

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terkait

Hidayat dkk (2012), melakukan penelitian tentang perancangan pengukur magnitudo dan arah gempa menggunakan sensor *accelerometer* ADXL330 melalui telemetri. Spesifikasi alat yang dirancang terdiri dari sensor *accelerometer* ADXL330 yang berfungsi untuk mendeteksi terjadinya simpangan pada benda (bandul) dengan keluaran analog, mikrokontroler AVR ATMega16 yang digunakan untuk mengolah data dari sensor dan mengubahnya menjadi data digital dan *Personal Computer* (PC) sebagai penampil besarnya gempa yang ditampilkan secara *real time*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat yang dirancang mampu mengukur nilai magnitudo dan arah gempa. Pengujian dilakukan dengan cara menjalankan (*running*) program pendeteksi gempa. Pada saat program dijalankan data yang diterima langsung disimpan dalam database dengan ditandai adanya data pada box simpangan yang terdiri dari sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z saat itu juga data ditampilkan pada grafik. Jika data simpangan pada box bernilai nol berarti sensor pengukur simpangan dalam keadaan diam dan tampilan pada grafik pun bernilai nol, tetapi ketika pada *box* simpangan terdapat nilai simpangan berarti

sensor pengukur simpangan sedang bergerak sesuai getaran yang terjadi dan saat itu juga grafik perubahannya ditampilkan. Data perubahan tersebut disimpan dalam database dan ditampilkan dalam grafik per detik. Tampilan riwayat gempa digunakan untuk melihat data kejadian gempa (*history*) agar dapat dianalisis. Pada tampilan ini juga kekuatan gempa dihitung sehingga didapatkan magnitudonya.

Selanjutnya Rachman (2007), melakukan penelitian tentang rancang bangun sistem pendeteksi level getaran menggunakan sensor geofon dengan penampil borland delphi 7.0 pada monitor komputer. Penelitian ini telah berhasil merancang dan merealisasikan sistem instrumen pendeteksi level getaran dengan sensor geofon. Sistem ini berguna untuk mendeteksi gempabumi, analisa kerja mesin, analisa kekuatan jalan raya, analisa struktur bangunan gedung bertingkat, frekuensi diri pipa, eksplorasi minyak dan gas bumi, dan pendeteksi getaran. Sensor geofon mampu mendeteksi getaran sumber dan mengubah getaran mekanik menjadi tenaga listrik. Sensor ini dikuatkan dengan menggunakan rangkaian buffer dan penguat opamp tak membalik agar sinyal keluaran yang terukur menjadi besar dan dapat diolah datanya oleh modul ADC 0804. Selain dengan sensor geofon getaran juga dapat dideteksi dengan sensor *accelerometer*.

Kemudian Rakhmadi dan Basuki (2013) pada penelitiannya tentang purwarupa sistem pemantau getaran pada bangunan bertingkat dua menggunakan sensor akselerometer, merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem yang dapat memantau getaran dan amplitudo terbesar pada struktur bangunan yang diakibatkan oleh getaran tersebut. Getaran merupakan salah satu penyebab gempa bumi dimana terjadi pada kerak bumi sebagai gejala pengiring aktivitas tektonis maupun vulkanis dan terkadang runtuh bagian bumi secara lokal.

Pembacaan terhadap getaran dilakukan dengan menggunakan dua sensor akselerometer yang ditempatkan pada lantai bangunan, kemudian data percepatan dianalisis dengan *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk mendapatkan nilai amplitudo terbesar dalam domain frekuensi. Sistem mikrokontroler ini digunakan sebagai pengolah data dari sensor. Data dari sensor akan diolah dan dikirim langsung ke *Personal Computer* (PC). Sistem mikrokontroler yang digunakan sistem ini adalah Arduino Uno. Perangkat lunak yang digunakan untuk mengolah data pada penelitian ini adalah Matlab versi R2012a. Data percepatan yang disimpan pada PC, kemudian data diambil sebanyak sebanyak 1000 sebagai sample. Semua data sumbu X, Y, maupun Z pada tiap lantai bangunan diolah menggunakan FFT untuk mendapatkan amplitudo dari ranah frekuensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai amplitudo terbesar pada lantai 1 lebih kecil dibandingkan dengan nilai amplitudo terbesar pada lantai 2.

## **2.2 Getaran dan Gelombang**

Getaran adalah gerak berkala atau gerak berulang yang dipengaruhi oleh suatu gaya dengan waktu perulangan yang tetap. Getaran dapat merambat dari sumber getarnya ke tempat lainnya dalam bentuk gelombang. Getaran yang diteruskan disebut sebagai gelombang (Zemansky dan Sears, 1985). Gangguan berupa getaran yang merambat melalui suatu materi tanpa menyebabkan perubahan yang permanen dari posisi materi tersebut, merupakan definisi gelombang secara lengkap menurut Wiley (2003). Gerak gelombang dapat dipandang sebagai perpindahan energi dan momentum dari satu titik di dalam ruang ke titik lain tanpa perpindahan materi.

Menurut cara perambatannya, gelombang dibagi menjadi dua yaitu, gelombang mekanik dan gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dapat merambat walau tidak ada medium. Energi gelombang elektromagnetik dipancarkan, atau dilepaskan, oleh semua masa di alam semesta pada level yang berbeda-beda. Semakin tinggi level energi dalam suatu sumber energi, semakin rendah panjang gelombang dari energi yang dihasilkan, dan semakin tinggi frekuensinya. Gelombang mekanik adalah sebuah gelombang yang dalam perambatannya memerlukan medium, yang menyalurkan energi untuk keperluan proses penjalaran sebuah gelombang (Marquis *et al*, 2014).

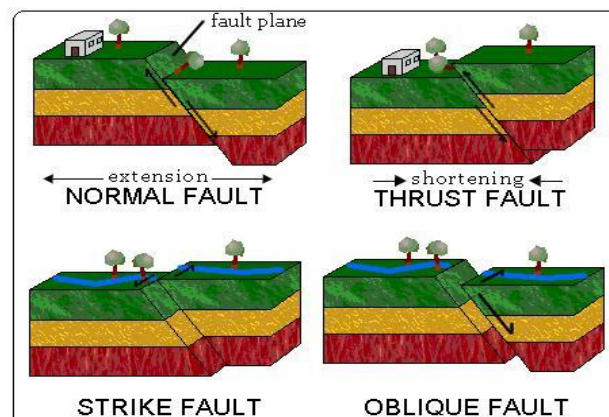
Saat merambat, gelombang akan mentransfer energi dari satu tempat ke tempat lainnya secara seri dalam bentuk gerakan yang periodik dari materi-materi yang menyusun medium rambatnya. Gelombang memiliki tiga karakteristik mekanik, yaitu:

- a. ketika gelombang merambat dari satu media ke media lainnya, maka gelombang akan dipantulkan dan diteruskan (dirambatkan);
- b. ketika gelombang bertemu dengan gelombang mekanik lainnya, maka gelombang akan mengalami interferensi;
- c. ketika gelombang menemui suatu penghalang (celah) maka gelombang akan mengalami difraksi.

Setiap gelombang dapat merambatkan energi, contohnya adalah terjadinya kerusakan dipermukaan tanah ketika terjadi gempa (Cutnell dan Johnson, 1992).

### 2.3 Gempa Bumi

Gempa bumi merupakan peristiwa alam yang secara fisik merupakan gerakan atau getaran kulit bumi yang disebabkan oleh gaya endogen atau kekuatan dari dalam bumi, misalnya gempa bumi tektonik. Gempa bumi tektonik terjadi karena pergeseran letak lapisan kulit bumi (Haris dan Irjan, 2013). Gempa bumi jenis ini yang sering menimbulkan kerusakan besar. Menurut Priyadi dan Wijaya (2014) gempa bumi disebabkan karena adanya pelepasan energi regangan elastis batuan dalam bentuk patahan atau pergeseran lempeng bumi. Ada tiga kemungkinan pergerakan satu lempeng tektonik relatif terhadap lempeng lainnya, yaitu apabila kedua lempeng saling menjauhi (*spreading*), saling mendekati (*collision*) dan saling geser (*transform*) (Yulianti, 2013). Jenis-jenis pergerakan penyebab gempa bumi terdapat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Patahan-patahan pergerakan gempa bumi (Marquis *et al*, 2014)

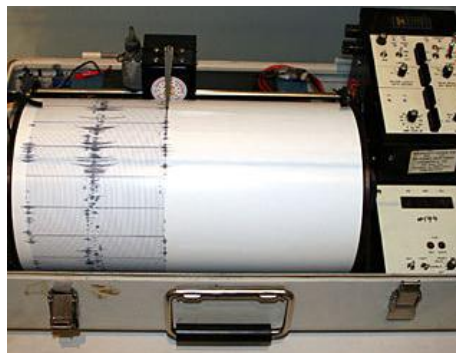
Kebanyakan pusat gempa tektonik terdapat di dasar laut. Akibat usikan pada sumber gempa, gelombang merambat melalui medium yang dapat dilaluinya. Sumber getar gelombang yang terjadi akan menimbulkan tekanan sehingga mengakibatkan terjadinya tegangan, kemudian menggerakkan partikel-partikel di sekitarnya. Selama terjadi gempa bumi, energi yang dilepaskan sumber gempa

bumi dirambatkan ke segala arah dalam bentuk gelombang seismik. Semakin besar energi yang dilepas semakin kuat gempa yang terjadi (Haris dan Irjan, 2013).

#### 2.4 Gelombang Gempa Bumi

Pada saat patahan atau pergeseran mendadak terjadi di dalam kerak bumi, maka suatu energi akan menyebar ke luar sebagai gelombang gempa. Episentrum gempa adalah titik atau garis di permukaan bumi atau permukaan laut tempat gelombang permukaan mulai dirambatkan, dengan kata lain tempat gelombang primer dan sekunder pertama kali mencapai permukaan bumi atau laut (Noor, 2006).

Skala kekuatan gempabumi diukur berdasarkan kuat atau lemahnya getaran. Kekuatan gempabumi umumnya dinyatakan dengan skala Richter. Skala Richter didasarkan pada alat pengukur gempabumi, yaitu Seismograf Wood Anderson. Seismogram adalah gambaran getaran gempabumi yang dicatat pada seismograf seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Seismograf (seismograf.org)

Gambaran getaran ini berbentuk garis patah-patah. Apabila getaran semakin kuat, maka garis patah-patah akan semakin lebar dan apabila semakin lama getaran

gempa itu di satu tempat, maka semakin panjang pita seismograf yang menggambarkan seismogram. Hasil pengukuran alat pengukur gempabumi ini dengan cepat dapat diketahui berapa kekuatan gempa dan jarak antara lokasi pengamat dengan sumber gempa. Pada skala Richter, kekuatan gempa diukur berdasarkan getaran magnitudo.

Magnitudo gempa adalah parameter gempa yang berhubungan dengan besarnya kekuatan gempa di sumbernya. Jadi pengukuran magnitudo yang dilakukan di tempat yang berbeda, harus menghasilkan harga yang sama walaupun gempa yang dirasakan di tempat-tempat tersebut tentu berbeda. Magnitudo gempa merupakan karakteristik gempa yang berhubungan dengan jumlah energi total seismik yang dilepaskan sumber gempa.

Richter pada tahun 1930-an memperkenalkan konsep magnitudo untuk ukuran kekuatan gempa di sumbernya. Satuan yang dipakai adalah skala Richter (*Richter Scale*), yang bersifat logaritmik. Pada umumnya magnitudo diukur berdasarkan amplitudo dan periode fase gelombang tertentu. Skala Richter atau SR didefinisikan sebagai logaritma dari amplitudo maksimum, yang diukur dalam satuan mikrometer, dari rekaman gempa oleh instrumen pengukur gempa atau seismometer (Erlita dkk, 2014).

$$M = \log \frac{a}{T} + f(\Delta, h) + C_s + C_R \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

M : magnitudo (dB),

a : amplitudo gerakan tanah (dalam mikron),

$T$  : periode gelombang (s),

$\Delta$  : jarak pusat gempa atau episenter (m),

$h$  : kedalaman gempa (m),

$C_S$  : koreksi stasiun oleh struktur lokal (sama dengan 0 untuk kondisi tertentu), dan

$C_R$  : koreksi regional yang berbeda untuk setiap daerah gempa (Erlita dkk, 2014).

## 2.5 Modulasi

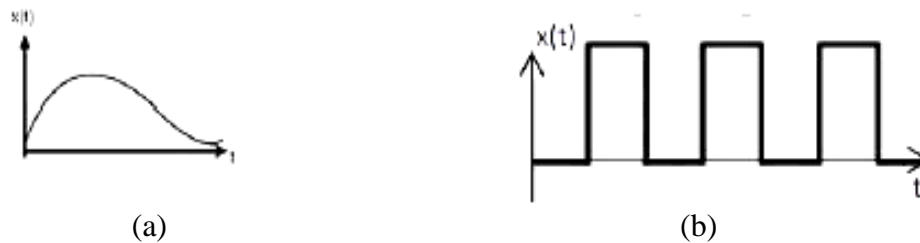
Sinyal adalah besaran yang berubah dalam waktu dan atau dalam ruang, dan membawa suatu informasi. Suatu sinyal mempunyai beberapa informasi yang dapat diamati, misalnya amplitudo, frekuensi, perbedaan fase, dan gangguan akibat *noise* (Nurwati, 2009).

Dalam dunia elektronika, dikenal dua macam sinyal yaitu sinyal analog dan sinyal digital. Sinyal analog adalah sinyal yang berupa gelombang elektromagnetik dan bergerak atas dasar fekuensi. Satu siklus lengkap terjadi saat gelombang berada pada titik bertegangan nol, menuju titik bertegangan positif tertinggi pada gelombang, menurun ke titik tegangan negatif dan menuju ke titik nol kembali.

Dua parameter terpenting yang dimiliki oleh isyarat analog adalah amplitudo dan frekuensi. Amplitudo merupakan ukuran tinggi rendahnya tegangan dari sinyal analog sedangkan frekuensi adalah jumlah gelombang sinyal analog dalam satuan detik. Sinyal analog akan menjadi lemah setelah melewati jarak yang jauh. Selain



bertambah jauh sinyal analog juga memungut interferensi elektrik atau *noise* dari dalam jalur. Gambar 2.3 menunjukkan bentuk sinyal analog dan digital.



Gambar 2.3. (a) Sinyal analog dan (b) sinyal digital (Nurwati, 2009).

Sinyal digital merupakan hasil teknologi yang dapat mengubah sinyal menjadi kombinasi urutan bilangan biner 0 dan 1, sehingga tidak mudah terpengaruh oleh derau, proses informasinya pun mudah, cepat dan akurat, tetapi transmisi dengan sinyal digital hanya mencapai jarak jangkauan pengiriman data yang relatif dekat. Biasanya sinyal ini juga dikenal dengan sinyal diskret.

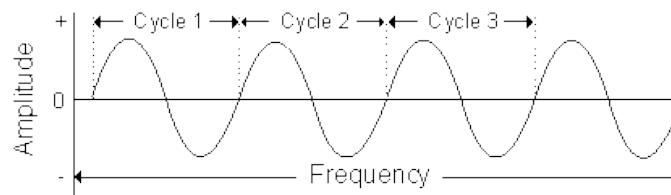
Modulasi adalah proses modifikasi sinyal *carrier* terhadap sinyal input. Sinyal informasi berupa suara, gambar atau data, agar dapat dikirim ke tempat lain, sinyal tersebut harus ditumpangkan pada sinyal lain. Dalam konteks radio siaran, sinyal yang menumpang adalah sinyal suara, sedangkan yang ditumpang adalah sinyal radio yang disebut sinyal pembawa (*carrier*). Modulasi digunakan untuk mengatasi ketidaksesuaian karakter sinyal dengan media (kanal) yang digunakan (Ling, 1995).

Terdapat tiga jenis modulasi, yaitu:

a. Modulasi Amplitudo

Amplitudo merupakan ukuran tinggi rendahnya tegangan dari sinyal analog.

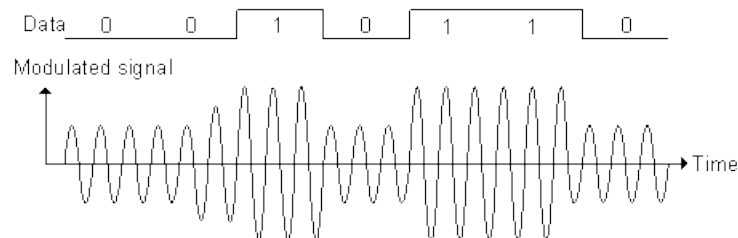
Gambar 2.4 menunjukkan besarnya amplitudo pada suatu sinyal



Gambar 2.4 Amplitudo (Nurwati, 2009)

Pada modulasi ini menggunakan amplitudo sinyal analog untuk membedakan dua keadaan sinyal digital. Pada AM, frekuensi dan fasa sinyal tetap, sedangkan yang berubah-ubah adalah amplitudonya.

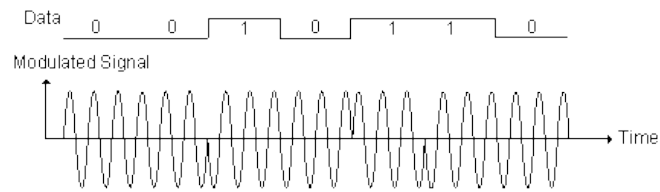
Dengan cara ini, maka keadaan 1 (*high*) sinyal digital diwakili dengan tegangan yang lebih besar daripada tegangan yang dimiliki keadaan 0 (*low*) sinyal digital. Penerima cukup membedakan mana sinyal yang lebih besar amplitudonya dan mana yang lebih kecil, tanpa perlu memperhatikan bentuk sinyal tersebut untuk mendapatkan hasilnya. Gambar 2.5 menunjukkan modulasi amplitudo pada suatu sinyal



Gambar 2.5 *Amplitude Modulation* (Nurwati, 2009)

#### b. Modulasi Fasa

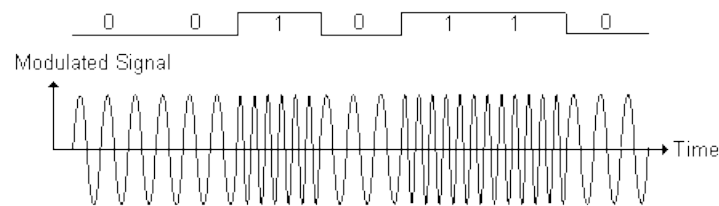
Modulasi jenis ini menggunakan perbedaan sudut fase dari sinyal analog untuk membedakan dua keadaan dari sinyal digital. Pada cara ini, amplitudo dan frekuensi tidak berubah, tetapi fenasenya berubah-ubah. Gambar 2.6 menunjukkan modulasi fasa pada suatu sinyal



Gambar 2.6 *Phase Modulation* (Nurwati, 2009)

c. Modulasi Frekuensi

Modulasi ini mempergunakan frekuensi sinyal analog untuk membedakan dua keadaan sinyal digital. Pada modulasi frekuensi, amplitudo dan phase tetap, tetapi frekuensinya berubah-ubah. Gambar 2.7 menunjukkan modulasi frekuensi pada suatu sinyal.



Gambar 2.7 *Frequency Modulation* (Nurwati, 2009)

Dalam proses transmisi data, digunakan sebuah alat yang dinamakan modem. Modem merupakan singkatan dari modulator demodulator. Sebagai modulator, modem akan menerjemahkan data atau informasi dalam bentuk sinyal digital menjadi sinyal analog yang kemudian menggabungkannya dengan frekuensi pembawa (*carrier*), sedangkan sebagai demodulator, modem akan memisahkan dari frekuensi pembawa dan menerjemahkan data atau informasi sinyal analog tersebut ke dalam bentuk sinyal digital.

Dalam proses modulasi digital terdapat tiga macam cara untuk melakukan pemodulasian gelombang pembawa.

a. *Amplitude Shift Keying (ASK)*

Pada sistem ini, amplitude gelombang pembawa diubah-ubah sesuai informasi yang ada. Frekuensi pembawa atau *carrier* diubah amplitudanya sesuai dengan signal informasi yang akan dikirimkan. Pada *Amplitudo Shift Keying*, signal digital 1 sebagai suatu nilai tegangan tertentu (misalnya 1 Volt) dan signal digital 0 sebagai signal digital dengan tegangan 0 Volt. Pada Gambar 2.8 (c) menampilkan perubahan yang terjadi pada gelombang pembawa dengan pensinyalan ASK.

Keuntungan yang diperoleh dari metode ini adalah bit per baud atau kecepatan digitalnya lebih besar. Sedangkan kesulitannya adalah dalam menentukan level acuan yang dimilikinya, yakni setiap signal yang diteruskan melalui saluran transmisi jarak jauh selalu dipengaruhi oleh redaman dan distorsi. Oleh sebab itu metode ASK hanya menguntungkan bila dipakai untuk hubungan jarak dekat saja (Nurwati, 2009).

b. *Phase Shift Keying (PSK)*

*Phase Shift Keying (PSK)* atau pengiriman signal melalui pergeseran fasa. Metode ini merupakan suatu bentuk modulasi fasa yang memungkinkan fungsi pemodulasi fasa gelombang termodulasi di antara nilai-nilai diskrit yang telah ditetapkan sebelumnya. Dalam proses modulasi ini fasa dari frekuensi gelombang pembawa berubah-ubah sesuai dengan perubahan status signal informasi digital.

Dalam teknik ini fase dari gelombang pembawa diubah-ubah sesuai dengan bit 1 dan 0, sehingga pada proses modulasi ini akan dihasilkan

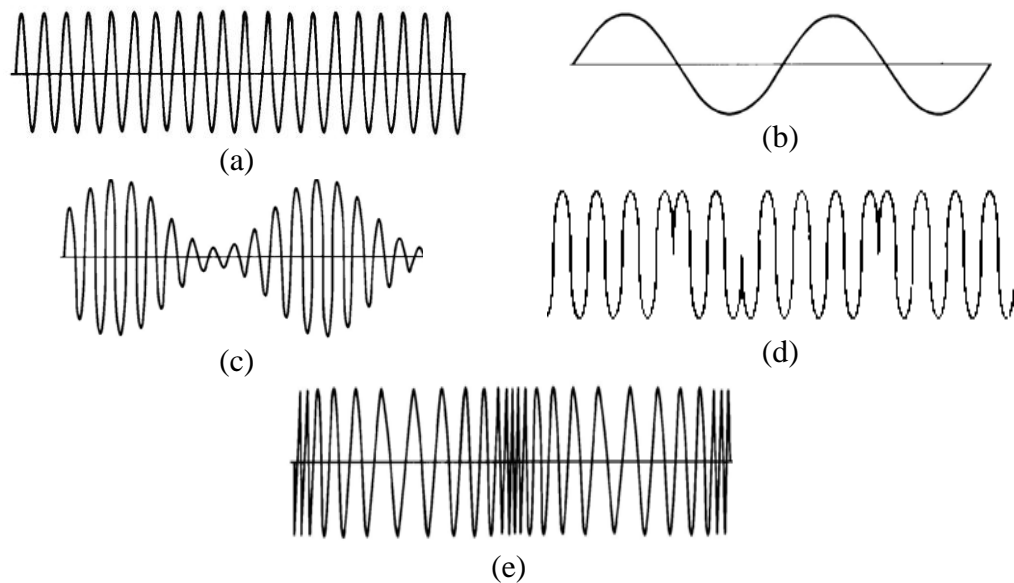
pembuatan phase. Sistem ini digunakan dalam transmisi yang memiliki kecepatan sedang dan tinggi. Pada Gambar 2.8 (d) menampilkan perubahan yang terjadi pada gelombang pembawa dengan pensinyalan PSK (Nurwati, 2009).

c. *Frequency Shift Keying (FSK)*

Modulasi digital *Frequency Shift Keying (FSK)* merupakan modulasi sinyal digital yang menggeser outputnya antara dua frekuensi yang telah ditentukan sebelumnya, yang biasa diistilahkan frekuensi *mark* dan *space*. Modulasi digital dengan FSK juga menggeser frekuensi *carrier* menjadi beberapa frekuensi yang berbeda didalam bandnya sesuai dengan keadaan digit yang dilewatkannya. Jenis modulasi ini tidak mengubah amplitudo dari signal carrier yang berubah hanya frekuensi, seperti pada Gambar 2.8 (e).

Jika sinyal yang memodulasi tersebut hanya mempunyai dua harga tegangan 0 dan 1, maka proses modulasi tersebut dapat diartikan sebagai proses penguncian frekuensi sinyal. Teknik FSK banyak digunakan untuk informasi pengiriman jarak jauh atau *teletype* (Nurwati, 2009).

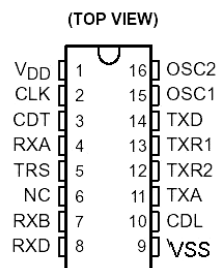
Sebuah modulator FSK merupakan sebuah tipe dari pemancar FM dan sering disebut *voltage controlled oscillator (VCO)*. Hal ini dapat dilihat dari kecepatan perubahan *input* biner adalah logika 1 dan logika 0. Frekuensi dasar dari sebuah gelombang biner adalah sama dengan setengah dari kecepatan bit. Oleh karena itu, frekuensi modulasi tertinggi dari modulasi FSK adalah setengah dari bit rate input.



Gambar 2.8 (a) Sinyal carrier (b) sinyal modulasi (c) sinyal pada *amplitude shift keying* (d) sinyal pada *phase shift keying* dan (e) sinyal pada *frekuensi shift keying* (Nurwati, 2009).

## 2.6 TCM3105

Dalam penelitian ini modulasi digital yang dipakai adalah sistem FSK dengan menggunakan rangkaian terintegrasi tipe TCM3105. Konfigurasi pin IC TCM3105 terdapat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Konfigurasi pin IC TCM3105

Adapun fungsi-fungsi pin-pin pada IC tersebut adalah sebagai berikut:

- VDD berfungsi sebagai masukan tegangan catu +5V;
- CLK berfungsi sebagai output dengan frekuensi 16 kali *baud rate* yang dikirim atau diterima. Misal *set baud rate* kirim =1200, *baud rate* terima

75, maka  $CLK = 16 \times 1200 \text{ Hz}$ . Sebaliknya jika *baud rate* kirim =75, *baud rate* terima = 1200, maka  $CLK = 16 \times 75 \text{ HZ}$ ;

- c. CDT (*carrier detect*) berfungsi sebagai output berlogika 1 jika ada sinyal yang benar diterima. Jika tidak ada sinyal yang diterima atau sinyal tidak *valid* berlogika 0;
- d. RXA berfungsi sebagai input audio ke demodulator, harus terkoneksi secara AC;
- e. TRS berfungsi sebagai pemilih standar operasi (Bell202 atau CCITT), bersama TXR1 dan TXR2 menentukan (*baud rate*) pengirim data (modulator) dan penerima data (demodulator);
- f. NC tak tersambung;
- g. RXB berfungsi sebagai mengatur tegangan bias output demodulator (RXD);
- h. RXD berfungsi sebagai output demodulator, merupakan data digital yang diterima dari lawan komunikasi;
- i. VSS berfungsi sebagai ground catu daya;
- j. CDL berfungsi sebagai *carrier-detect level adjust* untuk mengatur tegangan ambang sinyal masukan demodulator. Maksudnya seberapa besar sinyal audio yang dianggap valid masuk ke demodulator;
- k. TXA berfungsi sebagai output modulator berupa audio yang frekuensinya tergantung isyarat data digital yang dimasukkan ke masukan modulator (TXD);
- l. TXR2 berfungsi sebagai pemilih laju data;
- m. TXR1 berfungsi sebagai pemilih laju data;

- n. TXD berfungsi sebagai masukan modulator, yaitu isyarat serial data digital yang mau dikirim ke lawan komunikasi;
- o. OSC1 berfungsi sebagai sambungan ke oscilator (pembangkit gelombang);
- p. OSC2 berfungsi sebagai koneksi ke kristal 4.3 Mhz, jika menggunakan oscilator lain, pin ini tidak digunakan (dibiarkan mengambang) (Ling, 1995).

## 2.7 *Handy Talk (HT)*

Komunikasi adalah suatu proses penyampaian informasi dari satu pihak kepada pihak lain. Pada umumnya, komunikasi dilakukan secara lisan atau verbal yang dapat dimengerti oleh kedua belah pihak. Media alat komunikasi adalah alat perantara yang digunakan dalam penyampaian informasi dari *communicator* kepada *communicant* yang bertujuan untuk efisiensi penyebaran informasi atau pesan tersebut. Media komunikasi *wireless* merupakan suatu media transmisi data yang tidak memerlukan kabel dalam proses transmisinya, media *unguided* atau *wireless* ini memanfaatkan sebuah antena untuk transmisi di udara, ruang hampa udara atau air (Gunadhi, 2014). Salah satu produk teknologi komunikasi tersebut adalah teknologi *handy talk* .

*Handy talk* (HT) adalah sebuah alat komunikasi genggam yang dapat mengkomunikasikan dua orang atau lebih dengan menggunakan gelombang radio. Kebanyakan *handy talk* digunakan untuk melakukan kedua fungsinya yaitu berbicara ataupun mendengar. *Handy talk* dikenal dengan sebutan *two way radio* ataupun radio dua arah, yang dapat melakukan pembicaraan dua arah, berbicara



dan mendengar lawan bicara secara bergantian, alat ini memiliki radio *transmitter* dan penerima sinyal komunikasi radio (Khoswanto dkk, 2014).

Prinsip kerja HT menggunakan jenis frekuensi yang digunakan oleh radio komunikasi *Very High Frequency* (VHF) dan *High Frequency* (HF). Gelombang VHF biasanya digunakan untuk radio komunikasi jarak dekat dan beroperasi pada frekuensi 100 – 300 Mhz. Hal ini disebabkan karena gelombang radio dipancarkan secara horizontal. Sehingga jika di antara dua stasiun *transmitter* dan *receiver* terdapat objek – objek seperti bangunan, pohon – pohon yang tinggi, ataupun pegunungan yang lebih tinggi dari pancaran gelombang radio, akan terdapat hambatan pada sistem transmisinya.

Gelombang HF merupakan gelombang radio yang bekerja pada frekuensi 2 – 24 Mhz, dan biasanya digunakan untuk radio komunikasi jarak jauh karena sifat gelombangnya yang dapat memantul di atmosfer. Sehingga jika cuaca sedang baik, keberadaan pepohonan ataupun bangunan tinggi tidak dapat mengganggu transmisi (Gunadhi, 2014).

Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk mengirim data yaitu VOX dan PTT. *Voice Operated Exchange* (VOX) adalah pengiriman data tanpa menyentuh tombol bicara karena HT akan mendeteksi suara dengan sendirinya, sedangkan *Push to Talk* (PTT) harus menekan tombol bicara (Muchlas dkk, 2006). Gambar 2.10 merupakan HT yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2.10. *Handy Talk* Uniden GMR3040-2CKHS

Pada penelitian ini HT yang digunakan adalah HT Uniden GMR3040-2CKHS.

Adapun spesifikasi dari alat ini adalah sebagai berikut:

- a. *Roger beep*;
- b. *Charger* baterai;
- c. Pemantau saluran;
- d. *Channel scan*;
- e. Pengunci *channel*;
- f. *Jack* DC 9V;
- g. Saluran Cuaca NOAA;
- h. GMRS 15 saluran / FRS 7 Saluran;
- i. 121 sub kode;
- j. Jangkauan sampai dengan 48km;
- k. Internal VOX;
- l. *Headset jack*.

HT Uniden GMR3040-2CKHS ini beroperasi pada frekuensi *General Mobile Radio Service* (GMRS) saat menggunakan saluran 1-7 dan saluran 15-22, dan

berada pada *Family Radio Service* (FRS) untuk saluran 8-14. Jangkauan HT ini berada pada frekuensi 462,5500 MHz – 467,7125 MHz. Jika tidak faktor internal atau pun external yang mengganggu sistem transmisi maka HT dapat mengirim data sampai dengan 48.2803 km.

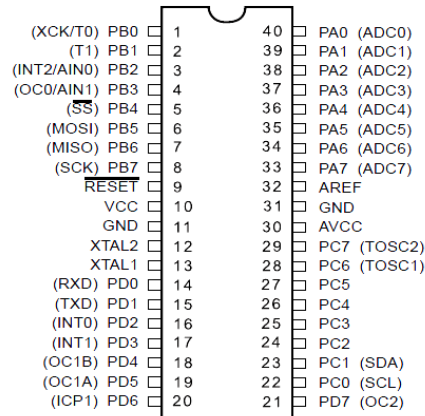
## 2.8 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan suatu komponen elektronika yang didalamnya terdapat rangkaian mikroprosesor, memori (RAM/ROM) dan I/O, rangkaian tersebut terdapat dalam level chip atau biasa disebut single chip microcomputer. Pada mikrokontroler sudah terdapat komponen-komponen mikroprosesor dengan bus-bus internal yang saling berhubungan. Komponen-komponen tersebut adalah RAM, ROM, Timer, komponen I/O paralel dan serial, dan interrupt controller (Riantiningsih, 2009).

AVR menjalankan sebuah instruksi tunggal dalam satu siklus dan memiliki struktur I/O yang cukup lengkap sehingga penggunaan komponen eksternal dapat dikurangi. Mikrokontroler AVR sudah menggunakan konsep arsitektur Harvard yang memisahkan memori dan bus untuk data dan program. Selain itu mikrokontroler AVR juga mengimplementasikan *Reduced Instruction Set Computing* (RISC) sehingga eksekusi instruksi dapat berlangsung sangat cepat dan efisien.

Mikrokontroler AVR ATmega8535 (*Alf and Vegard's Risc prosesor*) adalah mikrokontroler yang memiliki arsitektur RISC 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (*16-bits word*) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 siklus clock, berbeda dengan instruksi MCS 51 yang membutuhkan 12

siklus clock (Seto, 2014). Gambar 2.11 merupakan konfigurasi pin mikrokontroler ATmega8535.



Gambar 2.11. Konfigurasi pin ATmega8535

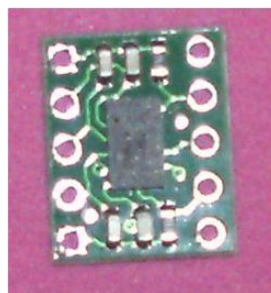
Adapun fungsi masing-masing pin mikrokontroler ATmega8535 adalah sebagai berikut.

- a. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catudaya,
- b. GND merupakan pin *ground*,
- c. Port A (PA0...PA7) merupakan pin I/O dan pin masukan ADC,
- d. Port B (PB0...PB7) merupakan pin I/O dan pin yang mempunyai fungsi khusus yaitu *timer/counter*, komparator analog dan SPI,
- e. Port C (PC0...PC7) merupakan port I/O dan pin yang mempunyai fungsi khusus, yaitu komparator analog dan *timer oscillator*,
- f. Port D (PD0...PD7) merupakan port I/O dan pin fungsi khusus yaitu komparator analog dan interrupt eksternal serta komunikasi serial,
- g. RESET merupakan pin yang digunakan untuk mereset mikrokontroler,
- h. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan *clock* eksternal,
- i. AVCC merupakan pin masukan untuk tegangan ADC,
- j. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi untuk ADC.

Mikrokontroler jenis AVR dapat diprogram menggunakan bahasa pemrograman C, visual basic, Assembler, dll. Untuk setiap bahasa pemrograman tersebut digunakan beberapa *software* yang berbeda. Seperti mikrokontroler jenis MCS dimana bahasa pemrograman assembler digunakan *software topview simulator*, untuk mikrokontroler jenis AVR bahasa pemrograman assembler digunakan software AVR Studio 4 sedangkan jika menggunakan bahasa pemrograman C digunakan CV AVR. Dalam penelitian ini program yang digunakan adalah Code Vision AVR.

## 2.9 Sensor Accelerometer

*Accelerometer* adalah sebuah transduser yang berfungsi untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran, ataupun untuk mengukur percepatan akibat gravitasi bumi (Isnianto dan Rhido, 2013). Gambar 2.12 merupakan sensor yang digunakan pada penelitian ini.

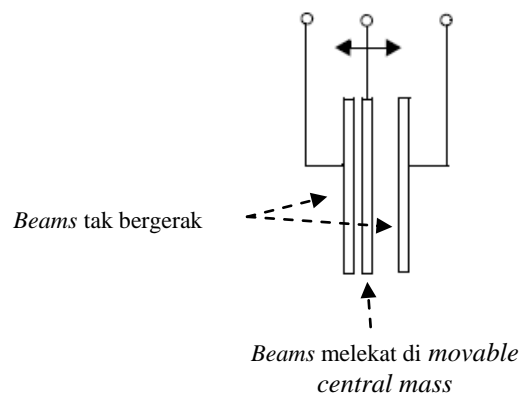


Gambar 2.12. Sensor *accelerometer*

*Accelerometer* terdiri dari permukaan *micromachined* dengan sel kapasitif dan pengkondisi sinyal didalamnya. Elemen penginderaan (*sensing element*) disegel tertutup seperti *wafer* (permukaan tipis) pada *micromachined*.

G-sell adalah struktur mekanik yang terbuat dari bahan semikonduktor (*polysilicon*), menggunakan proses semikonduktor *masking* dan *etching*. G-sell dapat dimodelkan sebagai satu set *beams* (balok) yang melekat pada *movable central mass* yang bergerak di antara *beams* tetap.

*Beams* tersebut dapat bergerak dari posisi diam mereka jika dipengaruhi oleh percepatan atau adanya getaran pada sensor. Akibatnya pada *beams* yang melekat pada *movable central mass*, jaraknya ke *beams* tetap akan berubah, pada satu sisi akan bertambah sedangkan sisi lain akan berkurang. Perubahan jarak ini yang akan mempengaruhi besar percepatan yang dihasilkan, seperti pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Pergerakan beams

Sensor *accelerometer* mengukur percepatan gerakan benda yang melekat padanya. Percepatan merupakan suatu keadaan berubahnya kecepatan terhadap waktu. Bertambahnya suatu kecepatan dalam suatu rentang waktu disebut juga percepatan (*acceleration*). Jika kecepatan semakin berkurang daripada kecepatan sebelumnya, disebut perlambatan (*deceleration*). Berubahnya arah pergerakan suatu benda akan menimbulkan percepatan.

Untuk mengukur sudut kemiringan (*tilt*) suatu *engineering model satelit* hanya diperlukan pengukuran percepatan statis (Haryanti dkk, 2008). *Accelerometer* dapat mengukur percepatan dinamis dan statis. Pengukuran percepatan dinamis adalah pengukuran percepatan pada obyek bergerak, sedangkan percepatan statis adalah pengukuran percepatan terhadap gravitasi bumi.

Keluaran sensor berupa tegangan *analog* yang menentukan sudut kemiringan sensor. Berikut adalah cara pengukuran sudut sensor

$$\theta = \arcsin\left(\frac{V_{out} - V_{offset}}{Sensitivitas}\right) \dots\dots\dots (4)$$

dengan:

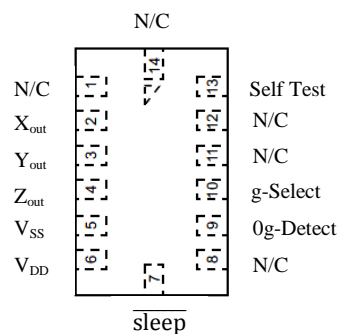
- $\theta$  : sudut sensor,
- $V_{out}$  : tegangan *output* sensor,
- $V_{offset}$  : tegangan sensor pada saat 0g, dan
- Sensitivitas : nilai tegangan sensitivitas yang digunakan.

Dalam penelitian ini sensor yang digunakan adalah sensor *accelerometer* MMA7361, yang merupakan modul *accelerometer* hemat daya yang kaya fitur. Adapun fitur dari sensor ini adalah sebagai berikut.

- a. Konsumsi arus yang sangat hemat energi, hanya 400  $\mu$ A,
- b. Catu daya bertegangan rendah: 2,2 Volt ~ 3,6 Volt,
- c. Sensitivitas tinggi, 800 mV/g pada 1,5 g dan 206 mV/g pada  $\pm 6$  g,
- d. Pilihan resolusi sensitivitas yaitu  $\pm 1,5$  g dan  $\pm 6$  g,
- e. *Start-up* cepat hanya 0,5 ms,

- f. Bandwidth pada sumbu X dan Y sebesar 400 Hz dan pada sumbu Z sebesar 300 Hz,
- g. *Temperatur range* mulai dari -40 °C s.d. 125 °C, dan
- h. Rancangan yang kokoh, mampu bertahan pada kondisi kejut (*high shocks survivability*).

Nilai g merujuk pada percepatan dengan ukuran gravitasi bumi yang bernilai  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Tipe keluaran dari sensor ini adalah signal analog yang bervariasi tegangannya sesuai kedudukan sensor, satu signal keluaran untuk setiap sumbu sehingga total terdapat 3 signal keluaran analog. Gambar 2.14 menunjukkan Konfigurasi pin sensor *accelerometer* MMA7361.



Gambar 2.14. Konfigurasi pin sensor *accelerometer* MMA7361

Adapun fungsi dari masing-masing pin dalam sensor *accelerometer* MMA7361 tersaji dalam Tabel 2.1.



Tabel 2.1. Fungsi pin sensor *accelerometer* MMA7361

| No. Pin | Nama Pin                  | Fungsi Pin   |
|---------|---------------------------|--|
| 1       | N/C                       | Tidak ada koneksi internal                                   |
| 2       | X <sub>out</sub>          | Tegangan keluar sumbu X                                      |
| 3       | Y <sub>out</sub>          | Tegangan keluar sumbu Y                                      |
| 4       | Z <sub>out</sub>          | Tegangan keluar sumbu Z                                      |
| 5       | V <sub>SS</sub>           | <i>Power Supply Ground</i>                                   |
| 6       | V <sub>DD</sub>           | <i>Power Supply Input 5 volt</i>                             |
| 7       | $\overline{\text{sleep}}$ | <i>Logic input</i> untuk mengaktifkan atau <i>mode sleep</i> |
| 8       | N/C                       | Tidak ada koneksi internal                                   |
| 9       | 0g-Detect                 | Logika digital linear jatuh bebas sinyal <i>output</i>       |
| 10      | g-select                  | Pin <i>logic input</i> untuk memilih g level                 |
| 11      | N/C                       | Tidak ada koneksi  |
| 12      | N/C                       | Tidak ada koneksi  |
| 13      | Self test                 | Pin input untuk <i>self test</i>                             |
| 14      | N/C                       | Tidak ada koneksi  |

Pada sensor *accelerometer* MMA7361 ini memiliki fasilitas *g-select* yang memungkinkan sensor bekerja pada dua tingkat sensitivitas yang berbeda. Penguatan internal pada sensor akan berubah sesuai dengan tingkat sensitivitas, yaitu 1,5g atau 6g. Pemilihan tingkat sensitivitas ini dilakukan dengan memberikan input logika pada pin *g-select*. Deskripsi pemilihan tingkat sensitivitas pada sensor *accelerometer* MMA7361 dapat diamati pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Deskripsi tingkat sensitivitas *accelerometer* MMA7361

| g-Select | g-Range | Sensitivitas |
|----------|---------|--------------|
| 0        | 1,5g    | 800mV/g      |
| 1        | 6g      | 206mV/g      |

### 2.10 Fast Fourier Transform (FFT)

Pada tahun 1822, Baron Jean Baptiste Fourier menyatakan bahwa semua sinyal mewakili suatu domain frekuensi. sinyal dapat ditransformasikan diantara waktu dan domain frekuensi dengan cara transformasi.

Salah satu algoritma yang dapat digunakan adalah *Fast Fourier Transform* (FFT). Prinsip kerja FFT mentransformasikan sinyal yang diskret dalam domain waktu, kemudian diubah ke dalam domain frekuensi (Sipasulta, 2014). FFT merupakan turunan dari persamaan *Discrete Fourier Transform* (DFT) dimana jumlah perhitungan digital pada DFT dapat dikurangi secara signifikan sehingga dengan adanya penemuan FFT maka perhitungan digital terhadap spektrum-spektrum frekuensi dapat diwujudkan secara sederhana dalam implementasinya. Perubahan yang dilakukan adalah dengan cara mengelompokkan batas  $n$  ganjil dan  $n$  genap sehingga  $N$  point DFT menjadi  $(N/2)$  point. Persamaan di bawah ini menunjukkan persamaan FFT *Decimation In Time*.

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) W_N^{kn} \quad k = 0, 1, \dots, N-1 \quad \dots\dots\dots (5)$$

Persamaan (5) dibagi menjadi dua bagian, untuk  $n$  genap dan  $n$  ganjil, sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut

$$X(k) = \sum_{n=2r}^{N-2} x(n) W_N^{kn} + \sum_{n=1}^{N-1} x(n) W_N^{kn} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$\downarrow$   
 $n$  genap  
 $n=2r$

$\downarrow$   
 $n$  ganjil  
 $n = 2r+1$

dengan memasukkan nilai  $n$  genap dengan  $2r$  dan untuk  $n$  ganjil  $2r+1$  diperoleh persamaan seperti pada persamaan berikut

$$X(k) = \sum_{r=0}^{N/2-1} x(2r) W_N^{2rk} + \sum_{r=0}^{N/2-1} x(2r+1) W_N^{(2r+1)k} \quad \dots\dots\dots(7)$$

dimana

$$W_N^{2rk} = \left(W_N^2\right)^{rk} = \left(e^{\frac{-i2\pi}{N}}\right)^{2rk} = \left(e^{\frac{-i2\pi}{N/2}}\right)^{rk} = W_{N/2}^{rk}$$

$$W_{N/2}^{m+N/2} = W_{N/2}^m W_{N/2}^{N/2} = W_{N/2}^m$$

dengan

$$W^m = e^{-2\pi i} = \cos(-2\pi) + i \sin(-2\pi)$$

Sehingga,

$$X(k) = \sum_{r=0}^{N/2-1} x(2r) W_{N/2}^{rk} + W_N^k \sum_{r=0}^{N/2-1} x(2r+1) W_{N/2}^{rk} \dots\dots\dots(8)$$

Persamaan akhir dapat dituliskan sebagai berikut

$$X(k) = G(k) + W_N^k H(k) \dots\dots\dots(9)$$

dimana

$$G(k) = \sum_{r=0}^{N/2-1} x(2r) W_{N/2}^{rk}$$

$$H(k) = \sum_{r=0}^{N/2-1} x(2r+1) W_{N/2}^{rk}$$

dengan:

$G(k)$  = DFT  $N/2$  titik data dengan indek genap dan

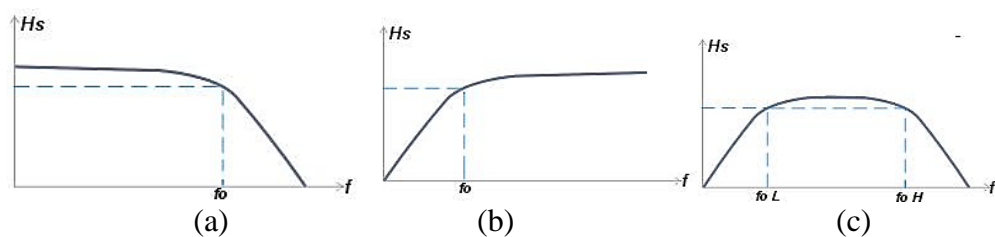
$H(k)$  = DFT  $N/2$  titik data dengan indek ganjil (Tanudjaja, 2007).

## 2.11 Filter

Filter digital adalah sebuah sistem yang melakukan operasi perhitungan waktu diskrit sinyal untuk mengurangi atau meningkatkan aspek-aspek tertentu dari sinyal. Filter digital bekerja berdasarkan data masukan diskrit dari cuplikan-cuplikan sinyal kontinu, yang kemudian diubah oleh *converter* analog ke digital ADC menjadi data digital biner. Data inilah yang nantinya akan di manipulasi kinerja dan spectrum sinyalnya dengan prosesor digital. Hasil dari data digital di kembalikan ke dalam bentuk analog jika diinginkan dengan *converter* digital to analog DAC. Penerapan filter digital pada pengolahan sinyal dapat digunakan

dalam *noise reduction*, *image processing*, *antialiasing* dan menghilangkan pseudoimage pada *multirate processing*. Filter dibagi menjadi 3 jenis, yaitu.

- a. *Low Pass Filter* adalah sebuah rangkaian yang tegangan keluarannya tetap dari dc, naik sampai ke suatu frekuensi *cut-off* ( $f_c$ ). *Low pass filter* merupakan jenis filter yang melewatkan frekuensi rendah serta meredam/menahan frekuensi tinggi. Bentuk respon LPF seperti ditunjukkan Gambar 2.15 (a).
- b. *High Pass Filter* memperlemah tegangan keluaran untuk semua frekuensi di bawah frekuensi *cut off* ( $f_c$ ). Di atas  $f_c$ , besarnya tegangan keluaran tetap. Dengan kata lain, *High pass filter* merupakan jenis filter yang melewatkan frekuensi tinggi serta meredam/menahan frekuensi rendah. Bentuk respon HPF seperti ditunjukkan Gambar 2.15 (b).
- c. Filter Band Pass hanya melewatkan sinyal pada pita frekuensi yang telah ditentukan, kemudian memperlemah semua frekuensi di luar pita itu. Bentuk respon HPF seperti ditunjukkan Gambar 2.15 (c) (Wijaya, 2014).



Gambar 2.15 (a) *Low pass filter* (b) *High pass filter* (c) *Band pass filter*.