BAB II
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Arizal Dwiantara (2016) dalam penilitiannya mengatakan sensor accelerometer merupakan sensor percepatan berbasis *capacitive micromachined akselerometer*. Sensor ini dapat "mengindera" percepatan yang dialami sensor pada 3 sumbu (sumbu XYZ). Sensor akselerometer akan mendeteksi pergerakan dan menghasilkan pembacaan nilai sudut pergerakan. Keluaran pada akselerometer adalah berupa tegangan berbentuk sinyal analog.

Aris Pujud Kurniawan (2015) meengatakan pada pesawat tanpa awak diperlukan sistem GPS (*Global Positioning System*) agar pilot dapat mengendalikannya jarak jauh serta untuk mendukung terbang otomatis tanpa pilot. Data GPS akan dikirim ke komputer berupa informasi latitude dan longitude sehingga pilot dapat mengetahui posisi AR Drone saat terbang

Ahmad Sulkhan Taufik (2013) mengatakan Sistem navigasi dirancang agar *autonomous mobile robot* mampu mengenali posisi dan arah berdasarkan sistem koordinat Bumi, mampu malakukan koreksi arah gerak (*bearing orrection*) dan memperkirakan jarak yang telah ditempuh (odometer) untuk meningkatkan akurasi dalam mencapai posisi tujuan, dengan rute yang telah ditentukan oleh operator. Modul GPS *receiver* digunakan sebagai penentu posisi, sedangkan modul *magnetic compass* digunakan sebagai penentu arah dalam sistem navigasi.

2.2 Dasar Teori

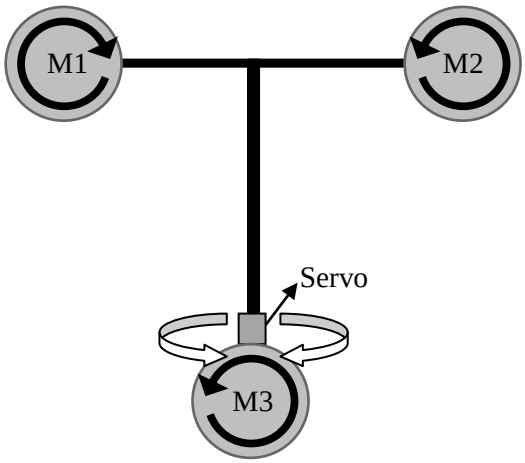
2.2.1 Multirotor

Multirotor merupakan salah satu UAV yang dengan konfigurasi *rotary-wing*. Pada multirotor sistem penggerak menggunakan 2 rotor atau lebih.

Kontrol gerak dihasilkan dengan mengatur kecepatan rotor untuk mengubah torsi dan gaya dorong dari masing-masing rotor. Dalam perkembangannya hingga saat ini, UAV dengan jenis multirotor memiliki perbedaan dalam banyaknya penggunaan rotor. Adapun jenis-jenis tersebut adalah sebagai berikut:

a. ***Tricopter***

Adalah salah satu jenis multirotor dengan jumlah rotor yang digunakan adalah 3 buah dengan tambahan 1 buah motor *servo* sebagai kontrol gerakan pada wahana ini. Berikut adalah konfigurasi pada tricopter:



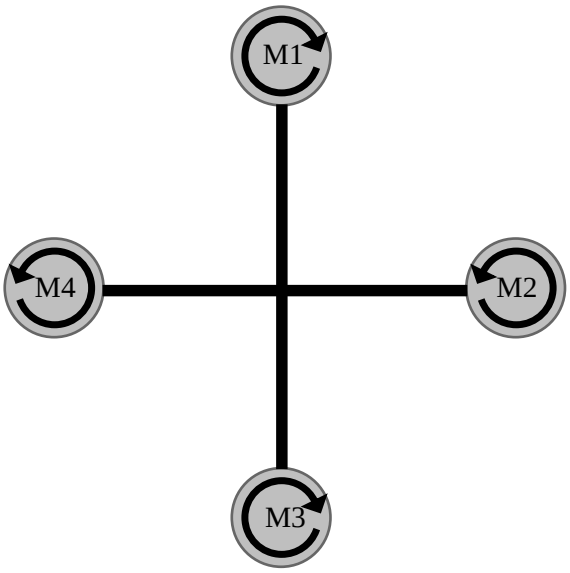
Gambar 2.1 Tricopter

Sistem kendali pada tricopter yakni dengan mengatur arah motor M3 dengan motor *servo* dan mengatur kecepatan kedua buah motor tersebut, dengan pengaturan sebagai berikut:

a. *Forward* : M1 dan M2 dikurangi kecepatannya, M3 ditambah.
b. *Back* : M1 dan M2 dikurangi kecepatannya, M3 ditambah.
c. *Turn left* : M1, M2, dan M3 berputar pada kecepatan yang sama, dan *servo* diarahkan kekanan.
d. *Turn right* : M1, M2, dan M3 berputar pada kecepatan yang sama, dan *servo* diarahkan kekiri (Utama,2013).

b. ***Quadcopter***

Quadcopter merupakan salah satu jenis dari UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*). *Quadcopter* memiliki 4 buah motor yang masing-masing dapat bergerak bersamaan ataupun tidak. Jika menginginkan suatu perpindahan dalam satu titik ke titik lain. Berdasarkan sistem konfigurasinya *quadcopter* dibedakan berdasarkan 2 tipe, yakni tipe P dan tipe X, dapat dilihat pada gambar berikut:



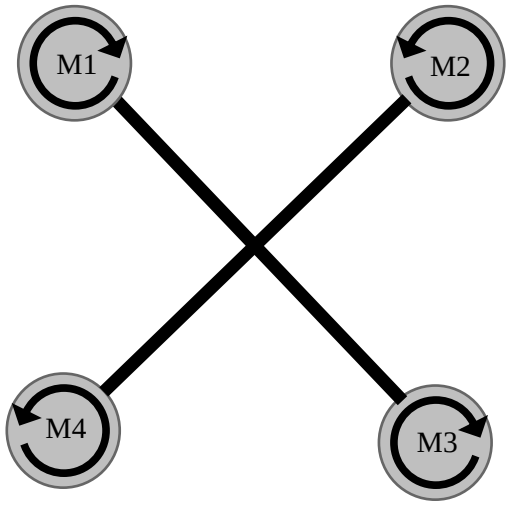
Gambar 2.2 *Quadcopter* tipe P

Sistem kendali pada quadcopter P yakni dengan mengatur kecepatan masing-masing motor sehingga menimbulkan torsi yang berbeda, dengan pengaturan sebagai berikut:

a. *Forward* : M2 dan M4 berputar pada kecepatan yang sama, M1 dengan kecepatan lebih rendah dibanding M3.
b. *Back* : M2 dan M4 berputar pada kecepatan yang sama, M3 dengan kecepatan lebih rendah dibanding M1.
c. *Turn left* : M1 dan M3 berputar pada kecepatan yang sama, M4 dengan kecepatan lebih rendah dibanding M3.

d. *Turn right* : M1 dan M3 berputar pada kecepatan yang sama, M3 dengan kecepatan lebih rendah dibanding M4 (Utama,2013).

Pada quacopter X konfigurasi dapat dilihat pada gambar berikut:



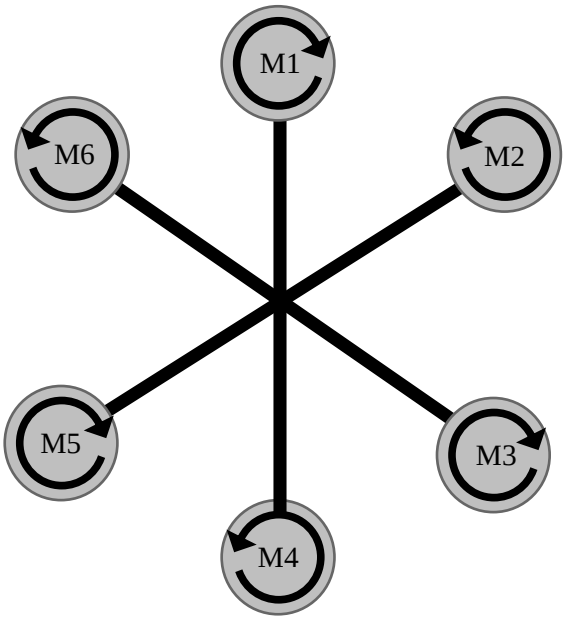
Gambar 2.3 *Quadcopter* tipe X

Sistem kendali pada quadcopter X yakni dengan mengatur kecepatan masing-masing motor sehingga menimbulkan torsi yang berbeda, dengan pengaturan sebagai berikut:

a. *Forward* : M1 dan M2 berputar kecepatan lebih rendah dibanding M3 dan M4.
b. *Back* : M3 dan M4 berputar kecepatan lebih rendah dibanding M1 dan M2.
c. *Turn left* : M1 dan M3 berputar kecepatan lebih rendah dibanding M2 dan M4.
d. *Turn right* : M2 dan M4 berputar kecepatan lebih rendah dibanding M1 dan M3 (Utama,2013).

c. ***Hexacopter***

Adalah salah satu jenis multirotor dengan jumlah rotor yang digunakan adalah 6 buah sebagai kontrol gerakan pada wahana ini. Adapun konfigurasi pada *hexacopter* adalah sebagai berikut:



Gambar 2.4 *Hexacopter*

Sistem kendali pada heksacopter yakni dengan mengatur kecepatan masing-masing motor sehingga menimbulkan torsi yang berbeda, dengan pengaturan sebagai berikut:

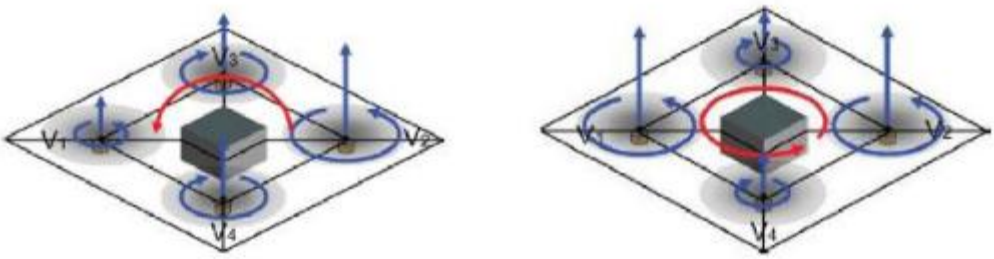
a. *Forward* : M1, M2, M6 berputar dengan kecepatan yang lebih rendah dibandingkan dengan kecepatan M3, M4, dan M5.
b. *Back* : M3, M4, M5 berputar dengan kecepatan yang lebih rendah dibandingkan dengan kecepatan M1, M2, dan M6.
c. *Turn left* : M1, M2, M3, dan M4 berputar kecepatan lebih rendah dibanding M5 dan M6.
d. *Turn right* : M1, M6, M5, dan M4 berputar kecepatan lebih rendah dibanding M2 dan M3 (Utama,2013).

Pada penelitian ini, digunakan multirotor quadcopter , karena quadcopter memiliki beberapa keunggulan sebagai berikut:

1. Biaya lebih murah dibandingkan dengan hexacopter.
2. Memiliki efisiensi yang lebih lama dibandingkan hexacopter.
3. Memiliki daya angkut *payload* lebih besar dibandingkan bicopter, dan tricopter.
4. Mudah dioperasikan.
5. Memiliki kestabilan yang lebih baik dibanding *bicopter* dan *tricopter*.

2.2.2 *Quadcopter*

Quadrotor atau *quadcopter* memiliki 4 buah motor yang masing-masing dapat bergerak bersamaan atau pun tidak. Jika menginginkan suatu perpindahan dalam satu titik ke titik lain satu tempat ke tempat lain, dibutuhkan diferensial kecepatan pada motor *quadrotor* karena prinsip kerja dari pergerakan *quadrotor* bertitik pada kecepatan motor masing-masing sisi.



2.5 (a) **2.5** (b)

Gambar 2.5 Quadrotor helikopter dikontrol dengan memvariasikan (a) Pitch dan roll (b) Yaw

Percepatan vertikal dikendalikan oleh kecepatan total dari semua rotor, dan percepatan lateral dikendalikan melalui *pitch* dan *roll* pesawat.

2.2.3 Arduino Uno (ATMega 328)

Gambar 2.6 Arduino *Board* (www.arduino.cc)

Arduino UNO adalah sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328 (*datasheet)*. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital masukan/keluaran (6 di antaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input analog*, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *powerjack*, sebuah *ICSP header*, dan sebuah tombol *reset*. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah computer dengan sebuah kabel USB atau menyuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya.

Berikut ini adalah fitur-fitur dari Arduino Uno :

- Pinout 1.0: ditambah pin SDA dan SCL yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya yang diletakkan dekat dengan pin *RESET*, IOREF yang memungkinkan *shield-shield* untuk menyesuaikan tegangan yang disediakan dari *board*. Untuk ke depannya, shield akan dijadikan kompatibel/cocok dengan *board* yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan tegangan 5V dan dengan Arduino *Due* yang beroperasi

dengan tegangan 3.3V. Yang kedua ini merupakan sebuah pin yang tak terhubung, yang disediakan untuk tujuan kedepannya.

- Sirkuit *RESET* yang lebih kuat
- Atmega 16U2 menggantikan 8U2

Ringkasan

- Mikrokontroler : ATmega328
- Tegangan pengoperasian : 5V
- Tegangan input yang disarankan : 7-12V
- Batas tegangan input : 6-20V
- Jumlah pin I/O digital : 14 (6 menyediakan keluaran PWM)
- Jumlah pin input analog : 6
- Arus DC tiap pin I/O : 40 mA
- Arus DC untuk pin 3.3V : 50 mA
- Memori Flash : 32 KB (ATmega328),
- SRAM : 2 KB (ATmega328)

a. Daya (*power*)

Arduino UNO dapat disuplai melalui koneksi USB atau dengan sebuah power suplai eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Suplai eksternal (non-USB) dapat diperoleh dari sebuah adaptor AC ke DC atau *battery*. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan sebuah *center-positive plug* yang panjangnya 2,1 mm ke *power jack* dari *board*. Kabel lead dari sebuah battery dapat dimasukkan dalam header/kepala pin *Ground* (Gnd) dan pin Vin dari konektor *POWER*.

Board Arduino UNO dapat beroperasi pada sebuah suplai eksternal 6 sampai 20 Volt. Jika disuplai dengan yang lebih kecil dari 7 V, kiranya pin 5 Volt mungkin mensuplai kecil dari 5 Volt dan board Arduino UNO bisa menjadi tidak stabil. Jika menggunakan suplai yang lebih dari besar 12 Volt,

voltage regulator bisa kelebihan panas dan membahayakan board Arduino UNO. *Range* yang direkomendasikan adalah 7 sampai 12 Volt.

Pin-pin dayanya adalah sebagai berikut:

- VIN. Tegangan input ke Arduino *board* ketika *board* sedang menggunakan sumber suplai eksternal (seperti 5 Volt dari koneksi USB atau sumber tenaga lainnya yang diatur). Kita dapat menyuplai tegangan melalui pin ini, atau jika penyuplaian tegangan melalui *power jack*, aksesnya melalui pin ini.
- 5V. Pin output ini merupakan tegangan 5 Volt yang diatur dari *regulator* pada *board*. *Board* dapat disuplai dengan salah satu suplai dari DC *powerjack* (7-12V), *USB connector* (5V), atau pin VIN dari *board* (7-12). Penyuplaian tegangan melalui pin 5V atau 3,3V mem*bypassregulator*, dan dapat membahayakan *board*. Hal itu tidak dianjurkan.
- 3V3. Sebuah suplai 3,3 Volt dihasilkan oleh regulator pada board. Arus maksimum yang dapat dilalui adalah 50 mA.
- GND. Pin ground.

b. Memori

ATmega328 mempunyai 32 KB (dengan 0,5 KB digunakan untuk *bootloader*). ATmega 328 juga mempunyai 2 KB SRAM dan 1 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis (*RW/read and written*) dengan *EEPROM library*).

c. Input dan Output

Setiap 14 pin digital pada Arduino Uno dapat digunakan sebagai input dan output, menggunakan fungsi *pinMode(), digitalWrite(),* dan *digitalRead()*. Fungsi-fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 Volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40 mA dan mempunyai

sebuah *resistorpull-up* (terputus secara *default*) 20-50 kOhm. Selain itu, beberapa pin mempunyai fungsi-fungsi spesial:

- Serial: 0 (RX) dan 1 (TX) digunakan untuk menerima (RX) dan memancarkan (TX) *serial data* TTL (*Transistor-Transistor Logic*). Kedua pin ini dihubungkan ke pin-pin yang sesuai dari chip *Serial Atmega8U2* USB-ke-TTL.
- ExternalInterrupts: 2 dan 3. Pin-pin ini dapat dikonfigurasikan untuk dipicu sebuah interrupt (gangguan) pada sebuah nilai rendah, suatu kenaikan atau penurunan yang besar, atau suatu perubahan nilai. Lihat fungsi attachInterrupt() untuk lebih jelasnya.
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Memberikan 8-bit PWM output dengan fungsi analogWrite().
- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin-pin ini mensupport komunikasi SPI menggunakan SPI library.
- LED: 13. Ada sebuah LED yang terpasang, terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai HIGH LED menyala, ketika pin bernilai LOW LED mati.

Arduino UNO mempunyai 6 input analog, diberi label A0 sampai A5, setiapnya memberikan 10 bit resolusi (contohnya 1024 nilai yang berbeda). Secara default, 6 input analog tersebut mengukur dari ground sampai tegangan 5 Volt, dengan itu mungkin untuk mengganti batas atas dari rangenya dengan menggunakan pin AREF dan fungsi *analogReference()*. Di sisi lain, beberapa pin mempunyai fungsi spesial: TWI: pin A4 atau SDA dan pin A5 atau SCL. Mensupport komunikasi TWI dengan menggunakan *Wire library*.

Ada sepasang pin lainnya pada *board*:

- AREF. Referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan analogReference().

- Reset. Membawa saluran ini LOW untuk mereset mikrokontroler. Secara khusus, digunakan untuk menambahkan sebuah tombol reset untuk melindungi yang memblock sesuatu pada *board*.

d. Komunikasi

Arduino UNO mempunyai sejumlah fasilitas untuk komunikasi dengan sebuah komputer, Arduino lainnya atau mikrokontroler lainnya. Atmega 328 menyediakan serial komunikasi UART TTL (5V), yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Sebuah Atmega 16U2 pada *channelboard* serial komunikasinya melalui USB dan muncul sebagai sebuah *portvirtual* ke *software* pada komputer. *Firmware* 16U2 menggunakan *driver* USB COM standar, dan tidak ada driver eksternal yang dibutuhkan. Bagaimanapun, pada *Windows*, sebuah file ini pasti dibutuhkan. Software Arduino mencakup sebuah serial monitor yang memungkinkan data tekstual terkirim ke dan dari*board* Arduino. LED RX dan TX pada *board* akan menyala ketika data sedang di*transmit* melalui chip USB-to-serial dan koneksi USB pada komputer (tapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1).

Sebuah *Software Serial library* memungkinkan untuk komunikasi serial pada beberapa pin digital UNO. Atmega328 juga mensupport komunikasi I2C (TWI) dan SPI. *Software* Arduino mencakup sebuah *Wire library* untuk memudahkan menggunakan *bus I2C*.

e. *Programming*

Arduino UNO dapat diprogram dengan *software* Arduino (*download*). Pilih “Arduino Uno dari *menu Tools>Board* (termasuk *mikrokontroler* pada *board*). Untuk lebih jelas, lihat referensi dan tutorial.

ATmega328 pada Arduino Uno hadir dengan sebuah *bootloader* yang memungkinkan kita untuk meng*upload* kode baru ke ATmega328 tanpa

menggunakan pemrogram hardware eksternal. ATmega328 berkomunikasi menggunakan protokol STK500 asli (referensi, *file C header*) Kita juga dapat mem*bypassbootloader* dan program mikrokontroler melalui kepala/*header ICSP* (*In-Circuit Serial Programming*), Sumber kode *firmware* ATmega16U2 (atau 8U2 padaboard revisi 1 dan revisi 2) tersedia. ATmega16U2/8U2 diload dengan sebuah *bootloader* DFU, yang dapat diaktifkan dengan:

- Pada *board* Revisi 1: Dengan menghubungkan jumper solder pada belakang *board* dan kemudian mereset 8U2
- Pada *board* Revisi 2 atau setelahnya: Ada sebuah resistor yang menarik garis HWB 8U2/16U2 ke ground, dengan itu dapat lebih mudah untuk meletakkan ke dalam mode DFU. Kita dapat menggunakan software *Atmel's FLIP* (*Windows*) atau pemrogram DFU (*Mac OS X* dan *Linux*) untuk me*load* sebuah *firmware* baru. Atau kita dapat menggunakan header ISP dengan sebuah pemrogram eksternal (meng*overwritebootloader* DFU)

f. Reset Otomatis (*Software*)

Arduino Uno didesain pada sebuah cara yang memungkinkannya untuk direset dengan *software* yang sedang berjalan pada pada komputer yang sedang terhubung. Salah satu garis kontrol aliran *hardware* (DTR) dari ATmega8U2/16U2 dihubungkan ke garis *reset* dari ATmega328 melalui sebuah kapasitor 100 *nanofarad*. Ketika saluran ini dipaksakan (diambil rendah), garis reset jatuh cukup panjang untuk mereset chip. Software Arduino menggunakan kemampuan ini untuk memungkinkan kita untuk mengupload kode dengan mudah menekan tombol upload di software Arduino. Ini berarti bahwa *bootloader* dapat mempunyai sebuah batas waktu yang lebih singkat, sebagai penurunan dari DTR yang dapat menjadi koordinasi yang baik dengan memulai pengupload.

Pengaturan ini mempunyai implikasi. Ketika Arduino Uno dihubungkan ke sebuah komputer lain yang sedang running menggunakan OS Mac X atau Linux, Arduino Uno mereset setiap kali sebuah *koneksi* dibuat dari software (melalui USB). Untuk berikutnya, setengah-detik atau lebih, bootloader sedang berjalan pada Arduino UNO. Ketika Arduino UNO diprogram untuk mengabaikan data yang cacat/salah (contohnya apa saja selain sebuah penguploadan kode baru) untuk menahan beberapa bit pertama dari data yang dikirim ke board setelah sebuah koneksi dibuka. Jika sebuah sketch sedang berjalan pada board menerima satu kali konfigurasi atau data lain ketika sketch pertama mulai, memastikan bahwa *software* yang berkomunikasi menunggu satu detik setelah membuka koneksi dan sebelum mengirim data ini.

Arduino Uno berisikan sebuah jejak yang dapat dihapus untuk mencegah reset *otomatis*. Pad pada salah satu sisi dari jejak dapat disolder bersama untuk mengaktifkan kembali. Pad itu diberi label "*RESET-RN*" Kita juga dapat menonaktifkan reset otomatis dengan menghubungkan sebuah resistor 110 ohm dari tegangan 5V ke garis *reset.*

g. Proteksi Arus Lebih USB

Arduino UNO mempunyai sebuah sekring reset yang memproteksi port USB komputer dari hubungan pendek dan arus lebih. Walaupun sebagian besar komputer menyediakan proteksi internal sendiri, sekring menyediakan sebuah proteksi tambahan. Jika lebih dari 500 mA diterima *port USB*, sekring secara otomatis akan memutuskan koneksi sampai hubungan pendek atau kelebihan beban hilang.

h. PWM (*Pulse Width Modulation*) di Arduino

Cara membuat PWM di Arduino UNO dengan cara menggunakan pin *digital*, yaitu 3, 5, 6, 9,10, 11. Berikut ini contoh program dan cara membuat PWM pada arduino:

```
const int LED = 9; // pin untuk menyalakan led
int i = 0; // digunakan untuk menghitung naik dan turun
void setup() {
pinMode(LED, OUTPUT); // led arduino sebagai output
}
void loop(){
for (i = 0; i < 255; i++) { // looping dari 0 sampai 254
analogWrite(LED, i); // mengeset kecerahan nyala led
delay(10); // delay 10 milidetik

for (i = 255; i > 0; i--) { // looping dari 255 sampai 1
analogWrite(LED, i); // mengeset kecerahan nyala led
delay(10); // delay 10 milidetik
}
```

Agar LED (*Light Emitting Diode*) dapat bekerja, LED di hubungkan pada pin 9 yang dideklarasikan pada program sebagai angka 9 yang dijadikan sebagai output. Nilai PWM dari LED, dengan nilai 8 bit, ditambahkan dan dikurangi nilai dari PWM tersebut secara dengan *delay* 10 ms agar kecerahan dari LED dapat terlihat.

2.2.4 Motor BLDC *(Brushless Direct Current)*

Quadcopter membutuhkan penggerak berupa baling-baling yang diputar oleh motor. Spesifikasi yang harus dipenuhi oleh sistem gerak ini adalah torsi, efisiensi dan getaran yang ditimbulkan oleh berputarnya motor dan baling-baling.*Brushless Direct Current Motor* atau biasa disebut BLDC adalah motor DC yang proses komutasinya tidak menggunakan sikat seperti motor DC pada umumnya (Sihaloho:2014).

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 (Edu:2014).

Motor *brushless* merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar *propeller*. Pemilihan motor *brushless* ditekankan pada karakteristik motor *brushless* terebut yaitu dari *revolution per minute* (RPM), KV, motor, arus yang dikonsumsi, beirat motor daya angkat motor terhadap beban dan harga jual dari motor tersebut (Sihaloho:2014).

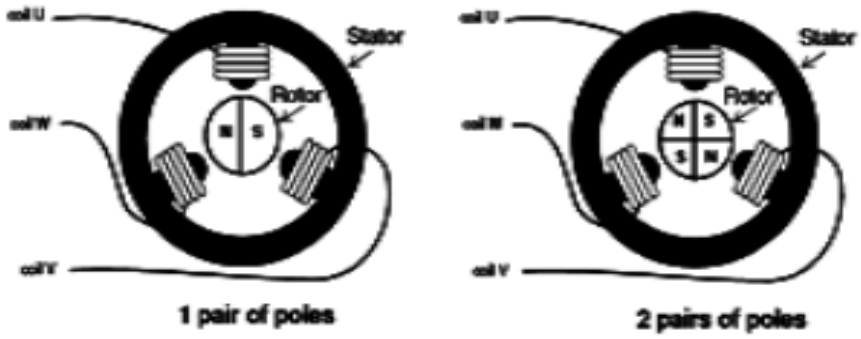
Secara umum motor BLDC terdiri dari dua bagian, yakni, *rotor*, bagian yang bergerak, yang terbuat dari permanen magnet dan *stator*, bagian yang tidak bergerak, yang terbuat dari kumparan 3 fasa. Walaupun merupakan motor listrik *synchronous* AC 3 fasa, motor ini tetap disebut dengan BLDC karena pada 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 (Edu:2014). Bagian-bagian *brushless motor* adalah sebagai berikut:

a. Stator

   Dasar dari stator *brushless motor* adalah sebuah stator dengan memiliki tiga buah gulungan.

b. Rotor

Rotor pada *brushless motor* terdiri dari beberapa magnet permanen. Jumlah kutub magnet di rotor juga mempengaruhi ukuran langkah dan riak torsi dari motor. Jumlah kutub yang banyak akan memberikan gerakan presisi dan riak torsi yang kecil. Magnet permanen terdiri dari 1 sampai 5 pasang kutub. Dalam kasus tertentu bisa 8 pasang kutub (Utama:2013).



Gambar 2.7 Tiga Kumparan Stator Tiga Fasa dan Rotor Motor DC Brushless (Utama:2013)

Beberapa keuntungan brushless DC motor dengan motor DC dibandingkan dengan motor DC biasa, adalah:

1. Lebih tahan lama, karena tidak memerlukan perawatan terhadap sikapnya.
2. Memiliki tingkat efisiensi yang tinggi.
3. Torsi awal yang tinggi.
4. Kecepatan yang tinggi, tergantung pada kekuatan medan magnet yang dihasilkan oleh arus yang dibangkitkan dari kendali penggeraknya.

2.2.5 ESC (*Electrical Speed Control*)

Sebuah modul rangkaian elektronik yang berfungsi untuk mengatur putaran motor dengan mengatur suplai arus yang disesuaikan dengan kebutuhan motor *brushless* (Sihaloho:2014)

Gambar 2.8 ESC (www.banggood.com)

Kalau dilihat dari fungsinya, kerja ESC untuk *quadcopter* ini bekerja dan dipengaruhi oleh 2 faktor:

1. Kuat arus (Ampere) untuk di berikan motor untuk mengontrol Speed Ampere ESC harus lebih besar dari pada motor/minimal Arus ESC = Arus Motor. Misalkan motor mampu menyedot arus maksimal 30a, ESC harus minimal 30 A atau lebih besar. Jika ESC arusnya lebih kecil dari motornya, maka daya kerja ESC akan semakin lebih besar untuk mensupply arus untuk diberikan ke motor, dan bisa mengakibatkan ESC cepat panas dan terbakar, terlebih motor bergerak dalam keadaan mengankat beban.
2. Dipengaruhi oleh bobot *quadcopter*. Jika beban (bobot *quadcopter*) semakin besar, maka nilai Ampere ESC yang digunakan juga semakin besar. Hal ini sangat berpengaruh terhadap kemampuan *quadcopter* saat mengangkat beban.

2.2.6 GPS (*Global Positioning Sistem*)

GPS atau *Global Positioning System*, merupakan sebuah alat atau sistem yang dapat digunakan untuk menginformasikan penggunanya berada (secara global) di permukaan bumi yang berbasiskan satelit. Data dikirim dari satelit berupa sinyal radio dengan data digital. Di manapun posisi saat ini, maka

GPS bisa membantu menunjukan arah, selama masih terlihat langit. Layanan GPS ini tersedia gratis bahkan tidak perlu mengeluarkan biaya apapun kecuali membeli GPS *recierver*-nya.

Gambar 2.9 Orbit Satelit GPS (www8.garmin.com)

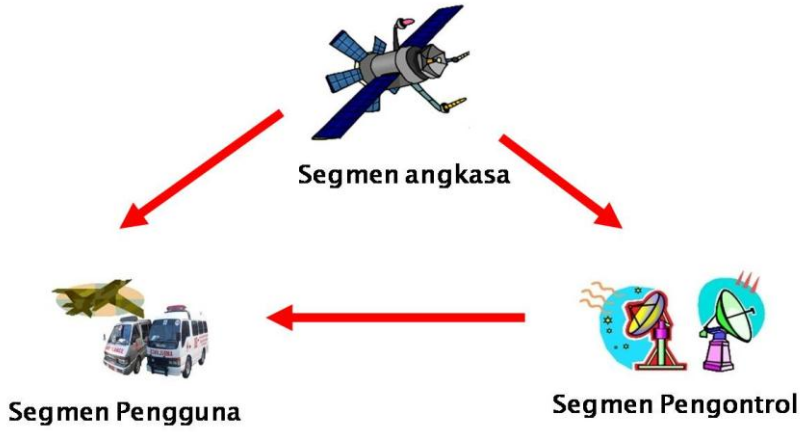
Awalnya GPS hanya digunakan hanya untuk kepentingan militer, tapi pada tahun 1980-an dapat digunakan untuk kepentingan sipil. GPS dapat digunakan di manapun juga dalam 24 jam. Posisi unit GPS akan ditentukan berdasarkan titik-titik koordinat derajat lintang dan bujur.

a. Pengertian GPS

Menurut (Winardi, 2006) GPS adalah sistem untuk menentukan letak di permukaan bumi dengan bantuan penyelarasan (*synchronization*) sinyal satelit. Sistem ini menggunakan 24 satelit yang mengirimkan sinyal gelombang mikro ke Bumi. Sinyal ini diterima oleh alat penerima di permukaan dan digunakan untuk menentukan letak, kecepatan, arah, dan waktu. Sistem yang serupa dengan GPS antara lain GLONASS Rusia, Galileo Uni Eropa, IRNSS India.

Sistem GPS, yang nama aslinya adalah NAVSTAR GPS (Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System), mempunyai tiga segmen yaitu satelit, pengontrol, dan penerima/ pengguna. Satelit GPS yang mengorbit bumi, dengan orbit dan kedudukan yang tetap (koordinatnya pasti), seluruhnya berjumlah 24 buah dengan perincian bahwa 21 buah aktif bekerja dan 3 buah sisanya adalah cadangan.

b. Segmen penyusun sistem GPS



Gambar 2.10 Segmen Penyusun GPS (https://kadeksri.files.wordpress.com)

Sistem GPS tediri atas tiga segmen utama, yaitu segmen angkasa (*space segment*), segmen sistem kontrol (*control system segment*), dan segmen pengguna (*user segment*).

1. Segmen Angkasa

Segmen angkasa terdiri dari 24 buah satelit GPS yang secara kontinyu memancarkan sinyal–sinyal yang membawa data kode dan pesan navigasi yang berguna untuk penentuan posisi, kecepatan, dan waktu. Satelit-satelit tersebut ditempatkan pada enam bidang orbit dengan periode orbit 12 jam dan ketinggian orbit 20.200 km di atas permukaan bumi.

Keenam orbit tersebut memiliki jarak spasi yang sama dan berinklinasi 55o terhadap ekuator dengan masing-masing orbit ditempati oleh empat buah satelit dengan jarak antar satelit yang tidak sama.

2. **Segmen Sistem Kontrol**

   Segmen sistem kontrol terdiri dari *Master Control Station* (MCS), *Ground* Station, dan beberapa *Monitor Station* (MS) yang berfungsi untuk mengontrol dan memonitor pergerakan satelit.

3. **Segmen Pengguna**

   Segmen pengguna terdiri dari para pengguna satelit GPS baik yang ada di darat, laut maupun udara Dalam hal ini *receiver* GPS dibutuhkan untuk menerima dan memproses sinyal-sinyal dari GPS untuk digunakan dalam penentuan posisi, kecepatan, dan waktu.

c. Penentuan Posisi Absolut dengan GPS

Penentuan posisi dengan GPS adalah penentuan posisi tiga dimensi yang dinyatakan dalam sistem koordinat kartesian (X,Y,Z) dalam datum WGS (*World Geodetic System)* 1984. Untuk keperluan tertentu, koordinat kartesian tersebut dapat dikonversi ke dalam koordinat geodetik (φ,λ,h). Titik yang akan ditentukan posisinya dapat diam (*static positioning*) maupun bergerak (*kinematic positioning*). Penentuan posisi absolut merupakan metode penentuan posisi yang paling mendasar dan paling banyak digunakan untuk aplikasi-aplikasi yang idak memerlukan tingkat ketelitian posisi yang tinggi dan tersedia secara instant *real-time*) seperti pada aplikasi navigasi wahana bergerak (darat, laut dan udara).

1. Prinsip Penentuan Posisi Absolut dengan GPS

Prinsip dasar penentuan posisi absolut dengan GPS adalah dengan reseksi jarak ke beberapa satelit GPS sekaligus yang koordinatnya telah

diketahui. Pada penentuan posisi absolut dengan data *pseudorange*, jarak pengamat (*receiver*) ke satelit GPS ditentukan dengan mengukur besarnya waktu tempuh sinyal GPS dari satelit ke *receiver* pengamat. Waktu tempuh ditentukan dengan menggunakan teknik korelasi kode (*code correlation technique*) dimana sinyal GPS yang datang dikorelasikan dengan sinyal replika yang diformulasikan dalam *receiver*. Jarak dari *receiver* ke pengamat kemudian dapat ditentukan dengan mengalikan waktu tempuh dengan kecepatan cahaya. Karena ada perbedaan waktu pada jam satelit dan jam *receiver* maka data jarak yang diperoleh bukan merupakan jarak yang sebenarnya melainkan jarak *pseudorange.*

2. Ketelitian Posisi Absolut

Ketelitian posisi absolut GPS sangat bergantung pada tingkat ketelitian data pseudorange serta geometri dari satelit pada saat pengukuran. Ketelitian posisi GPS = Geometri Satelit x Ketelitian *Pseudorange* faktor–faktor yang mempengaruhi ketelitian penentuan posisi dengan GPS adalah sebagai berikut:

a. Satelit, seperti kesalahan ephemeris (orbit) dan jam satelit.
b. Medium propagasi, seperti bias ionosfer dan bias troposfer yang mempengaruhi kecepatan (memperlambat) dan arah perambatan sinyal GPS.
c. Receiver GPS, seperti kesalahan jam receiver, kesalahan yang terkait dengan antena dan noise (derau). Kesalahan-kesalahan ini bergantung pada kualitas dari receiver GPS dan berbanding lurus dengan harga dari receiver GPS, semakin tinggi harga receiver, semakin tinggi kualitasnya.
d. Lingkungan sekitar receiver GPS, seperti multipath yaitu fenomena dimana sinyal GPS yang tiba di antena receiver GPS merupakan

resultan dari sinyal yang langsung dari GPS dan sinyal yang dipantulkan oleh benda-benda di sekeliling *receiver* GPS.

d. Format Data Keluaran GPS

Receiver GPS memiliki format keluaran sebanyak lima (5) jenis yaitu NMEA 0180, NMEA 0182, NMEA 0183, AVIATION, dan PLOTTING. Format data tersebut ditetapkan oleh NMEA (*National Maritime Electronic Association*) dan dapat dikoneksikan ke komputer melalui *port* komunikasi *serial* dengan menggunakan kabel RS-232. NMEA telah menetukan tipe data untuk bermacam-macam aplikasi, contohnya *Global Navigation Satellite System* (GNSS), GPS, Loran, Omega, Transit, dan juga untuk beberapa manufaktur. Tujuh tipe data berikut secara luas digunakan pada GPS modul untuk memberikan informasi GPS:

1. GGA (GPS data fix, data fix untuk *Global Positioning System*)
2. GGL (Posisi geografi-Latitude/Longitude)
3. GSA (GNSS DOP dan satelit aktif, penurunan akurasi dan jumlah satelit padaGlobal Satellite Navigation System)
4. GSV (Satelite GNSS yang terlihat)
5. RMC (Recommended Minimum Specific GNSS data)
6. VTG (kecepatan)
7. ZDA (tanggal dan waktu)

1. NMEA Output

Output dari pesawat penerima GPS memiliki struktur tertentu yang disebut NMEA output. Contoh struktur output beserta cara pembacaannya yaitu sebagai berikut :

$GPRMC,180432,A,4027.027912,N,08704.857070,W,000.04,181.9,131000,1.8,W,D *25, esi4001

Tabel 2.1. Tabel NMEA Output GPRMC

karakter	Deskripsi
$	Mulai dari set data
GP	Informasi yang menunjukkan pengguna GPS
RMC	Identitas set data
180432	UTC dari penentuan posisi dalam format hhmmss.ss (18 jam, 4 mnt dan 32 detik)
A	Status (A-data valid, V-peringatan)
4027.027912	Latitude geografis dalam format ddmm.mmmmm.m (40 derajat dan 27.027912 menit)
N	Arah dari latitude (N–North, S–South)
08704.857070	Longitude geografis dalam format dddmm.mmmmm.m (87 derajat dan 4.85707 menit)
W	Arah dari longitude (E–East, W–West)
000.04	Kecepatan diatas tanah (0.04 knot)
181.9	Track made good (heading) (181.9º)
131000	Tanggal dalam format ddmmyy (Oktober 13, 2000)
1.8	Variasi kompas(1.8º)

e. Cara kerja GPS

Setiap satelit GPS mengirimkan dua sinyal, *Precise Positioning System* (PPS) dan *Standar Positioning System* (SPS). Sinyal PPS dienskripsi dengan kode akses militer, sedangkan SPS tidak dienskripsi. Pengrirman kode informasi menggunakan gelombang mikro dengan frekuensi 1575,42 MHz. Tidak seperti sinyal yang berasal dari bumi, sinyal SPS lebih tahan dari interferensi waktu malam, dan tidak dipengaruhi oleh cuaca dan noise elektris.

Sinyal SPS terdiri dari dua tipe data orbit, *almanac*, dan *epheremis*. Data *almanac* berisi kekuatan sinyal dan perkiraan lokasi dari setiap satelit pada sistem. Penerima GPS mengumpulkan data *almanac* dari satelit yang ada yang kemudian menggunakannya untuk menentukan lokasi satelit yang seharusnya dapat dilihat dari lokasi penerima. Data *ephemeris* berisi orbit parameter yang tepat dari satelit yang bersangkutan.

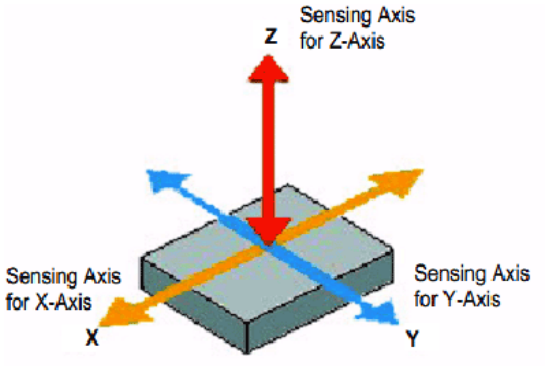
Penerima GPS menerima sinyal dari tiga atau empat satelit pada saat yang sama dan menentukan posisi fix dengan menggunakan interval antara pengiriman dan penerimaan dari sinyal satelit. Tiga satelit dibutuhkan untuk posisi dua dimensi. Posisi dua dimensi hanya menunjukkan posisi. Empat satelit dibutuhkan untuk posisi tiga dimensi, yang menunjukkan posisi dan elevasi.

2.2.7 Sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU)

Quadcopter memerlukan sensor-sensor seperti IMU *(Inertial Measurement Unit*), yakni terdiri dari snesor Gyroscope, accelerometer dan Magnetometer (kompas). Sensor-sensor ini yang akan mengukur besaran-besaran pada saat penerbangan, seperti sudut orientasi UAV (roll, pitch, yaw).

a. Accelerometer

Akselerometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur percepatan, mendeteksi, mengukur getaran (vibrasi), dan mengukur percepatan akibat gravitasi (inklinasi). Akselerometer dapat digunakan untuk mengukur getaran pada mobil, mesin, bangunan, dan instalasi pengamanan. Akselerometer juga dapat diaplikasikan pada pengukuran aktivitas gempa bumi dan peralatan-peralatan elektronik, seperti permainan 3 dimensi, mouse komputer, dan telepon.

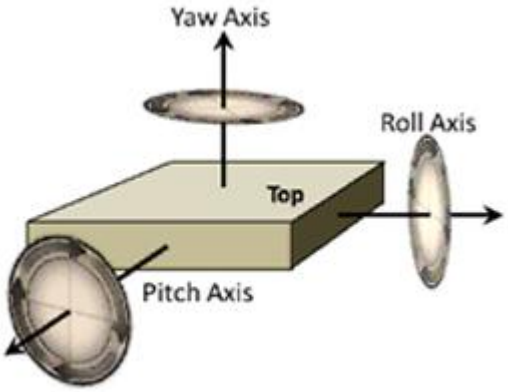


Gambar 2.11 Sumbu pada accelerometer (www.engineersgarage.com)

Percepatan merupakan suatu keadaan berubahnya kecepatan terhadap waktu. Bertambahnya suatu kecepatan dalam suatu rentang waktu disebut percepatan (*acceleration*). Namun, jika kecepatan semakin berkurang daripada kecepatan sebelumnya, disebut perlambatan (*deceleration*). Percepatan juga bergantung pada arah/orientasi karena merupakan penurunan kecepatan yang merupakan besaran vektor. Berubahnya arah pergerakan suatu benda akan menimbulkan percepatan pula (Dwiantara,2016).

b. Gyroscope

Gyroscope adalah perangkat untuk mengukur atau mempertahankan orientasi, dengan prinsip ketetapan momentum sudut. Mekanismenya adalah sebuah roda berputar dengan piringan didalamya yang tetap stabil. Gyroskop mengukur perubahan sudut seputar sumbu tetap terhadap ruang inersia. Gyrokop berdasarkan pada kekekalan momentum sudut, efek *sagnac* dan efek *coriolis*. Pada perkembangan terakhir gyroskop berfokus pada teknologi *micro-photonics* dan *micro-electro-mechanics*.



Gambar 2.12 Orientasi Gyroscope

Gyroscope adalah berupa sensor gyro untuk menentukan orientasi gerak dengan bertumpu pada roda atau cakram yang berotasi dengan cepat pada sumbu. Gyro sensor dapat mendeteksi gerakan sesuai gravitasi, atau dengan kata lain mendeteksi gerakan pada *quadcopter*. Gyroscope memiliki keluaran berupa kecepatan sudut dari arah 3 sumbu yaitu: sumbu x yang nantinya akan menjadi sudut *phi* (kana dan kiri) dari sumbu y nantinya menjadi sudut *theta* (atas dan bawah), dan sumbu z.

c. Magnetometer (kompas)

Magnetometer adalah alat pengukuran yang digunakan untuk mengukur kekuatan atau arah dari medan gaya baik yang diproduksi dalam laboratorium maupun yang ada secara alami (Bimo,2012). Magnetometer juga dapat digunakan sebagai kompas untuk mengetahui arah mata angin dengan referensi medan magnet bumi.

Magnetic compass berfungsi untuk mengkonversi besaran fisik arah mata angin menjadi besaran elektrik. Besaran elektrik kemudian diolah di dalam modul tersebut hingga dihasilkan data hasil pembacaan arah mata angin berupa nilai sudut yang dapat dibaca oleh mikrokontroler (Taufik,2013).

2.2.8 *Wireless*

Komunikasi wireless terjadi sama seperti teknologi kabel, dalam teknologi kabel dikenal CSMA/CD *(carrier sense multiple access/collision detect).* Demikian juga dalam teknologi wireless pun dikenal dengan konsep yang sama. Mekanisme ini untuk menghindari bertabraknnya lalu-lintas paket *(packet collision)* yang terjadi. Sistem lalu-lintas data dilakukan menggunakan sistem untuk mengikuti kondisi ideal adalah dengan menggunakan komunikasi *half duplex. Half duplex* adalah komunikasi searah, dalam satu waktu. Jika ada dua titik terminasi A dan B. Maka dalam satu waktu T data dari titik A dikirim ke B. Setelah pengiriman selesai sempurna, baru terminal B baru bisa mengirim ke A. Tidak bisa dalam waktu satuan sama, secara bersamaan A dan B saling mengirim. Akibatnya akan ada tubrukan dalam lalu-lintas data *(collision)* (Sihaloho:2014).

Gambar 2.13 Modul Radio Frekuensi

Pada dasarnya terdapat dua jenis konfigurasi untuk transmisi wireless:

1. Searah

Untuk konfigurasi searah, antena pentransmisi mengeluarkan sinyal elektromagnetik yang terpusat; antenna pentransmisi dan antenna penerima harus disejajarka dengan hati-hati. Umumnya, semakin tinggi frekuensi sinyal, semakin mungkin menfokuskannya kedalam sinar searah.

2. Segala Arah

Untuk konfigurasi segala arah, sinyal yang ditransmisikan menyebar luas ke seagala penjuru dan diterima oleh banyak antenna.

Konsep dasar dari komunikasi wireless adalah mengguanakan frekuensi radio (*Radio Frequency* atau disingkat RF). Pada hakikatnya teknologi wireless yang berkembang dewasa ini tidak jauh berbeda dengan teknologi RF pada umumnya yang telah berkembang sebelumnya (Sihaloho:2014).