

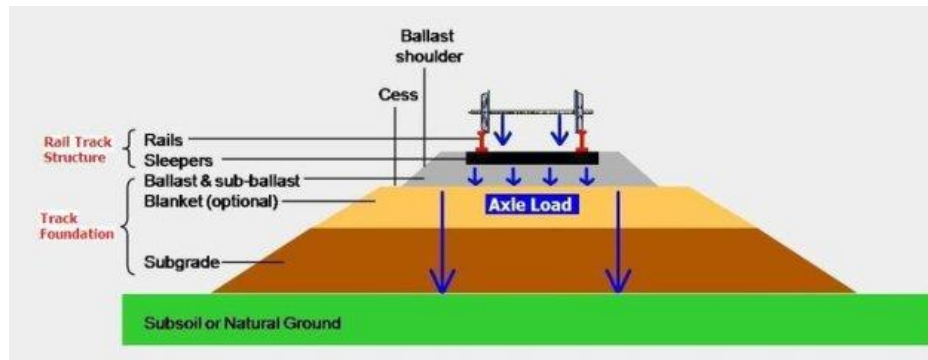
## BAB II

### PENDEKATAN PENYELESAIAN MASALAH

#### A. Konstruksi Rel Kereta Api

Jalur rel kereta api merupakan prasarana pokok dalam bidang transportasi khususnya moda transportasi kereta api. Karena rangkaian gerbong kereta api hanya dapat melaju di atas rel yang dibuat secara khusus. Rel inilah yang memandu rangkaian gerbong kereta api bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain.

Secara umum konstruksi jalan rel terdiri dari dua bagian. Bagian bawah adalah *track foundation* atau lapisan pondasi dan bagian atas adalah *rail track structure* atau struktur trek rel. Prinsipnya, rel harus dapat menahan gaya berat dari kereta yang berupa beban ganda (*axle load*) dari rangkaian kereta yang melintas. *Axle load* pada batang rel akan diteruskan ke bantalan (*sleepers*), kemudian ke ballast dan seterusnya ke *sub-ballast* disekitarnya. Oleh lapisan *ballast*, gaya berat ini akan diteruskan ke seluruh permukaan tanah disekitarnya untuk mencegah amblesnya rel. Lebar jalur rel kereta api antara sisi dalam kepala rel pada lebar lebar sepur kereta api menggunakan trek Afrika Selatan 1.067 mm dan trek standar 1.435 mm dengan beban gandar maksimum sebesar 22,5 ton. Dengan rekomendasi kecepatan minimum 100 km/jam dan kecepatan maksimum 160 km/jam. (Depertemen Perhubungan;2017).



**Gambar 1.Sistem Konstruksi Rel Kereta Api**

## **B. Prinsip Rel Kereta Api**

Kereta api berjalan dengan roda besi, sehingga membutuhkan jalan khusus agar dapat berjalan dengan baik. Untuk itulah dibuat jalan rel KA dengan permukaan baja, sehingga roda baja KA beradu dengan jalan rel dari baja. Jalan baja ini memiliki karakteristik dan syarat-syarat khusus yang berbeda dengan jalan aspal, sehingga konstruksinya lebih rumit dan melibatkan banyak komponen. Jalan rel KA harus dibangun dengan kokoh, karena setiap rangkaian KA yang lewat memiliki beban yang berat, apalagi setiap harinya akan dilalui berulang kali oleh beberapa rangkaian KA. Oleh karena itu, konstruksi rel KA dibuat sebaik mungkin agar mampu menahan beban berat atau istilahnya BEBAN GANDAR (*AXLE LOAD*) dari rangkaian KA yang berjalan di atasnya, sehingga jalan baja ini dapat bertahan dalam waktu yang lama dan memungkinkan rangkaian KA dapat berjalan dengan cepat, aman dan nyaman.

Merujuk pada Gambar 1. pada dasarnya konstruksi jalan rel KA terdiri atas 2 bagian. Bagian bawah adalah *Track Foundation* atau Lapisan Landasan/Pondasi, dan bagian atas adalah *Rail Track Structure* atau Struktur Trek Rel. Prinsipnya, jalan rel KA harus dapat mentransfer tekanan yang diterimanya dengan baik yang berupa beban berat (*axle load*) dari rangkaian KA melintas. Dalam arti, jalan rel KA harus tetap kokoh ketika dilewati rangkaian KA, sehingga rangkaian KA dapat melintas dengan cepat, aman, dan nyaman. Roda-roda KA yang melintas akan memberikan tekanan berupa beban berat (*axle load*) ke permukaan trek rel. Oleh batang rel (*rails*) tekanan tersebut diteruskan ke bantalan (*sleepers*) yang ada dibawahnya. Lalu, dari bantalan akan diteruskan ke lapisan ballast dan sub-ballast di sekitarnya. Oleh lapisan ballast, tekanan dari bantalan ini akan disebar ke seluruh permukaan tanah disekitarnya, untuk mencegah amblesnya trek rel.

## **C. Kerusakan pada Rel Kereta Api**

Kerusakan pada badan rel merupakan kerusakan secara makro, dalam ukurannya yang lebih besar diantara yang lainnya berupa lonsornya (*sliding*) badan jalan rel. Kerusakan *subgrade* juga sering terjadi berupa kerusakan secara parsial dalam skala kecil/mikro. Rel kereta api dapat mengalami suatu perubahan jarak antar rel,

dapat membesar atau mempersempit dan dapat mengalami perubahan berupa garis sumbu/garis *as track* yang membengkok, rel kereta api juga dapat mengalami kerusakan seperti : Permukaan rel mengalami kerusakan berbentuk gelombang/keriting, halus, pecah akibat mengalami fatik, dan dapat mengalami pecah. Beberapa kerusakan pada rel kereta api :

1. Aus pada bagian dalam *Head Rel*

Kerusakan ini dapat terjadi karena adanya suatu gesekan antara head rel dengan flens roda kereta, banyak terjadi di tikungan. Usaha yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan ini biasanya adalah memperkecil atau meratakan keausan tersebut.

2. Aus pada sambungan rel (*battered ends*)

Kerusakan ini disebabkan adanya siar dilatasi pada sambungan sehingga muncul suatu pukulan atau tekanan dari roda yang semakin lama menambah keausan rel.

3. Aus pada Plat Penyambung

Kerusakan ini disebabkan suatu gesekan antara rel kereta dengan plat oleh adanya gaya dalam arah longitudinal. Plat yang aus dudukannya sangat sulit untuk dikencangkan akibatnya adalah naik dan turunnya getaran pada sambungan, Rel Miring/turun, memperbesar *impact* pada sambungan dan terjadinya bantalan patah.

4. Retak pada lubang penyambung

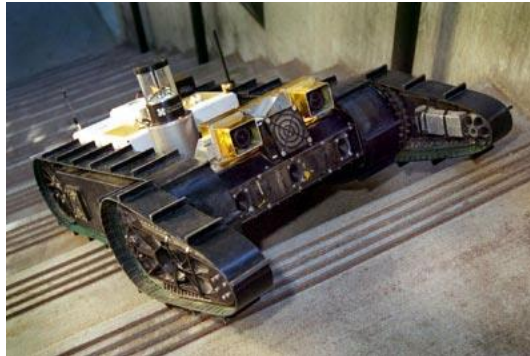
Kerusakan ini disebabkan oleh suatu gaya horisontal dalam arah longitudinal akibat *accelerating, slowing down, stoping of train*, perubahan temperatur, unballanced traffic dan lain-lain.

5. Retak pada Plat penyambung

Kerusakan ini disebabkan oleh suatu gaya arah longitudinal. Plat yang retak dapat berakibat rel patah dan mengakibatkan *derailment* (roda kereta tergelincir)

#### D. Autonomous Robot

Istilah robot berasal dari Czech , robota, yang berarti bekerja. Menurut arti bahasa, Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia, atau menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dahulu. Robot diperkenalkan pertama kali oleh orang berkebangsaan Austria yaitu Wright Karel Capek pada tahun 1920 melalui sandiwara yang dibuatnya yaitu R.U.R (*Rossum's Universal Robots*). Sedangkan Autonomous robot merupakan robot dengan kemampuan untuk bergerak secara mandiri sesuai yang diprogram dengan instruksi *waypoint* atau titik koordinat yang akan ditempuh. Semi autonomous robot adalah robot autonomous namun masih dapat dikendalikan secara manual. Kemampuan semi autonomous ditambahkan untuk mempercepat respon robot.



**Gambar 2. Autonomous Robot**  
(Sumber : <http://Autonomous-robot.com> )

#### E. Raspberry Pi B+

Raspberry Pi merupakan sebuah komputer berukuran kecil yang dapat digunakan seperti sebuah *Personal Computer* (PC). Dikatakan kecil karena kurang lebih ukurannya sebesar kartu nama dan untuk dapat menjalankan Raspberry Pi dibutuhkan charger / adaptor yang biasa digunakan pada telepon selular sebesar 5V. Pada proyek akhir ini menggunakan mini PC Raspberry Pi. Jenis Raspberry Pi yang digunakan yaitu versi 3, dikarenakan pada versi ini sudah dilengkapi dengan fitur wifi adapter, bluetooth, dan memiliki ram yang lebih besar dari versi sebelumnya yaitu sebesar 1 Gb. Raspberry Pi merupakan komputer dalam satu *singleboard*. Chip mengintegrasikan sebuah prosesor (CPU), *Graphics Processing Unit* (GPU), dan

memori pada suatu unit tunggal. Bagian-bagian inti pada Raspberry Pi adalah sebagai berikut:

1. Prosesor

Raspberry Pi menggunakan prosesor berupa chip 32 bit, System on a Chip (SOC) dengan Broadcom BCM2837. Menggunakan empat core ARM Cortex-A53 dengan clock speed 1,2 Ghz dan dibekali RAM sebesar 1GB.

2. Slot *Secure Digital Card* (SD Card)

Raspberry Pi menggunakan SD Card sebagai media penyimpanan seluruh data utama(*hard drive*).

3. *Port* USB(*Universal Serial Bus*)

Untuk mendukung aktivitas kebutuhan pada Raspberry Pi Model 3 terdapat 4 port USB sedangkan model A hanya terdapat 1 *port* USB.

4. *Port* Ethernet, Wifi, dan Bluetooth

*Port* ethernet dengan konektor RJ45 dan antena berkecepatan 2.4 Ghz 802.11n digunakan untuk menangkap sinyal wifi. Bluetooth juga tersedia pada Raspberry Pi 3 ini, digunakan untuk proses transfer data dan koneksi via wireless bluetooth.

5. Konektor HDMI (*High-Definition Multimedia Interface*)

Port HDMI digunakan sebagai media output video dan audio digital. Sinyal HDMI mampu dikonversi menjadi DVI(*Digital Visual Interface*) sehingga digunakan untuk output sebagai monitor.

6. *Output* Audio Analog

Raspberry Pi model 3 terdapat *port* audio analog yang digunakan sebagai *output* audio analog untuk speaker dengan konektor standar 3,5 mm *mini audio jack*.

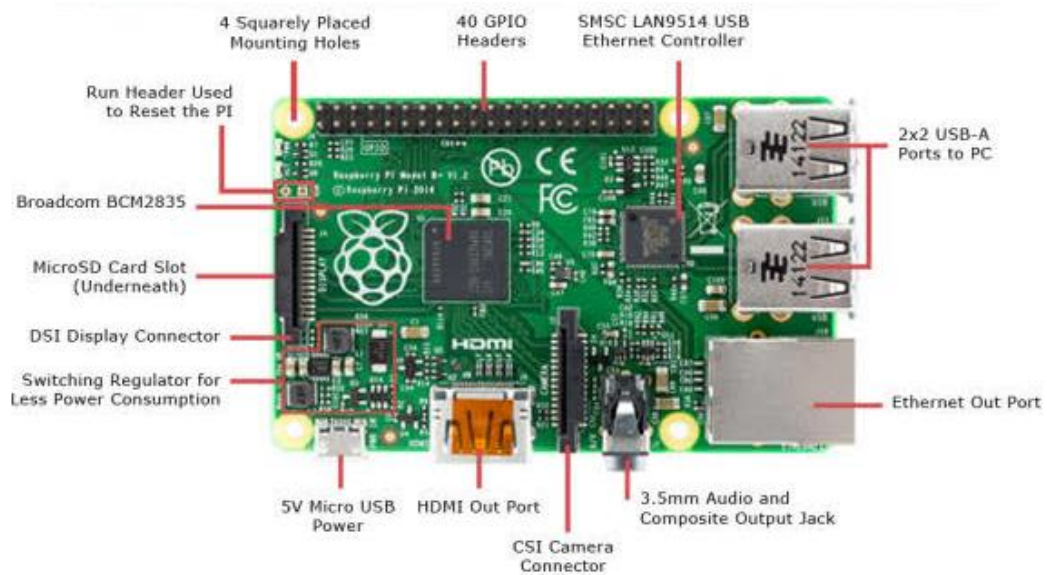
7. Keluaran Composite Video

Raspberry Pi model 3 mempunyai Output Composite Video dengan menggunakan jack standar tipe RCA menyediakan keluaran untuk sinyal video NTSC dan PAL.

8. *Port* GPIO (*General Purpose Input/Output*)

Raspberry Pi model 3 terdapat port *General Purpose Input/Output* digunakan untuk komunikasi atau sebagai *Input/Output* suatu proses dengan hardware

eksternal berupa sensor-sensor ataupun modul lainnya. Raspberry Pi ini memiliki 26 Pin GPIO.



**Gambar 3. Raspberry Pi B**  
(Sumber : <http://learning-raspberry-pi.com> )

Raspberry Pi B+ J8 Header				
Pin#	NAME		NAME	Pin#
01	3.3v DC Power	⬤	DC Power 5v	02
03	GPIO02 (SDA1 , I2C)	⬢	DC Power 5v	04
05	GPIO03 (SCL1 , I2C)	⬢	Ground	06
07	GPIO04 (GPIO_GCLK)	⬢	(TXD0) GPIO14	08
09	Ground	⬤	(RXD0) GPIO15	10
11	GPIO17 (GPIO_GEN0)	⬢	(GPIO_GEN1) GPIO18	12
13	GPIO27 (GPIO_GEN2)	⬢	Ground	14
15	GPIO22 (GPIO_GEN3)	⬢	(GPIO_GEN4) GPIO23	16
17	3.3v DC Power	⬤	(GPIO_GEN5) GPIO24	18
19	GPIO10 (SPI_MOSI)	⬢	Ground	20
21	GPIO09 (SPI_MISO)	⬢	(GPIO_GEN6) GPIO25	22
23	GPIO11 (SPI_CLK)	⬢	(SPI_CE0_N) GPIO08	24
25	Ground	⬤	(SPI_CE1_N) GPIO07	26
27	ID_SD (I2C ID EEPROM)	⬢	(I2C ID EEPROM) ID_SC	28
29	GPIO05	⬢	Ground	30
31	GPIO06	⬢	GPIO12	32
33	GPIO13	⬢	Ground	34
35	GPIO19	⬢	GPIO16	36
37	GPIO26	⬢	GPIO20	38
39	Ground	⬤	GPIO21	40

**Gambar 4. Konfigurasi PIN pada Port GPIO**

Basis *Operating System*(OS) pada Raspberry Pi yaitu Linux atau Raspbian. Prosesor Broadcom memiliki device driver dan kode yang tidak terdapat dalam standar Linux Distribution. Ukuran RAM (*Random Acces Memory*) pada Raspberry Pi berbeda dengan ukuran RAM komputer dekstop. *Linux distribution* khusus untuk Raspberry Pi dengan standar Linux. *Linux distribution* yang dibuat antaranya Raspbian (direkomendasikan secara resmi), *Adafruit Rspberry PI Educational Linux*, *Arch Linux*, *Xbia*, *Qton Pi*.

#### F. Sensor Ultrasonic

Sensor ultrasonik merupakan gelombang ultrasonik yang dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas. Pada saat merambat pada medium gas, apabila gelombang bunyi membentur suatu benda padat maka sebagian energi akan dipantulkan. Berdasarkan sifat ini, gelombang ultrasonik dapat digunakan untuk mengukur jarak patahan ataupun retakan pada rel kereta air secara otomatis.

Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja pada tegangan input 5 Volt konsumsi arus 15 mA, minimum jarak 2 cm dan maksimal jarak 4 Meter. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek tertentu di depannya, frekuensi kerjanya pada daerah diatas gelombang suara dari 40 KHz hingga 400 KHz. Sensor ultrasonik terdiri dari dari dua unit, yaitu unit pemancar dan unit penerima. Struktur unit pemancar dan penerima sangatlah sederhana, sebuah kristal piezoelectric dihubungkan dengan mekanik jangkar dan hanya dihubungkan dengan diafragma penggetar. Tegangan bolak-balik yang memiliki frekuensi kerja 40 KHz – 400 KHz diberikan pada plat logam. Struktur atom dari kristal piezoelectric akan berkontraksi (mengikat), mengembang atau menyusut terhadap polaritas tegangan yang diberikan, dan ini disebut dengan efek piezoelectric (Fandhi Nugraha K. 2016). Kontraksi yang terjadi kemudian diteruskan ke diafragma penggetar sehingga terjadi gelombang ultrasonik yang dipancarkan ke udara (tempat sekitarnya) dan pantulan gelombang ultrasonik akan terjadi bila ada objek tertentu, dan pantulan gelombang ultrasonik akan diterima kembali oleh oleh unit sensor penerima. Selanjutnya unit sensor penerima akan menyebabkan diafragma penggetar akan bergetar dan efek piezoelektrik menghasilkan tegangan bolak-balik dengan frekuensi yang sama (Hari Santoso, 2015).



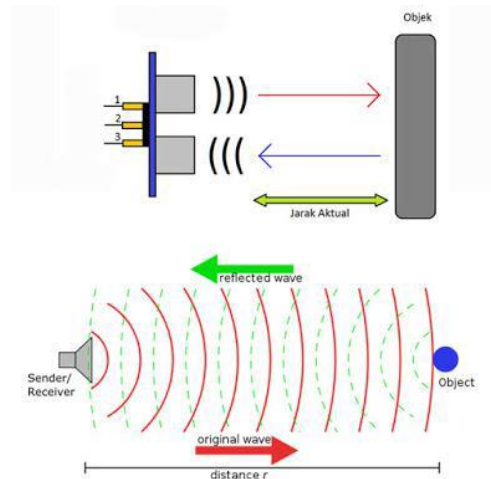
**Gambar 5. Sensor Ultrasonik**

(<http://kelas-fisika.com/2017/03/28/sensor-ultrasonik-hc-sr04/>)

Prinsip kerja pada sensor ultrasonik, gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui sebuah alat yang disebut dengan piezoelektrik dengan frekuensi tertentu. Piezoelektrik ini akan menghasilkan gelombang ultrasonik (umumnya berfrekuensi 40kHz) ketika sebuah osilator diterapkan pada robot. Alat ini akan menembakkan



gelombang ultrasonik menuju suatu target yaitu rel kereta. Setelah gelombang menyentuh permukaan rel kereta, maka rel kereta akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Gelombang pantulan dari rel kereta akan ditangkap oleh sensor, kemudian sensor menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima. (Agnieszka Kujawińska, Katarzyna Vogt. (2017)).



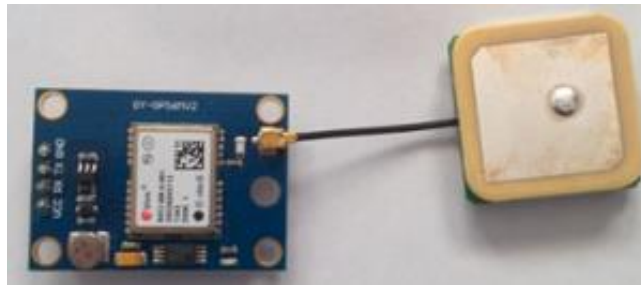
**Gambar 6. Cara Kerja Sensor Ultrasonik**

(<http://kelas-fisika.com/2017/03/28/cara-kerja-sensor-ultrasonik-hc-sr04/>)

### G. GPS Ublok Neo-6M

GPS memiliki nama lengkap NAVSTAR-GPS yang merupakan singkatan dari Navigation System with Timing and Ranging Global Positioning System. Sistem satelit navigasi global untuk penentuan lokasi, kecepatan, arah, dan waktu yang telah beroperasi secara penuh di dunia saat ini. GPS Ublok Neo 6-M Merupakan perangkat komponen yang berukuran (25x35mm untuk modul, 25x25mm untuk antena) berfungsi sebagai penerima sinyal *GPS (Global Positioning System Receiver)* yang dapat mendeteksi lokasi dengan menerima dan memroses sinyal dari satelit navigasi. Aplikasi dari perangkat ini meliputi sistem navigasi, sistem keamanan terhadap perangkat bergerak, akuisisi data pada sistem pemetaan medan, pemberi jejak lokasi / *location tracking*. Modul ini kompatibel dengan Arduino Board, Raspberry Pi, dan APM dengan EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*) yang dapat digunakan untuk menyimpan data konfigurasi. Antarmuka menggunakan serial TTL (RX/TX) yang dapat diakses dari mikrokontroler yang memiliki fungsi

UART (*Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*) dengan protokol NMEA 0183 dengan pilihan nilai *baudrate* yang bervariasi antara lain 4800, 9600, dan 38400. Baud rate diset secara *default* di 9600 bps. *GPS Processor* dari perangkat ini menggunakan u-blox NEO-6 GPS Module dengan modul jejak posisi yang berkinerja tinggi dengan versi ROM terbaru (ROM7.03). Modul ini dapat memproses hingga 50 kanal sinyal secara cepat dengan waktu Cold TTFF (*Cold-Start Time-To-First-Fix*, waktu yang diperlukan untuk menentukan posisi dari kondisi mati total) kurang dari 27 detik. Modul ini memiliki tingkat akurasi 2,5 meter. Sumber tenaga dapat menggunakan catu daya antara 3 Volt hingga 5 Volt.



**Gambar 7. GPS UBLOK NEO 6-M**

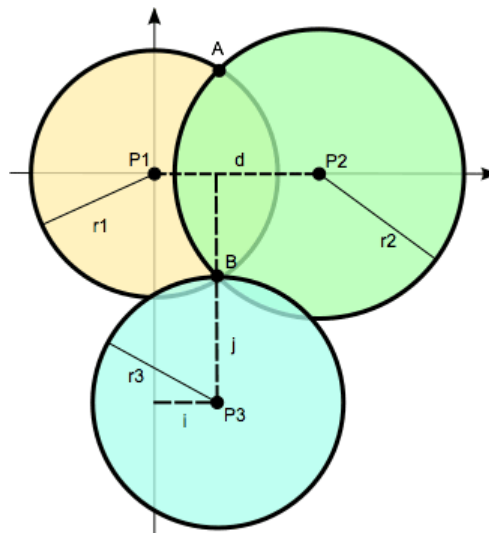
Spesifikasi Modul GPS uBlox NEO-6M adalah sebagai berikut:

- Standalone GPS receiver
- 9600, 4800, 38400 baud (default setting; can be changed)
- VCC = 3,3V- 5V
- Onboard LED which flashes to indicate lock
- Indoor GPS: -162 dBm tracking sensitivity
- EEprom to store settings, Anti-jamming technology
- Operating temperature range: -40 TO 85°C, UART TTL socket

GPS bekerja menggunakan konstelasi 27 buah unit satelit yang mengorbit bumi, dimana sebuah GPS receiver menangkap informasi dari tiga atau lebih satelit untuk menentukan posisi. GPS receiver harus berada dalam line-of sight (LoS) terhadap ketiga satelit tersebut untuk menentukan posisi, sehingga GPS hanya ideal untuk digunakan dalam outdoor positioning. Setiap daerah ataupun wilayah di atas

permukaan bumi minimal dapat terjangkau oleh 3-4 satelit. Pada kondisi lapangan setiap GPS terbaru bisa menerima sampai dengan 12 kanal satelit secara bersamaan. Kondisi cuaca yang mendukung terutama langit yang cerah dan bebas dari halangan membuat GPS dapat menangkap sinyal yang dikirimkan oleh satelit dengan mudah. Semakin banyak satelit yang diterima oleh GPS, maka akurasi yang diberikan juga akan semakin tinggi. Cara kerja secara sederhana GPS ada 5 langkah, yaitu :

1. Menggunakan metode perhitungan “trilateration” dari satelit.
2. Perhitungan “trilateration”, GPS mengukur jarak dengan travel time sinyal radio.
3. Untuk mengukur travel time, GPS memerlukan memerlukan akurasi waktu yang tinggi.
4. Untuk perhitungan jarak, user harus tahu keberadaan posisi satelit dengan pasti dan ketinggian pada orbitnya.
5. GPS harus mengoreksi delay atau keterlambatan sinyal waktu perjalanan di atmosfer sampai diterima receiver.



**Gambar 8. Trilaterasi Dalam Global Positioning System (GPS)**

(Sumber : Wildan Habibi, ITS, Surabaya Januari : 2011)

Trilaterasi merupakan suatu proses mencari koordinat sebuah titik berdasarkan jarak titik tersebut ke minimal 3 buah koordinat yang sudah diketahui. Semisal kita ingin mengetahui suatu koordinat titik B dan koordinat dari titik P1, P2 dan P3 sudah

diketahui seperti yang terlihat pada **Gambar 8.** dengan mengukur  $r_1$  (jarak antara B dengan P1), maka dapat diketahui bahwa koordinat B pasti terletak pada keliling lingkaran dengan jari-jari  $r_1$ . lalu dengan mengukur  $r_2$  (jarak antara B dengan P2) maka koordinat titik pasti terletak diantara titik A atau B yang merupakan perpotongan antara kedua lingkaran. Dan pada saat diukur jarak  $r_3$  (jarak antara B dengan P3), kita sudah mendapatkan sebuah titik B, yang merupakan perpotongan antara ketiga buah lingkaran.

Pada setiap satelit GPS mampu mentransmisikan data yang menunjukkan lokasi dan waktu. Semua satelit GPS beroperasi sehingga sinyal-sinyal mengulangi transmisi pada saat yang sama. Sinyal bergerak dengan kecepatan cahaya dan tiba di receiver GPS pada waktu yang sedikit berbeda karena beberapa satelit memiliki jarak yang lebih jauh daripada yang lain. Jarak receiver ke satelit GPS dapat ditentukan dengan memperkirakan jumlah waktu yang diperlukan untuk sinyal mencapai penerima. Setidaknya ada 24 satelit GPS operasional setiap saat. Satelit yang dioperasikan oleh Departemen Pertahanan AS mengorbit dengan jangka waktu 12 jam (dua orbit per hari) pada ketinggian sekitar 11.500 mil perjalanan di 9,000mph (3.9km / s atau 14,000kph). stasiun tanah yang digunakan untuk tepat melacak orbit setiap satelit.

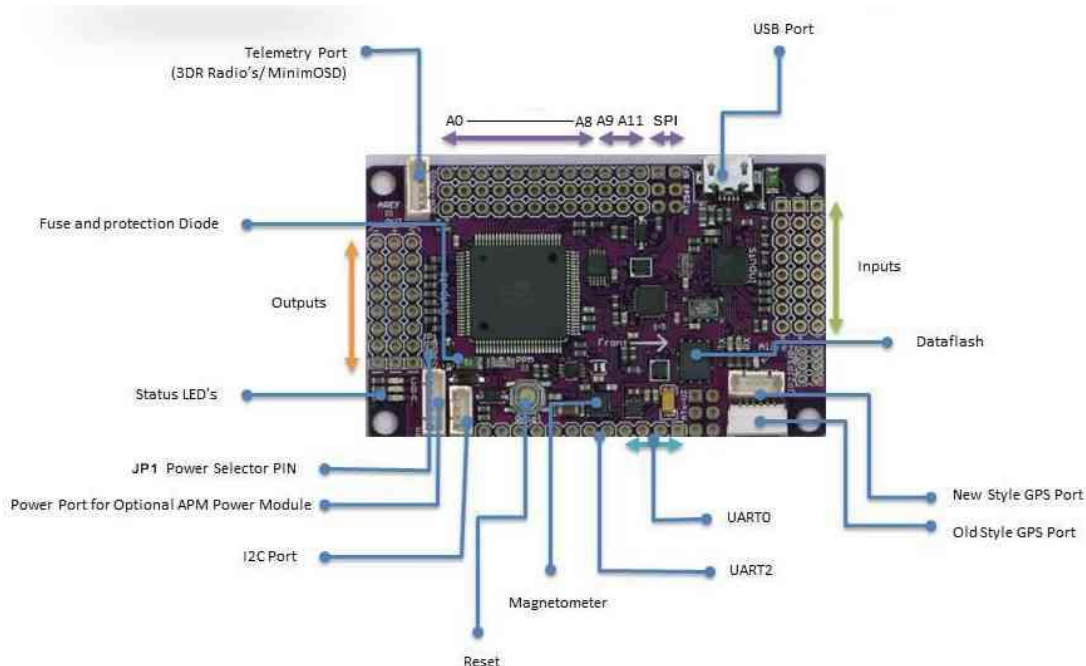
Sebuah receiver GPS harus mengunci sinyal minimal tiga satelit untuk menghitung posisi 2D (latitude dan longitude) dan track pergerakan. Jika receiver GPS mampu menangkap empat atau lebih satelit, maka receiver GPS dapat menghitung posisi 3D (latitude, longitude dan altitude). Jika GPS sudah menentukan posisi user, kemudian GPS dapat menghitung data ataupun informasi lain, seperti arah yang dituju, tujuan perjalanan, jalur, jarak tujuan, kecepatan. Satelit GPS dalam mengirimkan data ataupun informasi waktu sangat akurat karena satelit memakai jam atom sebagai acuan waktu. Selain itu semakin banyak sinyal satelit yang dapat diterima maka akan semakin presisi data yang diterima karena ketiga satelit mengirim pseudo-random code dan waktu yang sama. Ketinggian itu menimbulkan keuntungan dalam mendukung proses kerja GPS bagi kita karena semakin tinggi satelit maka akan semakin bersih atmosfer sehingga gangguan transmisi semakin sedikit. Satelit harus tetap pada posisi yang tepat sehingga stasiun di bumi harus terus memonitor setiap pergerakan satelit, dengan

bantuan radar yang presesi selalu di cek tentang altitude, position dan kecepatannya. Wildan Habibi. (2011).

## **H. APM (Ardupilot Modul)**

ArduPilot adalah perangkat kontroler robotika *Open Source* yang cukup banyak dikenal. APM banyak digunakan untuk robotika permukaan (mobil, tank dll), juga pesawat dan helikopter (quadcopter, hexacopter dll). Inti dari ArduPilot adalah APM Board. APM merupakan komponen *rover* yang menentukan apa saja fitur dari *rover* tersebut atau dapat disebut sebagai pusat saraf dari robot *rover*. Cara kerja APM dapat dikendalikan berdasarkan komunikasi Telemetry dan GPS untuk mengaktifkan sistem *autopilot/autonomous* dan dijalankan dengan sistem stabilisasi dasar menggunakan hardware kelas *radio kontrol*.

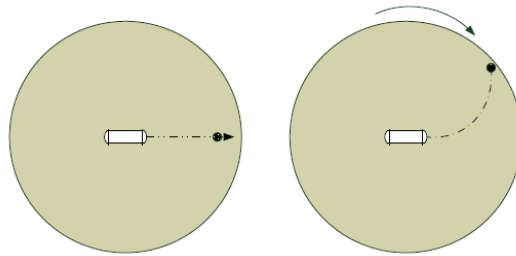
*Arduipilot Modul* memiliki banyak sensor yang tersedia seperti sensor posisi, sensor tekanan udara, dan sensor kecepatan udara. perangkat utama perhitungan penerbangan berbasis pada *gyroscope* dan ditambah dengan *accelerometer*. *Accelerometer* sensor digunakan untuk mengukur percepatan *dynamic* dan *static* suatu objek. Pengukuran *dynamic* adalah pengukuran percepatan pada objek bergerak, sedangkan pengukuran *static* adalah pengukuran terhadap gravitasi bumi. Untuk mengukur sudut kemiringan (tilt). Di situlah *gyroscope* sebagai tingkat ukuran. *Gyroscope* adalah perangkat untuk mengukur atau mempertahankan orientasi dengan prinsip ketetapan momentum sudut. Mekanismenya adalah sebuah roda berputar dengan piringan didalamnya yang tetap stabil. *Gyroscope* sering digunakan pada robot atau heli dan alat-alat canggih lainnya.



**Gambar 9. Ardupilot Modul**  
(Sumber : [www.ardupilot.com](http://www.ardupilot.com) :2018)

### **I. Sensor Gyroscope Electronic**

Sensor giroskop adalah sensor yang digunakan untuk mengukur kecepatan angular dari sebuah objek dimana sensor ini terpasang. Sensor ini sering digunakan untuk sistem navigasi pesawat untuk menentukan arah hadap. Ada banyak metode yang digunakan untuk mendeteksi kecepatan sudut, antara lain *vibrating ringgyroscope*, *tuning fork gyroscope*, *macro laser ring gyroscope* dan *piezoelectric plate gyroscope*. Metode yang paling banyak digunakan dan diproduksi adalah giroskop berjenis garpu tala Draper (Draper tuning fork). Giroskop garpu tala dibuat dengan memanfaatkan resonansi dari dua buah resonantoryang bergetar yang disebabkan oleh efek Coriolis. Efek Coriolis adalah defleksi yang timbul pada kerangka acuan rotasi yang besarnya berbanding lurus dengan kecepatan rotasi. Fenomena ini dijelaskan sebagai berikut:



**Gambar 10. Meriam Pada Piring Besar Yang Berputar**  
(Sumber : Mon, Y. (2015).

Misal terdapat sebuah meriam pada pusat sebuah piring besar yang dapat berputar seperti pada **Gambar 10**. Saat piring besar tersebut tidak berputar dan peluru ditembakkan dari pusat piring, pada umumnya peluru tersebut bergerak lurus dari pusat piring. Tetapi ketika piring besar tersebut berputar dan meriam menembakkan sebuah peluru, maka peluru tersebut tidak memiliki lintasan lurus (seperti saat piring besar tidak berputar) tetapi berbelok. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh rotasi piring terhadap gerak dari peluru. Semakin cepat piring berputar, semakin besar pula pembelokan peluru yang terjadi. Fenomena inilah yang disebut dengan efek *Coriolis*. (Mon, Y. (2015).

#### **J. ESC (*Electronic Speed Control*)**

ESC merupakan modul pengendali kecepatan elektronik motor brushless. Sesuai dengan namanya esc berfungsi sebagai pengendali kecepatan putaran motor. Sinyal yang diberikan oleh modul pengendali kecepatan pada umumnya berupa sinyal PWM (Pulse Width Modulation). ESC sebagai pengatur pokok kecepatan motor, selain itu moduil ini berfungsi untuk menaikkan jumlah arus yang diperlukan oleh motor. ESC dapat dikatakan juga sebagai *Drive* motor dengan mengeluarkan pulsa untuk *brushless* motor yang berasal dari mikrokontroler.



**Gambar 11.ESC(*Electronic Speed Control*)**

ESC yang digunakan adalah berjenis *brushless*, terdiri atas susunan MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) untuk mengendalikan kecepatan motor *brushless*. ESC bekerja secara cepat untuk menghidupkan atau mematikan pulsa ke motor, sehingga respon kendali motor cepat. Selain itu ESC yang digunakan telah berbasis *programless*, sehingga ESC dapat digunakan tanpa harus diprogram. ESC yang digunakan tergabung dalam satu fisik, atau dapat disebut sebagai *Mono ESC*, sehingga tidak memerlukan konfigurasi *wiring* yang terlalu banyak.

Berikut ini adalah spesifikasi ESC yang digunakan.

**Tabel 1 Spesifikasi ESC**

Parameter	Nilai
Operating Current Arus Konstan (A)	60 Ampere
Arus lebih (A)	20 Ampere (>10s)
Input	2-3 cells LiPo
BEC Output	3A/5.5V
Size Approx (PxLxT)	50 x 38 x 37mm.
Connector	4.0mm Banana Bullet

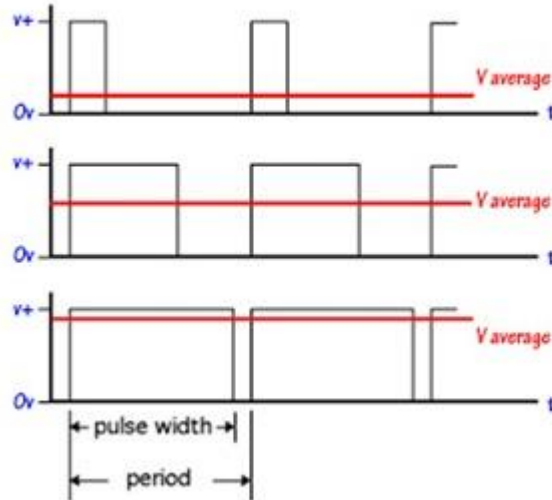
ESC memberikan catuan pada motor sesuai dengan sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) yang masuk pada *input* ESC. Selain itu ESC ini juga memiliki fasilitas *Battery Eliminator Circuit* (BEC) yang memiliki keluaran tegangan kecil untuk mencatu *flight controller* serta sensor yang lain. Berikut ini merupakan fitur yang dimiliki ESC ini :

1. *Brake*, berfungsi untuk menghentikan motor secara spontan.
2. *Soft Start*, berfungsi sebagai pengatur lama waktu menyalakan sistem.
3. *Battery Type*, pemilihan baterai yang digunakan.
4. *Microprocessor*, berfungsi untuk mengatur fitur program dari pabrikan.
5. *Cut Off*, berfungsi sebagai pemotong arus jika baterai habis.

**PWM** (*Pulse Widht Modulation*) merupakan suatu jenis modulasi. Modulasi pada PWM dilakukan dengan cara mengubah lebar pulsa dari suatu pulsa data. Total 1 periode (T) pulsa dalam PWM adalah konstan stabil, dan data PWM menggunakan perbandingan pulsa positif (Ton) terhadap total pulsa. Dengan kata lain, sinyal PWM



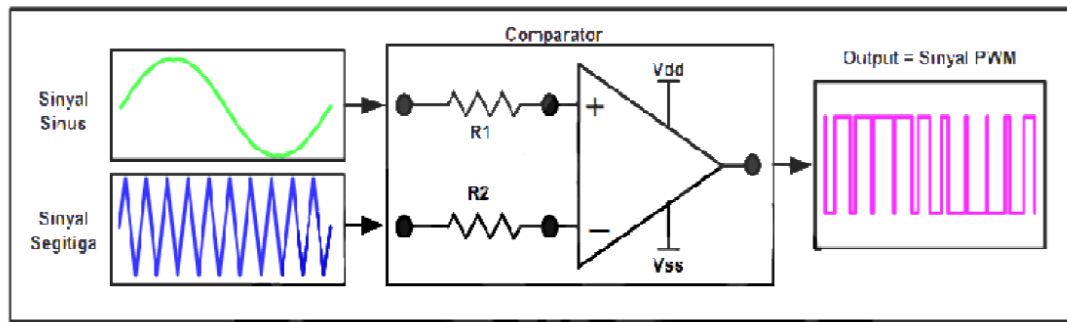
mempunyai gelombang frekuensi yang tetap namun *Duty-Cycle* yang bervariasi antara 0%-100%.



**Gambar 12. Contoh Sinyal PWM**

Dapat dilihat pada Error! Reference source not found.. karena hanya terdapat 2 kondisi amplitudo sinyal PWM (*Low* dan *High*), oleh karena itu dapat dikatakan bahwa sinyal yang ada pada PWM merupakan sinyal yang informasinya terletak pada lebar pulsa atau *widht pulse*.

Dalam pembangkitan sinyal PWM dilakukan dengan cara membandingkan antar sinyal sinusoidal dengan sinyal segitiga yang membentuk sinyal kotak. Dasar pembangkit dari sinyal PWM adalah dengan membandingkan tegangan *inverting*  $V(+)$  dengan tegangan *non-inverting* dengan menggunakan rangkaian komparator. Rangkaian komparator ditunjukkan pada Error! Reference source not found.. dibawah ini.



**Gambar 13. Rangkaian *Comparator***  
(Sumber jurnal : PWM. M.B., Slamet.2009)

Pada rangkaian *comparator* diatas memiliki prinsip kerja apabila tegangan  $V(+)$  lebih besar dari pada tegangan  $V(-)$  maka *output* dari pembanding akan mendekati  $V_{dd}$ . Sebaliknya, jika tegangan  $V(-)$  memiliki nilai lebih besar dari tegangan  $V(+)$  maka tegangan *output* dari pembanding akan mendekati  $V_{ss}$ . Apabila diberikan *input* pada PIN *inverting* yang berupa sebuah gelombang sinus dengan frekuensi tertentu, sedangkan pada *input non-inverting* berupa gelombang segitiga dengan frekuensi yang nilainya lebih tinggi maka akan dihasilkan sebuah sinyal gelombang PWM.

Dengan hanya ada 2 kondisi sinyal pada PWM (Low & High) sedang informasi PWM terletak pada perubahan lebar pulsanya, maka sinyal ini dapat dibangkitkan dengan bantuan mikrokontroler, yaitu dengan bantuan modul DFRobot mega2560, dengan membuat suatu program yang menghasilkan sinyal seperti sinyal PWM. M.B., Slamet. Pengembangan Perangkat Pelatihan Pembangkit Sinusoidal Metode PWM dan Modulasi 8-PSK Berbasis Mikrokontroler ATmega16 Mode Ideal (1 Sinus untuk 3 bit). 2009.

### **K. Motor Brushless**

Robot ini membutuhkan penggerak berupa roda yang diputar oleh motor. Spesifikasi yang harus dipenuhi oleh sistem gerak ini adalah torsi, efisiensi, dan getaran yang ditimbulkan oleh berputarnya motor dan gearbox. Motor brushless dengan getaran yang terlalu besar dapat mengganggu sensor-sensor yang digunakan pada

*robot*. Efisiensi motor berkaitan dengan durabilitas laju dari *robot*, mengingat sumber daya (*battery*) yang digunakan terbatas. Motor DC tanpa sikat (*brush*) menggunakan bahan semikonduktor untuk merubah maupun membalik arah putarannya untuk menggerakkan motor, serta tingkat kebisingan motor jenis ini rendah karena putarannya halus. (Tri Sutrisno, Himawan., Borian, Pinto.: Kursi Roda Elektris. 2012).

Motor *brushless* memiliki beberapa kelebihan yaitu: tidak adanya *storing/electrical noise* efisiensi tinggi, kecepatan dan torsi yang tinggi, respons dinamis yang tinggi, Jumlah *electromagnets* di *stator* dapat sebanyak mungkin untuk mendapatkan kontrol yang lebih akurat dan masa operasi yang panjang. Walaupun brushless DC motor memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan motor DC biasa, pengendalian brushless DC motor lebih rumit untuk mengatur kecepatan dan torsi motor. Harga brushless DC motor juga cukup mahal jika dibandingkan dengan motor DC biasa. (Dharmawan, Abe. Pengendali Motor DC Brushless dengan Metode PWM Sinusoidal Menggunakan ATmega 16. 2009).



**Gambar 14. Motor Brushless**

Motor *brushless direct current* (BLDC) tidak menggunakan sikat atau brush untuk pergantian medan magnet (komutasi) tetapi dilakukan secara komutasi elektronik. BLDC motor atau dapat disebut juga dengan BLAC motor merupakan motor listrik *synchronous* AC 3 fasa. Perbedaan pemberian nama ini terjadi karena BLDC memiliki BEMF berbentuk *trapezoid* sedangkan BLAC memiliki BEMF berbentuk sinusoidal. Walaupun demikian keduanya memiliki struktur yang sama dan dapat dikendalikan dengan metode six-step maupun metode PWM. Dibandingkan dengan motor DC jenis lainnya, BLDC memiliki biaya perawatan yang lebih rendah dan kecepatan yang lebih tinggi akibat tidak digunakannya *brush*. Dibandingkan

dengan motor induksi, BLDC memiliki efisiensi yang lebih tinggi karena rotor dan torsi awal yang, karena rotor terbuat dari magnet permanen. Walaupun memiliki kelebihan dibandingkan dengan motor jenis lain, metode pengendalian motor BLDC jauh lebih rumit untuk kecepatan dan torsi yang konsta, karena tidak adanya *brush* yang menunjang proses komutasi dan harga untuk motor BLDC jauh lebih mahal. Secara umum motor BLDC terdiri dari dua bagian, yakni, *rotor*, bagian yang bergerak, yang terbuat dari permanen magnet dan *stator*, bagian yang tidak bergerak, yang terbuat dari kumparan 3 fasa. Walaupun merupakan motor listrik *synchronous* AC 3 fasa, 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 sensor *Hall*, *timing* komutasi ditentukan dengan cara mendeteksi medan magnet *rotor* dengan menggunakan 3 buah sensor *hall* untuk mendapatkan 6 kombinasi *timing* yang berbeda, sedangkan pada *encoder*, *timing* ditentukan dengan cara menghitung jumlah *pole* (kutub) yang ada pada *encoder*.

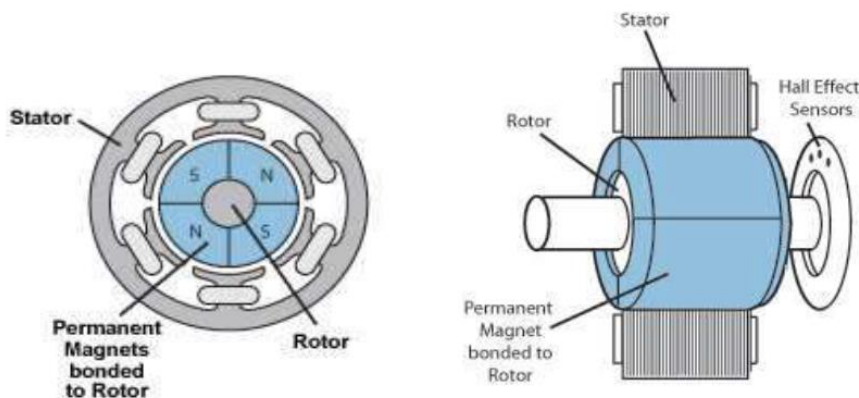
Pada umumnya *encoder* lebih banyak digunakan pada motor BLDC komersial karena *encoder* cenderung mampu menentukan *timing* komutasi lebih presisi dibandingkan dengan menggunakan sensor *hall*. Hal ini terjadi karena pada *encoder*, kode komutasi telah ditetapkan secara *fixed* berdasarkan banyak *pole* dari motor dan kode inilah yang digunakan untuk menentukan *timing* komutasi. Namun karena kode komutasi *encoder* ditetapkan secara *fixed* berdasarkan banyak *pole* motor, suatu *encoder* untuk suatu motor tidak dapat digunakan untuk motor dengan jumlah *pole* yang berbeda. Hal ini berbeda dengan sensor *hall*. Apabila terjadi perubahan *pole* rotor pada motor, posisi sensor *hall* dapat diubah dengan mudah. Hanya saja kelemahan dari

sensor *hall* adalah posisi sensor *hall* tidak tepat akan terjadi kesalahan dalam penentuan *timing* komutasi atau bahkan tidak didapatkan 6 kombinasi *timing* yang berbeda.

Adapun beberapa keuntungan brushless DC motor dengan motor DC dibandingkan dengan motor DC biasa, adalah:

1. Kecepatan yang stabil untuk melawan karakteristik tenaga putaran.
2. Responsif dan tanggapan dinamis tinggi
3. Efisiensi tinggi.
4. Tidak adanya *storing/electrical noise*.
5. Torsi awal lebih tinggi.
6. Speed range yang luas.
7. Dengan posisi *electromagnets* di bagian *stator*, maka pendinginan motor menjadi lebih mudah.
8. Jumlah *electromagnets* di *stator* dapat sebanyak mungkin untuk mendapatkan kontrol yang lebih akurat.
9. Hampir tidak ada suara saat dioperasikan.

Walaupun brushless DC motor memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan motor DC biasa, pengendalian brushless DC motor lebih rumit untuk mengatur kecepatan dan torsi motor. Harga brushless DC motor juga cukup mahal jika dibandingkan dengan motor DC biasa. ( Dharmawan, Abe. Pengendali Motor DC Brushless dengan Metode PWM Sinusoidal Menggunakan ATmega 16. 2009.)



**Gambar 15. Konstruksi Motor Brushless dengan Sensor Hall**

(Sumber : Dharmawan, Abe. Brushless dengan Metode PWM Sinusoidal 2009)

Motor BLDC ini dapat bekerja ketika stator yang terbuat dari kumparan diberikan arus 3 fasa. Akibat arus yang melewati kumparan pada stator timbul medan magnet(B):

$$B = \frac{\mu NI}{2l}$$

Dimana N merupakan jumlah lilitan, i merupakan arus, l merupakan panjang lilitan dan  $\mu$  merupakan permeabilitas bahan. Karena arus yang diberikan berupa arus AC fasa, nilai medan magnet dan polarisasi setiap kumparan akan berubah – ubah setiap saat. Akibat yang ditimbulkan dari adanya perubahan polarisasi tersebut dan besar medan magnet tiap kumparan adalah terjadinya medan putar magnet dengan kecepatan  $N_s$  :

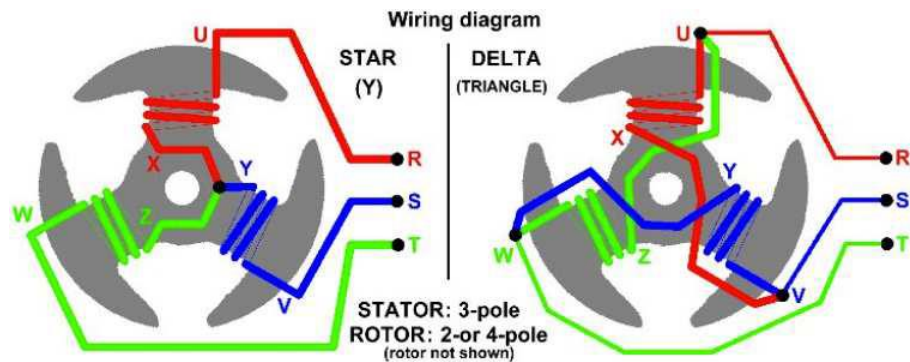
$$N_s = \frac{120 f}{p}$$

Dimana f merupakan frekuensi tegangan input dinyatakan dalam Hz per satuan detik, p merupakan jumlah kutub (pole) pada rotor dan 120 didapat dalam 1 putaran (360) per 3 fasa motor. Ketika motor berputar permanent magnet pada rotor bergerak melewati kumparan stator dan menginduksi potensial listrik dalam kumparan tersebut, maka terjadinya  $E_{mf}$ .  $E_{mf}$  berbanding lurus dengan kecepatan motor dan ditentukan dalam K.

$$\mathbf{RPM} = \mathbf{KV \times Volts}$$

$$\mathbf{BEMF} = \mathbf{RPM/KV}$$

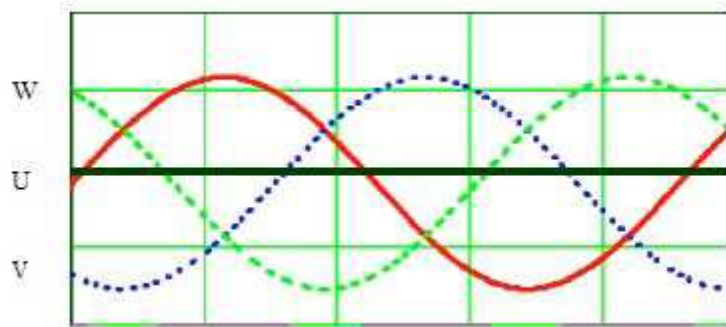
Dimana RPM (Revolutions per Minute) dan KV menyatakan kecepatan motor konstan diukur dalam RPM per volt



**Gambar 16. Wiring Diagram BLDC**

(Sumber : Journal of AN857 Microchip Corp)

Berdasarkan Error! Reference source not found.. medan putar magnet stator timbul akibat adanya perubahan polaritas pada stator U, V, dan W. Perubahan polaritas ini terjadi akibat adanya arus yang mengalir pada stator.



**Gambar 17. Tegangan stator BLDC Motor**

(Sumber : Journal of AN857 Microchip Corp)

Berdasarkan Error! Reference source not found.. ketika stator U diberikan tegangan negative maka akan timbul medan magnet dengan polaritas negative sedangkan V dan W yang diberikan tegangan positif akan memiliki polaritas positif. Akibat adanya perbedaan polaritas antara medan magnet kumparan stator dan magnet rotor, sisi positif magnet rotor akan berputar mendekati medan magnet stator U, sedangkan sisi negatifnya akan berputar mengikuti medan magnet stator V dan W. Akibat tegangan yang digunakan berupa tegangan AC sinusoidal, medan magnet stator U, V, dan W akan berubah – ubah polaritasnya dan besarnya mengikuti perubahan tegangan sinusoidal AC. Ketika U dan V memiliki medan magnet negative akibat mendapatkan tegangan negative dan W memiliki medan magnet positif akibat tegangan

positif, magnet permanen rotor akan berputar menuju ke polaritas yang bersesuaian yakni bagian negative akan berputar menuju medan magnet stator W dan sebaliknya bagian positif akan berputar menuju medan magnet stator U dan V. Selanjutnya ketika V memiliki medan magnet negative dan U serta W memiliki medan magnet positif, bagian positif magnet permanen akan berputar menuju V dan bagian negative akan menuju U dari kumparan W. Karena tegangan AC sinusoidal yang digunakan berlangsung secara kontinu, proses perubahan polaritas tegangan pada stator ini akan terjadi secara terus menerus sehingga menciptakan medan putar magnet stator dan magnet permanen rotor akan berputar mengikuti medan putar magnet stator ini. Hal inilah yang menyebabkan rotor pada BLDC dapat berputar. Dharmawan, Abe. Pengendali Motor DC Brushless dengan Metode PWM Sinusoidal Menggunakan ATmega 16. 2009.

Perbandingan tenaga putaran lebih besar dibanding dengan ukuran motor, dengan ukuran motor yang relatif kecil dapat menghasilkan torsi yang cukup besar jadi ini sangat bermanfaat bila akan digunakan pada aplikasi yang sangat kritis terhadap beban dan tempat pemasangan. Apabila menggunakan motor yang bertegangan (rpm/volt) rendah (dibawah 1000KV), ini akan mempengaruhi agresifitas proyek akhir robot ini dan efisiensi. Perkirakan beban yang akan di tanggung oleh motor, ini akan menentukan pemilihan daya motor. Setiap motor brushless punya daya dorong (trust), misalkan ;

Motor Brushless dengan trust 500gr x 4 = 2000gr  
maka berat maksimal total robot  $\frac{3}{4} \times 2000\text{gr} = 1500\text{gr}$ .

Nilai KV (Kilovolt) menjelaskan berapa kali motor berputar dalam satu menit dengan tegangan yang diberikan, tanpa motor tersebut diberi beban (contohnya, tanpa gear atau baling-baling pesawat). Misalkan jika kita mempunyai 11.1V baterai dan nilai KV dari motornya 3600. Maka motor dapat berputar  $3600 \times 11.1 = 39,960$  kali per menit.

Motor *brushless* yang digunakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut :



- *Battery*: 2-4 Cell /7.4-14.8V
- KV:3600KV
- Resist: Max Voltage:<13.2/14.8V
- IO: 2.4/1.8A
- Max Amps:45/52A
- Diameter Shaft: 2.3mm
- Length of extend shaft: 12mm, Poles: 4
- Weight: 82g
- Size(D\*H): 24\*57mm/0.94\*2.24inch
- Material: Aluminum Alloy

#### **L. Radio Control**

Radio Control merupakan perangkat elektronik yang digunakan untuk mengontrol atau mengendalikan suatu mesin atau alat dari jarak jauh. Radio Control terdiri dari 2 bagian yaitu Radio Tx dan Radio Rx (Radio Transmitter dan Radio Receiver) yang dimana Transmitter sebagai pengirim data dan Receiver sebagai penerima data, data yang dikirimkan adalah data PPM (Pulse Position Modulation) ataupun PCM ( Pulse Code Modulation). Dengan menggunakan frekuensi sistem 2,4 GHz. Terdapat beberapa jenis radio transmitter digunakan berdasar dari frekuensi yang digunakan, jumlah kanal (titik yang biasa dikontrol) minimum untuk model mobil adalah 3 channel dan fasilitas media penyimpan data digital.



**Gambar 18. Remote Control Radiolink AT-9**  
(Sumber : [www.radiolink/radiocontrol.com](http://www.radiolink/radiocontrol.com) )

*Radio transmitter* akan mengirimkan dan memancarkan sinyal-sinyal sesuai dengan posisi setiap kanal. Sinyal yang dikirimkan berbentuk tidak ada aturan baku yang mengatur sehingga perusahaan pembuat Radio Transmitter dapat membuat sinyal yang dikirimkan sesuai dengan keinginan. *Output* dari *Radio Receiver* langsung dapat digunakan untuk mengendalikan ESC dan Motor Servo karena sinyal *radio receiver* merupakan regulasi standar sinyal dalam dunia *Radio Control*. Pada pembuatan proyek akhir ini keluaran *receiver* dihubungkan dengan *port input* modul *APM* agar dapat digunakan untuk mengatur gerakan-gerakan proyek akhir robot ini pada saat berjalan melakukan inspeksi secara manual. *Radiolink* AT-9 ini memiliki 9 kanal, 1 buah digunakan untuk mengatur gerakan *throttle* yang terhubung untuk mengendalikan ESC, dan 2 kanal digunakan untuk mengendalikan arah kanan, kiri dan atas, bawah gerak Motor Servo yang membawa kamera FPV.

#### **M. Telemetry**

Perangkat telemetry merupakan perangkat yang memancarkan sinyal komunikasi atau pertukaran data pada suatu pengukuran atau suatu kendali tertentu. Sinyal telemetry merupakan hal yang sangat penting. Telemetry diperuntukan untuk memperpanjang basis sinyal-sinyal untuk kendali penerbangan pesawat, robot, *drone* atau untuk penerbangan arah rudal jelajah seperti halnya milik bangsa Yahudi. Seperti *David Sling*, *Arrow*, *Barak8*, atau *Popeye Turbo*. Namun apabila tidak ada signal-sinyal telemetry maka proyek akhir ini tidak bisa menempuh perjalanan semakin jauh. *Drone* tersebut hanya mampu terbang berdasarkan lokasi yg tidak terlampau luas. Tanpa sistem telemetry proyek akhir robot ini akan kehilangan signal atau hilang kontak dengan GCS (*Ground Control Station*). Sehingga proyek akhir prototipe ini tidak bisa berjalan lebih jauh.



**Gambar 19. Modul Telemetry**  
(Sumber : <http://telemetry-module-915m.com> )

## N. Motor Servo

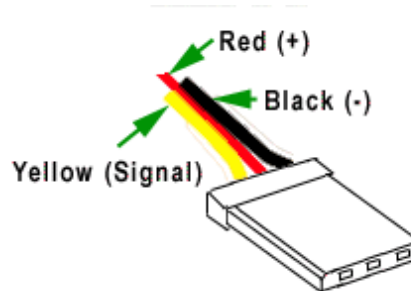
Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem closed feedback dimana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor servo ini bekerja pada input tegangan 5 Volt, terdiri dari sebuah motor, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa 1,5 ms pada periode selebar 2 ms maka sudut dari sumbu motor akan berada pada posisi tengah. Semakin lebar pulsa off maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah yang berlawanan dengan jarum jam. (Yusuf Nasution, jurnal elektro telekomunikasi terapan).

Motor servo terdiri dari dua jenis yaitu motor servo standar yang hanya dapat bergerak pada rentang sudut tertentu, biasanya  $180^\circ$  atau  $270^\circ$ , dan motor servo kontinu. Pada servo standar yang dapat dikendalikan adalah posisi poros, sedangkan servo kontinu yang dikendalikan adalah kecepatan. Pengendalian dapat dilakukan dengan mengatur lebar pulsa yang diberikan. Lebar pulsa yang diperlukan antara 0 ms sampai 2ms. Pulsa harus selalu diulang setiap 20 hingga 30 ms atau frekuensi kurang lebih 50Hz. Adapun tipe-tipe motor servo yaitu MG (Metal Gear)-995, MG-996R, MG 905, dan TowerPro SG-90 (Nurfajria Muchlis, 2011).

Motor Servo ini digunakan sebagai bracket kamera yang akan bergerak ke kanan-kiri dan ke atas bawah untuk mengarahkan gerak visual kamera. Adapun cara kerja dari motor servo ini ialah dikendalikan dengan memberikan sinyal modulasi lebar

pulsa (PWM) melalui kabel kontrol berfrekuensi 50Hz. Pada saat sinyal dengan frekuensi mencapai 50Hz pada kondisi Ton duty cycle 1,5 milisekon, maka rotor dari motor akan berhenti tepat ditengah-tengah(sudut 0). Apabila Ton duty cycle dari sinyal yang diberikan kurang dari 1.5 milisekon, maka rotor akan berputar kearah kiri dengan membentuk sudut linear terhadap besaran Ton duty cycle, dan akan bertahan diposisi tersebut. Jika Ton duty cycle dari sinyal yang diberikan lebih dari 1,5 milisekon, maka rotor akan berputar ke arah kanan dengan membentuk sudut yang linear terhadap Ton duty cycle.(Elektro kontrol.2011)

Berikut pin-pin pada motor servo :



**Gambar 20. Pin Konektor Servo**

(Sumber : <http://Servo-elektro-kontrol.com> )

**Tabel 2. Keterangan Pin-Pin Pada Motor Servo**

Warna Kabel	Keterangan
Black	Ground
Red	Tegangan +5 VDC
Yellow	I/O PWM

#### **O. Kamera FPV(First Person View)**

Kamera FPV(*First Person View*) merupakan perangkat elektronik yang digunakan oleh seorang pilot *radio control* untuk membangu atau mempermudah saat melakukan penerbangan dengan melihat secara langsung dari kamera yang terpasang secara *on board* pada pesawat dimana seorang pilot rc seperti benar-benar berada di dalam kokpit pesawat. Perangkat FPV ini terdiri dari mini kamera video, pemancar sinyal video (*Transmitter*), penerima sinyal video (*Receiver*) dan video monitor atau

video goggle. [Pemancar/transmitter](#) untuk sistem FPV relatif kecil dan *compact*. Terdapat beberapa FPV dengan peralatan yang sudah saling terintegrasi. Pemancar sinyal video berperan sebagai pemancar sinyal yang dapat diterima oleh *receiver* sinyal video yang dapat langsung dilihat pada monitor. *Transmitter* Sinyal video ini juga ini berfungsi mengubah sinyal video yang dihasilkan oleh kamera untuk kemudian dikirimkan ke stasiun darat FPV. Kamera terhubung ke pemancar melalui *circuit board* atau menggunakan kabel. Dengan perangkat FPV menggunakan secara langsung *plug and play*, cukup hanya mencolokkan konektor yang sudah tersedia. Untuk FPV custom, warna kabel menjadi sangat penting. Kabel untuk FPV adalah sama dengan semua elektronik. Kabel hitam dan merah adalah ground (-) dan power (+). Kabel lainnya yang terdapat pada kamera adalah kabel berwarna kuning (sinyal video) dan jika ada yang keempat biasanya berwarna putih, dimana itu akan menjadi kabel sinyal audio.

Untuk mendukung kinerja dari kamera FPV ini terdapat [Ground-based Video Receiver](#) adalah perangkat yang berada di darat atau GCS(*Ground Control Station*) yang memiliki fungsi untuk menerima sinyal video yang dikirimkan dari *Transmitter* sinyal video yang dilengkapi oleh perangkat FPV. Alat ini juga dilengkapi dengan satu atau dua antena yang harus saling terhubung. Ada beberapa jenis pemancar yang secara otomatis akan mengunci sinyal video, sementara beberapa jenis pemancar yang lain memiliki saklar untuk memilih gambar yang paling jelas dan sinyal terkuat. Beberapa kamera/ pemancar mungkin juga memiliki saluran pilih *switch*. Pencocokan saluran bertujuan untuk mendapatkan penerimaan sinyal yang terbaik. Pada proyek akhir ini kamera FPV ini digunakan sebagai perangkat untuk melihat keadaan atau kondisi secara langsung(*Real-Time*) pada rel kereta api.



## Gambar 21. Pin Konektor Servo

### P. Baterai Lithium Polymer (Li-Po)

Baterai Li-Po merupakan salah satu jenis baterai yang biasa digunakan dalam dunia robotika atau dunia Radio Control. Baterai Li-Po menggunakan elektrolit polimer kering seperti lapisan tipis plastik film. Lapisan tipis ini disusun secara berlapis-lapis diantara anoda dan katoda yang menimbulkan pertukaran ion. Elektrolit yang terlalu kering membuat baterai Li-Po yang menyebabkan lemahnya aliran pertukaran ion, Hal ini dapat menyebabkan penurunan pada saat *charging* dan *discharging rate*. Akan tetapi permasalahan ini dapat diatasi dengan memanaskan baterai sehingga menyebabkan pertukaran ion pada baterai lebih cepat, namun cara ini tidak dapat diaplikasikan untuk keadaan sehari-hari.

Pada pembuatan proyek akhir ini penulis menggunakan baterai LiPo(Lithium Polymer) merk Gens dengan spesifikasi 2200mAh 3S 25C. 2200mAh artinya kapasitas baterai, 3S artinya baterai ini terdapat 3 cell yang dipasang secara seri dengan tiap cell memiliki 3.7 Volt yang berarti baterai ini memiliki voltase sebesar 11.1 Volt, dan singkatan C artinya Capacity.



**Gambar 22. Baterai Lithium Polymer**  
(Sumber : [Http://tokopedia/bateraiLipo.co.id](http://tokopedia/bateraiLipo.co.id) )

### Q. Bahasa Pemrograman Python

Python ditemukan oleh seorang bernama Guido Van Rossum. Bahasa python merupakan bahasa pemrograman komputer yang dikategorikan *highlevel language*. Berbeda dengan *lowlevel language*, karena bahasa ini tidak dapat langsung dijalankan

oleh mesin , perlu diproses terlebih dahulu agar dapat dijalankan oleh mesin. Program python dapat langsung dieksekusi , tidak perlu proses *compiling* ke kode mesin. Dalam pemrograman bahasa pyhton tidak perlu penegasan pada sebuah variabel seperti *number*, *list*, dan *string*. Python diklaim sebagai bahasa yang menggabungkan kapabilitas, kemampuan, dengan sintaksis kode yang sangat jelas, dan dilengkapi dengan fungsionalitas pustaka standar yang besar serta komprehensif.



**Gambar 23. Logo Bahasa Pemrograman Pyhton**  
(Sumber : <http://logo-phyton.com> )