BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pixy CMUCam5

Pixy CMUCam5 merupakan kamera yang diaplikasikan sebagai *image sensor* dan dapat melakukan pengolahan citra, sehingga dapat digunakan sebagai *tracking* (penjejak objek) dan lain sebagainya. Bentuk fisik dari Pixy CMUCam5 itu sendiri akan diperlihatkan seperti Gambar 2.1.
(http://eprints.upnjatim.ac.id/4406/2/file2.pdf)

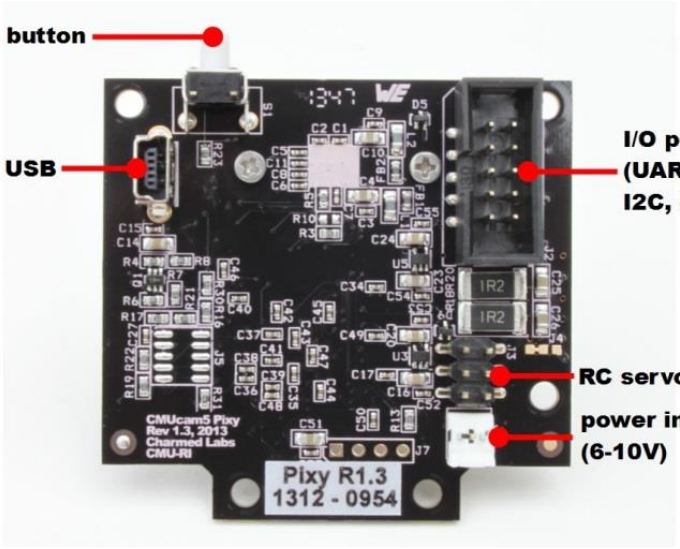
Gambar 2.1 Pixy CMUCam5
(http://www.robot-electronics.co.uk/products/sensors/cameras/cmucam5-pixy.html, 2017)

Pixy CMUCam5 memiliki prosesor dual core NXP LPC4330 yang menjadi tempat pengolahan citra, sehingga memudahkan mikrokontroler dalam proses pembacaan data yang dideteksi oleh kamera. Proses pengiriman data pada Pixy CMUCam5 ke mikrokontroler dapat dilakukan dengan jalur komunikasi data, diantaranya *UART serial, SPI, I2C, digital out* maupun *analog out.*

Kamera Pixy CMUCam5 mempunyai kelebihan antara lain dapat melakukan pengolahan gambar yang terintegrasi dan dapat melacak warna tertentu dalam kurun waktu bersamaan dengan kecepatan 50 fps (*frame per second*) tetapi hanya dibatasi dengan 7 warna yang berbeda. Pixy CMUCam5 dapat mendeteksi obyek yang jauh (± 1 km) selama dimensi objek tersebut cukup besar dan mendeteksi objek yang seukuran bola ping-pong, dengan asumsi 75 derajat bidang-*of-view* lensa. Sebuah

lensa dengan panjang fokus untuk memperpanjang jarak deteksi. Sedangkan kekurangannya harga Pixy CMUCam5 masih relatif mahal. Pixy CMUCam5 memiliki aplikasi *open source* yang disebut PixyMon.

(sumber: http://www.cmucam.org/)



Gambar 2.2 Bagian-Bagian Pixy CMUCam5
(http://cmucam.org/projects/cmucam5, 2017)

Spesifikasi Pixy CMUCam5

1. *Processor* : NXP LPC4330, 204 MHz, dual core
2. *Image sensor* : Omnivision, OV9715, ¼", 1280x800
3. *Lens field-of-view* : 75^0 horizontal dan 47^0 vertikal
4. Tipe Lensa : standard M12 (*several different types available*)
5. Konsumsi daya : 140mA
6. Power *input* : USB input (5V) atau *unregulate input* (6V sampai 10V)
7. RAM : 264 Kb
8. *Flash* : 1 Mb
9. *Available* data *output* : UART *serial*, SPI, I2C, USB, digital, analog
10. Dimensi : 2,1" x 2,0" x 1,4"
11. Berat : 27 gram

2.1.1 Pengolahan Citra

Pengolahan citra adalah pemrosesan citra yang *input*-nya citra dan *output*-nya juga citra khususnya dengan menggunakan komputer, untuk menjadikan citra yang kualitasnya lebih baik. Istilah pengolahan citra digital secara umum didefinisikan sebagai pemrosesan citra dua dimensi dengan komputer. Dalam definisi yang lebih luas, pengolahan citra digital juga mencakup semua data dua dimensi. Citra digital adalah barisan bilangan nyata maupun kompleks yang diwakili oleh bit-bit tertentu.

(Putra, Darma.2010.Pengolahan Citra Digital.Yogyakarta: Andi Offset.)

Format data citra digital berhubungan erat dengan warna. Pada kebanyakan kasus, terutama untuk keperluan penampilan secara visual, nilai data digital merepresentasikan warna dari citra yang diolah. Format citra digital yang banyak dipakai adalah Citra Biner (*monokrom*), Citra Skala Keabuan (*gray scale*), Citra Warna (*true color*), dan Citra Warna Berindeks.

Pengolahan citra memiliki beberapa fungsi, diantaranya adalah:

1. Digunakan sebagai proses memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia atau komputer.
2. Digunakan untuk teknik pengolahan citra dengan mentrasformasikan citra menjadi citra lain. Contoh : pemampatan citra (*image compression*) Sebagai proses awal (*preprocessing*) dari komputer visi.

Pengolahan citra dapat dibagi kedalam tiga kategori yaitu :

1. Kategori rendah melibatkan operasi-operasi sederhana seperti pra-pengolahan citra untuk mengurangi derau, pengaturan kontras, dan pengaturan ketajaman citra. Pengolahan kategori rendah ini memiliki *input* dan *output* berupa citra.
2. Pengolahan kategori menengah melibatkan operasi-operasi seperti segmentasi dan klasifikasi citra. Proses pengolahan citra menengah ini melibatkan *input* berupa citra dan *output* berupa atribut (fitur) citra yang dipisahkan dari citra input. Pengolahan citra kategori melibatkan proses pengenalan dan deskripsi citra.

3. Pengohalan kategori tinggi ini termasuk menjadikan objek-objek yang sudah dikenali menjadi lebih berguna, berkaitan dengan aplikasi, serta melakukan fungsi-fungsi kognitif yang diasosiasikan dengan vision.

2.1.2 Warna

Warna adalah spektrum tertentu yang terdapat di dalam suatu cahaya sempurna (warna putih) yang merupakan pantulan tertentu dari cahaya yang dipengaruhi oleh pigmen yang terdapat di permukaan benda. Warna dapat didefinisikan secara obyektif/fisik sebagai sifat cahaya yang diapancarkan, atau secara subyektif/psikologis sebagai bagian dari pengalaman indera pengelihatan. Secara obyektif atau fisik, warna dapat diberikan oleh panajang gelombang. Dilihat dari panjang gelombang, cahaya yang tampak oleh mata merupakan salah satu bentuk pancaran energi yang merupakan bagian yang sempit dari gelombang elektromagnetik.
(sipadu.isi-ska.ac.id/sidos/rpp/20142/rpp_92117.pdf)

Teori Sir Isaac Newton (1642-1727) Dari percobaannya, Newton menyimpulkan bahwa apabila dilakukan pemecahan warna spectrum dari sinar matahari, akan dihasikan warna merah, jingga, kuning, hijau, biru, dan ungu alias mejikuhibiniu. Warna-warna itu bisa ditangkap mata manusia pada saat ada pelangi.

Teori Brewster menyatakan bahwa warna pokok (primer) adalah warna yang dapat berdiri sendiri dan bukan merupakan hasil percampuran dengan warna lain. Sementara itu, warna yang berasal dari percampuran antara dua warna pokok disebut warna sekunder. Warna pokok teridir dari warna merah, kuning, dan biru. Warna yang diperoleh dari percampuran antara warna primer dan warna sekunder disebut warna tersier.

2.1.3 Jenis-Jenis Warna

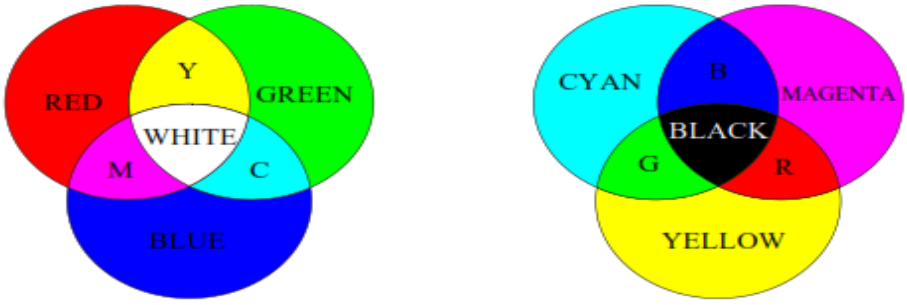
Pada umumnya warna dibagi menjadi beberapa jenis kelompok warna yaitu warna primer, warna sekunder dan warna tersier. Jenis-jenis kelompok warna tersebut dijelaskan sebagai berikut.

1. Warna Primer

Warna primer merupakan warna pokok atau warna dasar, artinya warna yang menjadi fondasi dari warna lain tanpa adanya warna ini maka tidak akan ada warna lain. Warna primer merupakan warna induk, warna yang murni berdiri sendiri tanpa campuran warna lain. Warna primer terdiri dari merah, kuning, biru. Pada gambar 2.3 merupakan warna primer. (http://www.blogernas.com/2016/07/warna-primer-sekunder-tersier-netral.html)

Gambar 2.3 Warna Primer
(http://www.blogernas.com/2016/07/warna-primer-sekunder-tersier-netral.html, 2017)

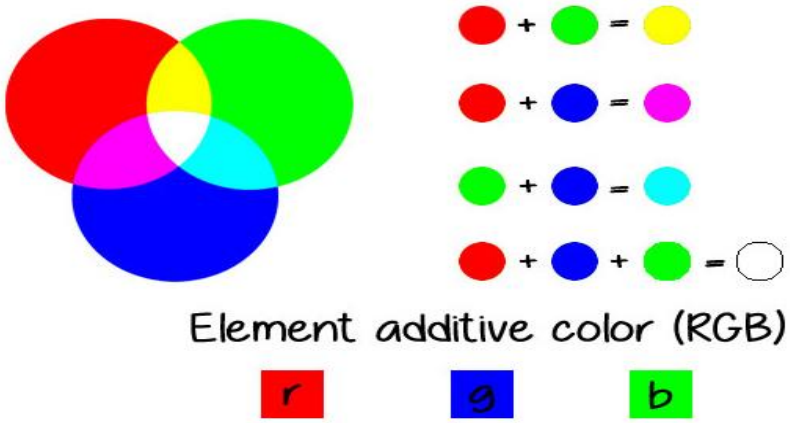
Warna primer aditif adalah warna primer cahaya. Media yang menggabungkan pancaran cahaya untuk menciptakan sensasi warna. Hasil eksperimen Maxwell menyimpulan bahwa warna primer aditif adalah merah, hijau dan biru. Campuran warna cahaya merah dan hijau menghasilkan warna kuning, campuran hijau dan biru menghasilkan warna cyan, sedangkan campuran merah dan biru menghasilkan warna magenta, jika ketiga warna ini disaturasikan penuh, maka hasilnya adalah warna putih. Ruang warna/model warna yang dihasilkan disebut dengan RGB (*red, green, blue*).



(a.) (b.)

Gambar 2.4 (a.) Warna Primer Aditif (b.) Warna Primer Substraktif (Pigmen)
(https://www. *repository.usu.ac.id, 2017)*

Model warna RGB yang terdiri atas 3 buah warna : merah (*Red*), hijau (*Green*), dan biru (*Blue*), yang ditambahkan dengan berbagai cara untuk menghasilkan bermacam-macam warna seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5, merupakan model warna yang paling sering dipakai. Contoh alat yang memakai mode warna ini yaitu TV, kamera, pemindai, komputer, dan kamera digital.



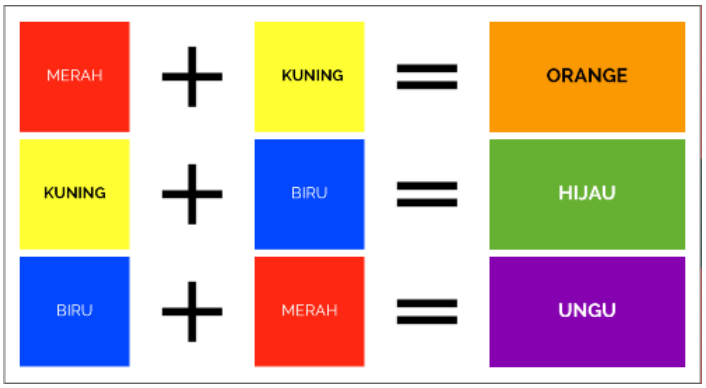
Gambar 2.5 Model Warna RGB
(http://fotografidesain.com/, 2017)

Kegunaan utama model warna RGB adalah untuk menampilkan citra atau gambar dalam perangkat elektronik, seperti televisi dan komputer, walaupun juga telah digunakan dalam fotografi biasa. Sebelum era elektronik, model warna RGB telah memiliki landasan yang kuat berdasarkan pemahaman manusia terhadap teori trikromatik. Jika masing-masing warna memiliki range 0 - 255, maka totalnya adalah 255^3 = 16.581.375 (16 K) variasi warna berbeda pada gambar, dimana variasi warna ini cukup untuk gambar apapun. Karena jumlah bit yang diperlukan untuk setiap pixel, gambar tersebut juga disebut gambar-bit warna.

Warna kuning memiliki kadar RGB dengan nilai R = 255, G = 555, dan B = 0. Kadar warna RGB inilah yang nantinya akan diolah oleh sensor kamera pixy CMUCam5 untuk mengirimkan data ke arduino.

2. Warna Sekunder

Warna sekunder merupakan warna yang berasal dari pencampuran dua warna primer, misalnya warna merah dan kuning menghasilkan warna orange, warna kuning dan biru menghasilkan warna hijau, warna biru dan merah menghasilkan warna ungu. Pada gambar 2.6. merupakan contoh pencampuran warna sekunder.



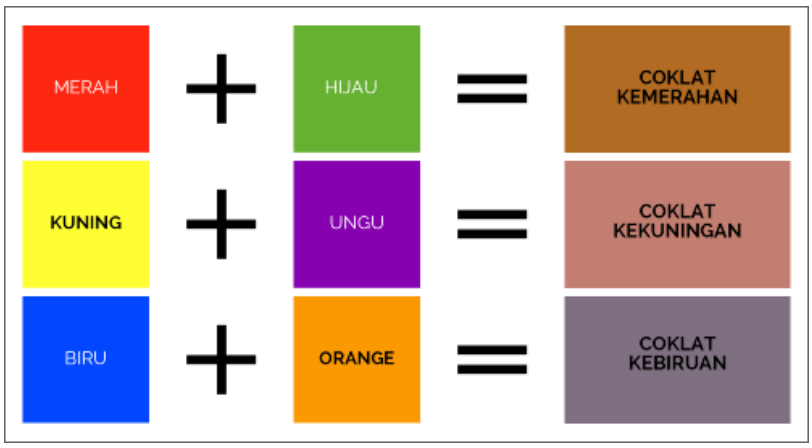
Gambar 2.6 Warna Sekunder
(http://www.blogernas.com/2016/07/warna-primer-sekunder-tersier-netral.html, 2017)

Jumlah warna skunder bisa tak terhingga tergantung berapa takaran pencampuran warna pokok. Jika takaran warna pokok 1:1 memang hasilnya 1, misalnya mencampur satu gelas cat warna merah dengan satu gelas cat warna kuning maka hasilnya orange murni. Tapi jika takaran warna pokok 1:15 atau 1:17 dan seterusnya, misalnya mencampur setengah gelas cat warna merah dengan satu gelas cat warna kuning maka hasilnya bukan lagi orange murni, karena takaran cat warna kuning lebih banyak.

Gambar 2.7 Warna Sekunder
(http://www.blogernas.com/2016/07/warna-primer-sekunder-tersier-netral.html, 2017)

3. Warna Tersier

Warna tersier adalah warna yang dihasilkan dari campuran satu warna primer dengan satu warna sekunder. misalnya warna merah dan hijau menghasilkan warna coklat kemerahan, warna kuning dan ungu menghasilkan warna coklat kekuningan, warna biru dan orange menghasilkan warna coklat kebiruan. Istilah awal tersier awalnya merujuk pada warna-warna netral yang dibuat dengan mencampur tiga warna primer dalam satu buah ruang warna. Contoh pencampuran warna tersier dapat dilihat pada gambar 2.8.

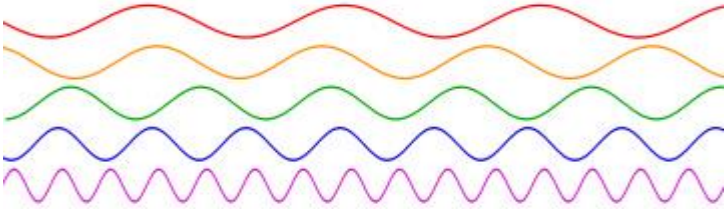


Gambar 2.8 Warna Tersier
(http://www.blogernas.com/2016/07/warna-primer-sekunder-tersier-netral.html, 2017)

2.1.4 Warna Dalam Bentuk Gelombang

Setiap warna mempunyai panjang gelombang dan frekuensi yang berbeda. Bentuknya dapat ditunjukkan dalam suatu bentuk gelombang sinusoida. Jika menggambarkan suatu berkas sinar sebagai bentuk gelombang, jarak antara dua puncak atau jarak antara dua lembah atau dua posisi lain yang identik dalam gelombang dinamakan panjang gelombang. Puncak-puncak gelombang ini bergerak dari kiri ke kanan. Jika dihitung banyaknya puncak yang lewat tiap detiknya, maka akan didapatkan frekuensi. Setiap warna mempunyai panjang gelombang dan frekuensi yang berbeda. Bentuknya dapat ditunjukkan dalam suatu bentuk gelombang sinusoida.

(Irwan Oi dan Gus Ib, https://www.scribd.com/doc/97256857/Pengertian-warna).



Gambar 2.9 Gelombang Frekuensi Warna Cahaya
(https://www. *repository.usu.ac.id, 2017*)

Tabel 2.1 Panjang Gelombang Warna

Warna	Panjang Gelombang (nm)
Ungu	380-435
Biru	435-500
Sian (biru pucat)	500-520
Hijau	520-565
Kuning	565-590
Oranye	590-625
Merah	625-740

2.2 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah otak dari suatu sistem elektronika seperti halnya mikroprosesor sebagai otak komputer. Nilai plus bagi mikrokontroler adalah terdapatnya memori dan Port *Input/Output* dalam suatu IC. Kemampuannya yang programmable, fitur yang lengkap (ADC internal, EEPROM internal, Port I/O, Komunikasi Serial, dll), dan juga harga yang terjangkau memungkinkan mikrokontroler digunakan pada berbagai sistem elektronis, seperti pada robot, automasi industri, sistem alarm, peralatan telekomunikasi, hingga peralatan rumah tangga.. Salah satu contoh dari mikrokontroler adalah Arduino uno R3.

(Wardhana, Lingga.2006. *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATMega8535 : Simulasi, Hardware, dan Aplikasi*. Yogyakarta: Andi.)

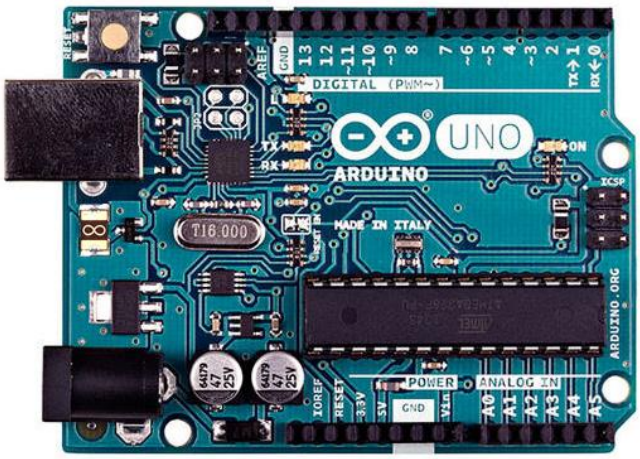
2.2.1 Arduino Uno R3

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroller dengan jenis AVR. Tujuan menanamkan program pada arduino adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca *input*, memproses *input* tersebut dan kemudian menghasilkan *output* seperti yang diinginkan. (Wardoyo, Siswo, dan Anggoro Suryo Pramudyo, 2015: 75)

Secara umum Arduino terdiri dari dua bagian, yaitu: secara *Software* arduino *open source* IDE untuk menulis program, *driver* untuk koneksi dengan komputer, contoh program dan *library* untuk pengembangan program. Secara *Hardware single board* mikrokontroller *input/output* (I/O).

Arduino memiliki kelebihan dibandingkan dengan perangkat kontroler lainnya diantaranya adalah:

1. Tidak perlu perangkat chip programmer karena didalamnya sudah ada *bootloadder* yang akan menangani upload program dari Arduino IDE.
2. Sudah memiliki sarana komunikasi USB, Sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki port serial/RS323 bisa menggunakannya.
3. Memiliki modul siap pakai (*Shield*) yang bisa ditancapkan pada *board* arduino. Contohnya *shield GPS, Ethernet*,dll.

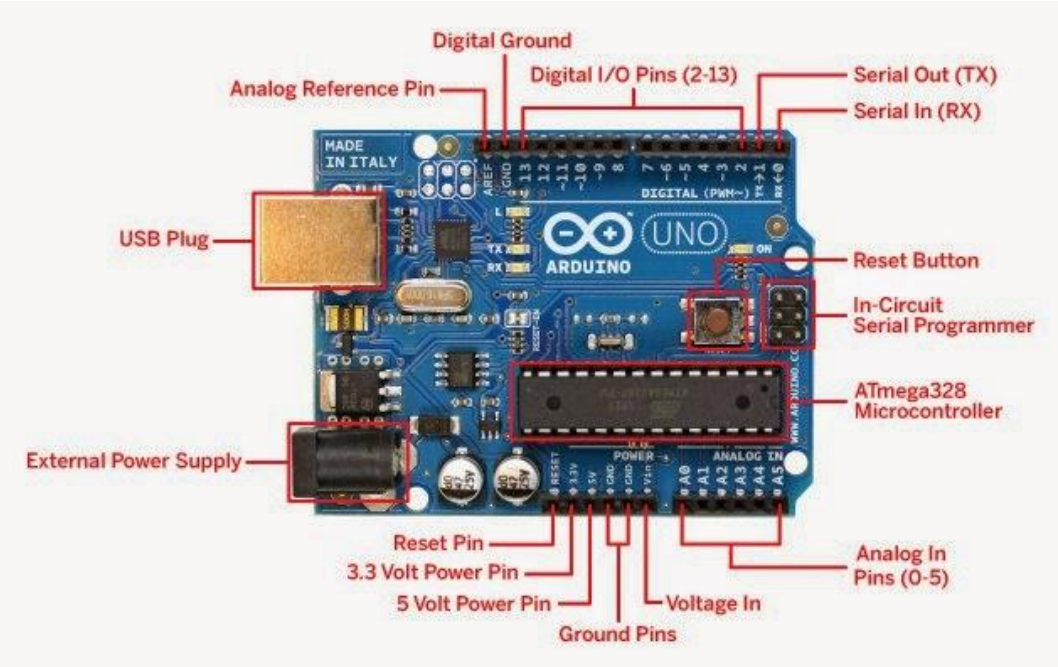


Gambar 2.10 Arduino UNO R3
(https://www.sparkfun.com/products/11021, 2017)

Kemampuan untuk dapat melakukan komunikasi data antara 2 atau lebih peralatan elektronik adalah hal yang sangat penting yang harus dimiliki oleh sebuah mikrokontroler dan yang lebih penting lagi, kemampuan komunikasi tersebut tidak boleh sampai mengurangi fungsi dari mikrokontroler itu sendiri. Ada 2 jenis komunikasi data yang bisa dilakukan oleh mikrokontroler, yaitu komunikasi parallel dan komunikasi serial. Komunikasi parallel memiliki kelebihan dari sisi kecepatan transfer data, namun efisiensi penggunaan pin dari mikrokontroler juga menjadi berkurang. *Port* komunikasi serial ini bisa digunakan secara independen, artinya bisa digunakan satu per satu ataupun digunakan keseluruhan secara bersama.

Komunikasi serial yang dimiliki oleh arduino dapat dimanfaatkan untuk berkomunikasi dengan personal komputer, *Bluetooth* Modul, atau bahkan dengan arduino yang lain. Yang perlu menjadi catatan utama adalah, jika *port* dari arduino sudah mikrokontroler difungsikan sebagai sarana komunikasi serial, maka port tersebut tidak dapat difungsikan sebagai *port input/output* digital.

2.2.2 Bagian-bagian *Board* Mikrokontroler Arduino Uno



Gambar 2.11 Bagian-bagian *board* Arduino
(https://www.robomart.com/arduino-uno-online-india, 2017)

Tabel 2.2 Konfigurasi Pin Arduino UNO

NO	Nama	Deskripsi
1.	USB *Female* Type-B	Sebagai sumber DC 5V sekaligus untuk jalur pemrograman antara PC dan arduino
2.	*Barrel Jack*	Sebagai *input* sumber antara 5-12V
3.	Pin GND	Sebagai sumber pentanahan (*Ground*)
4.	Pin 5V	Sebagai Sumber tegangan 5V
5.	Pin 3,3V	Sebagai Sumber tegangan 3,3V
6.	A0-A5	Sebagai Analog *Input*
7.	2-13	Sebagai I/O digital
8.	0-1	Sebagai I/O sekaligus bisa juga sebagai Rx Tx
9.	AREF	Sebagai Analog Referensi untuk fungsi ADC
10.	Tombol RESET	Sebagai perintah Reset Arduino
11.	LED	Sebagai Indikator Daya
12.	LED Rx Tx	Sebagai Indikator Rx Tx saat pengisian program
13.	Mikrokontroler	Sebagai otak arduino dengan menggunakan mikrokontroler AVR Atmega328
14.	Regulator Tegangan	Berfungsi sebagai pembatas atau penurun tegangan yang masuk melalui *barrel jack* dengan tegangan maksimul *input* sebesar 20V.

1. *Input/Output* digital

Input/Output Digital atau digital pin adalah pin-pin untuk menghubungkan Arduino dengan komponen atau rangkaian digital. Pin *Input/Output* Digital adalah dari 0-13. Komponen lain yang menghasilkan *output* digital atau menerima *input* digital bisa disambungkan ke pin-pin ini.Berfungsi sebagai *input* atau *output*, dapat diatur oleh program. Khusus untuk 6 buah pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11, dapat juga berfungsi sebagai pin analog *output* dimana tegangan *output*-nya dapat diatur. Nilai sebuah pin *output* analog dapat deprogram antara 0 – 255, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.

2. *Input/Output* analog

Sedangkan untuk pin analog berfungsi untuk menerima sinyal dari komponen atau rangkaian analog. Misalnya dari potensiometer, sensor suhu, sensor cahaya, dsb. Program dapat membaca nilai sebuah pin *input* antara 0 – 1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V. Konfigurasi pinnya yaitu dari A0-A5 yang memiliki 6 pin.

3. USB

Soket USB adalah soket untuk kabel USB yang disambungkan ke komputer atau laptop. Berfungsi untuk mengirimkan program ke Arduino dan juga sebagai port komunikasi serial, dan memberi daya listrik kepada papan.

4. Kristal (*quartz crystal oscillator*)

Jika mikrokontroller dianggap sebagai sebuah otak, maka kristal adalah jantung-nya karena komponen ini menghasilkan detak-detak yang dikirim kepada mikrokontroller agar melakukan sebuah operasi untuk setiap detak-nya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16 juta kali per detik (16MHz).

5. Tombol Reset

Untuk me-reset papan sehingga program akan mulai lagi dari awal. Perhatikan bahwa tombol reset ini bukan untuk menghapus program atau mengosongkan mikrokontroller.

6. *In-Circuit Serial Programming (ICSP)*

Port ICSP memungkinkan pengguna untuk memprogram mikrokontroller secara langsung, tanpa melalui *bootloader*. Umumnya pengguna Arduino tidak melakukan ini sehingga ICSP tidak terlalu dipakai walaupun disediakan.

7. IC 1 – Mikrokontroller.Atmega328

Mikrokontroler Atmega328 digunakan pada arduino uno sebagai otak untuk mengendalikan perangkat elektronik yang akan dirancang. Komponen utama dari papan Arduino, di dalamnya terdapat CPU, ROM dan RAM.

8. Sumber daya eksternal

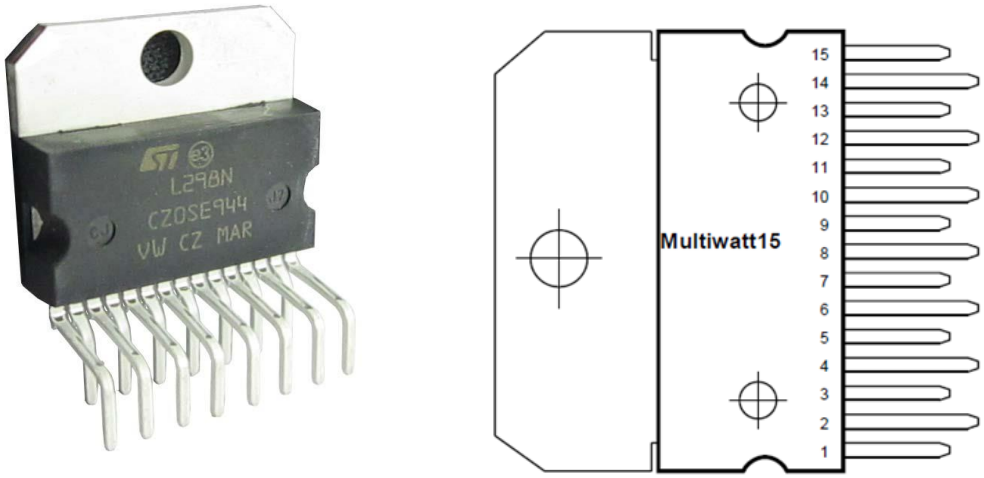
Jika hendak disuplai dengan sumber daya eksternal, *board* Arduino dapat diberikan tegangan DC antara 9-12V.

2.3 *Driver* Motor DC

Driver motor adalah rangkaian yang digunakan untuk mengatur arah putaran dari motor DC. Rangkaian terdiri dari transistor-transistor logik (TTL)

dengan gerbang nand yang memudahkan dalam menentukkan arah putaran suatu motor DC. Tetapi dipasaran telah disediakan IC L298N sebagai *driver* motor DC yang dapat mengatur arah putar dan disediakan pin untuk input yang berasal dari PWM untuk mengatur kecepatan motor DC. Motor DC tidak dapat dikendalikan secara langsung oleh mikrokontroler, karena kebutuhan arus listrik yang besar pada motor DC sedangkan arus keluaran pada mikro sangat kecil. *Driver* motor merupakan pilihan alternatif yang harus digunakan untuk mengendalikan motor DC pada robot beroda.
(http://kedairobot.com/components/35-l298-motor-driver.html).

L298N aadalah *driver* motor yang memiliki dua buah rangkaian H-*Bridge* didalamnya, sehingga dapat digunakan untuk men-*drive* dua buah motor DC. H-*Bridge driver* motor DC L298N masing-masing dapat menghantarkan arus hingga 2A. IC L298N memiliki 15 kaki yang memiliki fungsi tersendiri. Konfigurasi kaki-kaki IC L298N dapat kita lihat pada gambar 2.12 berikut ini, sedangkan keterangan fungsi untuk setiap kakinya dapat dilihat pada tabel 2.3.



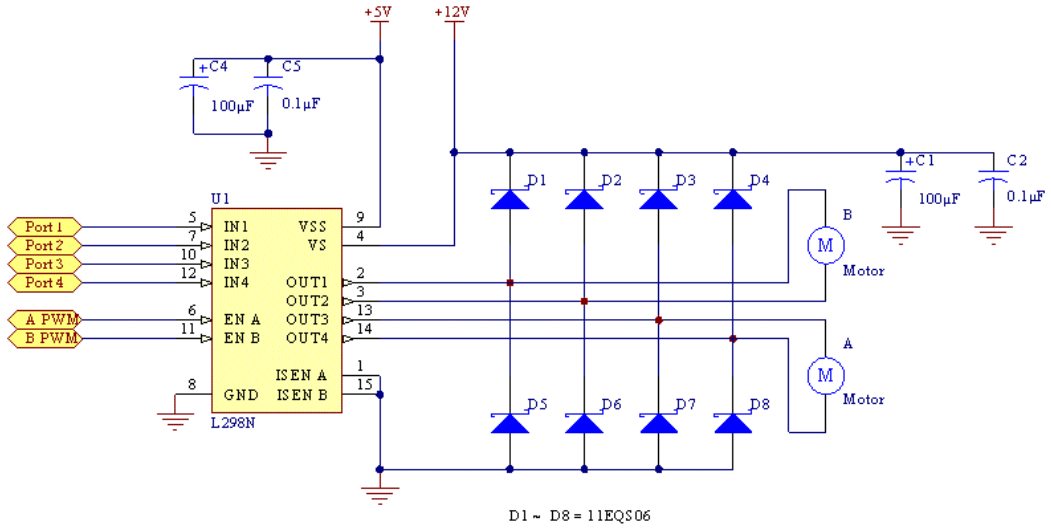
Gambar 2.12 IC Driver motor L298N
(http://www.robotics-university.com/2015/01/driver-motor-dcmp-menggunakan-ic-l298.html, 2017)

Tabel 2.3 Keterangan fungsi kaki/pin IC L298N

Pin	Nama pin	Pin	Nama pin
1	*Current Sensing* A	9	Vss (tegangan supply IC)
2	*Output* 1	10	*Input* 3
3	*Output* 2	11	*Enable* B
4	Vs (tegangan *supply* motor)	12	*Input* 4
5	*Input* 1	13	*Output* 3
6	*Enable* A	14	*Output* 4
7	*Input* 2	15	*Current Sensing* B
8	*Ground*		

2.3.1 Prinsip Kerja *Driver* Motor DC dengan IC L298N

Untuk mengendalikan putaran motor DC menggunakan *driver* motor L298N perlu melibatkan 3 buah pin/kaki IC L298N, yaitu: Kaki In1 (*Input* 1) dan kaki In2 (*Input* 2) untuk menentukan arah putaran motor DC yang dikendalikan, apakah berputar searah jarum jam atau berputar berlawanan jarum jam. Kaki EnA (*Enable* A) yang berfungsi untuk mengaktifkan atau menonaktifkan *driver* motor L298N. Aktif ketika kaki EnA diberi logika *high* dan nonaktif ketika kaki EnA diberi logika *low*) atau memasukkan nilai PWM pada kaki EnA untuk mengatur kecepatan motor.



Gambar 2.13 Skematik IC L298N sebagai *driver* motor DC
(http://fritzing.org/projects/working-with-l298n-dc-motor-driver, 2017)

Pada gambar 2.13 terdapat kaki In1 dan kaki In3 jika diberi logika *high*, maka robot akan maju. Jika kaki In2 dan kaki In4 jika diberi logika *high*, maka robot akan mundur.

Jika hanya kaki In1 jika diberi logika *high*, maka robot akan belok kiri kedepan. Jika hanya kaki In3 jika diberi logika *high*, maka robot akan belok kanan kedepan. Jika hanya kaki In2 jika diberi logika *high*, maka robot akan belok kiri kebelakang. Jika hanya kaki In4 jika diberi logika *high*, maka robot akan belok kanan kebelakang.

kaki In1 dan kaki In4 jika diberi logika *high*, maka robot akan berputar ke kiri. Jika kaki In2 dan kaki In3 jika diberi logika *high*, maka robot akan berputar ke kanan. Robot dapat bergerak dengan syarat EnA dan EnB diberi logika *high* juga, jika diberi logika *low* maka *driver* motor tidak akan hidup.

Tabel 2.4 Kondisi Gerak Motor dengan Menggunakan *Driver* Motor L298N

Input M1		*Input* M2		*Enable*		Motor 1	Motor 2	Ket
In1	In2	In3	In4	EnA	EnB			
1	0	1	0	1	1	Maju	Maju	Maju
0	1	0	1	1	1	Mundur	Mundur	Mundur
1	0	0	0	1	1	Maju	Diam	Belok kiri depan
0	0	1	0	1	1	Diam	Maju	Belok kanan depan
0	1	0	0	1	1	Mundur	Diam	Belok kiri belakang
0	0	0	1	1	1	Diam	Mundur	Belok kanan belakang
1	0	0	1	1	1	Maju	Mundur	Berputar ke kiri
0	1	1	0	1	1	Mundur	Maju	Berputar ke kanan
1	0	1	0	0	0	Diam	Diam	Diam

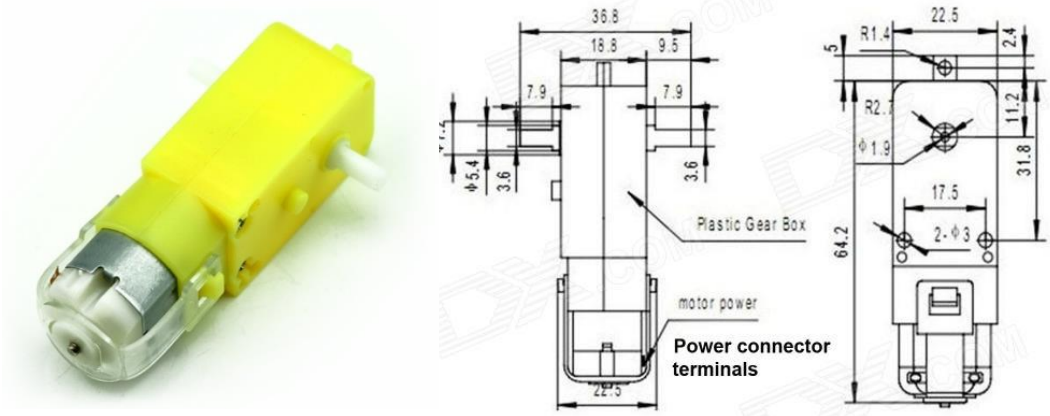
Feature yang dimiliki *driver* motor DC IC L298N sesuai dengan datasheet adalah sebagai berikut :

Tabel 2.5 Data Sheet *Driver* Motor L298

Parameter	Simbol	Nilai
Tegangan *Supply*	V_s	50 V
Tegangan *Supply Logic*	V_{ss}	7 V
Tegangan *Input* & *Enable*	V_i, V_{en}	-0.3 – 7 V
Arus *Output* Puncak (*non-repetitive*, t = 100µs)	Io	3 A
Arus *Output* Puncak (*repetitive* 80%on,-20off,t_{on} = 10ms)	Io	2.5 A
Arus *Output* Puncak (DC *Operation*)	Io	2 A
Tegangan Sensing	V_{sens}	-1 – 2.3 V
Total Disipasi Daya (T_{case} = 75ºC)	P_{tot}	25 W
Suhu Operasi (*Junction*)	T_{op}	-25 – 130ºC
Suhu *Storage* & *Junction*	T_{stg}, T_j	-40 – 150ºC

2.4 Motor DC

Motor DC adalah suatu piranti elektronik yang befungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Pada aplikasi robotika pergerakan atau aktuator robot beroda umumnya menggunakan motor DC yang menggunakan *gear box* dan roda sebagai komponen pendukungnya, karena jenis motor ini lebih mudah untuk dikendalikan. Kecepatan yang dihasilkan oleh motor DC berbanding lurus dengan potensial yang diberikan.
(http://staff.ui.ac.id/system/files/users/chairul.hudaya/material/makalahmotordc.doc).



Gambar 2.14 Motor DC
(http://www.jogjarobotika.com/motor-dc/76-motor-dc-gearbox-gearbox-6v-roda.html, 2017)

Kecepatan motor DC dapat diatur dengan beberapa cara, yaitu dengan mengatur *fluks* medan, dengan mengatur tahanan jangkar, dan dengan mengatur tegangan sumber. Cara yang ketiga ini merupakan pengaturan yang sering digunakan karena penggunaannya yang relatif mudah. Pengaturan tegangan sumber biasanya menggunakan metode PWM (*Pulse Width Modulation*).

2.4.1 Pengaturan Kecepatan Motor DC

Kontrol kecepatan berarti perubahan pada kecepatan motor DC akibat adanya perubahan nilai tegangan. Salah satu fitur penting motor DC adalah kecepatannya dapat dikontrol dengan relatif mudah. Kecepatan motor akan berbanding lurus dengan tegangan yang masuk, jika tegangan masukan naik maka rpm motor DC juga akan naik. Seperti rumus dibawah ini.
(https://www.electrical4u.com/speed-control-of-dc-motor/)

$$N = \frac{V - Ia\,Ra}{k\,\emptyset} \quad \text{.....(1)}$$

Keterangan :

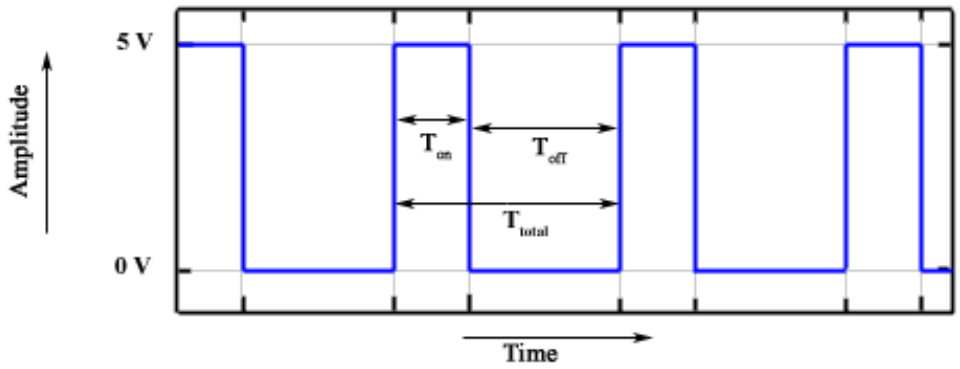
- N = Kecepatan rotasi (rpm)
- V = Tegangan Input (volt)
- I = Arus Jangkar
- R = Resistansi Jangkar
- ∅ = Flux Magnet per kutub

2.4.2 Pengaturan Motor DC Dengan Modulasi Lebar Pulsa (PWM)

Salah satu cara untuk mengatur kecepatan putar Motor DC adalah dengan cara modulasi lebar pulsa (PWM). Modulasi lebar pulsa (PWM) yaitu sebuah cara memanipulasi lebar pulsa dalam satu perioda. Sinyal PWM pada umumnya memiliki amplitude dan frekuensi dasar yang tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar Pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, Sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi (antara 0% hingga 100%).
(https://www.codepolitan.com/tutorial/analog-output-arduino-menggunakan-pwm-pulse-width-modulation#sthash.LeBJt9Na.dpuf)

Duty cycle adalah persentasi panjang pulsa *high* dalam satu periode sinyal. Ketika *duty cycle*-nya 0% atau sinyal *low* penuh, maka nilai tegangan yang dikeluarkan adalah 0V. Ketika *duty cycle*-nya 100% atau sinyal *high* penuh maka tegangan yang dikeluarkan adalaah 5V. Contoh penggunaan PWM pada pengaturan kecepatan motor DC semakin besar nilai *duty cycle* yang diberikan maka akan berpengaruh terhadap cepatnya putaran motor. Apabila nilai *duty cycle*-nya kecil maka motor akan bergerak lambat.

PWM yang dapat dihasilkan oleh arduino memiliki alokasi data 8bit, atau memiliki variasi perubahan nilai parameter mulai dari 0 – 255, perubahan nilai yang mewakili *duty cycle* 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut. Untuk mengatur nilai *duty cycle* pada arduino yaitu menggunakan fungsi analogWrite([nomorPin], [nilai]). Jika mengeset *duty cycle* ke 0%, maka set nilai parameter ke 0, dan untuk *duty cycle* 100%, maka set nilai parameter ke 255. Jadi *duty cycle* ke 50%, berarti nilai parameter yang harus diset adalah 127.



Gambar 2.15 Sinyal PWM dan rumus perhitungannya

Ton adalah waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi tinggi (*high* atau 1) dan Toff adalah waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi rendah (*low* atau 0).

Anggap Ttotal adalah waktu satu siklus atau penjumlahan antara Ton dengan Toff , biasa dikenal dengan istilah “periode satu gelombang”.

$$T_{total} = T_{on} + T_{off} \quad \text{.....(2)}$$

Sinyal PWM adalah periode sinyal dan lebar pulsanya. Lebar pulsa dinyatakan dengan *duty cycle* yang merupakan presentase dari perbandingan pulsa on (*Ton*) dengan Ttotal, sehingga :

$$D = \frac{Ton}{(Ton + Toff)}\ x\ 100\%\ atau\ D = \frac{Ton}{Ttotal}\ x\ 100\% \text{.....(3)}$$

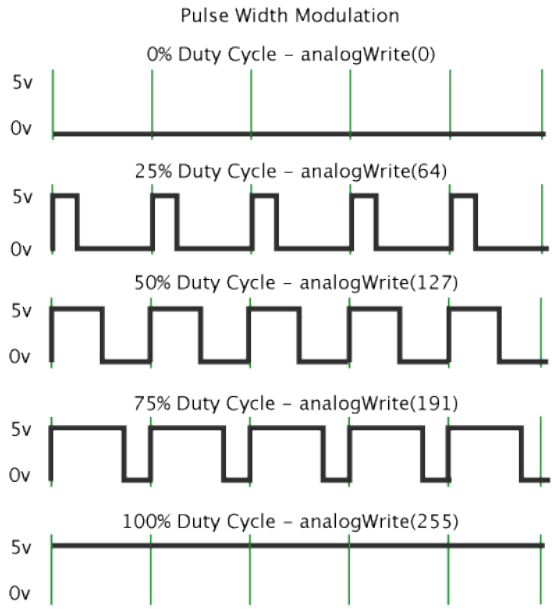
Hubungan antara *duty cycle* dengan PWM yaitu untuk setiap presentase nilai *duty cycle* berbanding lurus dengan nilai PWM. Untuk lebih jelasnya hubungan *duty cycle* dengan PWM dapat dilihat pada rumus berikut :

$$PWM = PWMmax\ x\ Duty\ Cycle \text{.....(4)}$$

Tegangan keluaran dapat bervariasi sesuai dengan *duty cycle* dan dapat dirumusan sebagai berikut,

$$Vout = \text{D x Vin}\ \text{ atau }\ Vout = \frac{Ton}{Ttotal} xVin \text{.....(5)}$$

Dari rumus diatas bahwa tegangan keluaran dapat diubah-ubah secara langsung dengan mengubah nilai *Ton*. Apabila *Ton* adalah 0, *Vout* juga akan 0. Apabila *Ton* adalah Ttotal maka *Vout* adalah *Vin* atau katakanlah nilai maksimumnya.



Gambar 2.16 Grafik PWM
(https://www.codepolitan.com/tutorial/analog-output-arduinomenggunakan-pwm-pulse-width-modulation#sthash.LeBJt9Na.dpuf, 2017)

Tabel 2.6 Linearitas *Duty Cycle*

Nilai Analog Arduino	Nilai *Duty Cycle* (%)	Nilai Tegangan (volt)
0	0	0
64	25	1.25
172	50	2.5
191	75	3.7
255	100	5

2.5 Target

Target adalah suatu objek yang akan dikejar oleh robot *following*. pada gambar 2.16 yaitu bola plastik berwarna kuning dengan diameter 6.4 cm yang dijadikan sebagai objek pendeteksian dari sebuah sensor kamera agar robot *following* dapat bergerak mengikuti target yang telah dideteksi..

Gambar 2.17 Target Deteksi
(https://id.aliexpress.com/w/wholesale-yellow-plastic-ball.html, 2017)

Tabel 2.7 Pembacaan Sensor Kamera Terhadap Lebar Bola

Jarak Target Ke Kamera (cm)	Nilai Lebar Target Yang Bibaca Oleh Sensor Kamera	
	Pixel	cm
20	52	5.2
30	40	4.0
40	32	3.2
50	27	2.7
60	22	2.2