

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Menurut penelitian Yogi Adi Nugraha yang berjudul Implementasi Sistem Otomatis pada Robot Kapal Berbasis Komputer *Vision* Untuk Kontes Kapal Cepat Tak Berawak Nasional. Kapal yang akan dirancang ini difungsikan berbeda, yaitu merancang sistem kapal yang bersifat otomatis yang bertujuan agar kapal dapat melewati rintangan bola warna, sebagai navigasi sistem kapal dilengkapi sensor kompas sebagai nilai referensi untuk masukan pengontrol proportional dan derivatif (PD). Pengontrol PD tersebut difungsikan untuk menstabilkan posisi kapal ketika lintasan lurus. Untuk mendeteksi bola warna, terpasang perangkat kamera yang terhubung dengan *software LabVIEW 2012* sebagai navigasi ketika kapal akan belok. (Yogi Adi Nugraha, 2014)

Menurut penelitian Anggitrizaka Tatag Anastya yang berjudul desain implementasi sistem navigasi *roboboat autonomous* berbasis pengolahan citra HSV filter. *Roboboat autonomous* merupakan salah satu perkembangan teknologi robot otonom yang dapat diimplementasikan di atas permukaan air atau bisa disebut robot kapal tanpa awak. Sistem navigasi merupakan salah satu faktor terpenting dalam pembuatan *roboboat autonomous*, yaitu untuk mengatur arah gerak kapal agar melewati jalur sampai ke arah tujuan. Raspberry Pi sebagai sistem kontrol dan navigasi, *Library OpenCV* pada raspberry pi digunakan untuk *Image Processing* dalam mendeteksi jalur kapal menggunakan metode *HSV Filter*. Metode ini akan melakukan pendeteksian jalur kapal berdasarkan warna dasar, kekuatan warna dan tingkat kecerahan warna terhadap jalur yang akan dideteksi, sehingga hasil pendeteksian jalur akan lebih akurat. Hasil pengujian sistem navigasi memiliki nilai akurasi sebesar 92.5%. (Anggitrizaka Tatag Anastya, 2016)

Menurut penelitian Rama Okta Wiyagi yang berjudul identifikasi titik api lilin berbasis nilai HSV, *Threshold* dan moment citra untuk aplikasi robot pemadam api. Robot pemadam kebakaran adalah robot yang berfungsi untuk menemukan dan memadamkan nyala lilin di arena ruang. Untuk bisa melaksanakan tugasnya maka robot ini dilengkapi dengan sensor, kontrol dan *drives*. *Phototransistor*, *thermopile arrays*, atau UVTron adalah sensor yang biasa digunakan pada robot pemadam kebakaran. Sensor ini memiliki beberapa kekurangan. *Phototransistor* memiliki pembacaan jarak yang relatif dekat. Sedangkan *thermopile array* TPA81 memiliki bidang pembacaan yang sempit hanya $41^\circ \times 6^\circ$ dari sensor. UVtron hanya terbatas untuk menentukan apakah ada titik api dan tidak dapat menentukan posisi absolut atau sudut titik api, dan rentan terhadap kerusakan jika wadah tersentuh oleh tangan. Sebagai masukan, identifikasi sistem ini menggunakan *Webcam* jenis kamera. *Webcam* yang berjalan di komputer *single-board Raspberry Pi*. Informasi gambar diubah menjadi ruang warna HSV (*Hue, Saturation, Value*) dan proses ambang batas yang diterapkan. *Thresholding* HSV dilakukan pada rentang nilai yang terdapat pada objek titik api lilin. Untuk mendapatkan posisi absolut nyala lilin dengan menggunakan analisis momen. Sistem identifikasi dapat mengidentifikasi titik api lilin dengan jarak terjauh 225cm. (Rama Okta Wiyagi, 2014)

Menurut penelitian Anna Nur Nazilah Chamim yang berjudul klarifikasi wajah kambing Peranakan ettawa (PE) jantan berbasis *perceptron*. Dalam penelitian ini, wajah kambing jantan dikelompokkan menjadi Kelas kualitas bagus, kurang bagus, dan tidak bagus pada data seperti foto / gambar Di pasaran, klasifikasi dilakukan dengan pengamatan visual. Sistem klasifikasi ini menggunakan Metode *Perceptron*, ini merupakan metode pelatihan terbimbing yaitu metode pelatihan yang memasukkan target keluaran dalam data untuk proses pelatihannya.yaitu panjang telinga, nilai hitam dan coklat pada wajah. Gambar digunakan sebagai gambar pelatihan sebanyak 9 gambar, dan gambar uji adalah 20 Gambar, Sistem ini bisa mengklasifikasikan bulu kambing PE dengan tingkat keberhasilan 95% dan 1 kesalahan dari 20 gambar pengujian. Terjadi kesalahan karena latar belakangnya terdeteksi hitam dan pengambilan gambar yang tidak tepat. (Anna Nur Nazilah Chamim, 2014)

2.2 Dasar Teori

2.2.1 *Unmanned Surface Vehicle (USV)*

Unmanned Surface Vehicle (USV) adalah kapal cepat tanpa awak yang memiliki potensi untuk bernavigasi, melaju dipermukaan air secara cepat, dan bermanuver. Seiring dengan perkembangan teknologi saat ini, USV banyak digunakan untuk hobi wahana *remote control boat*, pengambilan data foto/video, bahkan pengawasan area kelautan. USV tidak seperti halnya kapal penumpang ataupun *speed boat* melainkan memiliki dimensi berukuran 1,5m x 1m . Menggunakan 1-2 motor dengan terpasang baling-baling (*Propeller*) pada bagian belakang kapal, dengan menggunakan propulsi udara sehingga akan menghasilkan tekanan ke arah belakang yang menyebabkan gaya dorong pada kapal.

Baling-baling (*Propeller*) akan mendorong kapal maju apabila putaran motor searah jarum jam (*Clock wise*) dan kapal akan berjalan mundur apabila putaran motor dirubah arah putarnya menjadi berlawanan arah jarum jam (*Counter Clock Wise*). Baling-baling (*Propeller*) yang digerakkan oleh motor listrik arus searah (kapal – kapal konvensional) dimana arah putaran motor listrik dirubah dengan merubah medan shantnya. Motor listrik yang dipakai biasanya *Compound Shunt* panjang atau *Compound shunt* pendek. (bp3ipjakarta, 2010)

2.2.2 *Morphological Image Processing*

Pengolahan citra adalah suatu metode atau teknik yang dapat digunakan untuk memproses citra atau gambar dengan metode memanipulasi data gambar yang diinginkan untuk mendapatkan informasi tertentu. (Elly Warni, 2009)

HSV (*Hue, Saturation, Value*) dalam model warna RGB (*Red, Green, Blue*) tidak hanya mewakili warna tetapi juga intensitas cahaya. Model warna HSV transformasi *non-linear* dari ruang lingkup warna RGB berorientasi pada pengguna dan didasarkan pada pengertian *tint, shade* dan *tone*. Ini memiliki nilai-nilai independen untuk *Hue, Saturation, dan Value*, masing-masing sesuai untuk panjang gelombang, eksitasi, dan kecerahan. (Anggitrizaka Tatag Anastya, 2016)

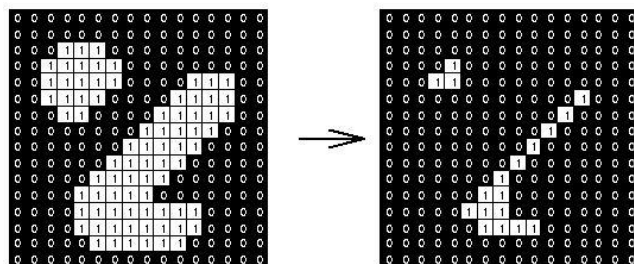


Gambar 2.1 Hasil citra dari filter Euclidean *Color Filtering*
 (Sumber: <http://www.aforgenet.com/framework/docs/html/67fa83b5-dede-8d3a-8d3b-b7a6b9859538.htm>)

Setelah warna difilter oleh HSV maka untuk menghasilkan gambar yang lebih baik maka digunakan *Erosion* dan *Dilatation*. Proses *erosion* merupakan proses menghilangkan *pixel* dalam lingkup objek *image* dengan cara meletakkan pusat penataan elemen satu demi satu dalam *pixel foreground* (nilai 1). Bila terdapat *pixel neighbourhood* bernilai *pixel background* (nilai 0), maka nilai *foreground* tersebut di rubah ke *background*. (Muhammad Kusban, 2011)

Notasi untuk erosi dinyatakan sebagai berikut.

$$g(x, y) = f(x, y) \ominus SE$$

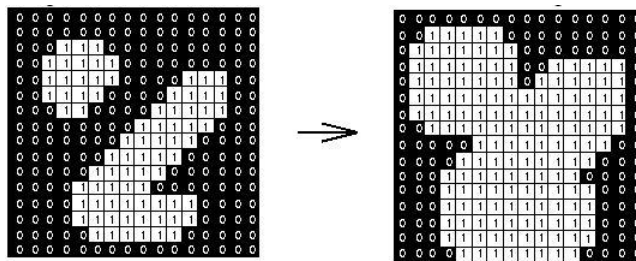


Gambar 2.2 hasil dari proses *erosion*
 (Sumber: <https://www.cs.auckland.ac.nz/courses/compsci773s1c/lectures/ImageProcessing-html/topic4.htm>)

Dilatation, Proses ini dalam morfologi *image* identik dengan menambahkan *pixels* dalam lingkup *image* asal, dengan cara menempatkan satu demi satu pusat penataan elemen untuk masing-masing *pixel background*. Bila sembarang *pixel neighbourhood* bernilai *pixel foreground* (nilai 1) maka *pixel background* dirubah ke *foreground*. (Muhammad Kusban, 2011)

Notasi untuk dilation dinyatakan sebagai berikut.

$$g(x, y) = f(x, y) \oplus SE$$



Gambar 2.3 hasil dari proses *dilatation*

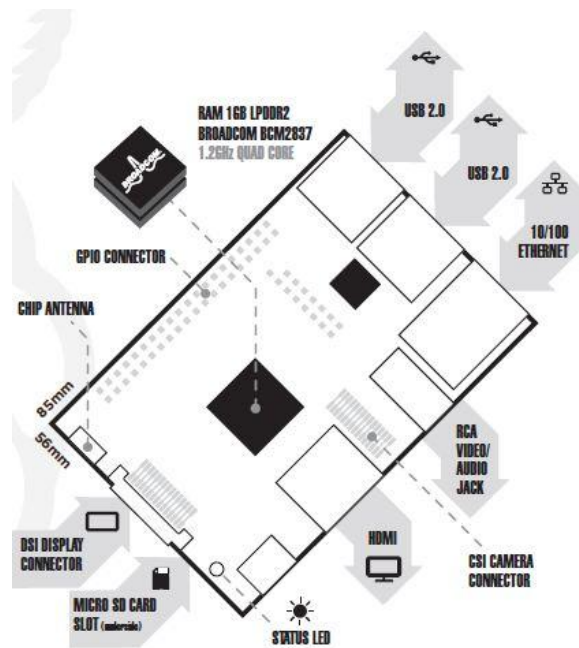
(Sumber: <https://www.cs.auckland.ac.nz/courses/compsci773s1c/lectures/ImageProcessing-html/topic4.htm>)

Saat *image* asal ditutupi dengan blok penataan elemen satu demi satu, nilai *pixel* hanya akan bernilai tetap saat pusat penataan elemen tepat nilainya (dalam hal ini nilai silang 1) dengan nilai selain pusat menjadi nol. Sedangkan dalam proses *dilation*, *pixel* asal memiliki nilai sama dengan blok penataan elemen maka nilai *pixel neighborhood*-nya berubah menjadi seperti blok penataan elemen. (Muhammad Kusban, 2011)

Dengan proses *erosion* berakibat penyusutan ukuran obyek *image* sehingga dapat digunakan untuk memisahkan objek yang saling gandeng satu sama lain. Sedangkan *dilation* akan menaikkan ukurannya sehingga dapat menebalkan objek *image* dan menyambung object yang terputus ataupun meratakan tepi objek yang rusak.

2.2.3 Raspberry Pi 3

Raspberry Pi merupakan komputer mungil seukuran dengan sebuah kartu kredit dengan berbagai fungsi yang dapat dilakukannya. Raspberry Pi menggunakan sistem operasi Raspbian. Raspberry memiliki prosesor yang memiliki spesifikasi 700MHz ARM11. Ada 2 tipe dari Raspberry Pi yakni tipe A dan B. Pada Tipe B RAM yang dimiliki adalah sebesar 512 MB. Raspberry Pi menggunakan *micro SD Card* sebagai media penyimpanannya. Selain itu Raspberry juga dilengkapi 2 buah port USB untuk tipe B, konektor HDMI, lalu untuk tipe B, Raspberry Pi dilengkapi dengan port *ethernet*. Pada Raspberry Pi tidak disediakan *switch power*. Port *micro USB* pada Raspberry Pi digunakan sebagai *power supply*, penggunaan *micro USB* di karenakan murah dan mudah di dapatkan. Raspberry Pi membutuhkan *supply* sebesar 5V dengan arus minimal 700mA untuk tipe B dan 500mA untuk tipe A. (Desmira, 2016)



Gambar 2.4 Dimensi Raspberry PI 3
(Sumber: www.rs-components.com/raspberrypi)

Raspberry PI 3 model B memberikan kekuatan lebih pada prosesor dan 10x lebih cepat dibanding Raspberry pada generasi pertama, serta penambahan *hardware* yang berupa konektifitas nirkabel LAN & *Bluetooth* menjadikannya solusi yang ideal dan didesain untuk terhubung secara kuat.



Gambar 2.5 Raspberry PI 3 Model B

Tabel 2.1 Spesifikasi Raspberry Pi 3 Model B

Prosesor	Broadcom BCM2387 chipset. 1.2GHz <i>Quad-Core</i> ARM Cortex-A53 802.11 b/g/n <i>Wireless LAN and Bluetooth</i> 4.1(<i>Bluetooth Clasic and LE</i>)
GPU	<i>Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor.</i> Menyediakan OpenGL ES 2.0, akselerasi perangkat keras OpenVG, dan 1080p30 H.264 <i>high-profile</i> <i>decode.</i> kemampuan 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs dengan tekstur filter dan infrastruktur DMA
Memori	1GB LPDDR2
Sistem Operasi	<i>Boots</i> dari kartu <i>Micro SD</i> , menjalankan versi dari sistem operasi Linux atau Windows 10 IOT

Lanjutan **Tabel 2.1** Spesifikasi Raspberry Pi 3 Model B

Dimensi	85 x 56 x 17mm
Sumber Daya	<i>Socket Micro USB 5V1, 2,5A</i>

Tabel 2.2 Konektor Raspberry Pi 3 Model B

Konektor	10/100 <i>Base T Ethernet socket</i>
Video Output	HDMI (rev 1.3 & 1.4) <i>Composite RCA (PAL and NTSC)</i>
Audio Output	<i>Audio Output 3.5mm jack, HDMI</i> USB 4 x USB 2.0 <i>Connector</i>
Konektor GPIO	40-pin 2.54 mm (100 mil) <i>expansion header : 2x20 strip</i> <i>Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines</i>
Konektor Kamera	15-pin MIPI <i>Camera Serial Interface (CSI-2)</i>
Konektor Display	<i>Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane</i>
Slot Kartu Memori	<i>Push/pull Micro SDIO</i>

a) Radio Nirkabel

Bagian ini memiliki ukuran sangat kecil, hanya dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop atau kaca pembesar, chip Broadcom BCM43438 menyediakan LAN nirkabel standar 2,4GHz 802.11n, Bluetooth rendah daya, dan dukungan Bluetooth 4.1 klasik. Dengan baiknya dibenamkan dalam board Raspi untuk tetap menjaga biaya seminim mungkin, dibanding menggunakan modul-modul umum yang harus dibeli terpisah dan harganya cukup mahal, fitur dari komponen ini yang tidak digunakan hanyalah bagian penerima radio FM.

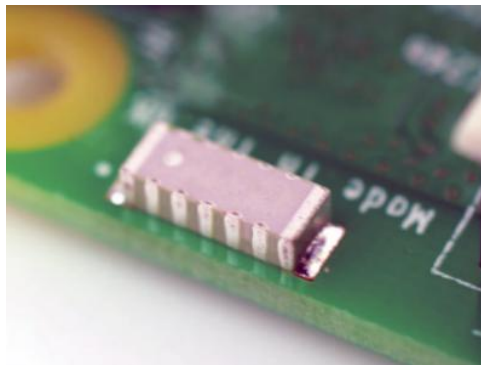


Gambar 2.6 Broadcom Chip

(Sumber: <https://tutorkeren.com/artikel/raspberry-pi-3-telah-dirilis-berikut-spesifikasi-uji-performa-lainnya.htm>)

b) Antena Radio / Wi-Fi

Raspberry PI 3 tidak perlu menggunakan antena eksternal, Chip radionya sudah terhubung dengan chip antenna ini yang ditanam langsung ke *board*, untuk menjaga ukurannya tetap ramping dan minimum. Meskipun bentuknya kurang meyakinkan, tetapi antenna ini seharusnya sudah lebih dari cukup untuk dapat menangkap sinyal Wi-Fi dan Bluetooth.



Gambar 2.7 Antena Radio / Wi-Fi

(Sumber: <https://tutorkeren.com/artikel/raspberry-pi-3-telah-dirilis-berikut-spesifikasi-uji-performa-lainnya.htm>)

c) SoC (*System on Chip*)

Dibuat khusus untuk Raspberry PI 3 yang baru, *system-on-chip* (Soc) dari Broadcom BCM2837 yang memiliki prosesor berperforma tinggi ARM Cortex-A53 dan memiliki empat *core* berkecepatan 1.2GHz dengan *cache memory Level 1* sebesar 32kB dan *Level 2* 512kB, sebuah prosesor grafis *VideoCore IV*, dan terhubung dengan modul memory 1GB LPDDR2 pada bagian belakang board.



Gambar 2.8 Chip Broadcom BCM2837

(**Sumber:** <https://tutorkeren.com/artikel/raspberry-pi-3-telah-dirilis-berikut-spesifikasi-uji-performa-lainnya.htm>)

d) GPIO

Raspberry Pi 3 menggunakan pin *header general-purpose-input-output* (GPIO) yang sama dengan versi sebelumnya yaitu Model B+ dan Model A+. Perangkat-perangkat sebelumnya yang menggunakan GPIO pada versi ini akan tetap dapat digunakan tanpa modifikasi apapun; perubahan yang ada pada versi ini hanyalah *switch* untuk UART yang terekspos pada pin GPIO, tapi penanganannya sekarang secara *internal* oleh sistem operasi.

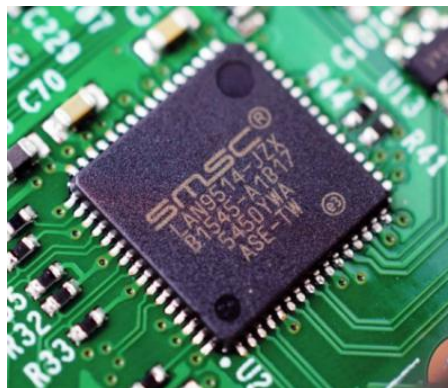


Gambar 2.9 PIN GPIO

(Sumber: <https://tutorkeren.com/artikel/raspberry-pi-3-telah-dirilis-berikut-spesifikasi-uji-performa-lainnya.htm>)

e) Chip USB

Raspberry Pi 3 menggunakan chip SMSC LAN9514 yang sama dengan versi sebelumnya, Raspberry Pi 2, mendukung konektivitas *Ethernet* dan USB empat *channel* pada *board*. Seperti sebelumnya, chip SMSC terhubung ke SoC melalui satu channel USB, beroperasi sebagai adaptor USB ke *Ethernet* dan USB *hub*.



Gambar 2.10 Chip SMSC LAN9514

(Sumber: <https://tutorkeren.com/artikel/raspberry-pi-3-telah-dirilis-berikut-spesifikasi-uji-performa-lainnya.htm>)

2.2.4 Raspberry Pi Camera

Raspberry Pi camera adalah modul kamera yang digunakan oleh Raspberry Pi 3 atau Raspberry keluaran pertama yang menggunakan koneksi CSI-2 (*Camera Serial Interface*) yaitu merupakan standart yang digunakan pada kebanyakan ponsel. Dari peluncuran pertamanya Raspberry Pi telah memiliki konektor untuk melampirkan kamera sebagai GPU (*Graphics Processing Unit*) di Raspberry Pi Camera.



Gambar 2.11 Raspberry Pi Camera

Koneksi ini adalah koneksi yang sangat cepat yang ada pada Raspberry. Sensor itu sendiri memiliki resolusi sesungguhnya sebesar *5 megapixel*, Raspberry Pi camera mampu mengirimkan 1080p gambar berukuran (1920 x 1080 x 10 bpp) pada *30 frame* per detik atau resolusi yang lebih rendah pada *frame rate* yang lebih tinggi. itu selalu disisipkan pada beberapa *point* untuk merilis modul kamera yang dapat menggunakan koneksi ini, seperti kemampuan untuk mengalirkan data video berkecepatan tinggi melalui GPU tanpa interaksi dengan prosesor ARM, dan akan selalu membuat kamera efisien dari pada USB *webcam*. (James Hughes, 2013)

PCB itu sendiri berukuran kecil, sekitar 36 mm x 36 mm. sorotan utama modul ini bahwa lensa dapat diganti dibandingkan dengan yang lainnya, sehingga sangat cocok untuk aplikasi *mobile* atau lainnya. Dimana ukuran dan kualitas gambar yang penting. Raspberry dihubungkan dengan menggunakan kabel pita pendek. Kamera terhubung ke prosesor BCM2835 / BCM2836 pada Raspberry Pi

dengan menggunakan konektor CSI (*Camera Serial Interface*) , sebuah *link bandwidth* yang lebih tinggi yang membawa data *pixel* dari kamera kembali ke prosesor.

Tabel 2.3 Spesifikasi Perangkat Keras

	Modul Kamera V2
Ukuran	25 × 24 × 9 mm
Berat	3g
Resolusi Tetap	8 <i>Megapixels</i>
Mode Video	1080p30, 720p60 and 640 × 480p60/90
Linux Integrasi	V4L2 <i>driver available</i>
Programing C API	OpenMAX IL <i>and others available</i>
Sensor	Sony IMX219
Resolusi Sensor	3280 × 2464 <i>pixels</i>
Sensor Area Citra	3.68 x 2.76 mm (4.6 mm diagonal)
Ukuran <i>Pixel</i>	1.12 μm x 1.12 μm
Ukuran <i>Optical</i>	1/4"
<i>Focal length</i>	3.04 mm
<i>Horizontal field of view</i>	62.2 <i>degrees</i>
<i>Vertical field of view</i>	48.8 <i>degrees</i>
<i>Focal ratio (F-Stop)</i>	2.0

Tabel 2.4 Fitur Perangkat Keras

Koreksi Sudut <i>Chief ray</i>	Ya
<i>Global and rolling shutter</i>	<i>Rolling shutter</i>
<i>Automatic exposure control (AEC)</i>	Tidak – Sebagai gantinya dilakukan oleh ISP
<i>Automatic white balance (AWB)</i>	Tidak – Sebagai gantinya dilakukan oleh ISP

Lanjutan **Tabel 2.4** Fitur Perangkat Keras

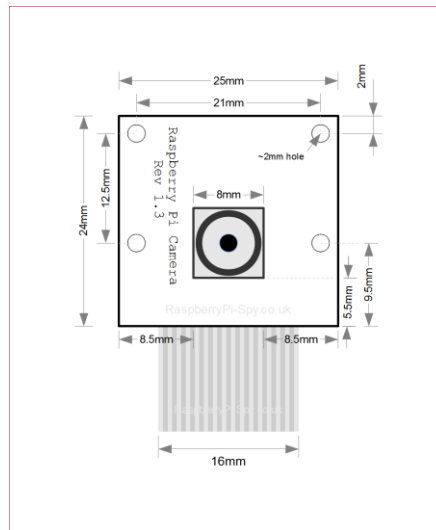
<i>Automatic black level calibration</i> (ABLC)	Tidak – Sebagai gantinya dilakukan oleh ISP
<i>Automatic 50/60 Hz luminance detection</i>	Tidak – Sebagai gantinya dilakukan oleh ISP
<i>Frame rate</i> sampai dengan 120 fps	Max 90fps. Keterbatasan pada ukuran frame untuk frame rate yang lebih tinggi (VGA hanya untuk diatas 47fps)
AEC/AGC16-zone ukuran/posisi/ <i>weight control</i>	Tidak – Sebagai gantinya dilakukan oleh ISP
<i>Mirror</i> dan <i>flip</i>	Ya
<i>Cropping</i>	Tidak – Sebagai gantinya dilakukan oleh ISP
Koreksi lensa	Tidak – Sebagai gantinya dilakukan oleh ISP
Pembatal kecacatan pixel	Tidak – Sebagai gantinya dilakukan oleh ISP
10-bit RAW RGB data	Ya - konversi format yang tersedia melalui GPU
Dukungan untuk mode LED dan <i>flash strobe</i>	LED <i>flash</i>
Dukungan untuk sinkronisasi <i>frame</i> internal dan eksternal pada mode <i>frame exposure</i>	Tidak
Dukungan untuk 2×2 <i>Binning</i> untuk SNR yang lebih baik dalam kondisi cahaya rendah	<i>Output</i> apapun dibawah 1296 x 976 akan menggunakan 2×2 <i>binned mode</i>
Dukungan untuk horisontal dan vertikal <i>sub-sampling</i>	Ya, melalui <i>binning</i> dan <i>skipping</i>
On-chip <i>phase lock loop</i> (PLL)	Ya

Lanjutan **Tabel 2.4** Fitur Perangkat Keras

Standart Serial Antarmuka SCCB	Ya
<i>Digital video port (DVP) parallel output interface</i>	Tidak
MIPI interface (dua jalur)	Ya
<i>32 bytes of embedded one-time programmable (OTP) memory</i>	Tidak
<i>Embedded 1.5V regulator for core power</i>	Ya

Tabel 2.5 Fitur Perangkat Lunak

Format Gambar	JPEG (Terakselerasi), JPEG + RAW, GIF, BMP, PNG, YUV420, RGB888
Video Format	raw h.264 (Terakselerasi)
Efek	<i>negative, solarise, posterize, whiteboard, blackboard, sketch, denoise, emboss, oilpaint, hatch, gpen, pastel, watercolour, film, blur, saturation</i>
Mode Eksposur	<i>auto, night, nightpreview, backlight, spotlight, sports, snow, beach, verylong, fixedfps, antishake, fireworks</i>
Mode Pengukuran	<i>average, spot, backlit, matrix</i>
Mode <i>Automatic white balance</i>	<i>off, auto, sun, cloud, shade, tungsten, fluorescent, incandescent, flash, horizon</i>
Pemicu	Tombol tekan, sinyal UNIX, batas waktu
Mode Tambahan	<i>demo, burst/timelapse, circular buffer, video with motion vectors, segmented video, live preview on 3D models</i>



Gambar 2.12 Gambar Dimensi Mekanikal Raspberry Pi Camera V2
 (Sumber: <http://www.raspberrypi-spy.co.uk/2013/05/pi-camera-module-mechanical-dimensions/>)

2.2.5 OpenCV

OpenCV (*Open Computer Vision*) adalah sebuah API (*Application Programming Interface*) pustaka yang sudah sangat familiar pada Pengolahan Citra *Computer Vision*. *Computer Vision* itu sendiri adalah salah satu cabang dari Bidang Ilmu Pengolahan Citra (*Image Processing*) yang memungkinkan komputer dapat melihat seperti manusia. Dengan vision tersebut komputer dapat mengambil keputusan, melakukan aksi, dan mengenali terhadap suatu objek. Beberapa pengimplementasian dari *Computer Vision* adalah *Face Recognition*, *Face Detection*, *Face/Object Tracking*, *Road Tracking*, dll.

OpenCV adalah pustaka *Open Source Computer Vision* untuk C, C++, Python. OpenCV didesain untuk aplikasi *real-time*, memiliki fungsi-fungsi akuisisi yang baik untuk *image/video*. (Ozi Priawadi, 2012)



Gambar 2.13 Logo OpenCV
(Sumber: <http://www.priawadi.com/2012/09/opencv.html>)

OpenCV sendiri terdiri dari 5 library, yaitu :

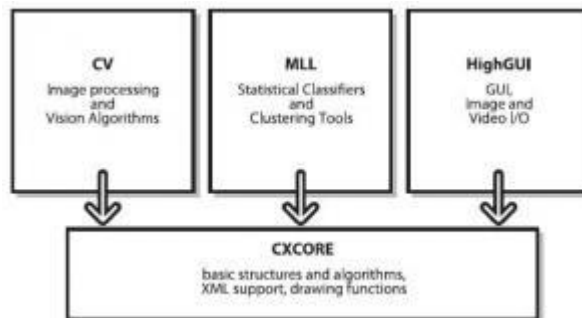
CV : untuk algoritma *Image processing* dan *Vision*.

ML : untuk *machine learning library*

Highgui : untuk GUI, *Image* dan Video I/O.

CXCORE : untuk struktur data, *support XML* dan fungsi-fungsi grafis.

Struktur dan Konten OpenCV :



Gambar 2.14 Struktur OpenCv
(Sumber: <http://www.priawadi.com/2012/09/opencv.html>)

2.2.6 Mikrokontroler

2.2.6.1 Arduino Uno

Arduino Uno adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega328. Uno memiliki 14 pin digital *input / output* (dimana 6 dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, *jack* listrik, *header* ICSP, dan tombol reset. Uno dibangun berdasarkan apa yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, sumber daya bisa menggunakan *power* USB (jika terhubung ke komputer dengan kabel USB) dan juga dengan adaptor atau baterai. (Uswatun Hasanah, 2016)



Gambar 2.15 Arduino Uno

Tabel 2.6 Tabel Spesifikasi Arduino Uno

Mikrokontroler	ATmega328
Operasi tegangan	5Volt
Input tegangan	disarankan 7-11Volt
Input tegangan batas	6-20Volt
Pin I/O digital	14 (6 bisa untuk PWM)
Pin Analog	6
Arus DC tiap pin I/O	50Ma
Arus DC ketika 3.3V	50Ma
Memori flash	32 KB (ATmega328) dan 0,5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Kecepatan clock	16 MHz

a) Sumber Daya / *Power*

Arduino Uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Untuk sumber daya eksternal (non-USB) dapat berasal baik dari adaptor AC-DC atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan memasukkan 2.1mm *jack* DC ke colokan listrik *board*. Baterai dapat dimasukkan pada pin *header* Gnd dan Vin dari konektor daya.

Board dapat beroperasi pada pasukan eksternal dari 6 sampai 20 volt. Jika menggunakan tegangan kurang dari 6 volt mungkin tidak akan stabil. Jika menggunakan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan merusak papan. Rentang yang dianjurkan adalah 7 sampai 12 volt.

Pin listrik yang tersedia adalah sebagai berikut:

- Vin input tegangan ke board Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal.
- 5V. Pin ini merupakan *output* 5V yang telah diatur oleh regulator papan Arduino. *Board* dapat diaktifkan dengan daya, baik dari colokan listrik DC (7 - 12V), konektor USB (5V), atau pin VIN board (7-12V). Jika memasukan tegangan melalui pin 5V atau 3.3V secara langsung (tanpa melewati regulator) dapat merusak papan Arduino.
- Tegangan pada pin 3V3. 3.3Volt dihasilkan oleh regulator *on-board*. Menyediakan arus maksimum 50 mA.
- GND. Pin *Ground*.
- OREF. Pin ini di papan Arduino memberikan tegangan referensi ketika mikrokontroler beroperasi. Sebuah *shield* yang dikonfigurasi dengan benar dapat membaca pin tegangan IOREF sehingga dapat memilih sumber daya yang tepat agar dapat bekerja dengan 5V atau 3.3V.

b) Memori

ATmega328 memiliki 32 KB (dengan 0,5 KB digunakan untuk *bootloader*). ATmega328 juga memiliki 2 KB dari SRAM dan 1 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan / *library* EEPROM).

c) *Input dan Output*

Masing-masing dari 14 pin digital Uno dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. Mereka beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki resistor *pull-up* internal (terputus secara default) dari 20-50 kOhms. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi spesial:

- Serial: pin 0 (RX) dan 1 (TX) Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data serial TTL. Pin ini terhubung dengan pin ATmega8U2 USB-to-Serial TTL.
- Eksternal Interupsi: Pin 2 dan 3 dapat dikonfigurasi untuk memicu *interrupt* pada nilai yang rendah (*low value*), rising atau *falling edge*, atau perubahan nilai. Lihat fungsi *attachInterrupt()* untuk rinciannya.
- PWM: Pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11 Menyediakan 8-bit PWM dengan fungsi *analogWrite()*
- SPI: pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK) mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan perpustakaan SPI
- LED: pin 13. *Built-in* LED terhubung ke pin digital 13. LED akan menyala ketika diberi nilai *HIGH*

Arduino Uno memiliki 6 *input* analog, berlabel A0 sampai A5, yang masing-masing menyediakan resolusi 10 bit (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara *default* mereka mengukur dari *ground* sampai 5 volt, perubahan tegangan maksimal menggunakan pin AREF dan fungsi *analogReference()*. Selain itu, beberapa pin tersebut memiliki spesialisasi fungsi, yaitu TWI: pin A4 atau SDA dan A5 atau SCL mendukung komunikasi TWI menggunakan pustaka *Wire*. Ada beberapa pin lainnya yang tertulis di board:

- AREF. Tegangan referensi untuk input analog. Dapat digunakan dengan fungsi *analogReference()*.
- Reset. Gunakan *LOW* untuk me-reset mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset.

d) Komunikasi

Arduino Uno memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega328 menyediakan UART TTL (5V) komunikasi serial, yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Pada ATmega16U2 saluran komunikasi serial melalui USB dan muncul sebagai com port virtual untuk perangkat lunak pada komputer. *Firmware* 16U2 menggunakan standar *driver* USB COM, dan tidak ada *driver* eksternal diperlukan. Namun, pada Windows, diperlukan *file* .inf. Perangkat lunak Arduino termasuk monitor serial yang memungkinkan data tekstual sederhana 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 komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1).

ATmega328 juga mendukung I2C (TWI) dan komunikasi SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk perpustakaan *Wire* berfungsi menyederhanakan penggunaan *bus* I2C. Untuk komunikasi SPI, menggunakan perpustakaan SPI.

e) Perlindungan Arus USB

Arduino Uno memiliki *polyfuse reset* yang melindungi port USB komputer Anda dari arus pendek atau berlebih. Meskipun kebanyakan komputer memberikan perlindungan internal sendiri, sekering menyediakan lapisan perlindungan tambahan. Jika lebih dari 500 mA, sekering otomatis bekerja.

f) Karakteristik Fisik

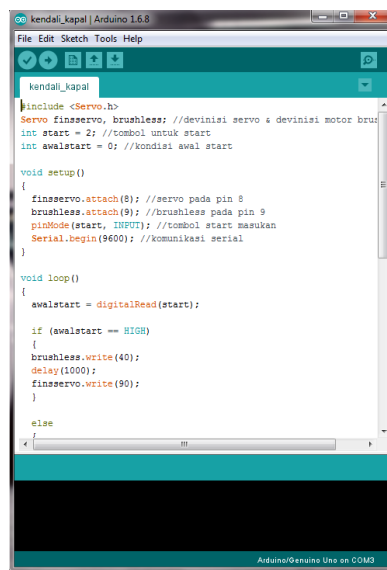
Panjang maksimum dan lebar PCB Uno masing-masing adalah 2,7 dan 2,1 inci, dengan konektor USB dan colokan listrik yang melampaui dimensi tersebut. Empat lubang sekrup memungkinkan board harus terpasang ke permukaan. Perhatikan bahwa jarak antara pin digital 7 dan 8 adalah 0,16", tidak seperti pin lainnya.

2.2.6.2 Arduino IDE

IDE merupakan kependekan dari *Integrated Development Environment*, atau secara bahasa mudahnya merupakan lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan. Disebut sebagai lingkungan karena melalui

software inilah Arduino dilakukan pemrograman untuk melakukan fungsi-fungsi yang dibenamkan melalui sintaks pemrograman. Arduino menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C. Bahasa pemrograman Arduino (*Sketch*) sudah dilakukan perubahan untuk memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Sebelum dijual ke pasaran, IC mikrokontroler Arduino telah ditanamkan suatu program bernama *Bootlader* yang berfungsi sebagai penengah antara *compiler* Arduino dengan mikrokontroler.

Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA. Arduino IDE juga dilengkapi dengan *library* C/C++ yang biasa disebut Wiring yang membuat operasi *input* dan *output* menjadi lebih mudah. Arduino IDE ini dikembangkan dari *software Processing* yang dirombak menjadi Arduino IDE khusus untuk pemrograman dengan Arduino.



Gambar 2.16 Tampilan *Window* Arduino IDE

Program arduino menggunakan bahasa pemrograman C. Ada tiga bagian utama dalam bahasa pemrograman Arduino yaitu struktur program, variabel dan fungsi. Struktur program meliputi kerangka program, sintaks program, kontrol aliran program dan operator. Kerangka program arduino terdiri dari dua blok yaitu:

1. Blok pertama adalah *void setup()* yang berisi kode program yang hanya sekali dijalankan saat arduino dihidupkan dan merupakan inisialisasi program.
2. Blok kedua adalah *void loop()* yang berisi kode program yang akan dijalankan terus menerus dan merupakan program utama.

Akhir program diblok itu, titik koma (;) sebagai tanda akhir baris kode dan tanda untuk komentar berupa // untuk satu baris komentar dan /**/ untuk beberapa baris komentar. Kontrol aliran program meliputi instruksi percabangan (*if, if-else, switch-case, break, continue, return, goto*) dan instruksi perulangan (*for-loop, while-loop, do-while-loop*). Bagian Fungsi antara lain terdiri dari *input output digital, input output analog, fungsi waktu dan fungsi komunikasi*. Ada tiga fungsi yang digunakan dalam *input output digital* yaitu *pinMode(), digitalRead(), dan digitalWrite()*. *Input output analog* meliputi dua instruksi yaitu *analogRead()* dan *analogWrite()*. Untuk fungsi waktu, ada 4 instruksi yaitu instruksi *millis(), micros(), delay(), delay Microseconds()*. Fungsi komunikasi digunakan untuk berkomunikasi dengan komputer atau perangkat lain melalui *port serial*. Pin Arduino yang digunakan untuk fungsi ini adalah Pin D0(RX) dan Pin D1(TX). Beberapa instruksi yang digunakan adalah *begin(), available(), read(), print(), println()* dan *write()*.

2.2.7 Jalur Komunikasi

2.2.7.1 UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*)

Universal Asynchronous Receiver / Transmitter (UART) adalah komponen kunci dari subsistem komunikasi serial pada komputer. Pada dasarnya, UART mengambil *byte* data dan mentransmisikan bit individual secara berurutan yang kemudian *bit-bit* tersebut diatur ulang menjadi *byte* lengkap.

Transmisi serial banyak sekali digunakan dengan modem sementara untuk komunikasi non-jaringan antara komputer, digunakan dengan terminal dan perangkat lainnya. Ada dua bentuk utama transmisi serial: *Synchronous* dan *Asynchronous*. Tergantung pada *mode* yang didukung oleh *hardware*, nama subsistem komunikasi-biasanya memiliki lambang A jika mendukung komunikasi

Asynchronous, dan S jika mendukung komunikasi *Synchronous*. (Rozikin Masruri, 2012)

UART atau *Universal Asynchronous Receiver Transmitter* adalah protokol komunikasi yang umum digunakan dalam pengiriman data serial antara *device* satu dengan yang lainnya. Sebagai contoh komunikasi antara sesama mikrokontroler atau mikrokontroler ke PC. Dalam pengiriman data, *clock* antara pengirim dan penerima harus sama karena paket data dikirim tiap *bit* mengandalkan *clock* tersebut. Inilah salah satu keuntungan model *asynchronous* dalam pengiriman data karena dengan hanya satu kabel transmisi maka data dapat dikirimkan. Berbeda dengan model *synchronous* yang terdapat pada protokol SPI (*Serial Peripheral Interface*) dan I2C (*Inter-Integrated Circuit*) karena protokol membutuhkan minimal dua kabel dalam transmisi data, yaitu transmisi *clock* dan *data*. Namun kelemahan model *asynchronous* adalah dalam hal kecepatannya dan jarak transmisi. Karena semakin cepat dan jauhnya jarak transmisi membuat paket-paket *bit* data menjadi terdistorsi sehingga data yang dikirim atau diterima bisa mengalami error. (Mustamar, 2014)

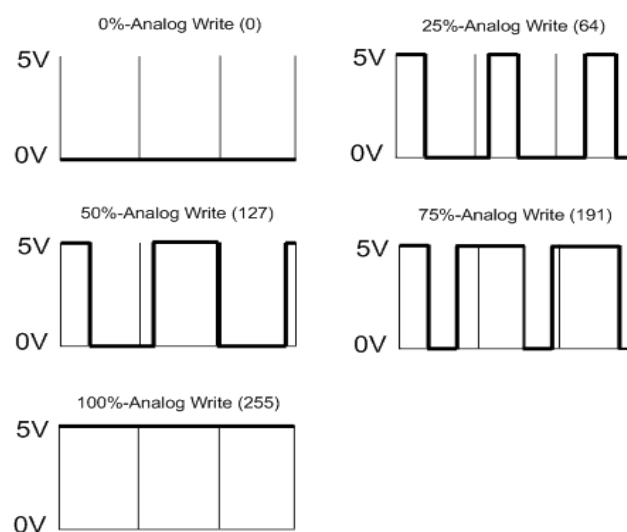
Pada pengiriman data UART terdapat beberapa parameter yang dapat diatur yaitu *start bit*, *parity bit*, dan *stop bit*. Pengaturan ini harus sama antara pengirim dan penerima karena jika tidak maka data tidak akan diterima. Data yang dikirim adalah data berukuran 8 *bit* atau 1 *byte*. Jika ditambah dengan 3 parameter diatas maka total *bit* data yang dikirim adalah 11 *bit*. Dari format data inilah setiap data yang terbaca dapat diterjemahkan menjadi *bit-bit* yang merepresentasikan data tertentu. Sebenarnya tidak semua terdapat *error* dalam pengiriman data UART. Terjadinya *error* hanya terjadi ketika kita menggunakan *clock* mikrokontroler untuk nilai tertentu saja. pada paket data UART, *clock* yang dikirimkan bergantung dari nilai *baud rate*. Karena protokol ini *universal*, maka *baud rate* yang ada adalah nilai-nilai tetap yang tidak bisa diubah ubah dari kisaran nilai 110 sampai 11059200 bps (*bit per second*) atau lebih. Semakin cepat *clock* yang digunakan mikrokontroler/mikroprosesor maka *baud rate* akan semakin cepat juga. (Oky Wahyu Pratama, 2014)

2.2.7.2 PWM (*Pulse Width Modulation*)

Pulse Width Modulation (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Beberapa Contoh aplikasi PWM adalah pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulator tegangan, *audio effect* dan penguatan, serta aplikasi-aplikasi lainnya. (Rudito Prayogo, 2012)

PWM pada arduino bekerja pada frekuensi 500Hz, artinya 500 siklus/ketukan dalam satu detik. Untuk setiap siklus, kita bisa memberi nilai dari 0 hingga 255. Ketika kita memberikan angka 0, berarti pada pin tersebut tidak akan pernah bernilai 5 volt (pin selalu bernilai 0 volt). Sedangkan jika kita memberikan nilai 255, maka sepanjang siklus akan bernilai 5 volt (tidak pernah 0 volt). Jika kita memberikan nilai 127 (kita anggap setengah dari 0 hingga 255, atau 50% dari 255), maka setengah siklus akan bernilai 5 volt, dan setengah siklus lagi akan bernilai 0 volt. Sedangkan jika jika memberikan 25% dari 255 ($1/4 * 255$ atau 64), maka 1/4 siklus akan bernilai 5 volt, dan 3/4 sisanya akan bernilai 0 volt, dan ini akan terjadi 500 kali dalam 1 detik. (Hari Santoso, 2015)

Untuk visualisasi siklus PWM, bisa Anda lihat gambar berikut:



Gambar 2.17 Sinyal PWM

Sinyal PWM pada umumnya memiliki amplitudo 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%). (Rudito Prayogo, 2012, 3)

Duty cycle adalah "siklus kerja". Artinya presentase dari satu periode dimana suatu sinyal aktif. Dapat disimpulkan secara sederhana, bahwa ketika sebuah pulsa kita tambahkan waktu saat sinyal listriknya *ON* (pada saat grafik menunjukkan bukit gelombang) dimana periodenya tetap konstan & mengakibatkan pengurangan waktu pada sinyal *OFF* (pada saat grafik menunjukkan lembah gelombang) maka lamanya waktu *ON* pada pulsa tersebut sebanding dengan *Duty Cycle* (DC%). *Duty Cycle* dari PWM dapat dinyatakan sebagai berikut :

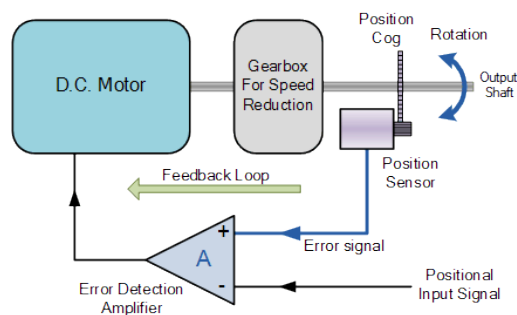
$$Duty\ Cycle = \frac{t_{on}}{(t_{on} + t_{off})} \times 100\%$$

Duty cycle 100% berarti sinyal tegangan pengatur motor dilewatkan seluruhnya. Jika tegangan catu 100V, maka motor akan mendapat tegangan 100V. Pada *duty cycle* 50%, tegangan pada motor hanya akan diberikan 50% dari total tegangan yang ada begitu seterusnya. Dengan menghitung *duty cycle* yang diberikan, akan didapat tegangan *output* yang dihasilkan.

$$Average\ Voltage = \frac{a}{a + b} \times V_{full}$$

Average voltage merupakan tegangan *output* pada motor yang dikontrol oleh sinyal PWM. *a* adalah nilai *duty cycle* saat kondisi sinyal “*on*”. *b* adalah nilai *duty cycle* saat kondisi sinyal “*off*”. *V_{full}* adalah tegangan *maximum* pada motor. Dengan menggunakan rumus diatas, maka akan didapatkan tegangan *output* sesuai dengan sinyal kontrol PWM yang dibangkitkan.

2.2.8 Motor Servo

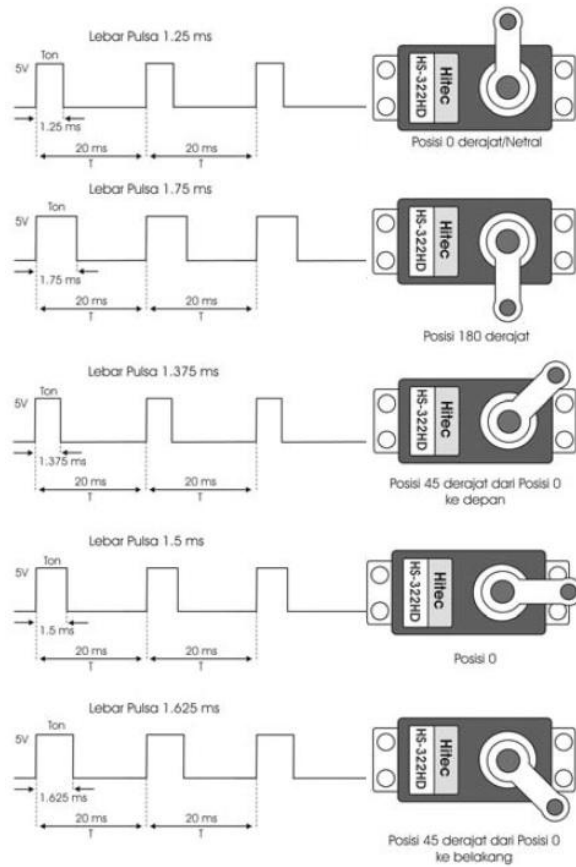


Gambar 2.18 Motor Servo Blok Diagram
(Sumber: http://www.electronics-tutorials.ws/io/io_7.html)

Terdapat 2 tipe motor servo, yaitu servo standart dan servo *continuous*. Biasanya untuk tipe standart hanya dapat melakukan pergerakan sebesar 180°, sedangkan untuk tipe *continuous* dapat melakukan rotasi sebesar 380°. Pada dasarnya motor servo tersusun dari motor DC, rangkaian kontrol, *gear box*, dan *potensiometer* sebagaimana diperlihatkan pada gambar diatas.

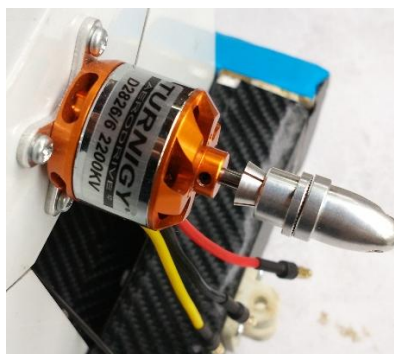
Motor servo adalah motor yang mampu bekerja dua arah CW (*Clock Wise*) dan CCW (*Counter Clock Wise*) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan dengan memberikan variasi lebar pulsa (*Duty Cycle*) sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya.(Uswatun Hasanah, 2016)

Secara umum untuk mengakses motor servo tipe standart adalah dengan cara memberikan pulsa *high* selama 1,5 ms dan mengulanginya setiap 20 ms, maka posisi servo akan berada di tengah atau netral 90° untuk pulsa 1,25 ms, maka akan bergerak berkebalikan arah jarum jam dengan sudut 0°. Pulsa *high* selama 1,75 ms maka akan bergerak searah jarum jam sebesar 180°. (Uswatun Hasanah, 2016)



Gambar 2.19 Perubahan Sudut Putar Motor Servo yang Diatur oleh Lebar Pulsa
 (Sumber: http://tifannykholis.blogspot.co.id/2015_03_01_archive.html)

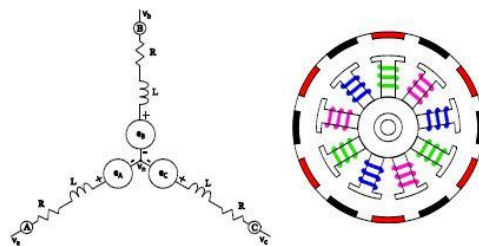
2.2.9 Motor DC *Brushless*



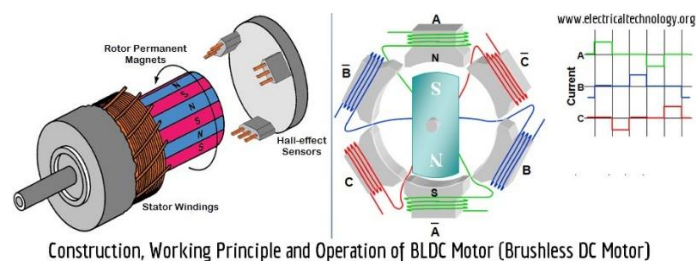
Gambar 2.20 Motor DC *Brushless*

Motor DC *brushless* memberikan kepadatan daya yang lebih tinggi dan efisiensi dibandingkan dengan motor DC *brushed*. Akan tetapi membutuhkan kehati-hatian dalam penggunaannya. Motor DC *brushless* semakin populer Karena ukurannya yang kokoh dan memiliki kepadatan tenaga, pengendalian dan efisiensi yang baik dapat meminimalisir perawatan pada motor DC *brushless* dan mengurangi kebisingan serta interferensi elektromagnetik dibanding motor DC *brushed*. Karena kelebihan ini motor BLDC adalah motor yang paling banyak digunakan pada teknologi UAV.(Benjamin Tefay, 2011)

Sebagian motor DC *brushless* memiliki 3 terminal, terminal ini dihubungkan ke gulungan *stator* atau dikenal dengan fase dalam konfigurasi Y. Titik pusat Y dirujuk sebagai titik netral motor. Permanen magnet diposisikan di rotor sedemikian rupa sehingga kutub menghadapi stator alternatif antara utara dan selatan.(Benjamin Tefay, 2011)



Gambar 2.21 Elektrikal dan Mekanikal Model pada Motor DC *Brushless*
 (Sumber : *Design of an Integrated Electronic Speed Controller for Compact Robotic Vehicles, Robotic Aircraft Research Group School of Information Technology and Electrical Engineering The University of Queensland*)



Gambar 2.22 Konstruksi Motor BLDC
 (Sumber: <http://www.electricaltechnology.org/2016/05/bldc-brushless-dc-motor-construction-working-principle.html>)

Motor ini tetap disebut dengan BLDC karena pada implementasinya BLDC menggunakan sumber DC sebagai sumber energi utama yang kemudian diubah menjadi tegangan AC dengan menggunakan *inverter* 3 fasa. Tujuan dari pemberian tegangan AC 3 fasa pada *stator* BLDC adalah menciptakan medan magnet putar *stator* untuk menarik magnet *rotor*. Oleh karena tidak adanya *brush* pada motor BLDC, untuk menentukan *timing* komutasi yang tepat pada motor ini sehingga didapatkan torsi dan kecepatan yang konstan, diperlukan 3 buah *sensor hall* dan atau *encoder*.

Pada umumnya *encoder* banyak digunakan pada motor BLDC komersial karena *encoder* cenderung mampu menentukan *timing* komutasi lebih presisi dibandingkan dengan menggunakan *hall sensor*. Hal ini terjadi karena pada *encoder*, kode komutasi telah ditetapkan secara *fixed* berdasarkan banyak kutub dari motor dan kode inilah yang digunakan untuk menentukan *timing* komutasi. Namun karena kode komutasi *encoder* untuk suatu motor tidak dapat digunakan untuk motor dengan jumlah kutub yang berbeda. Hal ini berbeda dengan *hall sensor*. Apabila terjadi perubahan *pole rotor* pada motor, posisi *sensor hall* dapat diubah dengan mudah. Hanya saja kelemahan dari *sensor hall* adalah apabila posisi *sensor hall* tidak tepat akan terjadi kesalahan dalam penentuan *timing* komutasi atau bahkan tidak didapatkan 6 kombinasi *timing* komutasi yang berbeda. (Irwan Eko Prabowo, 2016)

2.2.10 Electronic Speed Controller

ESC (*Electronic Speed Controller*) yang berfungsi sebagai pengendali putaran dan arah putaran motor. Ada 2 jenis ESC untuk mengendalikan motor *brushless* yaitu ESC dengan BEC dan ESC tanpa BEC atau yang biasa disebut ESC OPTO (*Optional*). Ukurannya dihitung dengan ampere (10A, 15A, 20A, 25A, dst) dimana ukuran tersebut terkait dengan kebutuhan motor. (Risha Anugerah Nenu Lema, 2016)



Gambar 2.23 *Electronic Speed Controller*

Kekuatan ESC yang digunakan seharusnya melebihi kekuatan motor. Sebaiknya ESC yang akan digunakan adalah ESC yang memiliki arus 18-20 Amper jika motor yang digunakan memiliki kuat arus 12A, jika dipaksakan menggunakan ESC yang memiliki kuat arus yang sebanding dengan motor yang digunakan maka saat pemberian rpm maksimal ESC akan panas bahkan terbakar.