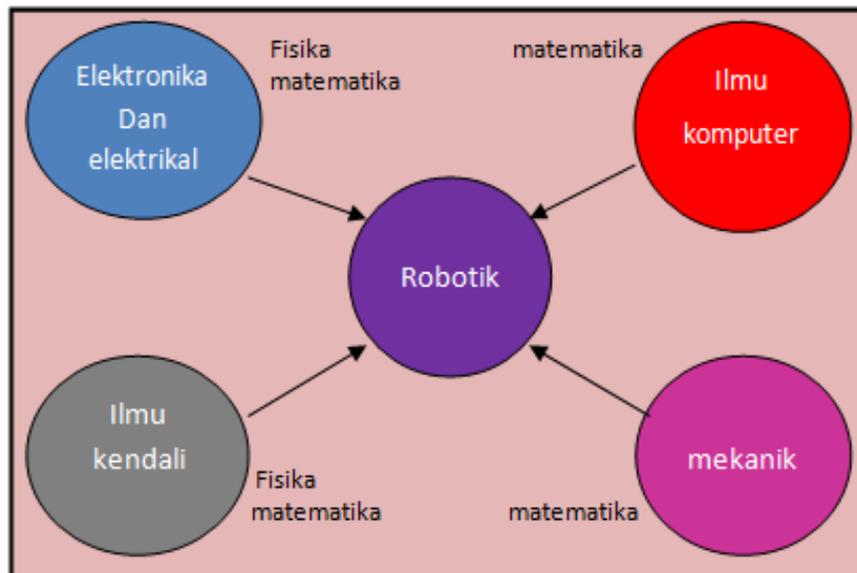


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Robot

Robot adalah suatu mesin yang dirancang untuk membantu atau menggantikan peranan manusia dalam mengerjakan beberapa tugas secara otomatis dengan seminimal mungkin mendapat intervensi dari luar. Robot dapat diaplikasikan pada berbagai bidang dan tempat, mulai dari perumahan, industri, perkantoran, rumah sakit, militer, bisnis, dan perdagangan. Kata robot berasal dari bahasa Czech yaitu “robota” yang berarti pekerja atau kuli. Robot diperkenalkan pertama kali oleh Wright Karel Capek pada tahun 1921 melalui sandiwara yang dibuatnya *RossumUniversa Robot* (R.U.R) pada bulan Januari 1921. (Lubis, 2013).

2.1.1 Dasar-dasar Robotika



Gambar 2.1 Dasar-dasar robotika
Sumber : Lubis (2013)

2.1.2 Jenis-jenis Robot

a. Berdasarkan Bentuknya

1. *Turtle Robot*

Bentuk robot ini mirip rumah kura-kura.

2. *Vehicle Robot*

Bentuk robot ini seperti sebuah mobil yang mampu diprogram.

3. *Rover Robot*

Bentuk robot ini biasanya dibuat untuk keperluan “penjelajah” seperti penjelajah planet mars (robot seperti milik NASA).

4. *Walker Robot*

Bentuk robot ini mirip serangga dan dilengkapi dengan 4 kaki atau lebih.

5. *Arm Robot*

Bentuk robot ini berupa lengan yang biasa digunakan untuk mengambil dan memindahkan barang.

6. *Android Robot*

Bentuk robot ini didesain menyerupai manusia dilengkapi dengan berbagai sensor. (Lubis, 2013).

b. Berdasarkan proses kendali

1. Robot Otomatis (*Automatic Robot*)

Robot otomatis dapat bergerak sendiri berdasarkan perintah-perintah yang ditulis dalam program pengendalinya. Robot jenis ini dapat mengetahui kondisi lingkungan disekitarnya karena dilengkapi dengan alat sensor.

2. Robot Teleporasi (*Teleporated Robot*)

Robot jenis ini bergerak berdasarkan perintah-perintah yang dikirimkan secara manual, baik tanpa kabel atau dengan kabel. (Lubis, 2013).

2.1.3 Tingkat teknologi robot

1. Robot teknologi rendah

Robot jenis ini digunakan dalam lingkungan industri untuk pekerjaan seperti mesin pemasang dan pelepas, penanganan material, operasi pengepresan dan operasi perakitan sederhana. (Lubis, 2013).

Menurut Lubis (2013), Karakteristik robot teknologi rendah, yaitu :

- a. Siku memiliki 2 sampai dengan 4 pergerakan siku dan biasanya robot teknologi rendah merupakan robot non servo.
- b. Beban kerja berkisar samapai dengan 13,6 kg.
- c. Waktu siklus yang digunakan untuk bergerak dari posisi satu keposisi berikutnya yaitu sekitar 5-10 detik.
- d. Ketelitian robot dalam menggerakkan manipulatnya sesuai titik yang diprogramkan berkisar 0,050-0,025 mm.

2. Robot teknologi menengah

Robot jenis ini umumnya digunakan untuk pekerjaan mengambil dan meletakkan barang, mesin pemasang dan pelepas. Robot teknologi menengah memiliki kerumitan yang lebih tinggi. (Lubis, 2013).

Menurut Lubis (2013), Karakteristik robot menengah, yaitu:

- a. Jumlah siku 5-6 pergerakan siku.
- b. Beban kerja berkisar 68-150 kg.
- c. Waktu siklus dalam pergerakan siku sepanjang 25-65 dapat ditempuh dalam waktu 10 detik. Semakin tinggi kompleks pekerjaan dan makin berat beban kerja, maka makin besar waktu siklus yang diperoleh.
- d. Ketelitian berkisar 0,2 – 1,3mm.
- e. Akutras, untuk robot yang berteknologi menengah digerakkan oleh 2 tipe motor yaitu motor listrik atau hidrolis, hal ini dikarenakan beban kerja yang berat.

3. Robot teknologi tinggi

Robot teknologi tinggi digunakan dalam lingkungan industri untuk pekerjaan yang kompleksitasnya tinggi.

Menurut Lubis (2013), Karakteristik robot teknologi tinggi, yaitu:

- a. Jumlah siku 8-10 pergerakan siku.
- b. Beban kerja berkisar 150 – 250 kg.
- c. Waktu siklus berkisar 10 – 25 detik.
- d. Ketelitian berkisar 1,5 mm – 3,0 mm.

- e. Memiliki 3 tipe akutas motor, yaitu listrik, hidrolik, dan pneumatik.

2.1.4 Robot Sumo Autonomous

Sumo bot atau robot sumo merupakan robot yang mengadopsi pertandingan robot sumo di Jepang. Aturan dalam pertandingan robot sumo adalah robot harus mendorong lawan keluar dari arena. Robot yang berhasil mendorong lawannya maka dinyatakan menang.

Robot sumo mirip dengan robot *line follower*, tetapi berbeda fungsi. Jenis sensor yang digunakan pada robot sumo terdiri atas sensor optik untuk mendeteksi adanya halangan dan garis. Halangan yang dimaksud adalah lawan. Jika sensor mendeteksi adanya halangan, robot akan bergerak maju untuk mendorong lawannya hingga keluar arena. Robot sumo juga dilengkapi dengan sensor mendeteksi garis yang merupakan batasan arena. Jika sensor mendeteksi adanya garis, robot akan bergerak menjauhi garis agar tidak keluar arena. (winarno, & Arifanto, 2011 : 13)

Autonomous merupakan nama dari robot sumo itu sendiri. Autonomous berasal dari Bahasa Yunani yaitu “Autonomi” yang terdiri dari Autos (sendiri) dan Nomous (peraturan). Autonomous dalam Bahasa Indonesia yaitu Swatantra yang memiliki arti bebas (otonomi). Robot Sumo Autonomous bersifat otomatis artinya dapat bergerak sendiri dan dapat mendeteksi lawan sendiri tanpa bantuan remote control.

2.2 Arduino Uno

Arduino adalah kombinasi perangkat keras dan lunak *open source* berbasis mikrokontroler sebagai sarana pengembangan elektronika yang fleksibel dan mudah digunakan. Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 (datasheet). Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel

USB atau listrik dengan AC yang-ke adaptor-DC atau baterai untuk menjalankannya.

Nama “Uno” berarti *satu* dalam bahasa Italia, untuk menandai peluncuran Arduino 1.0. Uno dan versi 1.0 akan menjadi versi referensi dari Arduino Uno adalah yang terbaru dalam serangkaian board USB Arduino, dan sebagai model referensi untuk platform Arduino, untuk perbandingan dengan versi sebelumnya, lihat indeks board Arduino.

Arduino memiliki kelebihan tersendiri disbanding board mikrokontroler yang lain selain bersifat open source, arduino juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C. Selain itu dalam board arduino sendiri sudah terdapat loader yang berupa USB sehingga memudahkan kita ketika kita memprogram mikrokontroler didalam arduino. Sedangkan pada kebanyakan board mikrokontroler yang lain yang masih membutuhkan rangkaian loader terpisah untuk memasukkan program ketika kita memprogram mikrokontroler. Port USB tersebut selain untuk loader ketika memprogram, bisa juga difungsikan sebagai port komunikasi serial.

Arduino menyediakan 20 pin I/O, yang terdiri dari 6 pin input analog dan 14 pin digital input/output. Untuk 6 pin analog sendiri bisa juga difungsikan sebagai output digital jika diperlukan output digital tambahan selain 14 pin yang sudah tersedia. Untuk mengubah pin analog menjadi digital cukup mengubah konfigurasi pin pada program. Dalam board kita bisa lihat pin digital diberi keterangan 0-13, jadi untuk menggunakan pin analog menjadi output digital, pin analog yang pada keterangan board 0-5 kita ubah menjadi pin 14-19. dengan kata lain pin analog 0-5 berfungsi juga sebagai pin output digital 14-16.

Sifat open source arduino juga banyak memberikan keuntungan tersendiri untuk kita dalam menggunakan board ini, karena dengan sifat open source komponen yang kita pakai tidak hanya tergantung pada satu merek, namun memungkinkan kita bisa memakai semua komponen yang ada dipasaran.

Bahasa pemrograman arduino merupakan bahasa C yang sudah disederhanakan syntax bahasa pemrogramannya sehingga mempermudah kita dalam mempelajari dan mendalami mikrokontroler.

Berikut ini adalah konfigurasi dari arduino duemilanove 328 :

1. Mikronkontroler ATmega328
2. Beroperasi pada tegangan 5V
3. Tegangan input (rekomendasi) 7 - 12V
4. Batas tegangan input 6 - 20V
5. Pin digital input/output 14 (6 mendukung output PWM)
6. Pin analog input 6
7. Arus pin per input/output 40 mA
8. Arus untuk pin 3.3V adalah 50 mA
9. Flash Memory 32 KB (ATmega328) yang mana 2 KB digunakan oleh Bootloader
10. SRAM 2 KB (ATmega328)
11. EEPROM 1KB (ATmega328)
12. Kecepatan clock 16 MHz

2.2.1 Sumber Daya

Arduino dapat diberikan power melalui koneksi USB atau power supply. Power nya diselek secara otomatis. Power supply dapat menggunakan adaptor DC atau baterai. Adaptor dapat dikoneksikan dengan mencolok jack adaptor pada koneksi port input supply. Board arduino dapat dioperasikan menggunakan supply dari luar sebesar 6 - 20 volt. Jika supply kurang dari 7V, kadangkala pin 5V akan menyuplai kurang dari 5 volt dan board bisa menjadi tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12 V, tegangan di regulator bisa menjadi sangat panas dan menyebabkan kerusakan pada board. Rekomendasi tegangan ada pada 7 sampai 12 volt. Penjelasan pada pin power adalah sebagai berikut

1. Vin (Tegangan Input)

Tegangan input ke board arduino ketika menggunakan tegangan dari luar (seperti yang disebutkan 5 volt dari koneksi USB atau tegangan yang diregulasikan). Pengguna dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau

jika tegangan suplai menggunakan power jack, aksesnya menggunakan pin ini.

2. 5V

Regulasi power supply digunakan untuk power mikrokontroller dan komponen lainnya pada board. 5V dapat melalui Vin menggunakan regulator pada board, atau supply oleh USB atau supply regulasi 5V lainnya.

3. 3V3

Suplai 3.3 volt didapat oleh FTDI chip yang ada di board. Arus maximumnya adalah 50mA .

4. Pin Ground

Berfungsi sebagai jalur ground pada arduino.

2.2.2 Memori

ATmega328 memiliki 32 KB flash memori untuk menyimpan kode, juga 2 Kb yang digunakan untuk bootloader. ATmega328 memiliki 2 KB untuk SRAM dan 1 Kb untuk EEPROM.

2.2.3 Input dan Output

Setiap 14 pin digital pada arduino dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan fungsi pinMode(), digitalWrite(), dan digitalRead(). Input/output dioperasikan pada 5 volt. Setiap pin dapat menghasilkan atau menerima maximum 40 mA dan memiliki internal pull-up resistor (disconnected oleh default) 20-50 KOhms.

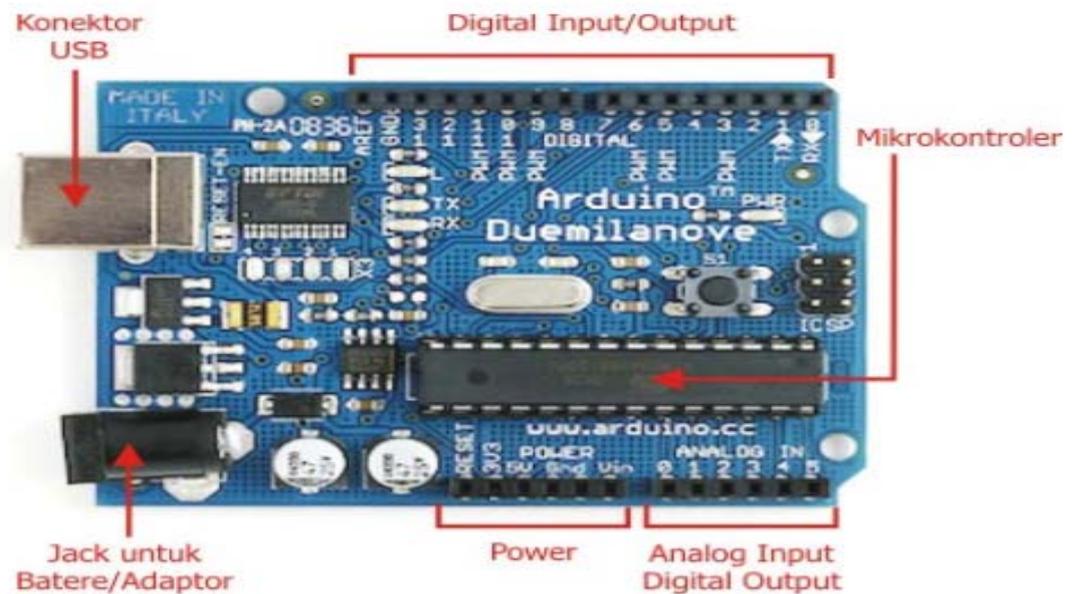
Beberapa pin memiliki fungsi sebagai berikut :

1. **Serial** : 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) TTL data serial. Pin ini terhubung pada pin yang koresponding dari USB FTDI ke TTL chip serial.

2. **Interrupt eksternal** : 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk trigger sebuah interap pada low value, rising atau falling edge, atau perubahan nilai.
3. **PWM** : 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Mendukung 8-bit output PWM dengan fungsi analogWrite().
4. **SPI** : 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mensupport komunikasi SPI, yang mana masih mendukung hardware, yang tidak termasuk pada bahasa arduino.
5. **LED** : 13. Ini adalah dibuat untuk koneksi LED ke digital pin 13. Ketika pin bernilai HIGH, LED hidup, ketika pin LOW, LED mati.

2.2.4 Manfaat KIT Arduino Uno

Arduino Uno adalah KIT Elektronik atau papan rangkaian elektronik open. Source yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah Chip. Mikrokontroller dengan jenis AVR dari Perusahaan Atmel. Manfaat arduino uno itu sendiri yaitu agar dapat memudahkan penggunanya dalam membuat berbagai hal yang berkaitan dengan mikrokontroler. Menurut Mike Schmidt (2013), Arduino memang dirancang untuk bisa dignakan dengan mudah oleh para seniman dan desainer (yang memang bukan orang teknik). Dengan demikian, tanpa mengetahui pemrograman, arduino bisa digunakan untuk menghasilkan karya yang canggih.



Gambar 2.2 Arduino uno
 Sumber : Saputra dkk (2013)

Tabel 2.1 Deskripsi Pin Arduino

PIN	Keterangan
<p>14 pin input/output digital (0-13)</p>	<p>Berfungsi :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sebagai input atau output, dapat diatur oleh program. 2. Khusus untuk 6 buah pin 3,5,6,9,10 dan 11. Dapat juga berfungsi sebagai pin analog output, dimana tegangan outputnya dapat diatur. Biasanya untuk PWM. 3. Fungsi pin output : sebuah pin output analog dapat diprogram antara 0-255. Dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0-5V.
<p>USB</p>	<p>Berfungsi :</p>

	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memuat program dari komputer ke dalam papan. 2. Komunikasi serial antara papan dan komputer. 3. Power untuk arduino.
Jumper SV1	Sambungan atau jumper untuk memilih sumber daya papan, apakah dari sumber eksternal atau menggunakan USB. Sambungan ini tidak diperlukan lagi pada papan arduino versi terakhir karena pemilihan sumber daya eksternal atau USB dilakukan secara otomatis.
Q1-Kristal (quartz crystal oscillator)	Jika mikrokontroler dianggap sebagai otak, maka kristal adalah jantungnya karena komponen ini menghasilkan detak-detak yang dikirim ke mikrokontroler agar melakukan sebuah operasi untuk setiap detaknya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16 juta kali perdetik (16 MHz).
Tombol Reset – S1	Untuk me-reset papan sehingga program akan mulai lagi dari awal. Perhatikan bahwa tombol reset ini bukan untuk menghapus program atau mengisingskan mikrokontroler.
In-Circuit Serial Programming (ICSP)	Port ICSP mengirimkan pengguna untuk memprogram mikrokontroler secara langsung, tanpa melalui bootloader. Umumnya pengguna arduino tidak melakukan ini sehingga ICSP tidak terlalu dipakai walaupun disediakan.

X1- Sumber Daya eksternal	Jika hendak disuplay dengan sumber daya eksternal, papan arduino dapat diberikan tegangan DC antar 9-12 V.
6 pin input analog (0-5)	Pin ini berguna untuk membaca tegangan yang dihasilkan oleh sensor analog, seperti sensor suhu. Program dapat membaca nilai sebuah pin input antara 0-1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0-5 V.

Sumber : Dinata (2014)

2.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu serpih (chip) yang biasanya digunakan untuk sebuah *embedded system* (sistem yang dibentuk guna menjalankan satu atau lebih dari suatu fungsi tertentu secara *real time*). Mikrokontroller biasanya berukuran kecil karena didesain hanya untuk satu fungsi tertentu pada suatu sistem. Pemanfaatan mikrokontroller umumnya digunakan di bidang kendali dan instrumentasi elektronik. Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (*Read-Only Memory*), RAM (*Read-Write Memory*), beberapa Port masukan maupun keluaran, dan beberapa peripheral seperti pencacah/pewaktu, ADC (*Analog to Digital converter*), DAC (*Digital to Analog converter*) dan serial komunikasi. (Stalling: 2003)

Karakteristik mikrokontroler

1. Konsumsi daya kecil
2. Rangkaian sederhana dan kompak
3. Murah, karena komponen sedikit
4. I/O sederhana, mis keypad, LCD
5. Lebih tahan terhadap kondisi ekstrim, mis suhu, tekanan, kelembaban udara dll

6. Compiler : bahasa yang digunakan untuk membuat aplikasi, mis C++, Assembler, Basic
7. Simulator (software), komputer untuk simulasi
8. Emulator, software dan hardware
9. ICE (in Circuit Emulator), pengembangan emulator tetapi sudah dihubungkan dengan sirkuit.

2.3.1 Sejarah Mikrokontroler

Abad 21 adalah abad mikroprosesor. Semua peralatan rumah tangga menggunakan mikroprosesor: handphone, tv, kulkas, mesin cuci, setrika, alat masak, oven, microwave, dan lain-lain. Sampai alat-alat untuk ruang angkasa menggunakan mikroprosesor. Perangkat makin canggih, kemampuan meningkat, kompleks tetapi ukuran mengecil. Jutaan transistor termuat dalam suatu mikroprosesor ukuran 1 x 1 cm². Perkembangan perangkat lunak mengikuti perangkat keras. Tahun 1969 merupakan ide awal membangun mikroprosesor dalam suatu IC (integrated circuit) dikemukakan oleh Intel lalu tahun 1971 untuk pertama kali mikroprosesor dalam satu IC dipasarkan, yaitu Intel 4004 menggunakan teknologi 4 bit. Pada tahun 1976 Intel meluncurkan mikrokontroler pertama yang dinamai seri MCS-48 yang berisi 17.000 transistor. Tahun 2005 Intel Pentium IV berisi jutaan transistor dengan orde kecepatan giga hertz. Tahun 2007 Intel Core 2 duo lebih dari 2Ghz. Dalam perkembangannya mikroprosesor dibuat sesuai kebutuhan, mis: RISC (Reduced Instruction Set of Computing) dan CISC (Complex Instruction Set of Computing) digunakan untuk pengolahan info dengan software yang rumit. Mis. untuk komputer card, dll. Mikrokontroler merupakan mikroprosesor yang dikhususkan untuk implementasi kendali. Misalnya : untuk kendali motor berperan sebagai PLC (*programmable Logic Controller*), pengaturan pengapian pada motor jenis injeksi, gerakan pada robot, pengatur besaran, suhu, tekanan, kelembaban, lampu lalin, kamera pengintai dan masih banyak lagi.

Mikrokontroller diproduksi mulai tahun 1976 dengan *INTEL* yang memproduksinya, type 8748 (MCS-48) yang di dalamnya sudah ada 1 KByte EPROM, 64 Byte RAM, 27 I/O dan 8 bit Timer. Keluarga MCS-48 antara lain 8021, 8022, 8048, 8049. Saat ini masih digunakan untuk alat kedokteran modern. Th 1980 muncul generasi kedua mikrokontroller 8 bit, yang disebut keluarga 8051 dengan nama MCS 51. Masuk keluarga MCS 51 adalah 8031, 80C31, 8051AH, 8751.

Mikrokontroler populer yang pertama dibuat oleh Intel pada tahun 1976, yaitu *mikrokontroler 8-bit Intel 8748*. Mikrokontroler tersebut adalah bagian dari keluarga mikrokontroler MCS-48. Sebelumnya, Texas instruments telah memasarkan mikrokontroler 4-bit pertama yaitu TMS 1000 pada tahun 1974. TMS 1000 yang mulai dibuat sejak 1971 adalah mikrokomputer dalam sebuah chip, lengkap dengan RAM dan ROM. Intel mengeluarkan mikrokontrolernya yang populer di dunia yaitu 8051, kemudian diadopsi oleh vendor lain seperti Phillips, Siemens, Atmel, dan vendor-vendor lain. Selain itu masih ada mikrokontroler populer lainnya seperti Basic Stamps, PIC dari Microchip, MSP 430 dari Texas Instrument. Mikrokontroler AVR merupakan salah satu jenis arsitektur mikrokontroler yang menjadi andalan Atmel. digunakan di dunia sebagai mikrokontroler yang bersifat low cost dan high performance. (Stalling : 2003)

2.3.2 Arsitektur ATmega328

ATmega328 adalah mikrokontroller keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (Reduce Instruction Set Computer) yang dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (Completed Instruction Set Computer). Mikrokontroller ini memiliki beberapa fitur antara lain :

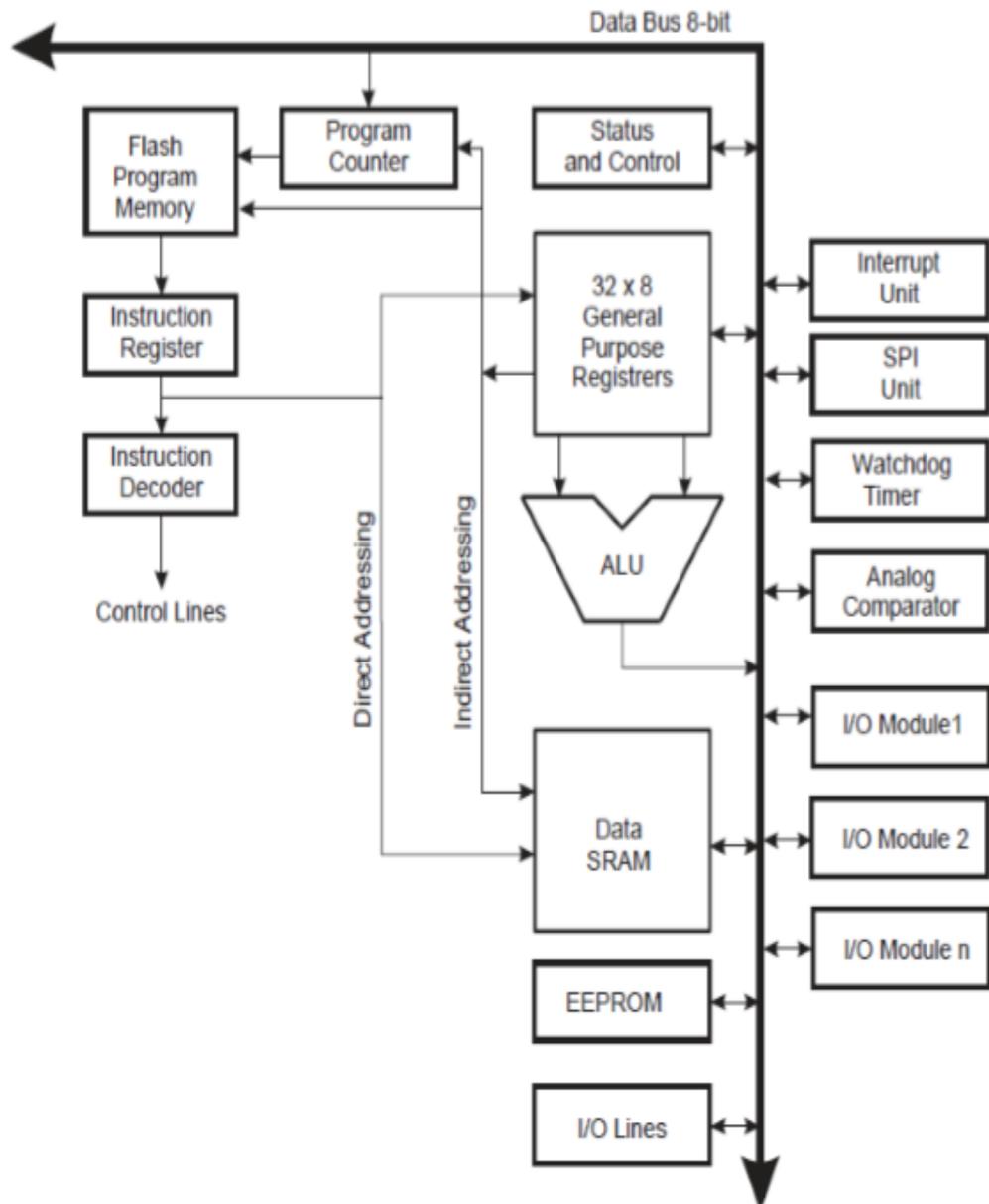
1. 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu
2. Siklus clock.
3. 32 x 8-bit register serba guna.
4. Kecepatan mencapai 16 MIPS dengan clock 16 MHz.

5. 32 KB Flash memory dan pada arduino memiliki bootloader yang menggunakan 2 KB dari flash memori sebagai bootloader.
6. Memiliki EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) sebesar 1KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanent karena EEPROM tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.
7. Memiliki SRAM (Static Random Access Memory) sebesar 2KB.
8. Memiliki pin I/O digital sebanyak 14 pin 6 diantaranya PWM (Pulse Width Modulation) output.
9. Master / Slave SPI Serial interface.
10. Mikrokontroler ATmega 328 memiliki arsitektur Harvard, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan kerja.

Instruksi – instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil dari memori program. Konsep inilah yang memungkinkan instruksi – instruksi dapat dieksekusi dalam setiap satu siklus clock. 32 x 8-bit register serba guna digunakan untuk mendukung operasi pada ALU (Arithmetic Logic unit) yang dapat dilakukan dalam satu siklus. 6 dari register serbaguna ini dapat digunakan sebagai 3 buah register pointer 16-bit pada mode pengalamatan tidak langsung untuk mengambil data pada ruang memori data. Ketiga register pointer 16-bit ini disebut dengan register X (gabungan R26 dan R27), register Y (gabungan R28 dan R29), dan register Z (gabungan R30 dan R31). Hampir semua instruksi AVR memiliki format 16-bit. Setiap alamat memori program terdiri dari instruksi 16-bit atau 32-bit.

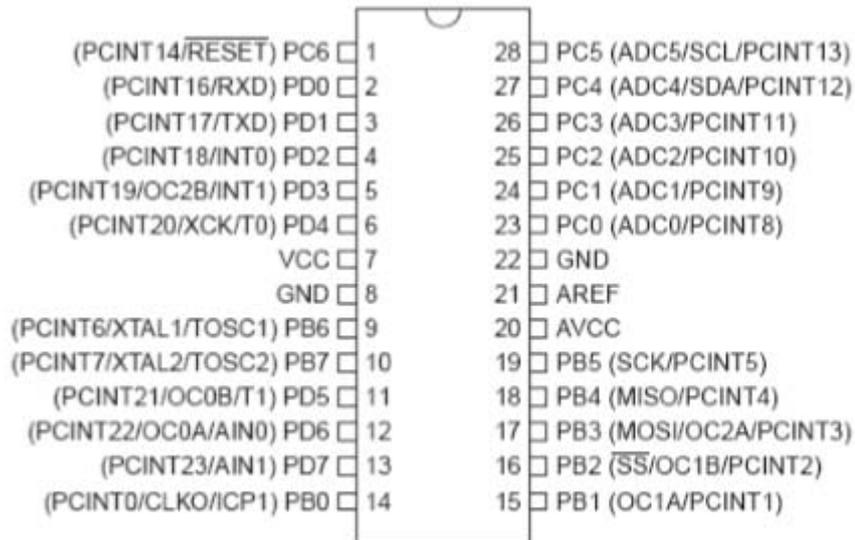
Selain register serba guna di atas, terdapat register lain yang terpetakan dengan teknik memory mapped I/O selebar 64 byte. Beberapa register ini digunakan untuk fungsi khusus antara lain sebagai register control Timer/ Counter, Interupsi, ADC, USART, SPI, EEPROM, dan fungsi I/O lainnya. Register – register ini menempati memori pada alamat 0x20h – 0x5Fh.

Berikut ini adalah tampilan architecture ATmega 328 :



Gambar 2.3 Architecture ATmega 328
 Sumber : Saputra dkk (2013)

Konfigurasi PIN ATmega328



Gambar 2.4 Konfigurasi mikrokontroler ATmega328

Sumber : Saputra dkk (2013)

Tabel 2.2 Konfigurasi Port B

Port Pin	Alternate Functions
PB7	XTAL2 (Chip Clock Oscillator pin 2) TOSC2 (Timer Oscillator pin 2) PCINT7 (Pin Change Interrupt 7)
PB6	XTAL1 (Chip Clock Oscillator pin 1 or External clock input) TOSC1 (Timer Oscillator pin 1) PCINT6 (Pin Change Interrupt 6)
PB5	SCK (SPI Bus Master clock Input) PCINT5 (Pin Change Interrupt 5)
PB4	MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output) PCINT4 (Pin Change Interrupt 4)
PB3	MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input) OC2A (Timer/Counter2 Output Compare Match A Output) PCINT3 (Pin Change Interrupt 3)
PB2	SS (SPI Bus Master Slave select) OC1B (Timer/Counter1 Output Compare Match B Output) PCINT2 (Pin Change Interrupt 2)
PB1	OC1A (Timer/Counter1 Output Compare Match A Output) PCINT1 (Pin Change Interrupt 1)
PB0	ICP1 (Timer/Counter1 Input Capture Input) CLKO (Divided System Clock Output) PCINT0 (Pin Change Interrupt 0)

Sumber : Saputra dkk (2013)

Tabel 2.3 Konfigurasi Port C

Port Pin	Alternate Function
PC6	RESET (Reset pin) PCINT14 (Pin Change Interrupt 14)
PC5	ADC5 (ADC Input Channel 5) SCL (2-wire Serial Bus Clock Line) PCINT13 (Pin Change Interrupt 13)
PC4	ADC4 (ADC Input Channel 4) SDA (2-wire Serial Bus Data Input/Output Line) PCINT12 (Pin Change Interrupt 12)
PC3	ADC3 (ADC Input Channel 3) PCINT11 (Pin Change Interrupt 11)
PC2	ADC2 (ADC Input Channel 2) PCINT10 (Pin Change Interrupt 10)
PC1	ADC1 (ADC Input Channel 1) PCINT9 (Pin Change Interrupt 9)
PC0	ADC0 (ADC Input Channel 0) PCINT8 (Pin Change Interrupt 8)

Sumber : Saputra dkk (2013)

Tabel 2.4 Konfigurasi Port D

Port Pin	Alternate Function
PD7	AIN1 (Analog Comparator Negative Input) PCINT23 (Pin Change Interrupt 23)
PD6	AIN0 (Analog Comparator Positive Input) OC0A (Timer/Counter0 Output Compare Match A Output) PCINT22 (Pin Change Interrupt 22)
PD5	T1 (Timer/Counter 1 External Counter Input) OC0B (Timer/Counter0 Output Compare Match B Output) PCINT21 (Pin Change Interrupt 21)
PD4	XCK (USART External Clock Input/Output) T0 (Timer/Counter 0 External Counter Input) PCINT20 (Pin Change Interrupt 20)
PD3	INT1 (External Interrupt 1 Input) OC2B (Timer/Counter2 Output Compare Match B Output) PCINT19 (Pin Change Interrupt 19)
PD2	INT0 (External Interrupt 0 Input) PCINT18 (Pin Change Interrupt 18)
PD1	TXD (USART Output Pin) PCINT17 (Pin Change Interrupt 17)
PD0	RXD (USART Input Pin) PCINT16 (Pin Change Interrupt 16)

Sumber : Saputra dkk (2013)

2.4 Sensor

2.4.1 Pengertian Sensor

Sensor merupakan suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik, dan sebagainya. (Simatupang : 2008)

Suatu peralatan yang memberitahukan kepada sistem kontrol tentang apa yang sebenarnya terjadi dinamakan sensor atau juga dikenal sebagai transduser. Kebanyakan sensor bekerja dengan mengubah beberapa parameter fisik seperti temperatur atau posisi kedalam sinyal listrik. Ini sebabnya mengapa sensor juga dikenal sebagai transduser yaitu suatu peralatan yang mengubah energi dari suatu bentuk ke bentuk yang lain. (Simatupang : 2008)

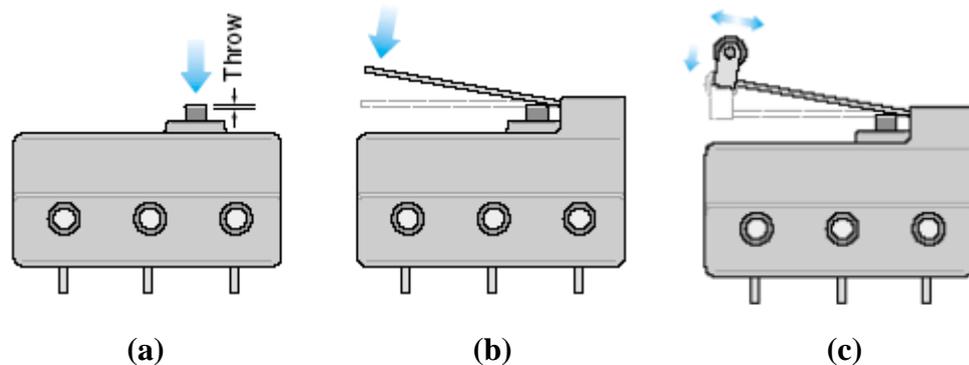
Menurut Simatupang (2008), Berdasarkan parameter-parameternya sensor dapat dibagi menjadi :

1. Sensor Posisi (*Position Sensors*)
Contoh : Potensiometer, optical rotary encoders, dan LVDT.
2. Sensor Kecepatan (*Velocity Sensors*)
Contoh : Optical dan direct current tachometers.
3. Sensor Proximity (*Proximity Sensors*)
Contoh : Limit switches, optical proximity switch, dan hall-effect switches.
4. Sensor Beban (*Load Sensors*)
Contoh : tabung burdon, bellows, dan semiconductor force strain gauges, dan low force sensors.
5. Sensor Tekan (*Pressure Sensors*)
Contoh : tabung burdon, bellows.

2.4.2 Sensor *Limit Switches*

Suatu sensor proximity memberitahukan kepada controller jika suatu bagian yang bergerak berada pada posisi yang tepat. Limit switch adalah salah satu

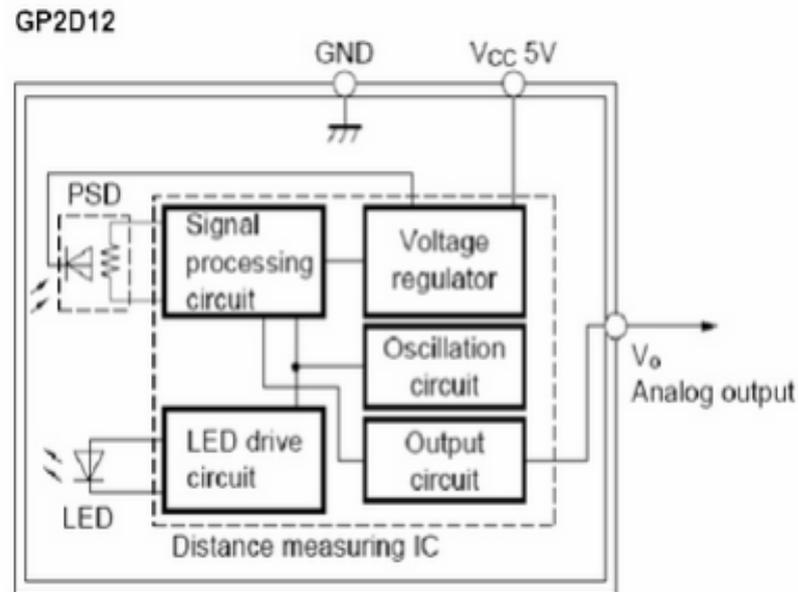
contoh dari sensor proximity. Limit switch adalah suatu tombol atau katup atau indikator mekanik yang diletakkan pada suatu tempat yang digerakkan ketika suatu bagian mekanik berada di ujung sesuai dengan pergerakan yang diinginkan. Sebagai contoh, dalam pembuka pintu otomatis garasi semua kontroller harus mengetahui apakah pintu terbuka atau tertutup sepenuhnya. Limit switch dapat mendeteksi kedua kondisi ini. Limit switch sangat berperan untuk banyak aplikasi, tetapi mereka memiliki dua kekurangan yaitu digunakan secara terus menerus sebagai peralatan mekanik akhirnya akan rusak, dan limit switch membutuhkan sejumlah tekanan fisik untuk digerakkan. (Simatupang : 2008).



Gambar 2.5 Contoh Sensor *Limited Switch*
 (a) Tombol tekan (b) Tombol fleksibel (c) Roller
 Sumber : Simatupang (2008)

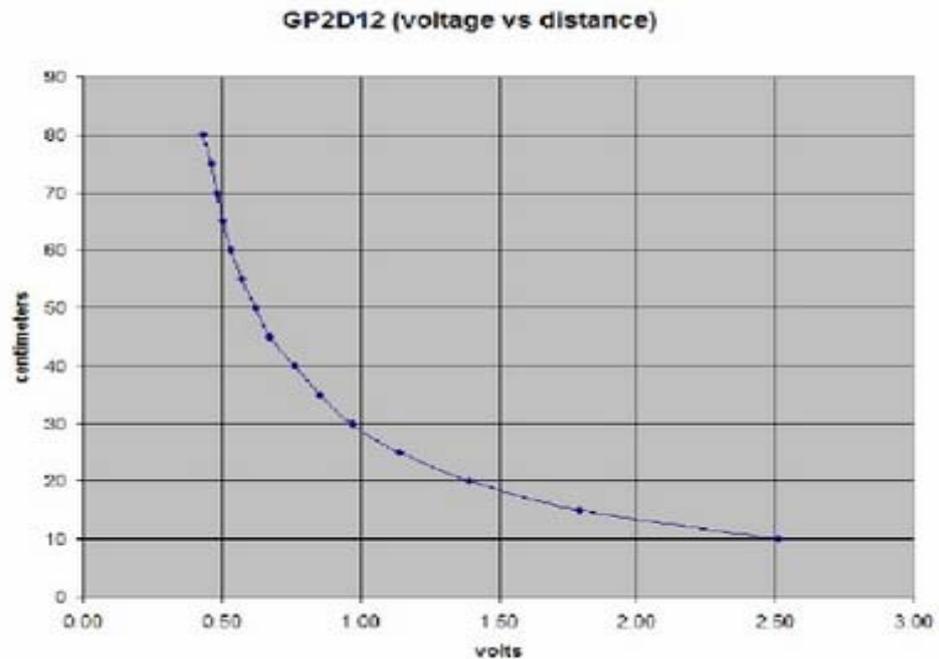
2.4.3 Sensor Inframerah GP2D12

Sensor inframerah adalah sensor yang bekerja berdasarkan cahaya dan digunakan untuk mendeteksi ada atau tidaknya suatu objek yang berada didepan. Sensor inframerah ini digunakan sebagai piranti masukan pada mikrokontroler. Sensor inframerah sharp GP2D12 dimana pada bagian pengirim (transmitter) terdapat osilator dan bagian penerima (receiver) terdapat filter cahaya, dimana pada filter tersebut hanya menyaring frekuensi yang dipancarkan inframerah pada bagian pengirim. (Saputro, 2013).



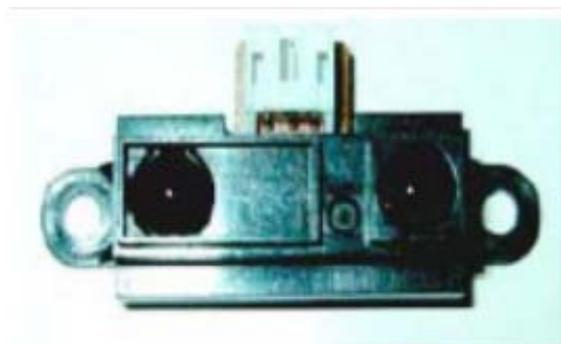
Gambar 2.6 Rangkaian internal sensor inframerah
 Sumber : Saputro (2006)

Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa sensor inframerah, osilator, regulator tegangan, dan filter sudah dalam satu kemasan. Output dari sensor inframerah ini adalah data analog, karena data output berupa data analog maka pada mikrokontroler terdapat port yang memiliki fungsi sebagai ADC internal yaitu portA. Berikut ini merupakan data analog yang dikeluarkan oleh sensor inframerah.



Gambar 2.7 Kurva perbandingan antara tegangan dan jarak
Sumber : Saputro (2006)

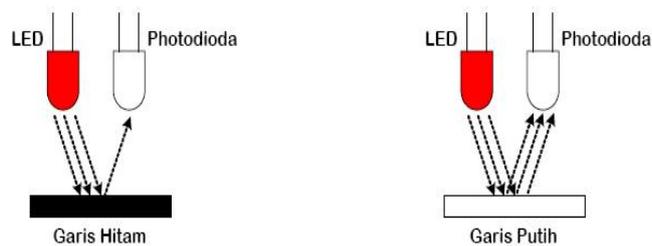
Dari kurva perbandingan tersebut dapat diketahui bahwa semakin jauh jarak suatu benda yang dideteksi maka semakin kecil juga nilai tegangan yang dihasilkan dari sensor, begitu juga sebaliknya semakin dekat jarak suatu benda maka semakin besar nilai tegangan. Kurva tersebut menunjukkan bahwa jarak terjauh yang dapat dideteksi oleh sensor adalah 100 cm, sedangkan jarak terdekat adalah 10 cm. (Saputro, 2006).



Gambar 2.8 Bentuk fisik Range Sensor Sharp GP2D12
Sumber : Saputra dkk (2013)

2.4.4 Sensor Garis

Sensor garis atau sensor proximity adalah jenis sensor yang berfungsi mendeteksi warna garis hitam atau putih dengan menggunakan LED sebagai transmitter dan photodiode sebagai receiver. Dengan memanfaatkan IC comparator sebagai pembanding tegangan, hasil yang berubah-ubah yang diperoleh dari receiver diolah menjadi data digital berupa logika high atau low untuk kemudian diolah di dalam mikrokontroler. (Saputra dkk : 2013).



Gambar 1. Cahaya pantulan sedikit

Gambar 2. Cahaya pantulan banyak

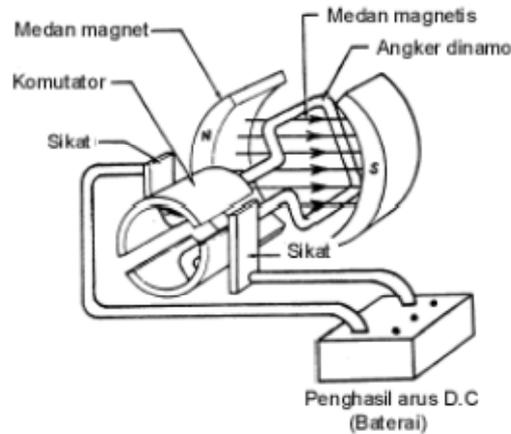
Gambar 2.9 Led dan Photodiode

Sumber : Saputra dkk (2013)

2.5 Motor DC

2.5.1 Pengertian Motor DC

Motor arus searah (motor dc) merupakan salah satu jenis motor listrik yang bergerak dengan menggunakan arus searah. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arahnya pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor yang paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas diantara kutub-kutub magnet permanen. (Rahayu, 2011).



Gambar 2.10 Struktur Motor DC Sederhana

Sumber : Rahayu (2011)

Catu tegangan dc dari baterai menuju lilitan melalui sikat menyentuh komutator dua segmen yang terhubung dengan dua ujung lilitan. Kumparan satu lilitan pada gambar diatas disebut angker dinamo(rotor). Angker dinamo (rotor) adalah sebutan untuk komponen yang berputar diantara medan magnet.

Motor dc memiliki keunggulan dari motor ac yaitu mudah dalam mengatur dan mengontrol kecepatan putarnya. Ada beberapa cara untuk dapat mengendalikan kecepatan motor dc, antara lain dengan mengatur lebar pulsa tegangan setiap detiknya yang diberikan pada motor dc atau secara manual yaitu mengatur jumlah arus dan tegangan yang diberikan pada motor dc. Pada penelitian ini penulis akan mengendalikan kecepatan putar motor dc dengan mengatur tegangan yang diberikan pada motor dc.

Motor dc tersedia dalam banyak ukuran, namun penggunaannya dibatasi untuk beberapa penggunaan berkecepatan rendah, penggunaan daya rendah hingga sedang. Seperti peralatan mesin dan rolling mills, sebab sering terjadi masalah dalam perubahan arah arus listrik mekanis pada ukuran yang lebih besar. Juga, motor tersebut dibatasi hanya untuk penggunaan diarea yang bersih dan tidak berbahaya sebab resiko percikan api pada sikatnya. (Rahayu, 2011).

2.5.2 Driver Motor L293D

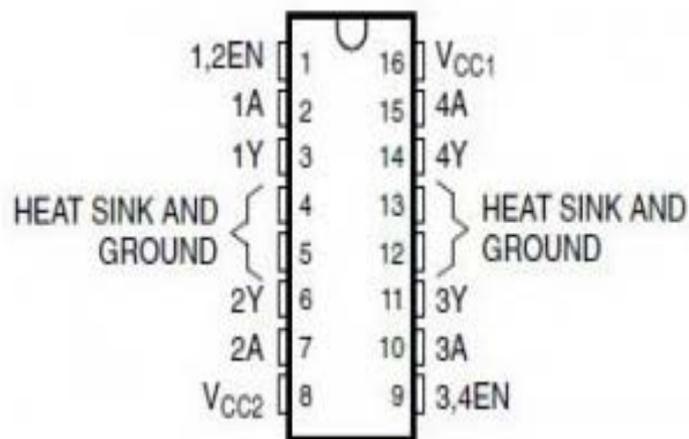
L293D adalah suatu bentuk rangkaian daya tinggi terintegrasi yang mampu memiliki 4 buah beban dengan arus nominal 600 mA hingga maksimum 1,2 A. Keempat kanal inputnya didesain untuk dapat menerima masukan level logika TTL (Syahrul, 2014). Secara umum IC ini memiliki fitur sebagai berikut :

1. Keluaran dapat mencapai 6000 mA tiap kanal
2. Tersedia fasilitas enable (pengaktif)
3. Proteksi terhadap suhu berlebih
4. Logic 0 sampai dengan tegangan 1,5 volt

Keuntungan dari IC L293D ini ada beberapa keuntungan yang didapat, yaitu :

1. Berukuran kompak sehingga lebih perakris
2. Dapat mengatur arah putaran motor DC
3. Dapat mengatur kecepatan motor DC. (Julukarni SK, 2014)

Konstruksi pin driver motor DC IC L293D adalah sebagai berikut.



Gambar 2.11 Konstruksi Pin Driver Motor DC IC L293D

Sumber : (Saputra dkk : 2013)

Fungsi Pin Driver Motor DC IC L293D

1. Pin EN (Enable, EN1.2, EN3.4) berfungsi untuk mengijinkan driver menerima perintah untuk menggerakkan motor DC.

2. Pin In (Input, 1A, 2A, 3A, 4A) adalah pin input sinyal kendali motor DC. Input 1A masukan 1 untuk motor 1, input 2A masukan 2 untuk motor 1, input 3A masukan 1 untuk motor 2, input 4A masukan 2 untuk motor 2.
3. Pin Out (Output, 1Y, 2Y, 3Y, 4Y) adalah jalur output masing-masing driver yang dihubungkan ke motor DC. Output 1Y keluaran 1 untuk motor 1, output 2Y keluaran 2 untuk motor 1, output 3Y keluaran 1 untuk motor 2, output 4Y keluaran 2 untuk motor 2.
4. Pin VCC (VCC1, VCC2) adalah jalur input tegangan sumber driver motor DC, dimana VCC1 adalah jalur input sumber tegangan rangkaian kontrol driver dan VCC2 adalah jalur input sumber tegangan untuk motor DC yang dikendalikan.
5. Pin GND (Ground) adalah jalur yang harus dihubungkan ke ground, pin GND ini ada 4 buah yang berdekatan dan dapat dihubungkan ke sebuah pendingin kecil.

2.6 Program Arduino Uno

2.6.1 Komunikasi Arduino Uno

Arduino Uno memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lain. ATmega328 ini menyediakan UART TTL (5V) komunikasi serial, yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Sebuah ATmega16U2 pada saluran board ini komunikasi serial melalui USB dan muncul sebagai com port virtual untuk perangkat lunak pada komputer. Firmware '16U2 menggunakan USB driver standar COM, dan tidak ada driver eksternal yang dibutuhkan. Namun, pada Windows, file. Inf diperlukan. Perangkat lunak Arduino termasuk monitor serial yang memungkinkan data tekstual sederhana yang akan dikirim ke dan dari papan Arduino. RX dan TX LED di papan akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui chip USB-to-serial dan koneksi USB ke komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1). Sebuah perpustakaan SoftwareSerial memungkinkan untuk komunikasi serial pada setiap pin digital Uno itu. ATmega328 ini juga mendukung komunikasi I2C (TWI) dan SPI.

Perangkat lunak Arduino termasuk perpustakaan `Kawat` untuk menyederhanakan penggunaan dari bus I2C, lihat dokumentasi untuk rincian. Untuk komunikasi SPI, menggunakan perpustakaan `SPI`.

2.6.2 Tutorial Bahasa Pemrograman Arduino

Arduino menggunakan pemrograman dengan bahasa C. Berikut ini adalah sedikit penjelasan yang ditujukan kepada anda yang hanya mempunyai sedikit pengalaman pemrograman dan membutuhkan penjelasan singkat mengenai karakter bahasa C dan software Arduino. Untuk penjelasan yang lebih mendalam, web `Arduino.cc` adalah sumber yang lengkap.

Struktur Setiap program Arduino (biasa disebut `sketch`) mempunyai dua buah fungsi yang harus ada.

1. `setup() { }`

Semua kode didalam kurung kurawal aka dijalankan hanya satu kali ketika program Arduino dijalankan untuk pertama kalinya.

2. `void loop() { }`

Fungsi ini akan dijalankan setelah `setup` (fungsi `void setup`) selesai. Setelah dijalankan satu kali fungsi ini akan dijalankan lagi, dan lagi secara terus menerus sampai catu daya (power) dilepaskan.

Syntax

Berikut ini adalah elemen bahasa C yang dibutuhkan untuk format penulisan.

1. `//` (komentar satu baris)

Kadang diperlukan untuk memberi catatan pada diri sendiri apa arti dari kode-kode yang dituliskan. Cukup menuliskan dua buah garis miring dan apapun yang kita ketikkan dibelakangnya akan diabaikan oleh program.

2. `/* */` (komentar banyak baris)

Jika anda punya banyak catatan, maka hal itu dapat dituliskan pada beberapa baris sebagai komentar. Semua hal yang terletak di antara dua simbol tersebut akan diabaikan oleh program.

3. { } (kurung kurawal)

Digunakan untuk mendefinisikan kapan blok program mulai dan berakhir (digunakan juga pada fungsi dan pengulangan).

4. ; (titik koma)

Setiap baris kode harus diakhiri dengan tanda titik koma (jika ada titik koma yang hilang maka program tidak akan bisa dijalankan).

Variabel

Sebuah program secara garis besar dapat didefinisikan sebagai instruksi untuk memindahkan angka dengan cara yang cerdas. Variabel inilah yang digunakan untuk memindahkannya.

1. nt (integer)

Digunakan untuk menyimpan angka dalam 2 byte (16 bit). Tidak mempunyai angka desimal dan menyimpan nilai dari -32,768 dan 32,767.

2. long (long)

Digunakan ketika integer tidak mencukupi lagi. Memakai 4 byte (32 bit) dari memori (RAM) dan mempunyai rentang dari -2,147,483,648 dan 2,147,483,647.

3. boolean (boolean)

Variabel sederhana yang digunakan untuk menyimpan nilai TRUE (benar) atau FALSE (salah). Sangat berguna karena hanya menggunakan 1 bit dari RAM.

4. float (float)

Digunakan untuk angka desimal (floating point). Memakai 4 byte (32 bit) dari RAM dan mempunyai rentang dari -3.4028235E+38 dan 3.4028235E+38.

5. char (character)

Menyimpan 1 karakter menggunakan kode ASCII (misalnya 'A' = 65).
Hanya memakai 1 byte (8 bit) dari RAM.

Operator Matematika

Operator yang digunakan untuk memanipulasi angka (bekerja seperti matematika yang sederhana).

1. = (Sama Dengan)

Membuat sesuatu menjadi sama dengan nilai yang lain (misalnya: $x = 10 * 2$, x sekarang sama dengan 20).

2. % (Persen)

Menghasilkan sisa dari hasil pembagian suatu angka dengan angka yang lain (misalnya: $12 \% 10$, ini akan menghasilkan angka 2).

3. + (Plus)

Penjumlahan

4. - (Minus)

Pengurangan

5. * (Bintang)

Perkalian

6. / (Garis Miring)

Pembagian

Operator Pembandingan

Digunakan untuk membandingkan nilai logika.

1. ==

Sama dengan (misalnya: $12 == 10$ adalah FALSE (salah) atau $12 == 12$ adalah TRUE (benar)) .

2. !=

Tidak sama dengan (misalnya: $12 != 10$ adalah TRUE (benar) atau $12 != 12$ adalah FALSE (salah)).

3. <

Lebih kecil dari (misalnya: $12 < 10$ adalah FALSE (salah) atau $12 < 12$ adalah FALSE (salah) atau $12 < 14$ adalah TRUE (benar)).

4. >

Lebih besar dari (misalnya: $12 > 10$ adalah TRUE (benar) atau $12 > 12$ adalah FALSE (salah) atau $12 > 14$ adalah FALSE (salah)).

Struktur Pengaturan

Program sangat tergantung pada pengaturan apa yang akan dijalankan berikutnya, berikut ini adalah beberapa elemen dasar pengaturan :

1. if..else

format yang diberikan :

```
if (kondisi) { }
else if (kondisi) { }
else { }
```

Dengan struktur seperti diatas program akan menjalankan kode yang ada di dalam kurung kurawal jika kondisinya TRUE, dan jika tidak (FALSE) maka akan diperiksa apakah kondisi pada else if dan jika kondisinya FALSE maka kode pada else yang akan dijalankan.

2. for

Format yang diberikan :

```
for (int i = 0; i < #pengulangan; i++) { }
```

Digunakan bila anda ingin melakukan pengulangan kode di dalam kurung kurawal beberapa kali, ganti #pengulangan dengan jumlah pengulangan yang diinginkan. Melakukan penghitungan ke atas dengan $i++$ atau ke bawah dengan $i--$.

Digital**1. pinMode(pin, mode)**

Digunakan untuk menetapkan mode dari suatu pin, pin adalah nomor pin yang akan digunakan dari 0-19 (pin analog 0-5 adalah 14-19). Mode yang bisa digunakan adalah INPUT atau OUTPUT.

2. digitalWrite(pin, value)

Ketika sebuah pin ditetapkan sebagai OUTPUT, pin tersebut dapat dijadikan HIGH (ditarik menjadi 5 volts) atau LOW (diturunkan menjadi ground).

3. digitalRead(pin)

Ketika sebuah pin ditetapkan sebagai INPUT maka anda dapat menggunakan kode ini untuk mendapatkan nilai pin tersebut apakah HIGH (ditarik menjadi 5 volts) atau LOW (diturunkan menjadi ground).

Analog

Arduino adalah mesin digital tetapi mempunyai kemampuan untuk beroperasi di dalam alam analog (menggunakan trik). Berikut ini cara untuk menghadapi hal yang bukan digital.

1. analogWrite (pin, value)

Beberapa pin pada Arduino mendukung PWM (pulse width modulation) yaitu pin 3, 5, 6, 9, 10, 11. Ini dapat merubah pin hidup (on) atau mati (off) dengan sangat cepat sehingga membuatnya dapat berfungsi layaknya keluaran analog. Value (nilai) pada format kode tersebut adalah angka antara 0 (0% duty cycle ~ 0V) dan 255 (100% duty cycle ~ 5V).

2. analogRead(pin)

Ketika pin analog ditetapkan sebagai INPUT anda dapat membaca keluaran voltase-nya. Keluarannya berupa angka antara 0 (untuk 0 volts) dan 1024 (untuk 5 volts).