BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital *(digital image processing*) adalah manipulasi dan interprestasi dari citra dengan bantuan komputer. Pengolahan citra biasanya digunakan untuk memperbaiki kualitas citra, melakukan proses penarikan informasi atau deskripsi objek yang terkandung dalam citra, dan melakukan kompresi atau reduksi data.

Berdasarkan dari jenisnya suatu citra dapat diklasifikasikan menjadi 2 jenis yaitu citra kontinu dan citra diskrit (citra digital). Citra kontinu diperoleh dari sistem optik yang menerima sinyal analog, seperti manusia dan kamera analog sedangkan citra diskrit (citra digital) dihasilkan melalui proses digitalisasi terhadap citra kontinu, adapun penjelasan lebih lanjut mengenai kedua jenis citra adalah sebagai berikut.

2.1.1 Citra Kontinu

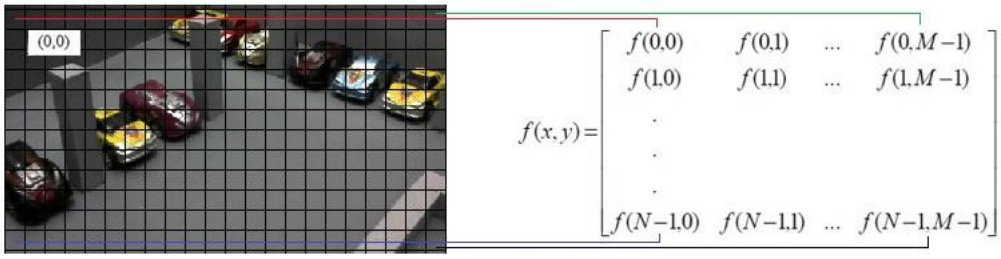
Citra kontinu adalah fungsi intensitas 2 dimensi *f(x,y)*, adapun *x* dan *y* adalah koordinat spasial, dan *f* pada titik *(x,y)* merupakan tingkat kecerahan (*brightness*) suatu citra pada suatu titik.

2.1.2 Citra Diskrit

Citra diskrit atau citra digital merupakan suatu fungsi kontinu dari intensitas cahaya atau derajat keabuan dalam bidang 2 dimensi yang dapat

direpresentasikan dengan *f(x,y)*, dimana *x* dan *y* menyatakan koordinat posisi piksel itu berada, dan nilai *f(x,y)* menunjukan intensitas (derajat keabuan) piksel atau *picture element* pada koordinat tersebut. Piksel itu sendiri merupakan satuan atau elemen terkecil dari citra yang menempati suatu posisi yang menentukan resolusi citra tersebut.

Misalkan f merupakan sebuah citra digital 2 dimensi berukuran *NxM*. Maka representasi *f* dalam sebuah matriks dapat dilihat pada gambar dibawah ini, dimana *f(0,0)* berada pada sudut kiri atas dari matriks tersebut, sedangkan *f(n-1,m-1)* berada pada sudut kanan bawah.



Gambar 2.1 Resolusi Spasial

2.2 Piksel

Piksel adalah unsur gambar atau representasi sebuah titik terkecil dalam sebuah gambar grafis yang dihitung per inci. Piksel sendiri berasal dari akronim bahasa inggris *Picture Element* yang disingkat menjadi *Pixel.* Pada ujung tertinggi skala resolusi, mesin cetak gambar berwarna dapat menghasilkan hasil cetak yang memiliki lebih dari 2.500 titik per inci dengan pilihan 16 juta warna lebih untuk setiap inci, dalam istilah komputer berarti gambar seluas satu inci persegi yang bisa ditampilkan pada tingkat resolusi tersebut sepadan dengan 150 juta bit informasi.

2.2.1 Resolusi

Resolusi adalah jumlah pixel per daerahnya. Resolusi menentukan kualitas dari gambar. Jika suatu gambar diperbesar, maka resolusi gambar akan menjadi kecil dan gambar menjadi tidak tajam. Semakin tinggi resolusi gambar, maka akan semakin tinggi kemampuan perbesarannya.

2.2.2 Intensitas

Pixel yang membentuk suatu gambar memiliki warna-warna tertentu. Jumlah warna yang dimiliki suatu gambar disebut intensitas. Intensitas gambar mempunyai beberapa jenis istilah yaitu 256 warna, high color, 16 juta warna (true color), gradasi abu-abu (grayscale), dan hitam-putih (black&white). Semakin banyak jumlah warna dalam suatu gambar maka akan semakin bagus. Jumlah warna maksimum dari gambar dapat dilihat dari jenis (ekstensi) filenya. File gambar berekstensi .jpg memiliki jumlah warna maksimum 16 juta warna, file gambar berekstensi .gif memiliki jumlah warna maksimum 265 warna.

2.3 Warna pada Citra Digital

Warna adalah spektrum tertentu yang terdapat didalam suatu cahaya sempurna (berwarna putih). Nilai warna ditentukan oleh tingkat kecerahan maupun kesuraman warna. Nilai ini dipengaruhi oleh penambahan putih ataupun hitam. Kombinasi warna yang memberikan rentang paling lebar adalah red (R), green (G), dan blue (B). Ketiga warna tersebut merupakan warna pokok yang biasa disebut RGB. Warna lain dapat diperoleh dengan mencampurkan ketiga warna pokok tersebut dengan perbandingan tertentu. Setiap warna pokok

mempunyai intensitas sendiri dengan nilai maksimum 255 (8-bit). Misal warna kuning merupakan kombinasi dari warna merah dan hijau sehingga nilai RGB: 255 255 0.

2.3.1 Citra Warna (True Color)

Citra warna atau lebih dikenal dengan sebutan citra RGB (*red*, *green*, *blue*). Citra RGB adalah citra yang warna dasar penyusunnya adalah warna merah, hijau, dan biru. Warna selain itu adalah warna hasil perpaduan dari ketiga warna tersebut. Setiap piksel pada citra warna mewakili warna yang merupakan kombinasi tiga warna dasar, yaitu merah, hijau, dan biru (RGB = Red, Green, Blue). Setiap warna dasar menggunakan penyimpanan 8 bit = 1 byte (nilai maksimum 255 warna), jadi satu piksel pada citra warna diwakili oleh 3 byte.

2.3.2 Citra Grayscale (Skala Keabuan)

Citra *grayscale* atau citra skala keabuan mempunyai kemungkinan warna antara hitam (minimal) dan putih (maksimal). Jumlah maksimum warna sesuai dengan bit penyimpanan yang digunakan. Jika pada skala keabuan 4bit, maka jumlah kemungkinan adalah 2^4 = 16 warna, dengan kemungkinan warna 0 (minimal) sampai 15 (maksimal). Banyaknya warna tergantung pada jumlah bit yang disediakan pada memori untuk menampung kebutuhan warna tersebut. Semakin besar jumlah bit warna yang disediakan memori, maka semakin halus gradasi warna yang terbentuk.

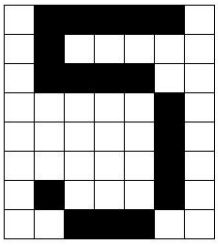
Beberapa teknik yang digunakan untuk mengubah warna citra RGB menjadi warna citra *grayscale* dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut,

$$Gr = \frac{R+G+B}{3} \quad \text{..... (2.1)}$$

Persamaan (2.1) menggunakan nilai rata-rata dari ketiga layer matriks, persamaan (2.1) adalah standar persamaan *grayscale* pada televisi, baik sistem PAL (*Phase Alternation Line*) maupun NTSC (*National Television System Committee*).

2.3.3 Citra Biner (Monokrom)

Citra biner adalah citra yang setiap titik atau pikselnya bernilai 0 atau 1 dengan representasi warna hitam = 0, dan warna putih = 1. Untuk menyimpan kedua warna ini dibutuhkan 1 bit pada memori. Contoh dari susunan piksel pada citra monokrom adalah sebagai berikut :



0	1	1	1	1	1	0
0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0
0	0	1	1	1	0	0

Gambar 2.2 Susunan pixel pada citra monokrom

Ada beberapa keuntungan dari citra biner yaitu :

- Memori yang digunakan menjadi lebih kecil dikarenakan nilai derajat keabuannya hanya membutuhkan representasi satu bit.
- Waktu yang digunakan untuk pengolahan datanya lebih cepat dibandingkan dengan citra grayscale, hal ini dikarenakan banyak operasi pada citra biner yang dilakukan sebagai operasi logika.

2.4 Thresholding

Thresholding adalah suatu metode yang digunakan untuk memisahkan antara obyek dan backgroundnya. Thresholding adalah teknik yang sederhana tapi efektif untuk segmentasi citra. Proses Thresholding sering disebut dengan proses binerisasi. Dalam proses thresholding terhadap sebuah citra, hasil yang diperoleh tidak selalu memuaskan dan sesuai dengan keinginan. Hal ini dikarenakan faktor penghambat seperti pencahayaan yang tidak merata atau citra yang kabur yang menyebabkan histogram tidak bisa dipartisi dengan baik. Citra hasil thresholding biasanya digunakan lebih lanjut untuk proses pengenalan obyek serta ekstraksi fitur. Metode thresholding secara umum dibagi menjadi dua, yaitu :

- Thresholding global :

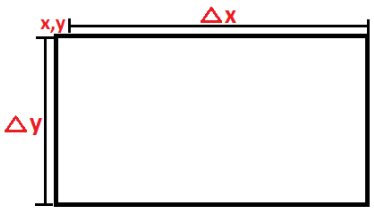
  Thresholding yang dilakukan dengan mempartisi histogram dengan menggunakan sebuah threshold (batas ambang) global T, yang berlaku untuk seluruh bagian pada citra.

- Thresholding adaptif :

  Thresholding yang dilakukan dengan cara membagi citra menggunakan beberapa sub citra. Lalu pada setiap sub citra, segmentasi dilakukan dengan menggunakan threshold yang berbeda.

2.5 Cropping

Cropping adalah proses penghapusan beberapa bagian sudut dari suatu gambar untuk mengambil sebagian isi dari gambar, gunanya untuk memperoleh hasil yang diinginkan.




```
%Frame kamera 1
im1{1}=imcrop(FRAME1,[104 31 5 5]);
im1{2}=imcrop(FRAME1,[87 25 5 5]);
im1{3}=imcrop(FRAME1,[72 20 5 5]);
im1{4}=imcrop(FRAME1,[60 12 5 5]);
im1{5}=imcrop(FRAME1,[50 8 5 5]);
im1{6}=imcrop(FRAME1,[39 5 5 5]);
im1{7}=imcrop(FRAME1,[39 37 5 5]);
im1{8}=imcrop(FRAME1,[23 43 5 5]);
im1{9}=imcrop(FRAME1,[7 68 5 5]);
```

Gambar 2.3a Metode cropping **Gambar 2.3b** Cropping pada MATLAB

Gambar 2.3a adalah metode cropping dan **Gambar 2.3b** adalah cara melakukan cropping pada MATLAB. pada **Gambar 2.3b** 104 adalah *x* dan 31 adalah *y*, maka 5,5 adalah Δ*x* dan Δ*y*.

2.6 Histrogram

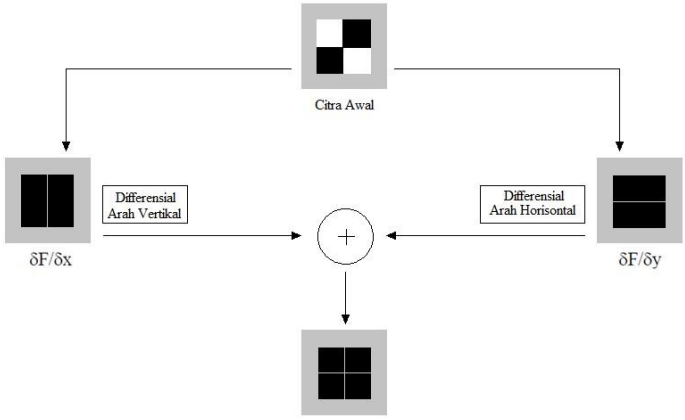
Histogram merupakan suatu bagan yang menampilkan distribusi intensitas dalam indeks atau intensitas warna citra. Matlab menyediakan fungsi khusus untuk pengolahan histogram citra, yaitu imhist(). Fungsi imhist untuk menghitung jumlah piksel-piksel suatu citra untuk setiap jarak warna (0-255). Fungsi imhist ini hanya dirancang untuk menampilkan histogram citra dengan format abu-abu (*grayscale).* Oleh karena itu, agar bisa menampilkan histogram *true color* (RGB) maka perlu memodifikasi fungsi imhist.

2.7 *Edge Detection*

Edge Detection (deteksi tepi) pada suatu citra digital adalah suatu proses yang menghasilkan tepi-tepi dari obyek-obyek citra, tujuannya adalah:

- Untuk menandai bagian yang menjadi detail citra.
- Untuk memperbaiki detail dari citra yang kabur, yang terjadi karena error atau adanya efek dari proses akuisi citra.

Suatu titik (x,y) dikatakan sebagai tepi (*edge)* dari suatu citra bila titik tersebut mempunyai perbedaan yang tinggi dengan tetangganya.



Gambar 2.4 Proses deteksi tepi citra

Tepian dari suatu citra berada pada titik yang memiliki perbedaan intensitas yang lebih tinggi. Berdasarkan prinsip-prinsip filter pada citra, maka tepian suatu citra dapat diperoleh menggunakan High Pass Filter (HPF), yang mempunyai karakteristik,

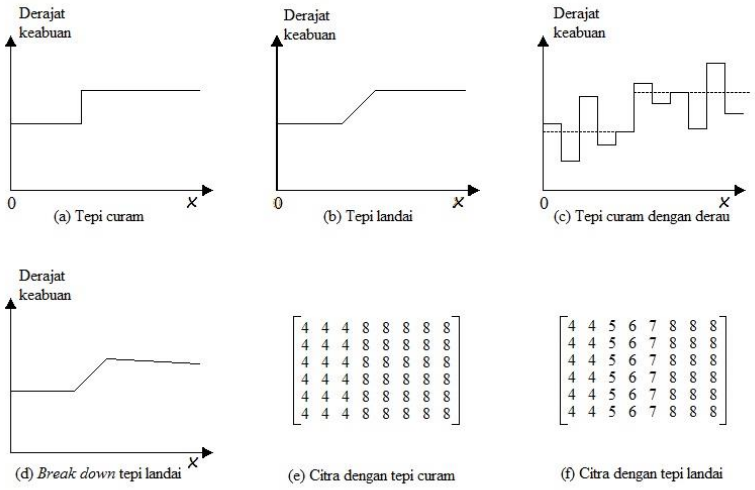
$$\sum_y \sum_x H(x,y) = 0 \quad \text{.....(2.2)}$$

Ada beberapa macam metode yang sering digunakan dalam proses deteksi tepi, diantaranya adalah metode Robert, metode Prewitt, metode Sobel dan metode Canny. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode *Background subtraction.*

Ada tiga macam tepi yang terdapat di dalam citra digital. Ketiganya adalah:

1. Tepi curam Tepi dengan perubahan intensitas yang tajam. Arah tepi berkisar 90°.

2. Tepi landai Disebut juga tepi lebar, yaitu tepi dengan sudut arah yang kecil. Tepi landai dapat dianggap terdiri dari sejumlah tepi-tepi lokal yang lokasinya berdekatan.
3. Tepi yang mengandung derau (*noise*) Umumnya tepi yang terdapat pada aplikasi computer vision mengandung derau. Operasi peningkatan kualitas citra (image enhancement) dapat dilakukan terlebih dahulu sebelum pendeteksian tepi.



Gambar 2.5 Jenis-jenis tepi

2.7.1 Background Subtraction

Background Subtraction atau yang juga dikenal sebagai *Foreground Detection*, adalah salah satu teknik pada bidang pengolahann citra dan *computer vision* yang bertujuan untuk mendeteksi/mengambil *foreground* dari *background* untuk diproses lebih lanjut (seperti pada proses *object recognition* dll). *Background subtraction* merupakan metode yang umumnya digunakan untuk mendeteksi benda bergerak pada video dari kamera statis (*stationary camera).*

Proses deteksi benda bergerak dengan metode *background subtraction* ini didasarkan pada perbedaan antara *background* referensi dengan *frame.*

2.7.2 Tahapan Proses Pendeteksian Tepi

Berikut adalah beberapa tahapan dalam pendeteksian tepi :

1. **Image Acquisittion**

   Akuisisi citra merupakan tahap awal pada pendeteksi tepi, pada tahap ini citra akan diambil/ditangkap menggunakan kamera. Kamera yang umum digunakan pada tahapan ini dapat berupa kamera analog atau digital. Untuk citra yang diambil dengan menggunakan kamera analog perlu dilakukan konversi kedalam bentuk citra digital.

2. **Pra Processing (preprocessing)**

   Pada tahap ini dilakukan proses grayscale terhadap citra yang akan dideteksi tepi citranya.

   - Proses *grayscalling :* adalah proses untuk mengubah gambar yang memiliki warna menjadi gambar yang memiliki tingkat warna ke abu-abuan.
   - Gambar yang akan di-gray-scalling nilai tiap titik akan disamakan dengan nilai red-green-bluenya sehingga untuk setiap titik hanya memiliki 1 nilai saja, yang disebut nilai gray-levelnya
   - Pada dasarnya proses ini dilakukan dengan meratakan nilai pixel dari 3 nilai RGB menjadi 1 nilai

3. **Segmentasi**

   Pada tahap ini citra yang telah diubah menjadi *grayscale* akan dideteksi tepi citranya menggunakan analisis sobel.

4. ***Post Processing***

   Pada tahapan ini akan dihasilkan citra yang berupa citra yang hanya terdiri dari gambar hitam putih yang memiliki tepi citra.

2.8 Unsur-unsur Citra Digital

Terdapat unsur-unsur dasar yang terkandung dalam citra digital, diantaranya adalah sebagai berikut.

2.8.1 Kecerahan (Intensitas Cahaya)

Kecerahan disebut juga sebagai intensitas cahaya. Kecerahan pada suatu titik (piksel) di dalam suatu citra sebenarnya adalah intensitas rata-rata dari suatu area yang melingkupinya.

2.8.2 Kontras

Kontras menyatakan sebaran terang (*lightness*) dan gelap (*darkness*) dalam suatu citra. Citra dengan kontras rendah dicirikan oleh sebagian besar komposisi citranya adalah terang atau sebagian besar gelap. Citra dengan kontras yang baik, komposisi gelap dan terangnya tersebar secara merata.

2.8.3 Kontur

Kontur adalah keadaan yang ditimbulkan oleh perubahan intensitas pada *pixel-pixel* yang bertetangga. Karena adanya perubahan intensitas inilah, maka tepi-tepi (*edge*) objek pada citra dapat dideteksi.

2.8.4 Warna (color)

Warna adalah persepsi yang dirasakan oleh sistem visual manusia terhadap panjang gelombang cahaya yang dipantulkan oleh objek. Setiap warna mempunyai panjang gelombang ( ) yang berbeda-beda. Warna yang diterima oleh sistem visual manusia (mata) merupakan hasil kombinasi cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda-beda. Kombinasi warna yang memberikan rentang warna yang paling lebar adalah *red (R), green(G),* dan *blue(B).*

2.8.5 Bentuk (*shape*)

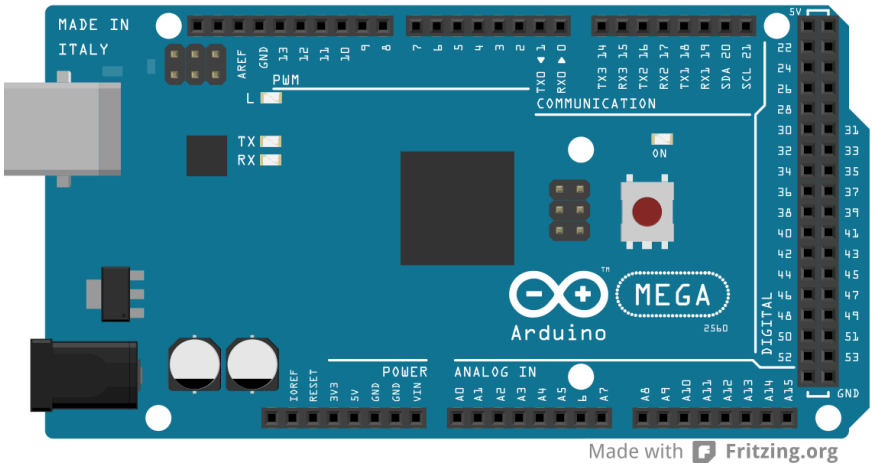
Bentuk adalah properti intrinsik dari objek tiga dimensi. Bentuk merupakan properti intrinsik utama untuk sistem visual manusia karena manusia lebih sering menginterpretasikan suatu objek berdasarkan bentuknya daripada elemen lainnya.

2.8.6 Tekstur

Tekstur dicirikan sebagai distribusi spasial dari derajat keabuan di dalam sekumpulan *pixel-pixel* yang bertetangga. Sehingga, tekstur tidak dapat didefinisikan untuk sebuah *pixel*. Tekstur merupakan karakteristik untuk menganalisa permukaan berbagai jenis citra objek.

2.9 Mikrokontroller Arduino Mega

Arduino Mega 2560 adalah merupakan *board* mikrokontroler berbasis ATMega2560. Modul ini memiliki 54 *digital input/output* di mana 14 digunakan untuk PWM *output* dan 16 digunakan sebagai *analog input*, 4 untuk UART, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *power jack*, ICSP *Header*, dan tombol *reset*. Modul ini memiliki segalanya yang dibutuhkan untuk memrogram mikrokontroler seperti kabel USB dan sumber daya melalui *adaptor* ataupun baterai.



Gambar 2.6 Arduino Mega

Development board Arduino Mega 2560 R3 telah dilengkapi dengan *polyfuse* yang dapat *direset* untuk melindungi *port* USB komputer/laptop anda dari konsleting atau arus berlebih. Meskipun kebanyakan komputer telah memiliki perlindungan *port* tersebut didalamnya namun sikring pelindung pada Arduino Mega memberikan lapisan perlindungan tambahan yang membuat anda bisa dengan tenang menghubungkan Arduino ke komputer anda. Jika lebih dari 500mA ditarik pada *port* USB tersebut, sirkuit proteksi akan secara otomatis memutuskan hubungan, dan akan menyambung kembali ketika batasan aman telah kembali.

Tabel 2.1 Deskripsi Arduino Mega

Mikrokontroller	ATmega2560
Tegangan Kerja	5V
Tegangan Masukan (Rekomendasi)	7-12V
Tegangan Masukan (Batas)	6-20V
I/O	54 pin (14 pin untuk PWM)
Arus Kerja	50mA
Flash Memory	256Kb
Bootloader	SRAM 8Kb
EEPROM	4Kb
Kecepatan Kerja	16MHz

2.9.1 Perangkat I/O

Arduino Mega 2560 memiliki jumlah pin terbanyak dari semua papan pengembangan Arduino. Mega 2560 memiliki 54 buah *digital* pin yang dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, dengan menggunakan fungsi pinMode(), digitalWrite(), dan digital(Read). Pin-pin tersebut bekerja pada tegangan 5V, dan setiap pin dapat menyediakan atau menerima arus sebesar 20mA, dan memiliki tahanan *pull-up* sekitar 20-50k ohm (secara default dalam posisi *disconnect*). Nilai maksimum adalah 40mA, yang sebisa mungkin dihindari untuk menghindari kerusakan *chip* mikrokontroller

Beberapa pin memiliki fungsi khusus yaitu

- **Serial**, memiliki 4 serial yang masing-masing terdiri dari 2 pin. Serial 0 : pin 0 (RX) dan pin 1 (TX). Serial 1 : pin 19 (RX) dan pin 18 (TX). Serial 2 : pin 17 (RX) dan pin 16 (TX). Serial 3 : pin 15 (RX) dan pin 14 (TX). RX digunakan untuk menerima dan TX untuk transmit data serial TTL. Pin 0 dan pin 1 adalah pin yang digunakan oleh chip USB-to-TTL ATmega16U2

- ***External Interrups***, yaitu pin 2 (untuk *interrupt* 0), pin 3 (*interrupt* 1), pin 18 (*interrupt* 5), pin 19 (*interrupt* 4), pin 20 (*interrupt* 3), dan pin 21 (*interrupt* 2). Dengan demikian Arduino Mega 2560 memiliki jumlah *interrupt* yang cukup melimpah : 6 buah. Gunakan fungsi attachInterrupt() untuk mengatur *interrupt* tersebut.
- **PWM**: Pin 2 hingga 13 dan 44 hingga 46, yang menyediakan output PWM 8-bit dengan menggunakan fungsi analogWrite()
- **SPI** : Pin 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), dan 53 (SS) mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan SPI *Library*
- ***LED*** : Pin 13. Pada pin 13 terhubung *built-in led* yang dikendalikan oleh *digital* pin no 13. Set *HIGH* untuk menyalakan led, *LOW* untuk memadamkan nya.
- **TWI** : Pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL) yang mendukung komunikasi TWI dengan menggunakan *Wire Library*

Arduino Mega 2560 R3 memiliki 16 buah *input analog*. Masing-masing pin analog tersebut memiliki resolusi 10 bits (jadi bisa memiliki 1024 nilai). Secara *default*, pin-pin tersebut diukur dari *ground* ke 5V, namun bisa juga menggunakan pin AREF dengan menggunakan fungsi analogReference(). Beberapa in lainnya pada board ini adalah :

- AREF. Sebagai referensi tegangan untuk *input* analog.
- *Reset*. Hubungkan ke *LOW* untuk melakukan *reset* terhadap mikrokontroller. Sama dengan penggunaan tombol *reset* yang tersedia.

2.9.2 Catu Daya

Board Arduino Mega 2560 dapat ditenagai dengan *power* yang diperoleh dari koneksi kabel USB, atau via *power supply* eksternal. Pilihan *power* yang digunakan akan dilakukan secara otomatis

External power supply dapat diperoleh dari adaptor AC-DC atau bahkan baterai, melalui jack DC yang tersedia, atau menghubungkan langsung GND dan pin Vin yang ada di *board*. *Board* dapat beroperasi dengan *power* dari *external power supply* yang memiliki tegangan antara 6V hingga 20V. Namun ada beberapa hal yang harus anda perhatikan dalam rentang tegangan ini. Jika diberi tegangan kurang dari 7V, pin 5V tidak akan memberikan nilai murni 5V, yang mungkin akan membuat rangkaian bekerja dengan tidak sempurna. Jika diberi tegangan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa *over heat* yang pada akhirnya bisa merusak pcb. Dengan demikian, tegangan yang di rekomendasikan adalah 7V hingga 12V

Beberapa pin power pada Arduino Mega :

- **GND**. Ini adalah ground atau negatif.
- **Vin**. Ini adalah pin yang digunakan jika anda ingin memberikan power langsung ke board Arduino dengan rentang tegangan yang disarankan 7V - 12V
- **Pin 5V**. Ini adalah pin output dimana pada pin tersebut mengalir tegangan 5V yang telah melalui regulator
- **3V3**. Ini adalah pin output dimana pada pin tersebut disediakan tegangan 3.3V yang telah melalui regulator

- **IOREF**. Ini adalah pin yang menyediakan referensi tegangan mikrokontroller. Biasanya digunakan pada *board shield* untuk memperoleh tegangan yang sesuai, apakah 5V atau 3.3V

2.9.3 Komunikasi

Arduino Mega R3 memiliki beberapa fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, berkomunikasi dengan Arduino lainnya, atau dengan mikrokontroller lain nya. Chip Atmega2560 menyediakan komunikasi serial UART TTL (5V) yang tersedia di pin 0 (RX) dan pin 1 (TX). Chip ATmega16U2 yang terdapat pada *board* berfungsi menterjemahkan bentuk komunikasi ini melalui USB dan akan tampil sebagai Virtual Port di komputer. *Firmware* 16U2 menggunakan *driver* USB standar sehingga tidak membutuhkan *driver* tambahan.

2.9.4 Komunikasi Data

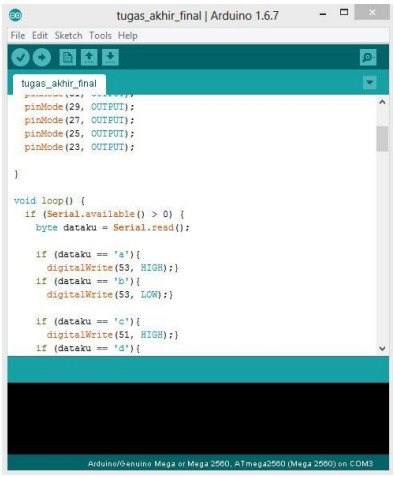
Arduino Mega memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lain. ATmega328P ini menyediakan UART TTL (5V) komunikasi serial, yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Sebuah ATmega16U2 pada saluran *board* ini komunikasi serial melalui USB dan muncul sebagai *com port* virtual untuk perangkat lunak pada komputer. *Firmware* Arduino 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 sederhana yang akan dikirim ke *board* Arduino. RX dan TX LED di *board* akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui *chipUSB-to-serial* dan koneksi USB ke komputer.

ATmega328P ini juga mendukung komunikasi I2C (TWI) dan SPI. Fungsi ini digunakan untuk melakukan komunikasi *interface* pada sistem.

2.9.5 *Programming*

Bahasa pemograman pada mikrokontrollernya memiliki bahasa sendiri yaitu bahasa Arduino, dimana bahasa Arduino ini adalah *single board microntroller* (mikrokontroler dalam satu papan rangkaian) yang bersifat *open source,* merupakan turunan dari *Platform Wiring* dan dirancang agar pembuatan proyek mikrokontroler menjadi lebih mudah dilakukan oleh semua kalangan. Sistem Arduino adalah berupa *hardware* menggunakan *chip* Atmel AVR, *software* yang berupa bahasa pemrograman standar C, serta *bootloader* yang dipasang pada *chip* utama.

Arduino Mega dapat diprogram dengan perangkat lunak Arduino, pertama pilih Arduino *Mega* dari *Tool* lalu sesuaikan dengan mikrokontroler yang digunakan. ATmega2560 pada Mega Arduino memiliki *bootloader* yang memungkinkan Anda untuk meng-*upload* program baru tanpa menggunakan *downloader* eksternal. Komunikasi menggunakan protokol dari bahas C. Sistem dapat menggunakan perangkat lunak FLIP Atmel (*Windows*) atau *programmer* DFU (*Mac OS X* dan *Linux*) untuk memuat *firmware* baru. Atau Anda dapat menggunakan *header* ISP dengan *programmer* eksternal.



Gambar 2.7 Contoh program Arduino Mega