

# PERANCANGAN *PROTOTYPE* SISTEM MONITORING GEMPA MENGGUNAKAN SENSOR *INERTIAL MEASUREMENT UNIT* (IMU) DAN PEMANFAATAN METODE *FREQUENCY SHIFT KEYING* (FSK) MELALUI FREKUENSI *HANDY TALKY* (HT)

Kevan Dharma<sup>1</sup>, Hendrick<sup>2</sup>, Ratna Aisuwarya<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Andalas  
Jln. Kampus Limau Manis Kota Padang 2516 Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang  
Jln. Kampus Limau Manis Kota Padang 2516 Indonesia

<sup>1</sup>[van\\_plankton@yahoo.co.id](mailto:van_plankton@yahoo.co.id), <sup>2</sup>[hendrick@polinpdg.ac.id](mailto:hendrick@polinpdg.ac.id), <sup>3</sup>[aisuwarya@fmipa.unand.ac.id](mailto:aisuwarya@fmipa.unand.ac.id)

**Abstrak** - Indonesia termasuk dalam lingkungan cincin api (*ring of fire*) yang memiliki potensi bencana alam cukup tinggi. Beberapa data yang diperoleh BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika) menunjukkan bahwa aktivitas gempa bumi di Indonesia tergolong sangat aktif. Gempa besar yang terjadi pada 30 september 2009 di Sumatera Barat menyebabkan saluran komunikasi dan listrik terputus sehingga warga sulit untuk memperoleh informasi gempa susulan. Alat komunikasi yang dapat aktif tanpa harus terhubung arus listrik adalah *Handy Talky*. *Handy Talky* digunakan sebagai media transmisi data getaran dan ayunan sensor IMU (*Inertial Measurement Unit*) dari *transmitter* ke *receiver* secara *point-to-point*. Oleh karena itu, dibuat sebuah *prototype* untuk memonitoring gempa melalui komunikasi HT (*Handy Talky*) dengan pemanfaatan metode FSK (*Frequency Shift Keying*). Metode FSK digunakan karena amplitudonya stabil dan frekuensinya dapat diubah – ubah, sehingga kebal terhadap *noise*. Dari hasil pengujian, *Handy Talky* dapat berkomunikasi *half-duplex* sejauh 3,5 km sedangkan untuk transmisi data secara *real time* dan efisien terbatas pada jarak 2,5km.

**Kata kunci** : *ring of fire*, IMU, *Handy Talky*, FSK

## I. PENDAHULUAN

Indonesia termasuk dalam lingkungan cincin api (*ring of fire*) yang memiliki potensi bencana alam cukup tinggi karena berada diantara wilayah lintasan dua jalur pegunungan, yaitu pegunungan Sirkum Pasifik dan Sirkum Mediterania [5]. Salah satu provinsi di wilayah Indonesia bagian barat yang sering mengalami gempa adalah Sumatera Barat.

Dari beberapa kejadian gempa bumi yang pernah terjadi, warga selalu terlambat melakukan evakuasi. Hal ini disebabkan informasi gempa dari BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana) mengalami keterlambatan dari aktivitas gempa yang tercatat alat *seismograph*. Gempa dengan kekuatan besar dapat mengakibatkan saluran listrik dan komunikasi menjadi terputus. Alat komunikasi seperti telepon rumah maupun telepon genggam (*handphone*) tidak dapat berfungsi dalam memperoleh informasi dalam situasi tersebut. Salah satu alat komunikasi yang dapat aktif adalah

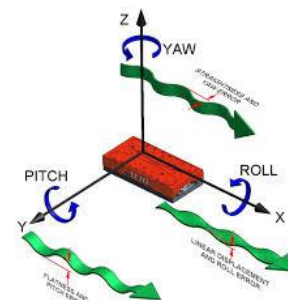
*Handy Talky* (HT), pesawat radio amatir ini masih dapat berfungsi dikarenakan komunikasinya bersifat *point to point* dan aktif tanpa harus terus terhubung arus listrik.

Data yang diinginkan berupa data gempa yang terjadi sekaligus alarm sebagai tanda terjadinya gempa. Data tersebut didapatkan melalui sensor yang mampu mendeteksi percepatan, getaran, serta perpindahan suatu objek. Sensor yang mampu untuk melakukan hal tersebut adalah sensor IMU (*Inertial Measurement Unit*). Untuk mengirimkan data gempa diperlukan suatu metode untuk mengkonversikan data sensor menjadi frekuensi yang dinamakan dengan metode *Frequency Shift Keying* (FSK). Metode FSK digunakan agar sinyal informasi gempa dapat ditumpangkan melalui frekuensi *Handy Talky*.

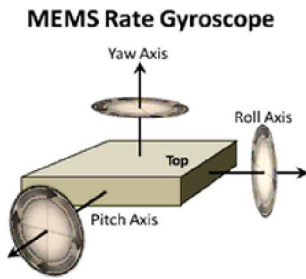
## II. LANDASAN TEORI

### A. *Inertial Measurement Unit*

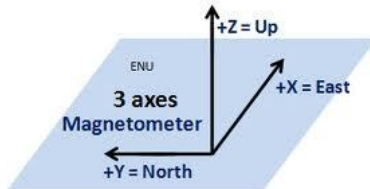
Sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU) adalah suatu instrument yang terdiri dari *accelerometer* sebagai pendeteksi percepatan seperti pada gbr.1, *angular (gyroscope)* yang berfungsi untuk menjejaki keberadaan dan pergerakan suatu benda seperti pada gbr.2, dan *magnetometer (compass)* sebagai instrumen dalam mengukur kekuatan arah medan magnet di sekitar instrument seperti pada gbr.3[1].



Gbr. 1 Tiga Axis Accelerometer [6]



Gbr. 2 Tiga Axis Gyroscope [6]



Gbr. 3 Tiga Axis Magnetometer [6]

B. Modulasi Sinyal

Modulasi merupakan suatu proses dimana parameter dari suatu gelombang divariasikan secara proposional terhadap gelombang yang lain. Proses modulasi membutuhkan sebuah sinyal yaitu sinyal pemodulasi yang berupa sinyal informasi yang dikirim, dan sinyal *carrier* dimana sinyal informasi tersebut ditumpangkan [4]. Modulasi sinyal terdiri dari 2 jenis, yaitu : modulasi digital dan modulasi analog.



Gbr. 4 Blok Diagram Proses Modulasi Analog [2]



Gbr. 5 Blok Diagram Proses Modulasi Digital [2]

Sistem modulasi digital memiliki 3 teknik modulasi yang paling mendasar yaitu: modulasi digital dengan mengubah amplitudo sinyal pembawa disebut *Amplitudo Shift Keying* (ASK), modulasi digital dengan mengubah frekuensi sinyal pembawa yaitu *Frekuensi Shift Keying* (FSK), dan modulasi digital dengan mengubah fasa sinyal pembawa yang disebut dengan *Phase Shift Keying* (PSK).

C. Frequency Modulation

Modulasi Frekuensi (FM) adalah proses menumpangkan sinyal informasi pada sinyal pembawa sehingga frekuensi gelombang pembawa berubah sesuai dengan perubahan tegangan gelombang sinyal informasi. Pada modulasi

frekuensi sinyal pembawa diubah-ubah sehingga besarnya sebanding dengan besarnya amplitudo sinyal pemodulasi. Semakin besar amplitudo sinyal pemodulasi, maka semakin besar pula frekuensi sinyal termulasi FM. Besar selisih antara frekuensi sinyal termulasi FM pada suatu saat dengan frekuensi sinyal pembawa disebut dengan deviasi.

$$\Delta f = \frac{|f_m - f_s|}{2} \dots \dots \dots (1)$$

atau

$$\Delta f = \frac{1}{4tb} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

$f_m$ = frequency mark

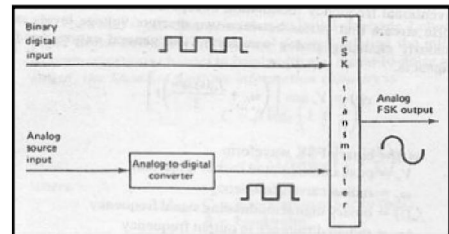
$f_s$ = frequency space

$\Delta f$ = Deviasi frekuensi

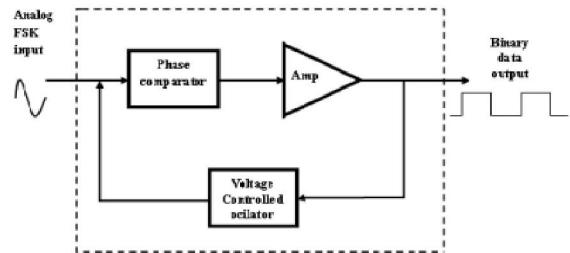
$tb$ = waktu untuk 1bit dalam satuan detik

D. FSK (Frequency Shift Keying)

*Frequency Shift Keying* (FSK) atau pengiriman sinyal melalui penggeseran frekuensi [3]. Metode ini merupakan suatu bentuk modulasi digital yang memungkinkan gelombang modulasi menggeser frekuensi *output* gelombang pembawa. Dalam proses modulasi ini besarnya frekuensi gelombang pembawa berubah-ubah sesuai dengan perubahan ada atau tidak adanya sinyal informasi digital. Dalam proses ini gelombang pembawa digeser ke atas dan ke bawah untuk memperoleh bit 1 dan bit 0. Logika "0" diubah menjadi  $f_s$  (*space frequency*) dan logika "1" diubah menjadi  $f_m$  (*mark frequency*) [2].



Gbr. 6 Pemancar FSK [2]

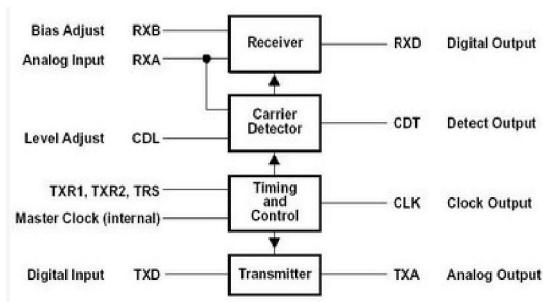


Gbr. 7 Penerima FSK [2]

E. TCM3105

TCM3105 merupakan modem (modulator-demodulator) sehingga dapat mengirimkan maupun menerima data. Pengiriman data melalui TXD, penerimaan data melalui RXD. Bagi modem ini TXD adalah *input* data serial, RXD merupakan *output* data serial. Karena *input* dan *output* dari ic ini bekerja pada standar TTL 5V.

IC Modulator-Demodulator (Modem) TCM3105 dibuat 4 fungsi rangkaian, yaitu *transmitter* (pemancar), *receiver* (penerima), *carrier detector* (pendeteksi sinyal pembawa), dan *control and timing* (pengendali dan waktu).

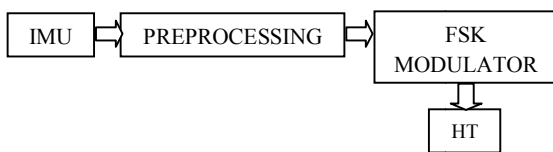


Gbr. 8 Bagian-Bagian Modem TCM 3105

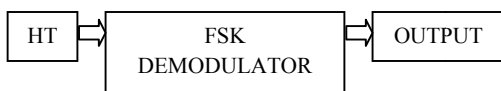
III. METODOLOGI DAN PERANCANGAN

A. Blok Diagram Sistem

Pemancar / Pengirim (*Transmitter*)



Penerima (*Receiver*)

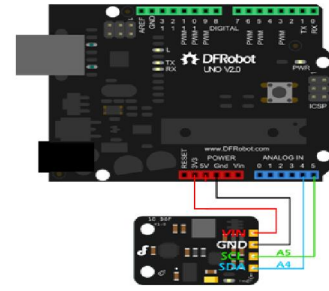


Gbr. 9 Blok Diagram Transmitter dan Receiver

B. Perancangan Hardware

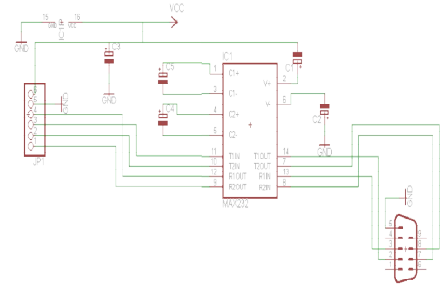
1. Sensor IMU 10 Degrees of Freedom MEMS

Sensor diberi tegangan (*Vin*) sebesar 3,3V atau 5V, tetapi sensor akan bekerja stabil bila diberi tegangan tidak lebih dari 3,3V. Pin SDA dihubungkan ke pin A4 dan SCL dihubungkan ke pin A5 pada *arduino*.



Gbr. 10 IMU 10 Degrees of Freedom MEMS dan Arduino

2. TTL to RS232 Converter



Gbr. 11 Rangkaian TTL to RS232 Converter

Penjelasan rangkaian *TTL to RS232 converter* pada gbr. 10, sebagai berikut :

- C1+ dan C1- langsung dihubungkan dengan kapasitor 1mF
- C2+ dan C2- langsung dihubungkan dengan kapasitor 1mF
- V- dihubungkan ke *ground* melalui kapasitor 1mF
- T1IN masuk ke *pinheader* sebagai TX, menerima data dari TX pada *arduino*. Sedangkan T1OUT masuk ke pin 2 DB9 sebagai RX
- T2IN masuk ke *pinheader* sebagai CTS, dan T2OUT masuk ke pin 8 tetap sebagai CTS
- R1IN sebagai TX, mengirimkan data dari modem TCM3105. R1OUT sebagai RX yang akan terhubung pada TX di *arduino*
- R2IN dan R2OUT sebagai RTS

3. Modem Audio FSK TCM3105

Penjelasan rangkaian pada gambar gbr. 11 adalah sebagai berikut:

- Tegangan 5 volt masuk melalui VDD pin 1 IC TCM3105
- TRS (pin 5) mendapat sinyal Not CLK dari CLK (pin2) yang dibalik oleh transistor T1, sehingga menjadi standar Bell 202.
- CDT (pin 3) adalah *output carrier detect* disambungkan dengan lampu led ke *ground* melalui R220-680 ohm, untuk indikator ada sinyal yang diterima.

- d. RXA (pin 4) masukan sinyal audio dari Radio, dibatasi tegangannya oleh dioda.
- e. NC (pin6) dibiarkan tidak terkoneksi
- f. RXB (pin 7) dapat diatur tegangannya dengan *trimpot* 50k untuk menyetel tegangan bias RXD
- g. RXD (pin 8) keluaran data serial standar *TTL*, untuk dihubungkan dengan RXD komputer melalui *logic translator ic max232*.
- h. Pin 9 *Power ground*
- i. CDL (pin 10) dapat diatur tegangannya dengan *trimpot* 50k untuk menyetel *Carrier detect level* untuk menentukan sensitivitas masukan di RXA.
- j. TXA (pin 11) merupakan *output* audio yang akan dipancarkan melalui radio.
- k. TXR1 dan TXR2 (pin 12 dan 13) di *ground*-kan berarti memilih *baudrate* 1200 *bit/sec*.
- l. TXD (pin 14) dihubungkan dengan *output serial* data melalui *logic translator max232*.
- m. OSC1 dan OSC2 langsung dihubungkan dengan kristal 4.4336 *MHz*.

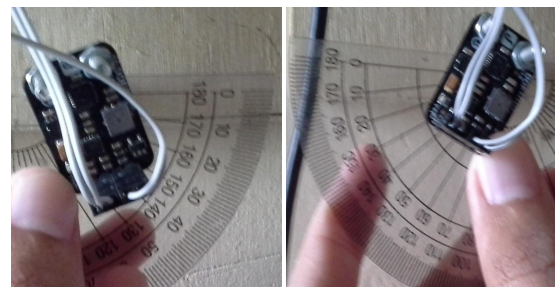


a



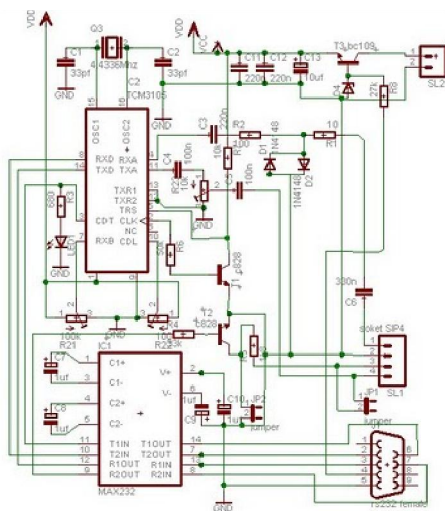
b

c



d

e



Gbr. 12Rangkaian Audio FSK Modem TCM3105

#### IV. HASIL DAN ANALISA

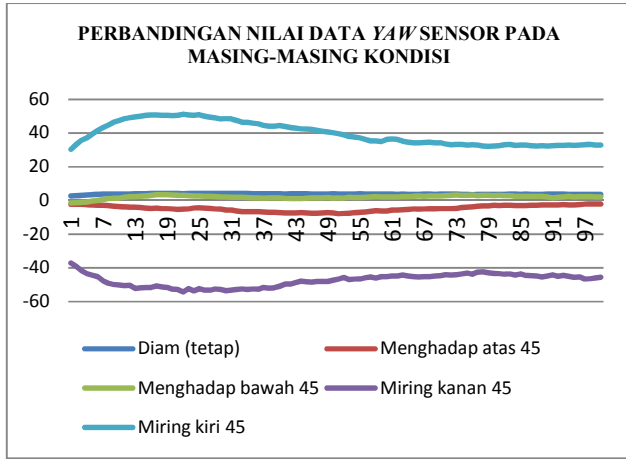
##### A. Pengujian Sensor IMU pada arduino

Pengujian sensor IMU dilakukan hanya menggunakan dua sensor, yaitu *accelerometer* dan *gyroscope*. Pengujian sensor dilakukan dengan memonitoring nilai data *yaw*, *pitch* dan *roll* ketika sensor dalam kondisi diam dan kemudian dibandingkan terhadap nilai data *yaw*, *pitch* dan *roll* ketika sensor dalam kondisi miring ke atas 45°, miring ke bawah 45°, miring ke kanan 45° dan miring ke kiri 45° seperti pada gbr. 13. Kemudian dilakukan analisa untuk mendapatkan indikator data dalam pengujian *buzzer*.

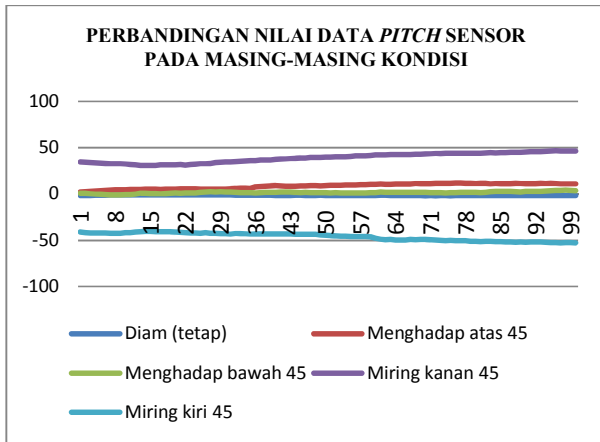
Gbr. 13 Posisi Sensor saat Pengambilan Data Sensor (a)Diam(tetap) (b) Menghadap ke Atas 45° (c) Menghadap ke Bawah 45° (d) Miring ke Kanan 45° (e) Miring ke Kiri 45°

Berikut adalah grafik perbandingan nilai data *yaw*, *pitch* dan *roll* pada berbagai posisi sensor:

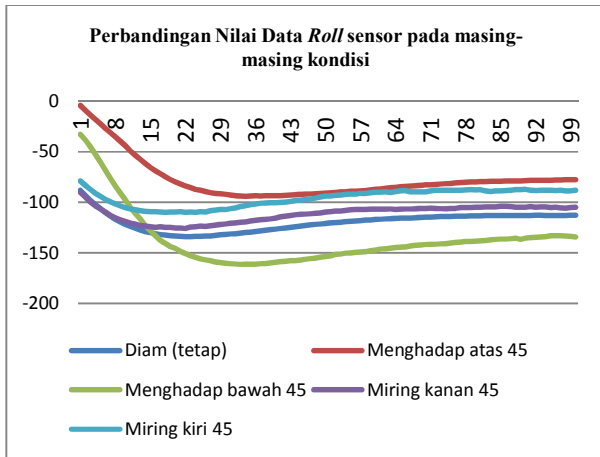




Gbr. 14 Grafik Perbandingan Nilai Data *Yaw* pada Posisi Sensor yang Berbeda-beda



Gbr. 15 Grafik Perbandingan Nilai Data *Pitch* pada Posisi Sensor yang Berbeda-beda



Gbr. 16 Grafik Perbandingan Nilai Data *Roll* pada Posisi Sensor yang Berbeda-beda

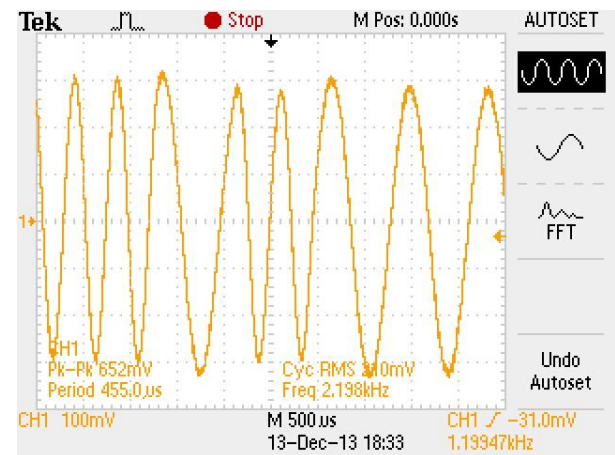
Setelah membandingkan dan menganalisa nilai data *yaw*, *pitch*, dan *roll* pada beberapa kondisi sensor seperti pada gbr.14 gbr.15 dan gbr.16, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Saat sensor berada pada posisi miring kanan 45°, nilai data *yaw* yang didapat lebih kecil dari data *yaw* saat kondisi sensor diam karena sumbu z bergerak ke arah negatif saat miring ke kanan 45° yaitu berlawanan arah jarum jam. Sedangkan pada posisi miring kiri 45° nilai data *yaw* lebih besar bila dibandingkan nilai data *yaw* saat sensor posisi diam. Pada posisi miring kiri 45° sumbu z akan bergerak ke arah positif atau searah jarum jam.
2. Saat sensor berada pada kondisi miring kanan 45°, nilai data *pitch* yang diperoleh lebih besar jika dibandingkan dengan kondisi diam. Hal ini dikarenakan sumbu y bergerak vertikal ke atas (positif) saat berada pada posisi tersebut. Sedangkan nilai data *pitch* saat sensor pada posisi miring kiri 45° bernilai lebih kecil karena posisi sumbu y berada pada posisi vertikal negatif.
3. Saat sensor dalam kondisi menghadap ke atas 45° nilai data *roll* yang didapat dalam pengujian lebih besar dari keadaan sensor diam, karena pada posisi menghadap ke atas 45° sumbu x akan bernilai positif. Sedangkan saat sensor dalam kondisi menghadap ke bawah 45° nilai data *roll* bernilai negatif dan lebih kecil dibandingkan dengan kondisi diam (tetap). Hal ini dikarenakan posisi sumbu x sensor menghadap kebawah 45° sehingga nilai yang didapatkan negatif.

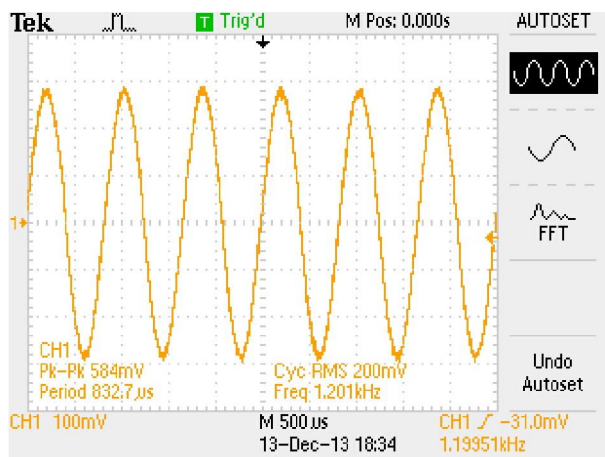
Dari analisa masing – masing kondisi tersebut maka ditetapkan nilai data *yaw* sebagai *setpoint* dengan kondisi jika nilai data *yaw* lebih dari atau sama dengan 55 dan kurang dari atau sama dengan -55 ( $-55 \leq yaw \leq 55$ ) maka *buzzer* akan berbunyi.

#### B. Pengujian Transmitter dan Receiver

Hasil pengujian frekuensi saat logika *high* dan *low* terlihat seperti gambar berikut:



Gbr. 17 Output Modulator Logika '1' (*high*)



Gbr. 18 Output Modulator Logika '0' (low)

Pada gbr.18 frekuensi yang didapat 2198Hz ditandai sebagai *frequency mark*, sedangkan pada gbr. 19 sebagai *frequency space* dengan frekuensi 1201 Hz. Kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan *bandwidth* seperti berikut.

$$\begin{aligned} \Delta f &= \frac{|f_m - f_s|}{2} \\ &= \frac{|2198 - 1201|}{2} \\ &= \frac{997}{2} = 498.5 \text{ Hz} = 499 \text{ Hz/V} \end{aligned}$$

Dan *bandwidth*,

$$\begin{aligned} \Delta f &= \frac{1}{4tb} \\ 4tb &= \frac{1}{\Delta f} \\ &= \frac{1}{499} = 0.002 \\ tb &= \frac{0.002}{4} = 0.5 \text{ ms} \\ BW &= f_m - f_s + \frac{2}{tb} \\ &= 2198 - 1201 + \frac{2}{0.5 \times 10^{-3}} \\ &= 997 + 4000 = 4997 \text{ Hz} \\ &= 4.997 \text{ KHz} \end{aligned}$$

Sehingga dapat dihitung *Bandwidth* efisiennya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Bandwidth Efisien} &= \frac{\text{Transmission rate (bps)}}{\text{Bandwidth (Hz)}} \\ &= \frac{1200}{4997} = 0.133 \text{ bps/Hz} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas dapat dianalisa bahwa penyimpangan frekuensi *output* modulator sebesar 499Hz tiap 1 volt dan lebar cakupan frekuensi yang dapat digunakan dalam transmisi data adalah 4.997 KHz.

Hasil monitoring *buzzer* terhadap data yang diterima oleh *receiver* terlihat seperti tabel berikut:

TABEL I  
MONITORING BUZZER TERHADAP DATA YANG DITERIMA

Nilai Data			Buzzer
Yaw	Pitch	Roll	
-53	0	4	Tidak berbunyi
-53	0	4	Tidak berbunyi
-53	0	4	Tidak berbunyi
-54	0	4	Tidak berbunyi
-54	0	3	Tidak berbunyi
-54	0	3	Tidak berbunyi
-55	0	3	Tidak berbunyi
-55	0	3	Tidak berbunyi
-55	0	3	Tidak berbunyi
-55	0	3	Tidak berbunyi
-56	0	3	Berbunyi

Dari tabel diatas terlihat buzzer akan berbunyi (aktif) saat kondisi terpenuhi ( $yaw < -55$  &&  $yaw > 55$ ). Buzzer berbunyi saat data kecil dari -55 dan besar dari 55.

Hasil pengujian *transmitter* dan *receiver* data terhadap jarak *handy talky* seperti tabel berikut:

TABEL II  
Hasil Pengujian *Transmitter* dan *Receiver* Data Terhadap Jarak *Handy talky* yang Berbeda

Jarak antar HT	Data pada HT transmitter	Data pada HT receiver
±1 m	data terkirim	
±2 m	data terkirim	
±5 m	data terkirim	
±1 km	data terkirim	
±2 km	data terkirim	
±2.5 km	data terkirim	
±3.5 km	data terkirim	

	Data dapat diterima dalam keadaan ruang tertutup
	Data dapat diterima dalam keadaan ruang terbuka
	Data yang diterima terputus-putus dalam keadaan ruang terbuka

Dari hasil tabel di atas, terlihat *handy talky* dapat mengirim data sejauh  $\pm 3.5$  km. Pada jarak  $\pm 1$  meter sampai  $\pm 5$  meter, *handy talky* meneruskan data secara *real time* walaupun dalam keadaan ruang tertutup. Selanjutnya, pada jarak  $\pm 1$  km -  $\pm 2.5$  km, data dapat diterima oleh *receiver* dengan syarat komunikasi dilakukan di ruang terbuka. Jarak  $\pm 3.5$  km merupakan jarak maksimum.

## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian dan analisa pada tugas akhir ini, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Nilai data *yaw* berada dalam interval 2.65 – 4.3, nilai data *pitch* -1.09 – (-0.92) dan *roll* -133.86 – (-88.13) dari pembacaan sensor *IMU 10 Degrees of Freedom MEMS* saat dalam keadaan diam (tetap).
2. Sinyal informasi FSK dapat dikirimkan melalui komunikasi *Handy Talky* sejauh  $\pm 3,5$  km.
3. *Frequency mark* dan *frequency space* yang didapat saat pengujian *transmitter* dan *receiver* adalah 2198 Hz dan 1201 Hz.
4. *Handy Talky* dapat melakukan transmisi data sensor dari *transmitter* menuju *receiver* dengan baik serta *real time* pada jarak 0,001 km - 2.5 km.

### B. Saran

Beberapa saran yang diharapkan untuk pengembangan tugas akhir ini:

1. Gunakan metode *Kalman Filter* pada sensor agar nilai yang dihasilkan lebih stabil saat sensor tidak ada gerakan.
2. *Setting data off* pada transmitter saat sensor dalam kondisi normal agar HT tidak terus melakukan pengiriman.
3. Gunakan *handy talky* yang dapat berkomunikasi *half duplex* pada jarak lebih dari 3.5 km.

## REFERENSI

- [1] Alma'I, R. V. 2011. *Aplikasi Sensor Accelerometer Pada Deteksi Posisi*. Makalah Seminar Tugas Akhir. Semarang.
- [2] Ekoaji. Tanpa tahun. *Data Communication and Data Transmission*. Transmission and Network Technology.
- [3] Gunawan, P.T. 2012. *Modulasi Digital (ASK, PSK, FSK) dan Multiple Acces (FDMA, TDMA, CDMA)*. Tugas Komunikasi Digital. UNHAS.
- [4] Karim, I.N. dkk. 2012. *Modulasi Phase Shift Keying*.
- [5] Yudha, E. 2009. *Environmental Studies Lempeng Indonesia*.
- [6] All Datasheet, <http://www.alldatasheet.com>.