

## RANCANG BANGUN SISTEM TELEMETRI NIRKABEL UNTUK PERINGATAN DINI BANJIR DENGAN MODULASI DIGITAL FSK-MODULASI FREKUENSI

**Suhendri Saputra, Wildian**

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas, Padang

Kampus Unand Limau Manis, Pauh Padang 25163

*e-mail: hendry\_a5@yahoo.com*

### ABSTRAK

Telah dilakukan rancang bangun sistem telemetri nirkabel untuk peringatan dini banjir dengan modulasi digital FSK-modulasi frekuensi. Sistem terdiri dua unit perangkat keras yaitu unit pemancar dan unit penerima. Unit pemancar terdiri dari sensor, rangkaian ADC, rangkaian PSC, rangkaian modulator digital FSK dan modul pemancar FM. Sensor yang digunakan adalah sensor ketinggian berupa potensiometer tipe *rotary* dengan nilai koefisien determinasinya adalah 0,9996. Unit penerima terdiri dari modul penerima FM, rangkaian demodulator FSK, dan sistem minimum. Keluaran dari sistem ini adalah status ketinggian permukaan sungai yang ditampilkan pada LCD dan bunyi *alarm* jika ketinggian air pada status waspada. Hasil pengujian dan pengukuran perangkat menunjukkan bahwa unit penerima dapat menampilkan ketinggian permukaan air pada LCD dan mengaktifkan *alarm* jika ketinggian air pada status waspada pada kecepatan transfer data sebesar 1190,5 bps. Data dapat diterima oleh unit penerima dalam jangkauan hingga 10 meter pada frekuensi kerja 99 MHz. Pengujian dilakukan pada skala laboratorium.

Kata kunci : sistem telemetri nirkabel, modulasi digital FSK, modulasi frekuensi.

### ABSTRACT

*A design of wireless telemetry system for flood early warning with FSK digital modulation-frequency modulation has been conducted. System consists of transmitter and receiver unit. Transmitter unit consists of sensor, ADC circuit, PSC circuit, digital FSK modulator circuit and FM transmitter module. The sensor used is rotary type potentiometer with determination coefficient value is 0.9996. The receiver unit consists of a FM receiver module, FSK demodulator circuit, and the minimum system. The output are water level that are displayed on LCD and alarm sound if the water level in emergencies level. Results of test and measurement device indicates that the receiver is able to show the height of the water level on the LCD and activate an alarm if the water level in emergencies at data rate transfer 1190,5 bps. Data can be received by the receiver in the range up to 10 meters at the working frequency of 99 MHz. Testing was conducted at the laboratory scale.*

*Keywords : wireless telemetry systems, digital FSK modulation, frequency modulation*

### I. PENDAHULUAN

Banjir adalah keadaan dimana suatu daerah digenangi air dalam jumlah yang besar (Leaflet Set Bakornas PBP, 2013). Fenomena ini dapat terjadi akibat meluapnya air dari badan air (seperti sungai atau danau). Banjir dapat diprediksi kemunculannya dengan membuat rancang bangun sistem peringatan dini banjir. Besaran fisis yang diindera adalah ketinggian air di hulu sungai. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mendeteksi dini kemungkinan terjadinya banjir melalui ketinggian air di hulu sungai. Satrio dan Wildian (2011) telah merancang suatu sistem pendeteksi ketinggian permukaan sungai menggunakan sensor ultrasonik PING yang dikontrol dengan mikrokontroler AT89S52. Alat ini dapat mendeteksi dengan baik ketinggian permukaan air yang tenang. Sistem peringatan dini banjir yang dirancang Satrio jika ditempatkan di hulu sungai, akan membutuhkan kabel yang sangat panjang sebagai media transmisi datanya. Sistem ini akan mengalami masalah jika terjadi kerusakan secara fisik pada kabel seperti akibat badai yang dapat memutuskan kabel transmisi. Pemasangan kabel yang panjang rentan terhadap noise. Noise tersebut melemahkan sinyal keluaran dari instrumen yang telah dipasang di hulu.

Alternatif untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menggunakan sistem telemetri nirkabel. Telemetri adalah teknologi yang memungkinkan pengukuran jarak jauh dan pemantauan data (Krejcar, 2011). Penggunaan sistem telemetri bisa menggunakan kabel

ataupun tanpa kabel (nirkabel). Telemetri kabel membutuhkan kabel sebagai media trasnmisi datanya, sedangkan sistem telemetri nirkabel tidak membutuhkan kabel sebagai media transmisi datanya, namun menggunakan gelombang radio untuk proses transmisinya. Transmisi data dalam sistem telemetri nirkabel membutuhkan teknik modulasi seperti modulasi analog dan digital. Teknik modulasi digital yang lazim digunakan adalah Amplitude Shift Keying (ASK) dan Frequency Shift Keying (FSK). Suyamto, dkk. (2008) telah melakukan penelitian tentang teknik modulasi digital ASK, namun berdasarkan hasil penelitiannya, penggunaan modulator ASK pada transmitter sangat sulit diterapkan karena dalam proses transmisi data, sering terdapat gangguan dari luar khususnya gangguan frekuensi interference. Teknik modulasi digital FSK memiliki keunggulan dalam transmisi data dan kejernihan data transmisi. Modulasi tersebut memanfaatkan sinyal pembawa yang merupakan gelombang elektromagnetik. Sinyal informasi yang berupa sinyal modulasi digital FSK dapat dipancarkan dengan cara dimodulasikan secara frekuensi atau frequency modulation (FM) melalui sebuah pemancar FM. Johanes (2010) telah merancang pengendalian robot menggunakan modulasi digital FSK (Frequency Shift Keying). Perangkat alat tersebut mampu menghasilkan modulasi digital pada frekuensi 2200 Hz sebagai frekuensi space dan pada frekuensi 1100 Hz sebagai frekuensi mark yang kemudian diterjemahkan dengan demodulator FSK sehinga didapatkan sinyal informasi data digital.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian dengan judul Rancang Bangun Sistem Telemetri Nirkabel untuk Peringatan Dini Banjir dengan Modulasi Digital FSK-Modulasi Frekuensi dilakukan sebagai upaya untuk mengembangkan sistem peringatan dini banjir yang sudah ada. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem telemetri nirkabel dengan menerapkan modulasi digital FSK, dan membangun suatu sistem peringatan dini banjir menggunakan sistem telemetri nirkabel

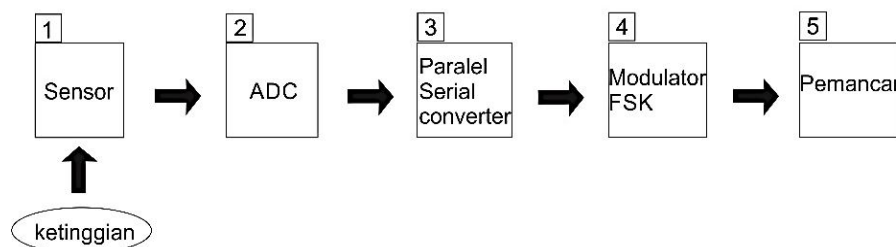
**II. METODE**

Rancang bangun sistem telemetri nirkabel untuk peringatan dini banjir dengan modulasi digital FSK-modulasi frekuensi terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras terdiri atas unit pemancar dan unit penerima. Masukan sistem adalah ketinggian permukaan sungai dan sebagai keluaran berupa status ketinggian dalam tampilan LCD dan bunyi alarm sebagai suara peringatan jika ketinggian permukaan sungai melebihi ketinggian normal. Perancangan perangkat lunak membutuhkan bahasa pemrograman *Assembly* dan *Bascom-8051*.

2.1 Perancangan perangkat keras

2.1.1 Unit Pemancar

Unit pemancar dibutuhkan untuk mengubah data masukan sensor sehingga data dapat ditransmisikan melalui gelombang radio. Untuk membuat unit pemancar dibutuhkan perangkat keras seperti terlihat pada bagan perangkat keras pada Gambar 1.

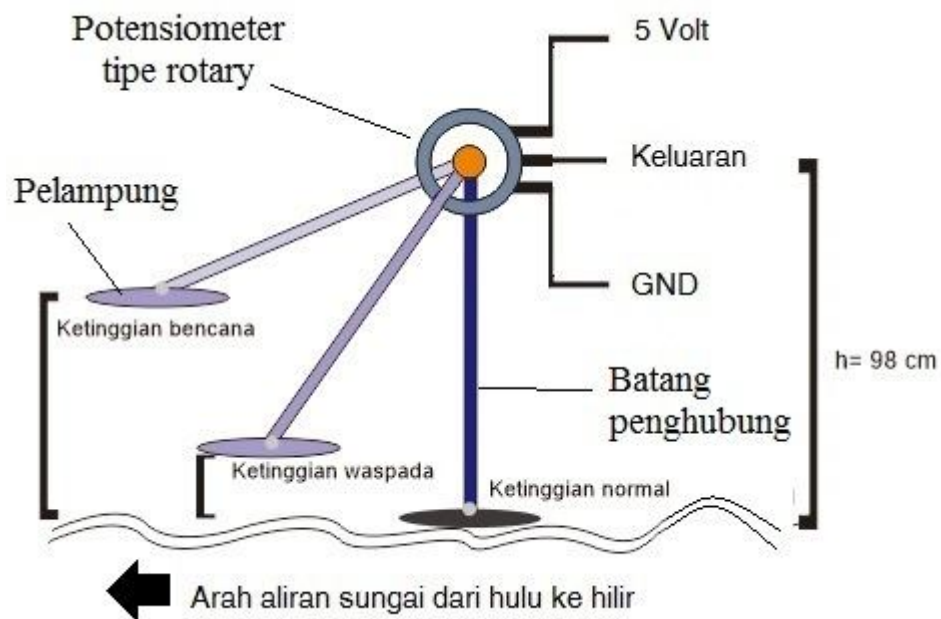


Gambar 1 Bagan perangkat keras untuk unit pemancar

Dapat terlihat pada Gambar 1, sensor mendeteksi ketinggian permukaan air. Tegangan keluaran sensor masih berupa tegangan analog sehingga diperlukan rangkaian ADC untuk mengubah tegangan analog menjadi tegangan digital. Rangkaian ADC dibuat dengan menggunakan IC ADC0804 yang dijalankan pada mode *free running*. Mode ini akan selalu menghasilkan konversi tegangan digital dari tegangan masukan analog secara otomatis.

Kemudian keluaran ADC di teruskan ke rangkaian *parallel to serial converter* (PSC) sehingga dihasilkan keluaran data digital serial. Data digital serial dibutuhkan karena pemancar yang digunakan hanya menyediakan satu jalur transmisi saja. Keluaran rangkaian PSC diteruskan ke rangkaian modulator digital FSK untuk diubah menjadi sinyal berfrekuensi *mark* dan sinyal frekuensi *space*. Frekuensi *mark* adalah frekuensi yang dihasilkan oleh modulator digital FSK untuk masukan yang bernilai *high* atau memiliki tegangan 5 volt sedangkan frekuensi *space* adalah frekuensi yang dihasilkan oleh modulator digital FSK untuk masukan yang bernilai *low* atau 0 volt. Keluaran modulator digital FSK diteruskan pada modul pemancar FM untuk ditumpangkan pada sinyal pembawa untuk dipancarkan.

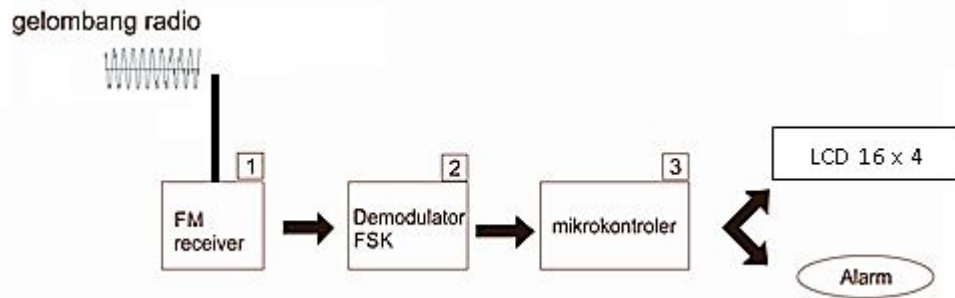
Penelitian ini menggunakan sensor ketinggian berupa potensiometer tipe *rotary* yang dapat menghasilkan tegangan analog untuk setiap perubahan putaran *knob* potensiometernya. Gambar 2 adalah rancangan mekanik sensor ketinggian dimana terdapat tiga status ketinggian yaitu ketinggian normal, ketinggian waspada dan ketinggian bencana dimana ketinggian tersebut ditetapkan pada skala pengujian laboratorium.



Gambar 2 Rancangan mekanik sensor ketinggian

### 2.1.2 Unit penerima

Sinyal radio FM yang dipancar modul pemancar akan diterima oleh modul penerima FM. Keluaran dari modul penerima FM berupa sinyal sinusoidal pada frekuensi *mark* dan *space*. Sinyal tersebut diteruskan pada rangkaian demodulator FSK sehingga dihasilkan keluaran berupa data digital serial. Sinyal digital serial diteruskan ke mikrokontroler untuk diolah sebagai data yang berarti seperti tampilan status ketinggian dan bunyi *alarm* jika ketinggian air pada status waspada dan status bencana. Gambar 3 memperlihatkan perjalanan sinyal dari sinyal mulai dari gelombang radio hingga menghasilkan keluaran berupa tampilan LCD dan Alarm.



Gambar 3 Bagan perangkat keras untuk unit penerima

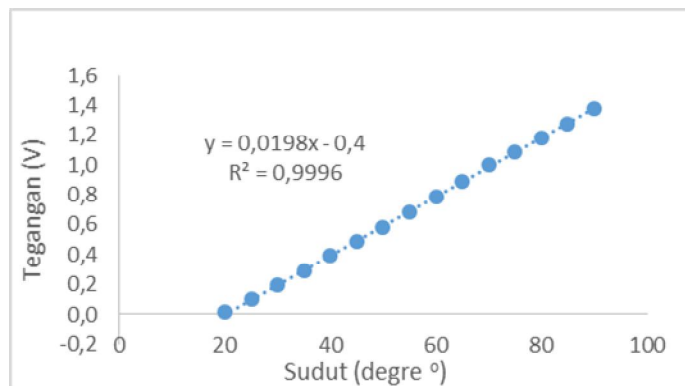
2.2 Rancangan *listing* program

Mikrokontroler seperti yang terlihat pada Gambar 3 perlu diprogram terlebih dahulu dengan bahasa pemrograman BASIC sebagai mikrokontroler pengolah data sedangkan rangkaian PSC pada Gambar 1 menggunakan mikrokontroler AT89S51 dan diprogram dengan bahasa *assembly*. Bahasa pemrograman Basic diprogram menggunakan *software* BASCOM-8051 sedangkan pemrograman *assembly* menggunakan *software* Mide-51.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Karakteristik Potensiometer sebagai Sensor ketinggian

Potensiometer tipe *rotary* bisa digunakan sebagai sensor ketinggian dengan tegangan keluaran yang tidak perlu dihubungkan lagi dengan penguat, karena potensiometer diberi catudaya sebesar 5 volt, sehingga hasil pengukuran menunjukkan rentang nilai tegangan keluaran mulai dari 0 volt hingga 5 volt. Gambar 4 adalah plot karakteristik keluaran dari potensiometer 10 kΩ untuk 19 data masukan.

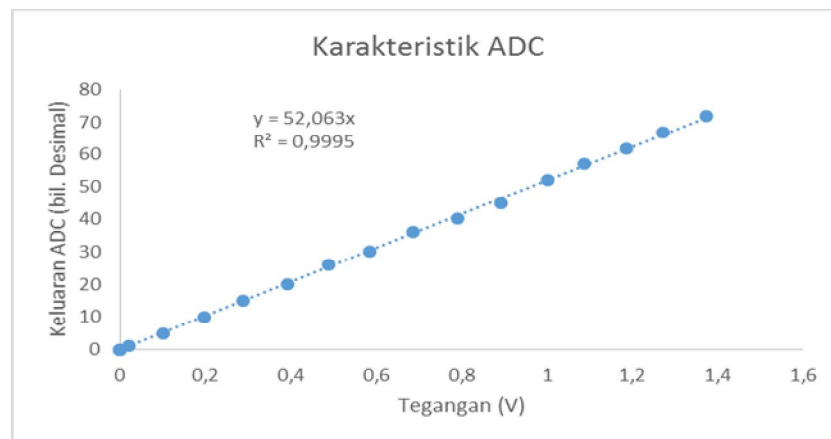


Gambar 4 Grafik karakteristik masukan potensiometer

Dari Gambar 4 terlihat bahwa tegangan keluaran potensiometer 10 kΩ menunjukkan kelinearan yang baik dengan nilai derajat korelasi linearnya mendekati 1. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada sudut 0° hingga 20° tegangan potensiometer masih 0 volt sehingga dapat dikatakan ADC tidak merespon perubahan tegangan analog pada rentang tersebut untuk menghasilkan keluaran digital. Keadaan ini diakibatkan oleh nilai tegangan keluaran potensiometer belum mencapai tegangan terendah dari masukan sebuah ADC untuk menghasilkan 1 bit keluaran digital, namun setelah sudut dari potensiometer ini menunjukkan nilai sudut 20° hingga 90° terlihat nilai tegangan yang dihasilkan sudah linear dan bahkan nilai derajat korelasi kelinearannya menunjukkan nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,9996 artinya mendekati sebuah interpretasi garis linear. Kurva karakteristik masukan dan keluaran sangat diperlukan untuk melihat kelinearan antara besaran fisis yang diindera dengan besaran listrik yang dihasilkan dalam mengkarakterisasi sebuah sensor. Dari hasil pengukuran yang telah diplotkan dalam Gambar 4, didapatkan bahwa potensiometer sangat cocok digunakan sebagai sensor ketinggian permukaan air yang bergerak seperti ketinggian permukaan sungai.

3.2 Pengujian Rangkaian ADC

Dalam pengujian ADC diperoleh nilai tegangan pada masing-masing pin keluaran ADC sebanyak delapan keluaran. Pada saat pin masukan ADC bernilai 0 volt, dihasilkan *output* digital 00000000 yang ditandai dengan keluaran tiap-tiap pin keluaran ADC bernilai masing-masing 0 volt dan begitu seterusnya untuk beberapa tegangan masukan seperti yang terlihat pada Gambar 5. Berikut adalah hubungan tegangan analog dengan tegangan digital dalam bentuk desimal. Dari hasil pengukuran diperoleh grafik persamaan linear untuk 19 data tegangan masukan analog seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik hubungan tegangan analog dan digital dari sebuah ADC

Dari grafik dapat dilihat bahwa keluaran tegangan digital ADC menunjukkan kelinearan yang baik yang ditunjukkan dengan derajat korelasi lineranya mendekati satu. Selain melakukan karakterisasi masukan dan keluaran potensiometer, juga dilakukan pengujian *bit* keluaran ADC dengan nilai terukur seperti yang terlihat pada Tabel 1.

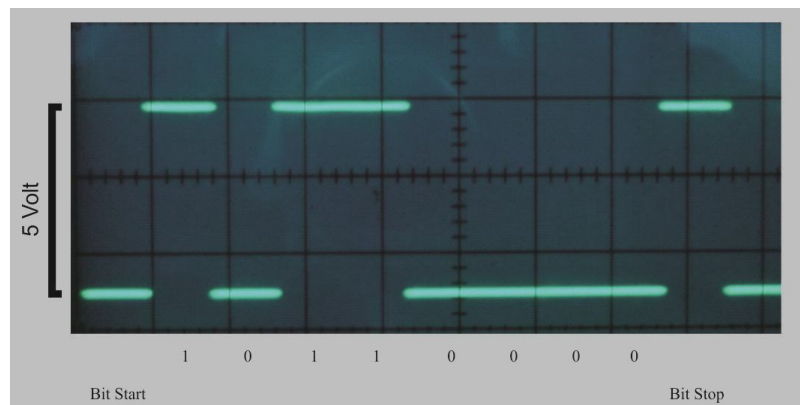
Tabel 1 Tabel perbandingan antara nilai ADC dari hasil perhitungan dengan nilai ADC dari hasil pengukuran

No	Sudut (°)	Tegangan (V)	Pengukuran		Biner teori	Selisih bit pengukuran dengan teori
			Biner	Desimal		
1	0	0	0	0	0	0
2	5	0	0	0	0	0
3	10	0	0	0	0	0
4	15	0	0	0	0	0
5	20	0,021	1	1	1	0
6	25	0,1001	101	5	5	0
7	30	0,1964	1010	10	10	0
8	35	0,2886	1111	15	15	0
9	40	0,393	10100	20	20	0
10	45	0,489	11010	26	25	1
11	50	0,584	11110	30	30	0
12	55	0,686	100100	36	35	1
13	60	0,79	101000	40	40	0
14	65	0,892	101101	45	45	0
15	70	1,002	110100	52	51	1
16	75	1,088	111001	57	55	2
17	80	1,185	111110	62	60	2
18	85	1,272	1000011	67	65	2
19	90	1,374	1001000	72	70	2
Rerata						0,6

Terlihat pada Tabel 1 kesalahan pengubahan rata-rata sebesar 0.6 bit , sedangkan kesalahan maksimum dari selisih nilai yang didapat secara teori dengan nilai yang didapat secara pengukuran adalah sebesar 2 bit . Hasil yang baik seharusnya menghasilkan rata-rata selisih sebesar 0, namun dari hasil rata-rata diperoleh kesalahan sebesar 0,6 bit, kesalahan ini diakibatkan oleh tegangan referensi yang digunakan tidak persis sama dengan 5 volt, namun kesalahan ini masih dapat ditoleransi. Tabel 4.1 juga menyajikan perbandingan antara nilai ADC secara teori dengan nilai ADC secara pengukuran. Hasil yang didapatkan menunjukkan nilai yang hampir bersesuaian antara perhitungan dengan pengukuran, namun untuk pengukuran sudut diatas 45° menunjukkan kesalahan bit mulai terlihat bahkan mencapai kesalahan maksimum hingga 2 bit.

### 3.3 Pengujian Rangkaian PSC

Untuk melakukan pengujian rangkaian PSC dapat dilakukan dengan memberikan kombinasi pada 8 pin masukan rangkaian PSC. Gambar 6 memperlihatkan keluaran data digital serial untuk masukan paralelnya 1011-0000.



Gambar 6 Keluaran rangkaian PSC 1011-0000

Hasil pengujian rangkaian PSC seperti pada Gambar 6 menunjukkan rangkaian PSC telah bekerja dengan baik dengan demikian komunikasi serial berhasil dibuat. Setelah diketahui bahwa komunikasi data digital serial berhasil dibuat, selanjutnya perlu diperhatikan *baudrate* dari keluaran data digital serial tersebut. *Baudrate* sangat penting dalam transfer data digital, karena jika parameter ini tidak diperhatikan maka komunikasi tidak akan bisa diartikan oleh rangkaian penerima. Pada penelitian ini rangkaian PSC menggunakan mikrokontroler AT89S51. Penentuan *baudrate* dapat diatur dengan mengatur nilai kristal yang digunakan dan pengubahan nilai *baudrate* pada *listing* program. *Listing* program dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman *assembly* untuk mengatur pengiriman data digital serial. Untuk membuktikan apakah *baudrate* 1200 telah berhasil dibangkitkan oleh mikrokontroler ini maka perlu dilakukan pengujian *baudrate* secara pengukuran. *Baudrate* secara pengukuran bisa dilakukan dengan membaca berapa besar *bit time* yang dihasilkan oleh satu *bit* data digital. Gambar 7 menunjukkan pembacaan *bit time* pada tampilan osiloskop untuk satu *bit* bernilai 4.2 div dengan skala *time/div* bernilai 0,2 ms, sehingga 1 *bit time* bernilai 0,84 ms. Nilai *baudrate* dari bacaan ini adalah  $1/(0,84\text{ms})$  atau bernilai 1190,5 bps. Nilai pengukuran ini hampir mendekati nilai *baudrate* secara teori yaitu 1200 bps.



Gambar 7 Bit time untuk satu bit data digital serial

### 3.4 Pengujian Modulator Digital FSK

Pengujian modulator digital FSK bertujuan untuk memeriksa apakah modulasi digital FSK telah terbentuk dari *output* rangkaian modulator digital FSK. Pada pembuatan rangkaian modulator FSK perlu diperhatikan pemilihan nilai resistor untuk menentukan frekuensi *mark* dan frekuensi *space*. Karakteristik terpenting dari sebuah modulator digital FSK adalah karakteristik masukan dan keluaran. Masukan untuk modulator digital FSK adalah tegangan digital yang hanya memiliki 2 level tegangan saja yaitu kondisi *high* atau 5 volt dan kondisi *low* atau 0 volt. Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi tegangan dari 0 volt hingga 5 volt dengan variasi yang dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan hasil bahwa pada level tegangan 0 volt atau kondisi *low* modulator menghasilkan sinyal termodulasi pada frekuensi 2240 Hz atau frekuensi *space*, sedangkan pada level tegangan 1 volt modulator menghasilkan sinyal termodulasi pada frekuensi 1242 Hz atau frekuensi *mark*, begitu juga untuk level tegangan 5 volt atau kondisi *high* modulator menghasilkan sinyal termodulasi pada frekuensi 1242 Hz atau frekuensi *mark*.

Tabel 2 Karakteristik masukan dan keluaran modulator FSK pada beberapa level tegangan

No	Tegangan (V)	Frekuensi (Hz)
1	0	2240 ( <i>space</i> )
2	0.5	2240 ( <i>space</i> )
3	1	1242 ( <i>mark</i> )
4	1.5	1242 ( <i>mark</i> )
5	2	1242 ( <i>mark</i> )
6	5	1242 ( <i>mark</i> )

Berdasarkan Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa modulator digital FSK yang dibuat mampu memodulasikan frekuensi *space* pada frekuensi 2240 Hz dan frekuensi *mark* pada frekuensi 1242 Hz.

### 3.5 Modul pemancar FM

Rangkaian terpenting dalam sistem telemetri nirkabel adalah rangkaian modul pemancar. Modul pemancar yang digunakan adalah modul pemancar FM. Modul ini berperan dalam memodulasikan sinyal keluaran modulator digital FSK dengan sinyal pembawa, dengan memanfaatkan osilator LC yang terdapat pada modul pemancar. Sinyal keluaran modulator FSK dimodulasikan dengan sinyal pembawa dan selanjutnya ditransmisikan melalui gelombang elektromagnetik. Hasil pengujian modul pemancar dapat dilihat pada Tabel 3.

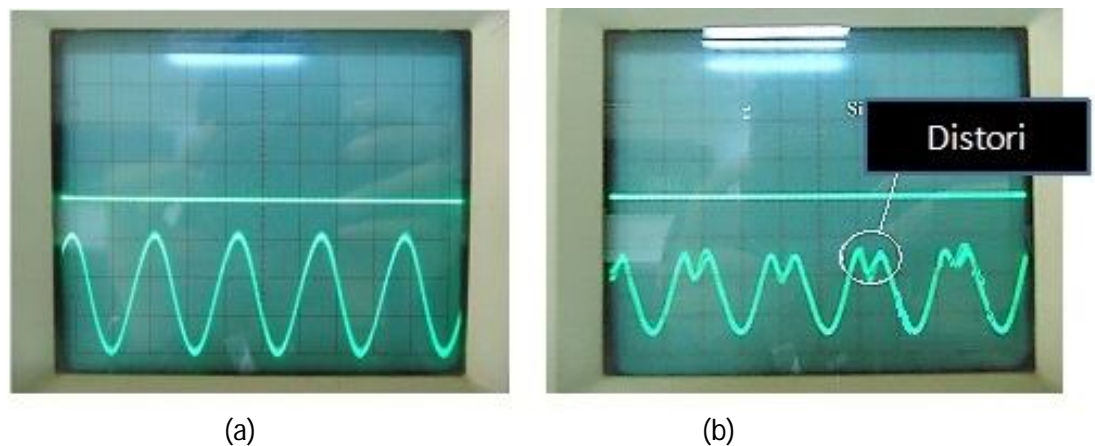
Tabel 3 Tabel pengujian modul pemancar FM

No	Frekuensi (MHz)	Penggunaan Antena	Jangkauan (m)	Kondisi sinyal diterima modul penerima FM
1	99	Tidak	1	Baik
2	99	Tidak	1	Baik
3	99	Ada	10	Baik
4	99	Ada	10	Baik
5	99	Ada	10	Baik
6	99	Ada	> 10	Tidak baik

Pengujian modul pemancar dilakukan dengan memodulasikan sinyal audio dari mp3 *player* dan diterima dengan baik oleh penerima FM dengan memvariasikan adanya penggunaan antena atau tidak. Pada pengujian yang tidak menggunakan antenna, modul penerima FM hanya bisa mencapai jarak terjauh penerimaan (jangkauan) sebesar 1 meter, namun bila digunakan

sebatang aluminium berdiameter 1 cm dan panjang 1 meter sebagai antena, sinyal dari pemancar dapat diterima hingga jarak 10 meter, namun jika penerima diletakkan diluar jangkauan maka sinyal yang diterima tidak baik lagi. Hal ini disebabkan karena gelombang radio mengalami pelemahan selama perjalanan menuju modul penerima. Agar dihasilkan jangkauan yang lebih lebar lagi sebaiknya diperhatikan konfigurasi antena yang cocok pada frekuensi pancaran modul pemancar FM. Pengujian yang dilakukan menghasilkan frekuensi pancaran modul pemancar FM pada frekuensi 99 MHz. Frekuensi yang bisa dihasilkan oleh modul pemancar FM termasuk pada rentang frekuensi 88 MHz hingga 108 MHz. Untuk menghasilkan frekuensi 99 MHz diperlukan bantuan perangkat radio penerima FM seperti fitur penerima FM yang tersedia pada HP nokia C2-03 atau perangkat radio lain yang menampilkan bacaan frekuensi penerimaan. Pengujian dilakukan dengan menetapkan frekuensi radio penerima FM pada HP nokia C2-03 dengan frekuensi 99 MHz, lalu kapasitor variabel pada modul pemancar FM diputar hingga terdengar suara yang persis sama seperti suara keluaran mp3 player.

Untuk mendapatkan hasil yang optimal maka perlu diset maksimal tegangan masukan pada modul pemancar ini yaitu sebesar 27 mVac. jika tegangan masukan melebihi batas masukan ini, maka sinyal masukan yang berupa sinyal berfrekuensi audio akan mengalami distorsi. Distorsi adalah istilah untuk menunjukkan parameter suatu gelombang yang rusak. Distorsi ini terjadi akibat ketidakmampuan kapasitas penguatan rangkaian penguat yang terdapat dalam modul pemancar ini. Gambar 9 memperlihatkan perbandingan antara sinyal sinusoidal yang baik dengan sinyal sinusoidal terdistorsi yang diterima oleh modul penerima FM.



Gambar 9 Sinyal sinusoidal (a) tidak terdistorsi dan (b) terdistorsi

Gambar 9(a) memperlihatkan sinyal keluaran radio penerima FM dalam kondisi baik jika masukannya tidak melebihi masukan maksimum modul pemancar, sedangkan Gambar 9(b) memperlihatkan sinyal keluaran radio penerima terdistorsi oleh sinyal input pada modul pemancar FM melebihi input maksimum akibatnya dihasilkan keluaran radio penerima FM berupa sebuah gelombang yang tidak baik, hal ini disebabkan oleh distorsi pada penguatan masukan modul pemancar FM Tahapan selanjutnya adalah karakterisasi masukan dan keluaran demodulator digital FSK. Pada tahapan ini karakterisasi dapat dilakukan dengan cara menghubungkan keluaran sinyal generator sinusoidal pada frekuensi *mark* dan pada frekuensi *space*. Keluaran dari rangkaian demodulator FSK akan memberikan keluaran pada dua level tegangan saja yaitu tegangan 5 volt untuk kondisi high dan tegangan 0 untuk kondisi low.

Berdasarkan Tabel 4 dapat diperoleh kesimpulan bahwa rangkaian demodulator FSK dapat bekerja dengan baik untuk rentang frekuensi mark mulai dari frekuensi 800 Hz hingga 1600 Hz dan rentang frekuensi space mulai dari frekuensi 1800 Hz hingga frekuensi 2600 Hz. Terlihat pada Tabel 4 frekuensi sinyal sinusoidal yang menjadi masukan rangkaian demodulator digital FSK adalah pada no.3 sebagai frekuensi mark yang nilainya 1242 Hz atau mendekati 1200 Hz dan pada no. 9 sebagai frekuensi space yang nilainya 2240 Hz atau mendekati nilai 2200 Hz.

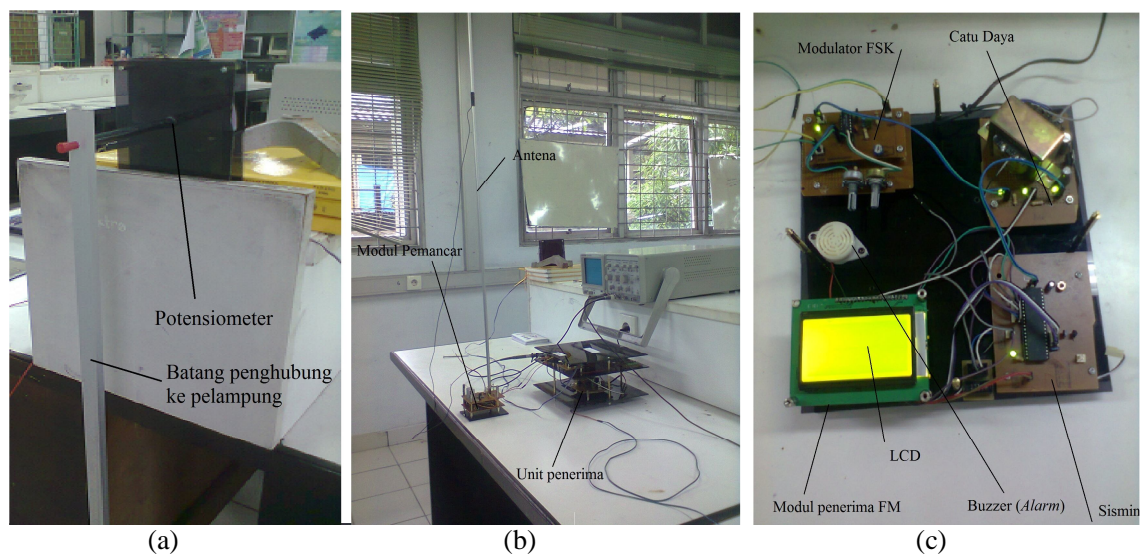


Tabel 4 Karakterisasi masukan dan keluaran demodulator digital FSK

No	Frekuensi masukan (Hz)	Keluaran
1	800	High
2	1000	High
3	1200	High
4	1400	High
5	1600	High
6	1668	Low/high
7	1800	Low
8	2000	Low
9	2200	Low
10	2400	Low
11	2600	Low

### 3.6 Pengujian secara keseluruhan

Gambar 10 adalah rangkaian keseluruhan rancang bangun sistem telemetri nirkabel untuk peringatan dini banjir dengan modulasi digital FSK-modulasi frekuensi.



Gambar 10 Rangkaian keseluruhan sistem (a) sensor (b) unit pemancar (c) unit penerima

Gambar 10 memperlihatkan sistem secara keseluruhan sensor terdiri atas unit pemancar dan unit penerima, pada unit pemancar sensor diletakkan terpisah dari sistem unit pemancar. Hasil pengujian secara keseluruhan diperoleh unit pemancar dapat mentransmisikan data ketinggian permukaan air dengan baik kepada unit penerima yang ditandai dengan tampilan status ketinggian pada LCD yang sesuai dengan bacaan sensor pada unit pemancar. Selain menampilkan status ketinggian air, pemancar juga bisa mentransmisikan isyarat pengaktifan alarm jika ketinggian air mencapai ketinggian waspada dan begitu juga untuk ketinggian bencana. Untuk membedakan bunyi alarm pada status ketinggian waspada dengan status ketinggian bencana, maka dilakukan modifikasi bunyi alarm yang berbeda. Hasil pengujian secara keseluruhan menunjukkan mentransmisikan data pengukuran dengan baik dalam satu ruangan tanpa menggunakan antena dengan jangkauan transmisi unit pemancar dan unit penerima berjarak hingga 1 meter. Jika digunakan sebatang aluminium dengan panjang 1 m dan berdiameter 1 cm sebagai antena, maka diperoleh jangkauan transmisi telemetri nirkabel dari unit pemancar ke unit penerima lebih jauh lagi hingga 10 meter. Penggunaan antena pada

penelitian ini hanya untuk menguji apakah ada pengaruh penggunaan antena terhadap jangkauan transmisi pada sistem telemetri nirkabel, walaupun konfigurasi antena yang digunakan tidak sesuai dengan frekuensi kerja. Dari hasil pengujian diperoleh jangkauan yang lebih lebar dengan penggunaan antena tersebut dibandingkan tanpa menggunakan antena. Untuk penelitian lebih lanjut lagi agar diperoleh jangkauan yang lebih lebar lagi pada transmisi sistem telemetri nirkabel, konfigurasi antena sangat perlu untuk dibahas.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian Rancang Bangun Sistem Telemetri Nirkabel untuk Peringatan Dini Banjir dengan Modulasi Digital FSK-Modulasi Frekuensi maka dapat diambil beberapa kesimpulan. Sistem secara keseluruhan dapat bekerja baik dengan menjalankan semua modul rangkaian. Sinyal FM dapat diterima hingga jarak 10 meter ditandai dengan tampilan LCD yang sesuai dengan status ketinggian sensor, pengaktifan *alarm* jika ketinggian waspada dan ketinggian bencana. Potensiometer tipe *rotary* dapat digunakan dengan baik sebagai sensor ketinggian permukaan air yang bergerak, memiliki nilai *R-squared-nya* sebesar 0,9996. Mikrokontroler AT89S51 dapat digunakan dengan baik dalam rangkaian PSC pada baudrate hasil pengukuran 1190,5 bps. Rangkaian modulator digital FSK menghasilkan frekuensi *mark* sebesar 1242 Hz dan frekuensi *space* sebesar 2240 Hz. Modul Pemancar FM dapat memodulasikan sinyal digital FSK modulasi frekuensi baik pada input masukan maksimal 27 mV<sub>ac</sub> dan frekuensi kerja 99 MHz.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Johanes, 2010, Pengendalian Robot Menggunakan Modulasi Digital FSK(Frequency Shift Keying ), Proceeding The 12th Industrial Electronics Seminar 2010 (IES 2010), Surabaya
- Krejcar, O., 2011, Modern Telemetry, Intech, Croatia.
- Satrio, A.P. dan Wildian, 2011, Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Mikrokontroler AT89S52 dengan Sensor Ultrasonik, Jurnal Ilmu Fisika (JIF), Jurusan Fisika Unand, hal 1.
- Suyamto, Amrullah, Y.A. dan Saputra, R.A., 2008, Rancang Bangun dan Analisis Perangkat Telemetri Suhu dan Cahaya Menggunakan Amplitude Shift Keying(ASK) Berbasis PC, Prosiding Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir, Yogyakarta.
- Leaflet set bakornas PBP, 2013, Banjir, <http://www.blitarkab.go.id/?p=617>, diakses Februari 2014.