan dalam aplikasi-aplikasi di industri, selain itu juga digunakan dalam berbagai aplikasi lain seperti pada mobil mainan radio kontrol, robot, pesawat, dan lain sebagainya. [10]

Motor servo adalah salah satu jenis motor DC yang bekerja dengan memutar nilai posisi putar yaitu derajat putar dri posisi $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$. Berbeda dengan motor

step, motor servo beroperasi secara *closed loop*. Poros motor dihubungkan dengan rangkaian kendali, sehingga jika putaran poros belum sampai pada posisi yang diperintahkan maka rangkaian kendali akan terus mengoreksi posisi hingga mencapai posisi yang diperintahkan. Jenis motor servo yang digunakan pada robot *humanoid* ini yaitu *Digital Robot Servo* MRS-D2009SP. Berikut ini Gambar 2.16 merupakan motor servo yang digunakan. [11]



Gambar 2. 15 *Digital Robot Servo* MRS-D2009SP

(Sumber : <https://minirobot.co.kr/general-education/?lang=en>)

Berikut ini merupakan spesifikasi dari *Digital Robot Servo* MRS-D2009SP:

1. *Interface* : *Multi-Protocol interface* dan PWM
2. Memiliki *karbonite gear* yang tahan lama
3. *Dual ball bearing*
4. *Rotation range* : 180°
5. *Voltage, current, position data reading function*
6. *Variable type of assemblies available*
7. *Torque* : $9\text{kg} \cdot \text{cm}$
8. *Speed* : $0.2\text{sec} \cdot 60^{\circ}$
9. *Voltage* : 6.0V
10. *Weight* : 45kg
11. *Dimension* : 40 x 24 x 47mm

Motor servo biasanya hanya bergerak mencapai sudut tertentu saja dan tidak kontinyu seperti motor DC maupun motor stepper. Walau demikian, untuk beberapa keperluan tertentu, motor servo dapat dimodifikasi agar bergerak kontinyu. Pada robot, motor ini sering digunakan untuk bagian kaki, lengan atau bagianbagian lain yang mempunyai gerakan terbatas dan membutuhkan torsi cukup besar. Motor servo adalah motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dengan defleksi masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total defleksi sudut dari kanan – tengah – kiri adalah 180° dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya. Motor servo standar yang kali ini dipakai memiliki 3 buah kabel yaitu, *power*, *ground* dan *signal*. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.17 berikut ini.



Gambar 2. 16 Connector Motor Servo

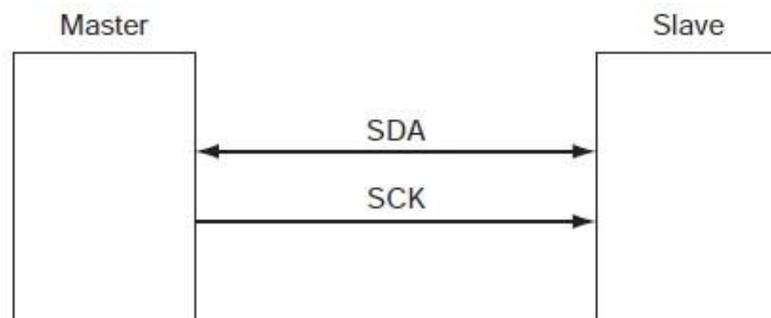
(Sumber : <https://dronebotworkshop.com/servo-motors-with-arduino/>)

2.9 I2C (Inter-Integrated Circuit)[12]

Komunikasi I2C (*Inter-Integrated Circuit*) merupakan koneksi dibuat untuk menyediakan komunikasi antara perangkat-perangkat terintegrasi, seperti sensor, RTC, dan juga EEPROM. Komunikasi I2C bersifat *synchronous* namun berbeda dengan SPI karena I2C menggunakan protocol dan hanya menggunakan dua kabel untuk komunikasi, yaitu *Synchronous clock* (SCL) dan *Synchronous data* (SDA). Secara berurutan data dikirim dari master ke slave kemudian (setelah komunikasi master ke slave selesai) dari *slave* ke *master*.

Perangkat I2C menggunakan 2 buah pin *open-drain* dua arah dengan memberikan *pull-up* resistor untuk setiap garis *bus* sehingga berlaku seperti AND menggunakan kabel. AVR dapat menggunakan 120 jenis perangkat untuk berbagi pada *bus* I2C yang masing-masing disebut sebagai *node*. Setiap *node* beroperasi sebagai *master* atau *slave*. Master merupakan perangkat yang menghasilkan *clock*

untuk sistem, menginisiasi, dan juga memutuskan sebuah transmisi. *Slave* merupakan *node* yang menerima *clock* dan dialamatkan oleh *master*. Baik *master* dan *slave* dapat menerima dan mentransmisikan data. Berikut ini merupakan aliran data I²C ditunjukkan pada Gambar 2.18.



Gambar 2. 17 Aliran Data I2C

(Sumber:http://www.fisika.ui.ac.id/images/Laboratorium/Lab_Sistem_Tertanam/Modul_Pendamping9_SistemTertanam.pdf)

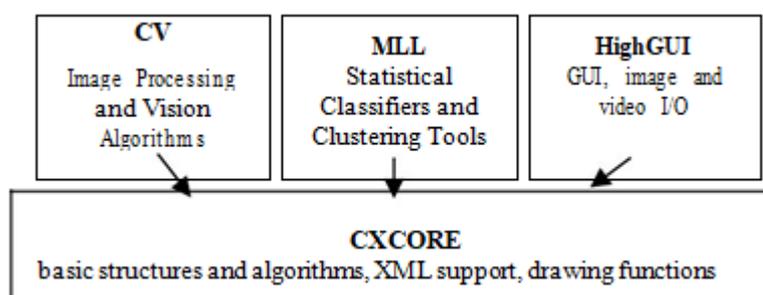
I2C merupakan protocol komunikasi serial dimana setiap bit data ditransfer pada jalur SDA yang disinkronisasikan dengan pulsa *clock* pada jalur SCL. Jalur data tidak dapat berubah ketika jalur *clock* berada dalam kondisi *high*. Dalam I2C, setiap alamat atau data yang ditransmisikan harus dibentuk dalam sebuah paket dengan panjang 9 bit dimana 8 bit pertama disimpan dalam jalur SDA oleh *transmitter*, dan bit ke-9 merupakan *acknowledge* (atau *not acknowledge*) oleh *receiver*. I2C juga diistilahkan sebagai *Two-wire Serial Interface* (TWI), bergantung dari istilah yang digunakan oleh pabrik yang membuat perangkat. Salah satu perangkat yang digunakan dengan komunikasi I2C adalah *realtime clock* (RTC). Perangkat ini menyediakan komponen jam, menit, dan detik, serta tahun, bulan, dan hari.

2.10 OpenCV[13]

OpenCV merupakan suatu *library* dari *computer vision* yang *open source* (gratis digunakan baik untuk urusan akademik ataupun komersil). OpenCV (*Open Computer Vision*) merupakan salah satu produk *open source* yang merupakan sebuah API (*Application Programming Interface*) dengan *library* yang sudah sangat familiar pada pengolahan citra *computer vision*. OpenCV dapat diterapkan

pada pemrograman C++, C, Python, Java, dan MATLAB. OpenCV dapat pula digunakan untuk sistem operasi Windows, Linux, Android dan Mac OS.

Computer vision adalah salah satu cabang dari ilmu pengolahan citra yang dapat mengolah komputer agar bisa terlihat nyata. OpenCV mempermudah bisnis-bisnis untuk memanfaatkan dan memodifikasi kode. *Library* OpenCV mempunyai lebih dari 2500 algoritma yang telah dioptimalkan. Dimana meliputi sebuah himpunan menyeluruh dari keduanya yaitu klasi dan seni, beberapa algoritma *computer vision* dan *mechine learning*. Algoritma-algoritma tersebut dapat digunakan untuk mendeteksi dan mengenali wajah, mengidentifikasi objek, mengklasifikasi tindakan manusia dalam video, mengikuti jejak perpindahan objek, mengekstrak model-model 3D objek, menghasilkan titik awan 3D dari kamera stereo, dan lain sebagainya.



Gambar 2. 18 Struktur dan Konten OpenCV

2.11 Bahasa Pemrograman Python[14]

Python adalah sebuah bahasa pemrograman yang bisa digunakan pada beberapa platform (multiplatform), dan berifat sumber perangkat bebas terbuka (opensource), pertama kali dikembangkan oleh Guido van Rosuum pada tahun 1990 di CWI, Belanda. Bahasa ini dikategorikan sebagai bahasa tingkat tinggi (very-high-level language) dan merupakan bahasa berorientasi objek yang dinamis (object-oriented-dynamic language).

Hal utama yang membedakan Python dengan bahasa lain adalah dalam hal aturan penulisan kode program. Python memiliki aturan yang berbeda dengan bahasa lain, seperti indentasi, tipe data, tuple, dan dictionary. Python adalah bahasa pemrograman dinamis yang mendukung pemrograman berorientasi obyek. Python dapat digunakan untuk berbagai keperluan pengembangan perangkat lunak dan

dapat berjalan di berbagai sistem operasi seperti Linux, Windows, Unix, Symbian dan masih banyak lagi.

Python merupakan salah satu bahasa pemrograman favorit saat ini, karena Python menawarkan banyak fitur seperti:

1. Kepustakaan yang luas, menyediakan modul-modul untuk berbagai keperluan.
2. Mendukung pemrograman berorientasi objek.
3. Memiliki tata bahasa yang mudah dipelajari.
4. Memiliki sistem pengelolaan memori otomatis.
5. Arsitektur yang dapat dikembangkan (extensible) dan ditanam (embeddable) dalam bahasa lain, misal objek oriented Python dapat digabungkan dengan modul yang dibuat dengan C++.

Python telah digunakan pada berbagai aplikasi saat ini, contohnya adalah BitTorrent, Yum, Civilization 4, bahkan saat ini Python merupakan bahasa resmi dari Raspberry Pi. Kata “Pi” dalam Raspberry Pi merujuk pada kata Python. Python mendukung beberapa modul khusus untuk Rasperry Pi seperti modul picamera, dan modul gpio.

2.12 Baterai LiPo[15]

Baterai LiPo tidak menggunakan cairan sebagai elektrolit melainkan menggunakan elektrolit polimer kering yang berbentuk seperti lapisan plastik film tipis. Lapisan film ini disusun berlapis-lapis diantara anoda dan katoda yang mengakibatkan pertukaran ion. Dengan metode ini baterai LiPo dapat dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran. Diluar dari kelebihan arsitektur baterai LiPo, terdapat juga kekurangan yaitu lemahnya aliran pertukaran ion yang terjadi melalui elektrolit polimer kering. Hal ini menyebabkan penurunan pada charging dan discharging rate. Masalah ini sebenarnya bisa diatasi dengan memanaskan baterai sehingga menyebabkan pertukaran ion menjadi lebih cepat, namun metode ini dianggap tidak dapat untuk diaplikasikan pada keadaan sehari-hari.

Kapasitas baterai menunjukkan seberapa banyak energi yang dapat disimpan oleh sebuah baterai dan diindikasikan dalam *miliampere hours* (mAh). Notasi ini adalah cara lain untuk mengatakan seberapa banyak beban yang dapan 34

diberikan kepada sebuah baterai selama 1 jam, dimana setelah 1 jam baterai akan benar-benar habis.

Sebagai contoh sebuah baterai RC LiPo yang memiliki rating 1000 mAh akan benar-benar habis apabila diberi beban sebesar 1000 miliampere selama 1 jam. Apabila baterai yang sama diberi beban 500 miliampere, maka baterai akan benar-benar habis setelah selama 2 jam. Begitu pun apabila beban ditingkatkan menjadi 15.000 miliampere (15 Amps) maka energi di dalam baterai akan habis terpakai setelah selama 4 menit saja (15 Amp merupakan jumlah beban yang umum digunakan pada RC kelas 400). Seperti yang telah dijelaskan, dengan beban arus yang begitu besar maka merupakan sebuah keuntungan apabila menggunakan baterai dengan kapasitas yang lebih besar (misal 2000 mAh). Contoh dari baterai LiPo sendiri dapat dilihat pada gambar 2.20 dibawah ini.



Gambar 2. 19 Baterai LiPo 1000Mah

(Sumber: <http://eprints.polsri.ac.id/4224/3/bab%20%20fix.pdf>)

2.13 UBEC (Universal Battery Elimination Circuit)[16]

UBEC adalah rangkaian elektronik eksternal yang berfungsi memberikan daya dari baterai dan berfungsi sebagai regulasi tegangan hingga 5/6 Volt. UBEC digunakan pada *Traerser* dan *Bogie* karena spesifikasi UBEC yang menghasilkan tegangan output 5/6 VDC yang sesuai kebutuhan pada inputan motor DC, sensor, LCD I2C maupun Instrumentasi lainnya input dan memiliki arus keluaran yang stabil sehingga tidak mudah merusak komponen.



Gambar 2. 20 Ubec dengan maksimal arus 8A

(Sumber: <http://eprints.polsri.ac.id/4224/3/bab%20%20fix.pdf>)