

Desain dan Realisasi Sistem Telemetry Getaran dengan Media Transmisi HT Menggunakan Sensor Accelerometer MMA7361 Berbasis Mikrokontroler ATmega8535

Gurum Ahmad Pauzi, Meta Dia Febriska, Amir Supriyanto

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung

Jl.Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No.1 Gedung Meneng Bandar Lampung 35145

E-mail: metadiafr@gmail.com, gurum4in@yahoo.com

Abstract. *It has been realized a telemetry of vibrationsystem using an accelerometer MMA7361 that based on microcontroller ATmega8535 with handy talky (HT) as transmission medium. The main purpose of the research was to make a simple earthquake detection system. Research testedby put the accelerometer sensor on top of speakers witch given some frequencies from signal generator, which is regarded as the artificial earthquake vibrations. The given frequency varies from 0.5Hz to 20 Hz taken during 400s. The test results with the FFT filter Savitzky – Golay were the dominant frequency of the X-axis was 0,66265Hz with a magnitude of 8,6871dB, the dominant frequency in the Y-axis was 0,66934Hz with magnitude of 10,6789dB and frequency dominant on the Z-axis was 0,64678Hz with magnitude of 13,3095dB. The results of the research obtained an deviation standart of data delivery on the telemetry system was equal to 0,2313 Von the X-axis, the Y-axis was equal to 0,4954 V and 0,0198 Vfor the Z-axis.*

Keywords. *Accelerometer MMA7361, FSK TCM3105 Modul, HT, ATmega8535.*

Abstrak. Telah direalisasikan sistem telemetry getaran dengan media transmisi HT yang menggunakan sensor *accelerometer* MMA7361 berbasis mikrokontroler ATmega8535. Tujuan penelitian adalah membuat sistem pendeteksi gempa bumi sederhana. Penelitian dilakukan dengan meletakkan sensor *accelerometer* di atas speaker yang diberikan frekuensi dari signal generator, dianggap sebagai getaran gempa bumi buatan. Frekuensi diberikan bervariasi dari 0,5Hz s.d. 20Hz diambil selama 400s. Hasil pengujian FFT dengan filter Savitzky-Golay, frekuensi dominan sumbu X adalah 0,66265Hz dengan magnitudo 8,6871dB untuk, pada sumbu Y frekuensi dominan adalah 0,66934Hz dengan magnitudo 10,6789dB dan pada sumbu Z frekuensi dominan adalah 0,64678Hz dengan magnitudo 13,3095dB. Data hasil penelitian dianalisis dan diperoleh standar deviasi pada sistem telemetry untuk sumbu X adalah 0,2313 V, untuk sumbu Y adalah 0,4954 V dan untuk sumbu Z 0,0198 V.

Kata Kunci. *Accelerometer MMA7361, Modul FSK TCM3105, HT, ATmega8535.*

PENDAHULUAN

Gempa bumi adalah peristiwa pelepasan energi regangan elastis batuan dalam bentuk patahan atau pergeseran lempeng bumi. Semakin besar energi yang dilepas semakin kuat gempa yang terjadi (Haris dan Irjan, 2013). Lampung merupakan daerah rawan gempa karena Lampung dilewati sesar/patahan Sumatera yang memanjang dari Aceh hingga Lampung (Naryanto, 1997).

Saat ini sistem pemantauan gempabumi yang dilakukan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) hanya merekam gempa bumi yang sedang atau telah terjadi sehingga sulit untuk menekan jatuhnya korban dan kerusakan akibat gempa bumi. Bencana alam gempa bumi merupakan fenomena alam yang tidak dapat diprediksi kejadiannya, namun bahaya resiko yang diakibatkan oleh gempa bumi dapat dihindari dan dikurangi atau dimitigasi. Hal yang

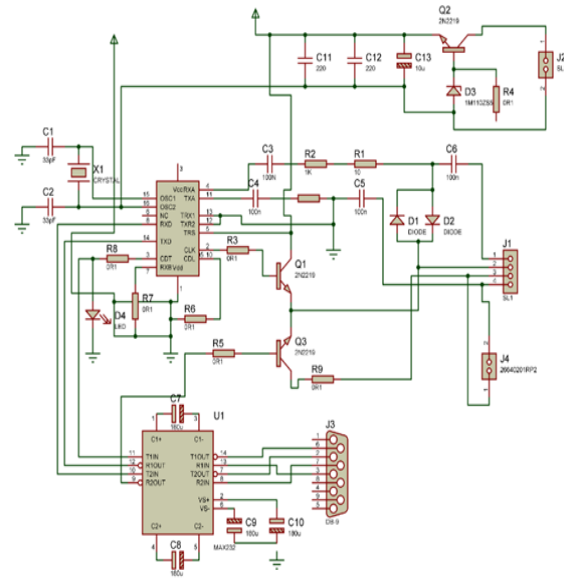
mungkin dapat dilakukan adalah membangun sistem peringatan dini (*early warning system*) yang berfungsi sebagai peringatan darurat saat terjadinya gempa.

Mulyono dan Gunawan (2013), membuat *prototype* sistem pendeteksi gempa untuk rumah atau kantor berbasis mikrokontroler dengan sensor *accelerometer* MMA7260Q. Sensor *accelerometer* merupakan sensor yang berfungsi untuk mendeteksi sinyal perambatan getaran gempa dalam arah gelombang horizontal maupun vertikal dan mengkonversi sinyal getaran yang terdeteksi menjadi besaran listrik analog (Isnianto dan Rhido, 2013).

Telemetri adalah proses pengukuran suatu obyek yang hasil pengukurannya dikirimkan ke tempat lain melalui proses pengiriman data baik dengan menggunakan kabel maupun *wireless* (Susanto dkk, 2014). Penggunaan radio HT tidak memerlukan jaringan kabel yang rumit perawatannya. HT dikenal dengan sebutan *two-way* radio ataupun radio dua arah, alat ini memiliki radio transmitter dan penerima sinyal komunikasi radio (Khoswanto dkk, 2005). HT dapat melakukan komunikasi dengan lebih dari satu penerima sehingga sistem penerima deteksi gempa ini dapat dipasang lebih dari satu tempat. Hal inilah yang mendasari dilakukannya penelitian ini, yaitu sistem peringatan dini gempa bumi sederhana yang berbasis mikrokontroler ATmega8535 dengan media transmisi HT.

METODE PENELITIAN

Sensor yang digunakan dalam sistem ini adalah sensor *accelerometer*, sensor inilah yang berfungsi sebagai sumber informasi dalam sistem akuisisi. *Accelerometer* dapat digunakan untuk mengukur getaran pada tiga sumbu pengukuran, yaitu terhadap sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z. Keluaran dari sensor ini sudah dapat langsung masuk ke mikrokontroler tanpa melalui rangkaian pengkondisi sinyal. Pada **Gambar 1** ditunjukkan rangkaian modul Frekuensi Shift Keying (FSK) TCM3105.

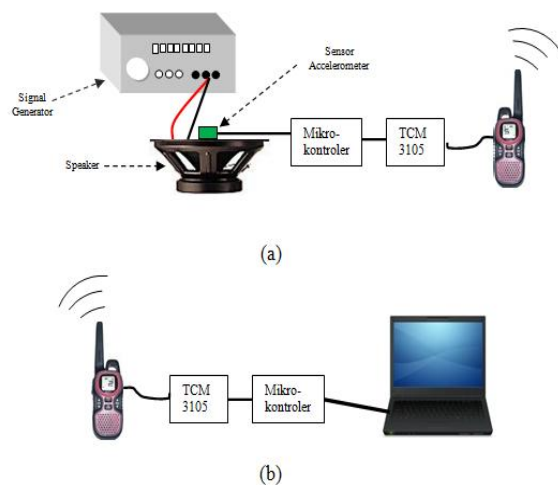


Gambar 1. Rangkaian modul FSK TCM3105

Sinyal keluaran dari mikrokontroler merupakan sinyal digital, sedangkan HT hanya dapat mengirimkan sinyal analog, oleh karena itu digunakan modul FSK TCM3105 yang fungsinya merubah sinyal digital menjadi sinyal analog. Modul FSK disambungkan ke mikrokontroler dengan menggunakan konektor DB-9. Selanjutnya melalui *microphone* dan *Push to Talk* (PTT), HT tersambung dengan modul FSK. Channel frekuensi HT yang digunakan berkisar dari 462,5500MHz – 467,7125MHz.

Pada sistem penerima HT diatur untuk berada di frekuensi yang sama dengan HT pengirim, dalam hal ini secara spesifik kedua HT berada dalam frekuensi 462.5875 MHz. Sinyal analog yang diterima HT diteruskan ke modul FSK, yang dihubungkan melalui speaker. Rangkaian modul FSK TCM3105 ini terhubung dengan mikrokontroler penerima yang berfungsi untuk menampilkan data ke *Personal Computer* (PC). Data tegangan yang telah berhasil masuk ke PC akan disimpan dalam bentuk *.txt. Dengan menggunakan matlab, data tersebut dibuat grafik hubungan antara amplitudo terhadap waktu. Metode pengambilan data ditunjukkan pada **Gambar 2**.

Meta dkk : Desain dan Realisasi Sistem Telemetry Getaran dengan Media Transmisi HT Menggunakan Sensor *Accelerometer* MMA7361 Berbasis Mikrokontroler ATmega8535



Gambar 2. (a) Sistem pengirim dan (b) sistem penerima

Sinyal hasil getaran sensor *accelerometer* terlebih dahulu *filter* menggunakan *High Pass Filter* (HPF) sebelum diolah menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT), hasil dari HPF merupakan sinyal yang lebih halus dan sudah diseleksi deraunya. Untuk menghasilkan sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi dengan menggunakan FFT dengan menggunakan metode Savitzky-Golay *smoothing filters*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah direalisasikan suatu alat transmisi data pengukuran getaran menggunakan sistem telemetry *wireless* via HT dengan perangkat lunak pada PC sebagai tampilan hasil pengukuran tegangan dari sensor. Perangkat keras sistem ini terdiri dari sebuah sensor *accelerometer*, sistem minimum mikrokontroler, *modulator demodulator* FSK TCM3105, *handy talk*, catu daya dan LCD.

Pada sistem pengirim, terdapat sebuah sensor *accelerometer* yang bekerja sebagai pendeteksi getaran dengan tiga arah dimensi berbeda yang memiliki keluaran berupa tegangan. Sensor *accelerometer* termasuk sensor pasif, sehingga membutuhkan catu daya untuk dapat bekerja. Tegangan yang masuk dari catu daya ke sensor sebesar 4,85 V. Kemudian sinyal analog keluaran dari masing-masing

sumbu sensor *accelerometer* dihubungkan ke mikrokontroler pada sistem pengirim.

Bahasa pemrograman yang digunakan untuk membuat program pengolahan data sensor adalah CV AVR. Program yang didownloadkan adalah program untuk membaca nilai *Analog to Digital Converter* (ADC) yang dikonversi ke tegangan dengan kecepatan 1200 bps dan *delay* sebesar 50ms.

Sinyal keluaran dari mikrokontroler merupakan sinyal digital, sedangkan HT hanya dapat mengirimkan sinyal analog, oleh karena itu digunakan *modulator* FSK TCM3105 yang fungsinya memodulasi sinyal digital menjadi sinyal analog. Modul FSK disambungkan ke mikrokontroler dengan menggunakan konektor DB-9. Sinyal digital yang masuk ke *Integrated Circuit* (IC) TCM3105 akan di modulasi secara FSK, lalu dikonversi ke sinyal analog menggunakan *Digital to Analog Converter* (DAC). Kemudian melalui *microphone* dan PTT, modul FSK dihubungkan dengan HT, karena pada sistem pengirim HT sifatnya merekam data masukan melalui *microphone*.

Pada sistem penerima HT diatur untuk berada di frekuensi yang sama dengan HT pengirim, dalam hal ini secara spesifik kedua HT berada dalam frekuensi 462.5875 MHz. Sinyal analog yang diterima HT diteruskan ke modul FSK, yang dihubungkan melalui *jack speaker*. IC TCM3105 berfungsi sebagai *demodulator*, sehingga sinyal analog didemodulasi kembali menjadi sinyal digital. Rangkaian modul FSK TCM3105 ini terhubung dengan mikrokontroler penerima yang berfungsi untuk menampilkan data ke PC. Sistem penerima ini dihubungkan dengan PC, dengan menggunakan konektor *in system programming* (ISP) yang disetting serial. Setelah sistem selesai dibuat, dilakukan pengujian dan pengambilan data pengukuran terhadap sensor. Data hasil dari sistem telemetry tertera pada **Tabel 1**.

Pada pengujian sistem telemetry, dilakukan pengukuran untuk membandingkan data yang dikirim dari sensor dengan data yang diterima sistem. Setelah dilakukan perhitungan dari data pada **Tabel 1** didapat bahwa hasil standar deviasi untuk sumbu X adalah 0,2313 V, untuk sumbu Y adalah 0,4954 V dan untuk sumbu Z 0,0198 V.

Tabel 1. Data telemetry getaran

No	Tegangan yang dikirim (V)			Tegangan yang diterima (V)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	2,72	3,35	2,57	0,97	0,76	0,75
2	2,64	3,26	2,55	0,92	0,66	0,75
3	2,55	3,17	2,54	0,91	0,55	0,73
4	2,49	3,10	2,51	0,94	0,52	0,72
5	2,40	3,06	2,52	0,96	0,41	0,75
6	2,35	2,98	2,53	0,95	0,28	0,76
7	2,27	2,89	2,56	0,92	0,66	0,79
8	2,20	2,82	2,55	0,91	0,55	0,78
9	2,07	2,69	2,53	0,58	0,52	0,76
10	1,98	2,55	2,55	0,67	0,76	0,75

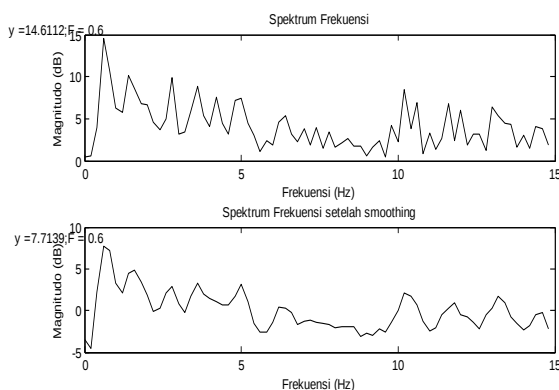
Sensor Accelerometer

Penelitian ini adalah bentuk aplikasi dari sistem telemetri yang merupakan pemantauan atau *monitoring* keadaan fisis dari jarak jauh. Sensor yang digunakan adalah sebuah sensor *accelerometer*, sensor ini digunakan untuk merubah besaran fisis yang berupa getaran menjadi besaran elektrik. *Accelerometer* terdiri dari permukaan *micromachine* dengan sel kapasitif dan pengkondisi sinyal didalamnya. Elemen penginderaan (*sensing element*) disegel tertutup seperti *wafer* (permukaan tipis) pada *micromachine*.

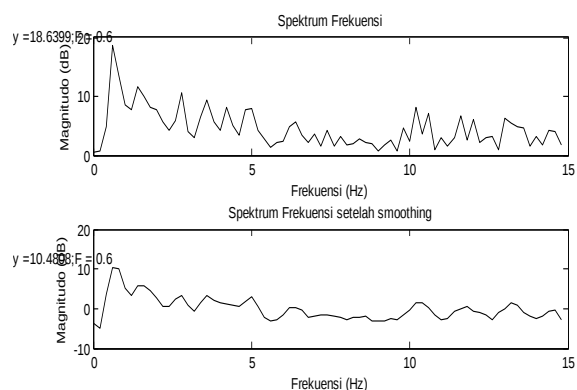
G-sell adalah struktur mekanik yang terbuat dari bahan semikonduktor (*polysilicon*), menggunakan proses semikonduktor *masking* dan *etching*. *G-sell* dapat dimodelkan sebagai satu set *beams* (balok) yang melekat pada *movable central mass* yang bergerak di antara

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.

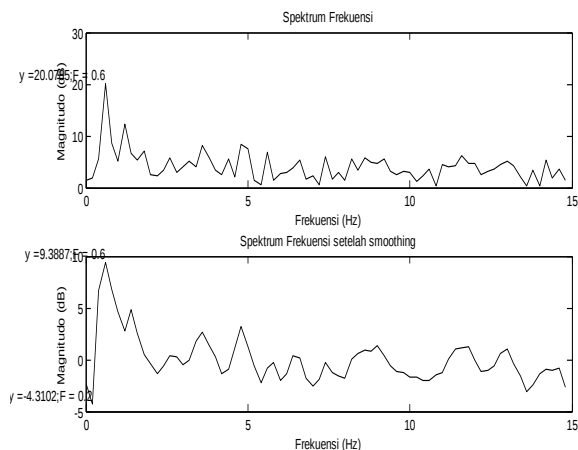
Output dari sensor *accelerometer* berupa sinyal analog, kemudian dengan ADC internal yang terdapat di mikrokontroler ATmega8535. Sumbu X dari sensor dihubungkan ke pin 0 pada port A mikrokontroler, sedangkan pin 1 terhubung dengan sumbu Y dan sumbu Z di pin 2. Pengujian dilakukan dengan meletakkan sensor *accelerometer* pada sebuah speaker yang diberikan frekuensi bervariasi dari 0,5Hz dari signal generator dalam waktu 15 detik. Data yang diperoleh diolah dengan FFT di matlab.



Gambar 3. Spektrum sinyal sumbu X frekuensi 0,5Hz



Gambar 4. Spektrum sinyal sumbu Y frekuensi 0,5Hz



Gambar 5.Spektrum sinyal sumbu Z frekuensi 0,5Hz

Hasil dari FFT ini berupa grafik amplitudo spektrum dengan frekuensi, dengan menggunakan perintah di m-file pada FFT maka didapat nilai spektrum secara utuh pada tiap sumbu dan kemudian dianalisis terkait dengan keberadaan frekuensi dominan. Metode *filter* yang digunakan adalah Savitzky-Golay. Dari proses FFT pada **Gambar 3** diperoleh magnitudo setelah sinyal dismoothing frekuensi dominan sumbu X yang diperoleh adalah 0,6Hz dengan magnitudo sebesar 7,7139dB.

Pada **Gambar 4** sinyal yang telah melewati *filter* Savitzky-Golay memiliki frekuensi dominan sumbu Y sebesar 0,6Hz dengan magnitudo sebesar 10,4898dB. Selanjutnya adalah menganalisa keluaran dari sumbu Z yang ditunjukkan pada **Gambar 5**. Setelah sinyal melewati *filter* Savitzky-Golay frekuensi dominan untuk sumbu Z yang diperoleh adalah 0,6Hz dengan magnitudo sebesar 9,3887dB.

Tabel 2. Jangkauan Transmisi HT

No	Jarak (m)	Hasil Transmisi
1	200	Baik
2	400	Baik
3	600	Baik
4	750	Baik
5	890	Baik
6	950	Baik
7	980	Keluaran suara tidak jelas
8	1020	Keluaran suara tidak jelas
9	1050	Keluaran suara tidak ada
10	1100	Keluaran suara tidak ada

Transmisi HT

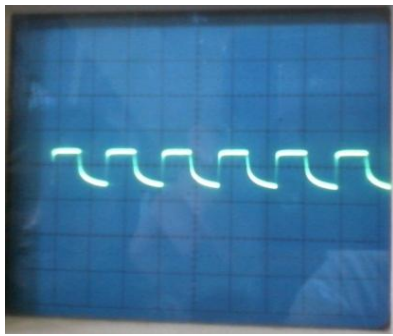
Pengujian jangkauan transmisi dari HT dilakukan dengan cara meletakkan HT *transmitter* dan HT *receiver* pada jarak tertentu, lalu diberi masukan suara, kemudian dilihat apakah suara dapat diterima dengan baik atau tidak. Hasil pengujian tertera pada **Tabel 2**.

Jarak antara HT *transmitter* dan HT *receiver* dihitung dengan menggunakan aplikasi web Google Earth. Secara teori, seperti yang tertera pada *datasheet* HT Uniden GMR3040-2CKHS, HT ini mampu mengirim data sampai dengan jarak 48km jika tidak ada gangguan dari luar. Namun, hasil pengukuran menunjukkan HT ini hanya mampu melakukan transmisi sampai dengan jarak 950 m.

Modulator FSK TCM3105

Dalam penelitian ini modulasi digital yang dipakai adalah sistem FSK dengan menggunakan rangkaian terintegrasi tipe TCM3105. 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 GND melalui R220-680 Ohm, untuk indikator ada sinyal yang diterima. RXA (pin 4) masukan sinyal audio dari radio, dibatasi tegangannya oleh dioda.

RXB (pin 7) dapat diatur tegangannya dengan trimpot 50k untuk menyetel tegangan bias RXD. RXD (pin 8) keluaran data serial standar TTL, untuk dihubungkan dengan RXD komputer melalui *logic translator* IC MAX232. CDL (pin 10) diatur tegangannya dengan resistor 50k untuk menyetel *carrier detect level* untuk menentukan sensitivitas masukan di RXA. TXA (pin 11) merupakan *output* audio yang akan dipancarkan melalui HT. Pada HT Uniden GMR3040-2CKHS dipasang *microphone input*. TXR1 dan TXR2 (pin 12 dan 13) digroundkan berarti memilih *baud rate* 1200 bit/sec. TXD (pin 14) dihubungkan dengan output serial data melalui *logic translator* max 232. OSC1 dan OSC2 langsung dihubungkan dengan kristal 4.4336 MHz.



Gambar6. Sinyal hasil modulasi di TXA

FSK *modulator* pada sistem ini berfungsi memodulasi data digital yang dikirim dari mikrokontroler ke modul FSK menjadi sinyal analog, agar dapat masuk ke dalam HT *transmitter* dan dikirim ke HT *receiver*. Dalam modulasi FSK, frekuensi *carrier* diubah-ubah harganya mengikuti harga sinyal pemodulasinya (analog) dengan amplitudo pembawa yang tetap. Sinyal yang masuk melalui Tx DB-9 di mikrokontroler masuk ke Rx DB-9 pada modul FSK yang terhubung dengan pin 13 MAX232 yang berfungsi sebagai *receiver input* (R1IN). Kemudian sinyal ini akan dikirim ke TCM3105 untuk dimodulasi melalui pin 12 pada MAX232 yang bertindak sebagai *receiver output* (R1OUT), pin ini dihubungkan dengan pin 14 TCM3105 yang berfungsi *transmit digital input* (TXD).

Sinyal yang masuk ke TXD akan melalui proses modulasi dengan metode FSK, kemudian sinyal akan diteruskan ke DAC, lalu sinyal akan difilter menggunakan *Low Pass Filter* dengan frekuensi *cut off* 60Hz, hasil dari *filter* ini yang akan masuk ke transmit analog input (TXA) pin 11 dari TCM 3105. Sinyal yang telah termodulasi dan masuk ke pin TXA terdapat pada **Gambar 6**. Nilai frekuensi *mark* (f_m) adalah 1200Hz dan frekuensi *space* (f_s) adalah 2200Hz hal ini dikarenakan pin 13 (TRX1) dan pin 12 (TRX2) diberi logika *low* atau *grounded*, maka frekuensi deviasi yang diperoleh adalah 500Hz dan nilai *bandwidth* dari modul ini adalah sebesar 3000Hz.

HT Transmitter dan Receiver

HT *transmitter* dan HT *receiver* telah diatur dalam frekuensi yang sama, yaitu pada channel 2 dengan frekuensi 462.5875 MHz. Oleh karena itu, ketika sinyal analog yang dihasilkan dari modul FSK masuk kedalam HT *transmitter* melalui *jack headset* langsung diterima oleh HT *receiver*. *Setting* volume pada kedua HT dipasang maksimal untuk memperoleh sinyal modulasi terbaik.

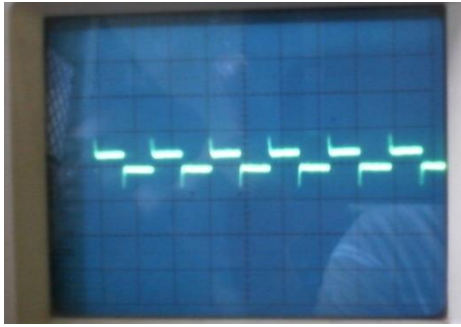
HT *transmitter* dikoneksikan ke modul FSK melalui *jack headset*. *Microphone* dari *jack headset* terhubung dengan pin 11 (TXA) TCM3105 dari modul sebagai *transmitter*, sedangkan PTT dari *jack headset* dikoneksikan ke pin 2 TCM3105 sebagai *timing* dan *control*. *Ground* dari *headset* terhubung dengan pin 9, yaitu *ground* dari TCM3106.

Sinyal keluaran pin 11 (TXA) akan masuk ke *microphone* HT sebagai rekaman data yang akan dikirimkan. Sinyal ini dapat dilihat pada **Gambar 6**. Pada saat mengirim data dari modem, tombol PTT harus ditekan, agar data secara otomatis akan terkirim ke HT *receiver*, tegangan yang masuk ke *microphone input* nilainya harus dibawah 2V agar dapat terkirim.

Demodulator FSK TCM3105

Modul FSK pada sistem penerima berfungsi sebagai *demodulator* sinyal, sinyal analog yang diterima dari HT dikembalikan kebentuk awal, yaitu sinyal digital yang akan dikirim ke mikrokontroler sistem penerima. HT *receiver* dikoneksikan ke modul FSK melalui *speaker* dari *jackheadset* yang terhubung dengan pin 4 TCM3105 dari modul sebagai *receiver*, sedangkan PTT dari *jack headset* dikoneksikan ke pin 2 TCM3105 sebagai *timing* dan *control*.

Ground dari *jackheadset* terhubung dengan pin 9, yaitu *ground* dari TCM3105. Tegangan keluaran yang diterima HT *receivers* sangat kecil hanya sebesar 0,87V. Hasil pengujian dengan menggunakan osiloskop menunjukkan bahwa sinyal keluaran di pin 8 (RXD) seperti pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Sinyal hasil demodulasi di RXD

Pin 4 pada TCM3105 bertindak sebagai *receive analog input* (RXA), sinyal yang masuk ke pin ini akan diteruskan untuk difilter menggunakan *low pass filter* (LPF), sinyal keluaran dari LPF kemudian akan masuk ke *FSK demodulator*. Setelah melalui *FSK demodulator* maka sinyal analog akan menjadi sinyal digital yang keluar di pin 8 TCM3105 atau pin *receive digital output* (RXD).

Sinyal hasil demodulasi RXD akan dikirim ke pin 10 dari MAX232 yang berfungsi sebagai *drive input* pada MAX232. Kemudian sinyal akan dikeluarkan melalui pin 7, berfungsi sebagai *drive output* pada MAX232 yang dikoneksikan dengan *transmitter* pada DB-9 ke mikrokontroler *slave*. Mikrokontroler *slave* dihubungkan dengan PC melalui kabel ISP yang disetting serial. Kemudian data yang masuk ke PC ditampilkan melalui *hyperterminal*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian dapat disimpulkan bahwa jangkauan pengiriman data terbaik menggunakan HT Uniden GMR3040-2CKHS mencapai 950 meter. Nilai standar deviasi rata – rata dari pengiriman data pada sistem telemetry adalah sebesar 0,2313 V pada sumbu X, untuk sumbu Y sebesar 0,4954 V dan pada sumbu Z sebesar 0,0198 V. Sementara rata – rata nilai deviasi dari perbandingan frekuensi getaran speaker dengan frekuensi yang dideteksi sensor sebesar 0,05 V untuk sumbu X, 0,083 V untuk sumbu Y dan 0,183 V untuk sumbu Z.

Untuk pengembangan selanjutnya, sebaiknya menggunakan modul FSK yang memiliki *baud rate* dengan kecepatan lebih tinggi sehingga dapat mendukung pengiriman data dengan lebih baik dan untuk memperoleh jangkauan pengiriman yang lebih luas, sebaiknya sistem transmisi HT menggunakan *repeater*.

DAFTAR PUSTAKA

- Haris, Adam dan Irgan. 2013. *Analisis Percepatan Getaran Tanah Maksimum Wilayah Yogyakarta dengan Metode Atenuasi Patwardhan*. Jurnal Neutrino Vol.5, No. 2 April 2013.
- Isnianto, Hidayat Nur dan Ali Ridho. 2013. *Rancang Bangun Alat Ukur Unting-unting Digital dan Waterpass Digital dengan Accelero Sensor Berbasis Mikrokontroler ATmega8535*. Jurnal Rekayasa Elektroika Universitas Gadjah Mada Vol. 10, No. 3.
- Khoswanto, H., Resmana Lim dan Budy Lie Sin Liong. 2005. *Traffic Light Controller Menggunakan Media RF*. Skripsi. Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- Mulyono, Heri dan Imam Gunawan. 2013. *Prototype Sistem Pendeteksi Gempa Untuk Rumah/Kantor Berbasis Mikrokontroller Menggunakan Sensor MMA7260Q*. Jurnal Teknologi Informasi & Pendidikan Vol. 6 No. 2.
- Naryanto, Heru Sri. 1997. *Kegempaan di Daerah Sumatra*. Jurnal Alami Vol. 2, No. 3.
- Susanto, Heri. Rozeff Pramana dan Muhammad Mujahidin. 2014. *Perancangan Sistem Telemetry Wireless Untuk Mengukur Suhu dan Kelembaban Berbasis Arduino Uno R3 ARmega328P dan Xbee Pro*. Jurnal Umrah Vol.1, No. 1.

