

## RANCANG BANGUN ALAT UKUR JARAK MEMANFAATKAN MODULASI GELOMBANG BUNYI

**Nuryanto, Wawan Kurniawan**

*Program Studi Pendidikan Fisika IKIP PGRI Semarang  
noerelike@gmail.com*

### ABSTRAK

*Alat ukur jarak pada dasarnya adalah alat untuk mengetahui berapa jarak atau berapa panjang jarak atau benda. Modulasi gelombang adalah penggabungan dua sinyal gelombang menjadi satu. Penelitian bertujuan untuk membuat gelombang AFG 1 dan 2 yang termodulasi, menentukan receiver dari gelombang bunyi, dan mengetahui hubungan antara jarak dan tegangan dengan gelombang yang termodulasi. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengembangan Fisika IKIP PGRI Semarang dari bulan Januari sampai Juni 2012 dengan membuat rangkaian receiver dan trasmitter (modulasi AFG 1 dan 2). Analisa dan interpretasi data dilakukan dengan analisis regresi dan ralat pengamatan. Hasil pengujian sensor ultrasonik dengan AFG 1 sebesar 40 KHz dan AFG 2 sebesar 165 Hz dengan penguatan 50 kali. Pengujian secara pantulan dengan hasil linieritas tertinggi pada jarak 140 cm adalah  $Y = -0,0197 X + 3,97143$ . Karakteristik linieritas alat sebesar 99,92% dengan kesalahan standar estimasi sebesar 2,49%. Kesimpulannya ialah, rancang bangun alat ukur jarak ini dapat mengukur jarak dengan memanfaatkan modulasi gelombang ultrasonik dengan melakukan perbandingan antara tegangan dan jarak dengan hasil linier yang dibatasi pada jarak 140 cm.*

***Kata kunci: alat ukur jarak, modulasi gelombang, sensor ultrasonik, tegangan dan jarak.***

### PENDAHULUAN

Seseorang dapat dikatakan mengetahui tentang apa yang dibicarakannya, apabila seseorang tersebut dapat mengukur apa yang dibicarakannya baik secara kuantitatif maupun secara kualitatif. Dalam bidang fisika, pengukuran merupakan hal penting karena fisika merupakan ilmu pengetahuan dasar (*basic science*) yang berlandaskan pada pengamatan-pengamatan eksperimental dan pengukuran-pengukuran kuantitatif (Halliday, 1997). Salah satu pengukuran yang diperlukan dibidang fisika adalah pengukuran jarak.

Alat pengukur jarak sudah banyak dikembangkan sekarang ini. Pada dasarnya alat pengukur jarak adalah alat untuk mengetahui berapa jarak atau berapa panjang jarak atau benda. Alat pengukur jarak yang biasa adalah penggaris atau meteran, dalam bidang pengembangan alat ukur jarak sudah banyak diteliti diantaranya rancang bangun generator pulsa gelombang ultrasonik dan implementasinya untuk pengukuran jarak antara dua obyek (Syafudin,dkk. 2008). Rancang bangun alat ukur tinggi badan berbasis mikrokontroler AT89S52 dengan sensor ultrasonik pink (Misnawati, 2008), menunjukkan hubungan antara waktu interval dengan jarak bidang pantul. Sedangkan dalam penelitian ini akan menggunakan modulasi gelombang yang dimanfaatkan sebagai alat pengukur jarak yang akan membandingkan antara jarak bidang pantul dengan tegangan.

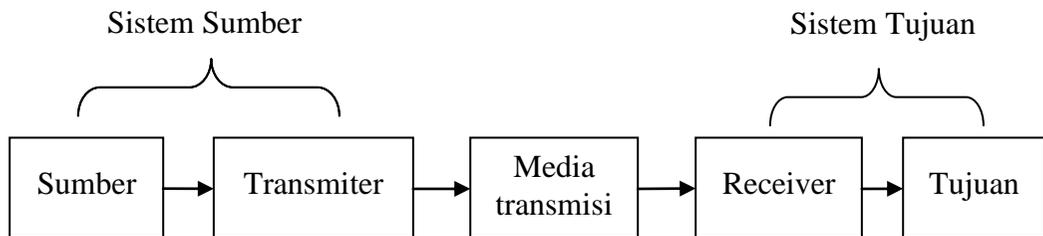
Modulasi gelombang bunyi digital dapat digunakan untuk pengukuran suhu dengan cara telemetri (Sukiswo, 2005). Penggunaan modulasi sinyal digital juga dapat digunakan sebagai transmisi data yang dapat dilakukan dengan Sistem Modulasi QPSK, OQPSK dan modulasi Delta (Sariningrum, 2006). Modulasi adalah proses penggabungan sinyal informasi yang akan dikirim menunjukkan hasil modulasi dari *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) dimana merupakan proses modulasi dengan pergeseran 4 fasa terhadap informasi digital. Pada penelitian modulasi ini yang digunakan menggunakan Audio Frekuensi Generator (AFG) yang dimodulasi. Alat tersebut sering digunakan pembelajaran fisika terutama dalam praktikum fisika dasar, elektronika dasar, elektronika digital dan praktikum-praktikum yang lain.

Pada penelitian ini akan dilakukan rancang bangun pengukur jarak memanfaatkan modulasi gelombang bunyi. Percobaan akan menggabungkan dua frekuensi yang menggunakan proses modulasi gelombang pada rangkaian *transmitter*. Dengan AFG-1 (*Logika High*) yang mengeluarkan high frekuensi dan AFG-2 (*Logika Low*) dalam kondisi low frekuensi (Dubrovský, 2004). Kedua AFG itu dikombinasi dengan *Nand Trigger* dan diteruskan ke *transduser*. Rangkaian *receiver* menggunakan op-amp untuk menguatkan sinyal penerima dari *transduser*. Keluaran dari *receiver* yang akan diteliti adalah mencari hubungan antara jarak dan tegangan dengan gelombang yang termodulasi ini akan menjadi dasar untuk perkembangan untuk aplikasi pengukur jarak dengan pemanfaatan metode modulasi dua gelombang menjadi satu. Pada penelitian merujuk pada landasan teori tentang alat ukur jarak, modulasi, gelombang bunyi dan *transduser* ultrasonik.

#### 1. Alat Ukur Jarak

Pengukuran jarak merupakan basis dalam pemetaan. Pengukuran jarak dalam pemetaan dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu pengukuran jarak dengan pita ukur, pengukuran jarak dengan cara optis dan pengukuran jarak dengan cara elektronis (Pratomo, 2004). Prinsip dasar dari sistem alat ukur jarak adalah suatu cara untuk

sebuah pertukaran data dari kedua pihak yang dijadikan sebagai pengukur jarak. Pada Gambar 1 dijelaskan sebuah contoh sistem alat ukur jarak sederhana.



Gambar 1. Blok diagram model alat ukur jarak sederhana

## 2. Modulasi

Proses modulasi terjadi dengan melakukan variasi pada salah satu besaran karakteristik dari sinyal pembawa (yang berfrekuensi tinggi) seiring dengan sinyal data (yang berfrekuensi rendah). Sinyal pembawa yang telah dimodulasikan ini disebut sinyal termodulasi. Sinyal data disebut juga sinyal pemodulasi. Alat, di mana proses modulasi ini terjadi, disebut juga modulator (Alaydrus, 2008).

Secara garis besar modulasi terbagi menjadi modulasi analog dan modulasi digital. Perbedaan mendasar antara modulasi analog dan digital terletak pada bentuk sinyal informasinya. Pada modulasi analog, sinyal informasinya berbentuk analog dan sinyal pembawanya analog. Sedangkan pada modulasi digital, sinyal informasinya berbentuk digital dan sinyal pembawanya analog (Alaydrus, 2008).

## 3. Teori Dasar Gelombang Bunyi

Gelombang adalah suatu gejala terjadinya penjalaran suatu gangguan melewati suatu medium, dimana setelah gangguan itu lewat keadaan medium akan kembali ke keadaan semula, seperti sebelum gangguan itu datang (Tipler, 1998). Gelombang bunyi (gelombang ultrasonik) merambat di udara dengan kecepatan tertentu. Untuk itu waktu yang dibutuhkan oleh gelombang tersebut untuk merambat dari *transmitter* ke suatu sasaran/obyek dan kembali lagi ke *receiver* dapat digunakan untuk menentukan jarak. Gelombang bunyi merupakan gelombang longitudinal, yaitu gelombang yang terdiri atas partikel-partikel yang berosilasi searah dengan gerak gelombang tersebut, membentuk daerah bertekanan tinggi dan rendah (rapatan dan renggangan) (Tipler, 1998).

Bunyi memiliki hubungan antara suatu kecepatan perambatan ( $C$ ) dalam m/det, dan frekuensi ( $f$ ) dalam Hertz, serta dari panjang gelombang ( $\lambda$ ) dalam m. Secara matematis hubungan tersebut dinyatakan sebagai:

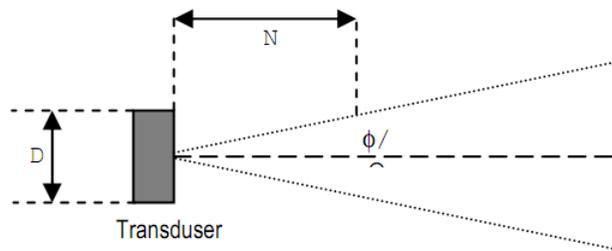
$$C = f \cdot \lambda \quad \dots\dots\dots (1)$$

Kecepatan perambatan radiasi gelombang elektromagnetik berupa konstanta  $C = 3 \times 10^8$  m/det, akan tetapi kecepatan perambatan gelombang ultrasonik bervariasi tergantung dari dua faktor media yang dilaluinya yaitu kerapatan media dan tekanan media (Tipler, 1998).

#### 4. *Transduser* Ultrasonik

Gelombang ultrasonik adalah gelombang yang timbul akibat getaran mekanik dengan frekuensi diatas batas ambang pendengaran manusia yakni diatas 20 KHz (Tipler, 1998). *Transduser* merupakan alat yang dapat mengubah suatu bentuk besaran energi ke bentuk besaran energi yang lain. Umumnya *transduser* bekerja mengubah energi listrik menjadi mekanik atau mengubah besaran bukan listrik (seperti temperatur, bunyi dan cahaya) akan menjadi suatu sinyal listrik. *Transduser* ultrasonik terdiri dari dua buah kristal *piezoelectric* yang digunakan sebagai pemancar serta penerima dari gelombang ultrasonic (Buczynki, 1982).

Pola radiasi yang dipancarkan melalui *transduser* yang berada didepannya tergantung pada diameter *transduser* dan panjang gelombangnya sehingga *transduser* yang sama dapat me miliki pola radiasi yang berlainan jika medium yang dilalui juga berlainan (Electer, 1982). Pola radiasi suatu *transduser* ultrasonik merupakan gabungan antara gelombang bidang datar (bergerak hanya ke satu arah) dan gelombang bola seperti ditunjukkan gambar 2.



Gambar 2. Pola Radiasi Gelombang Ultrasonik

Terlihat bahwa dari permukaan transduser sampai jarak tertentu yang disebut medan dekat, gelombang ultrasonik yang dipancarkan merupakan gelombang bidang datar. Panjang medan dekat ini dihitung dengan persamaan:

$$N = \frac{D^2}{4\lambda} \dots\dots\dots (2)$$

dengan  $D$  adalah diameter trasduser dan  $\lambda$  adalah panjang gelombang yang dipancarkan. (Electer, 1982).

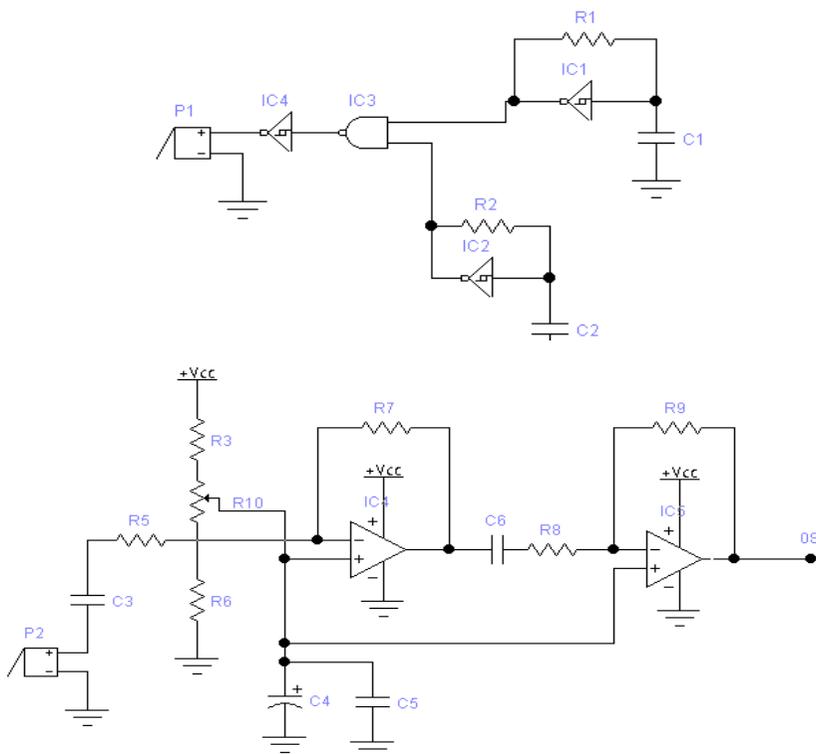
#### **METODE PENELITIAN/EKSPERIMEN**

Penelitian rancang bangun alat ukur jarak memanfaatkan modulasi gelombang bunyi ini menggunakan metode penelitian riset dan eksperimen. Waktu yang diperlukan dalam penelitian ini mulai bulan Januari – Juni 2012. Penelitian dilakukan di Laboratorium Pengembangan Fisika IKIP PGRI Semarang.

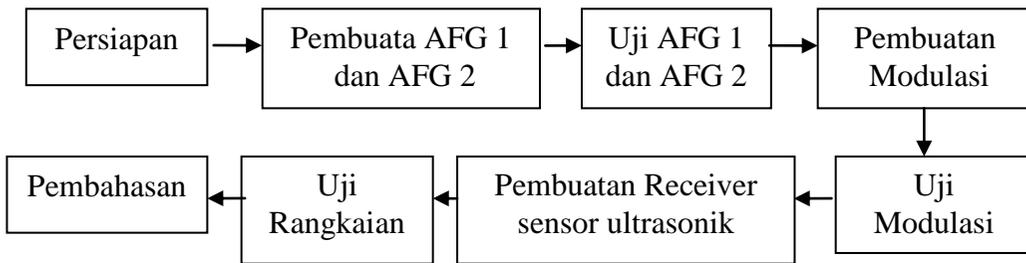
Tabel 1. Bahan Penelitian

Kode	Bahan	Kode	Bahan
IC1,IC2, IC4	IC HD74LS14P	R3	120 K $\Omega$
IC3	IC SN74132N	R4,8,9	100 K $\Omega$
IC5,IC6	LM 358	R5	3 K $\Omega$
C1,C3	1nF	R6	150 K $\Omega$
C2	1 $\mu$ F/16V	R7	330 K $\Omega$
C4	10 $\mu$ F/16V	R10	100 K $\Omega$
C5	100 nF	P1	Piezoelectric
C6	3 nF	P2	Piezoelectric
R1,R2	1 K $\Omega$		

Desain eksperimen dalam penelitian rancang bangun alat ukur jarak memanfaatkan modulasi gelombang bunyi, ada dua yaitu sebagai berikut:



Dalam penulisan usulan penelitian skripsi ini prosedur penelitian yang dilakukan pada penelitian ini digambarkan pada gambar 5 dengan diagram alir sebagai berikut.



Gambar 5. Diagram Alir Prosedur Penelitian

Persiapan disini mencari literatur dalam perancangan alat dan membuat catu daya yang bisa digunakan sebesar 5 Volt. Pembuatan AFG 1 sesuai gambar 3.1 pada IC1 kemudian rangkaian tersebut diuji. Selanjutnya pembuatan AFG 2 sesuai gambar 3.1 pada IC2 kemudian rangkaian tersebut diuji bagaimana seinyal keluaran. Setelah AFG 1 dan 2 kemudian dimodulasi menggunakan IC3 sesuai gambar 3.1, dan di uji. Selanjutnya pengujian pengujian sensor ultrasonik tanpa penguatan secara *direct* tanpa adanya penguatan. Pembuatan *receiver* untuk memberi penguatan pada sinyal penerima dari *transduser*, kemudian di uji pada osiloskop. Terakhir adalah pengujian secara pantulan dengan perubahan jarak antar *piezoelectric* dengan mencari jarak terjauhnya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

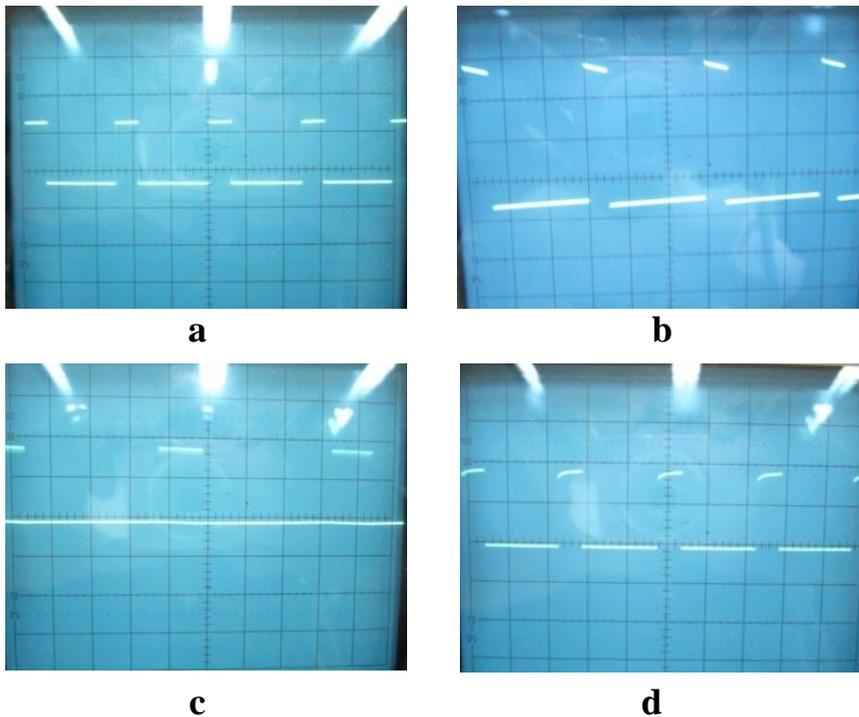
### 1. Hasil Pengujian Modulasi

Rangkaian modulasi ini adalah rangkaian modulasi dari pengabungan AFG 1 (*Logic High*) dan AFG 2 (*Logic Low*) dengan menggabungkan dengan IC 74132, dimana *Logic High* sebesar 40 KHz dan *Logic Low* 165 Kz yang dimodulasi dengan *Nand Schmitt Trigger*. Data modulasi yang diambil datanya dalam pengujian alat ini adalah pada tabel 2 pada temperatur 21°C.

Tabel 2. Hasil Data Modulasi Gelombang

Pengukuran ke-	Tegangan	Frekuensi	Pengukuran ke-	Tegangan	Frekuensi
1.	3,6 V	111,11 Hz	4.	3,6 V	38.461KHz
2.	3,8 V	111,11Hz	5.	3,8 V	40.000KHz
3.	3,6 V	111,11Hz	6.	3,6 V	40.000KHz

Sesuai dengan fungsi dari gerbang NAND pada tabel 2 menunjukkan bahwa jika masukan A dan B bernilai 1 (*High*) maka keluarannya akan 0 (*Low*). Sementara itu untuk masukan yang lain akan bernilai *High* baik masukan 1 dan 0 maupun 0 dan 0.

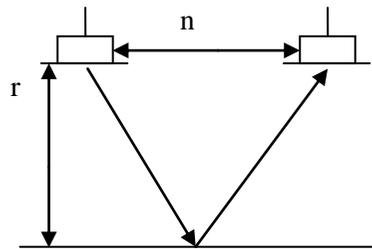


Gambar 6. Hasil sinyal modulasi rangkaian AFG 1 dan AFG 2

Pada gambar 6 menunjukkan bahwa sinyal keluaran terdapat dua sinyal menjadi satu yaitu sinyal c dan d dari sinyal masukan modulasi sinyal a = 10  $\mu$ s/div dan b = 2 ms/div. Pada gerbang NAND harusnya sinyal keluaran akan menghasilkan frekuensi yang rendah, akan tetapi pada penelitian ini sinyal menjadi dua yaitu rendah yang disusupi oleh sinyal yang tinggi. Sinyal rendah menunjukkan hasil yang sesuai pada c = 2 ms/div ms akan tetapi pada time/div 10 $\mu$ s (d) hasilnya berubah menjadi frekuensi tinggi yaitu 40 KHz. Hal ini menunjukkan cara kerja dari IC 74132 sebagai pemacu *schmitt*. Dimana dalam IC tersebut bisa mengeluarkan *clock* dari gabungan kedua sinyal AFG 1 dan AFG 2 yang dimodulasi menggunakan IC 74132.

## 2. Hasil Pengujian pantulan Transduser Dengan Penguatan

Pantulan yang diukur dari rangkaian ini adalah suatu rangkaian yang bisa menunjukkan jarak (r) yang dihasilkan pada rangkaian *piezo-elekric* yang dikuatkan oleh rangkaian *receiver* sesuai gambar 3 dan 4. Jarak yang diteliti adalah jarak antar *piezo-elekric* (n) data yang didapat dilihat pada gambar 7.

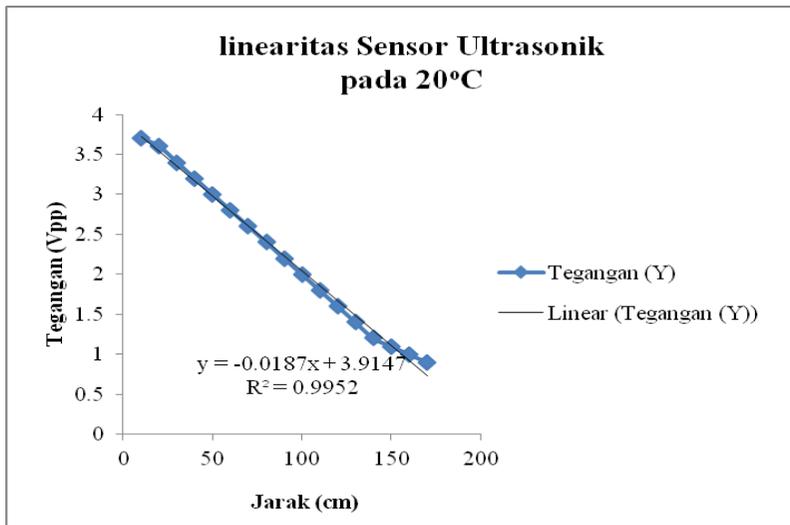


Gambar 7. Proses Pengukuran

Tabel 3. Hasil data pengujian secara pantulan jarak antar *transduser* 12 cm

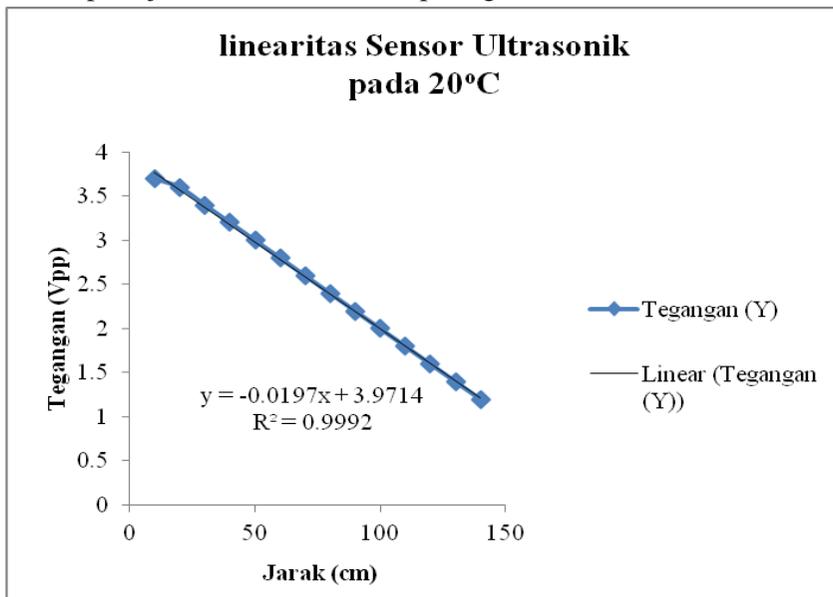
Jarak	Tegangan	Jarak	Tegangan
10 cm	3,7 V	100 cm	2 V
20 cm	3,6 V	110 cm	1,8 V
30 cm	3,4 V	120 cm	1,6 V
40 cm	3,2 V	130 cm	1,4 V
50 cm	3 V	140 cm	1,2 V
60 cm	2,8 V	150 cm	1,1 V
70 cm	2,6 V	160 cm	1 V
80 cm	2,4 V	170 cm	0,9 V
90 cm	2,2 V		

Pengukuran yang diperoleh dari tabel 3 pada temperatur 20°C menggunakan regresi linier antara tegangan dan jarak dinyatakan dengan persamaan  $Y = -0.0187X + 3.91471$  dengan  $Se$  sebesar 0.06783. Jadi banyaknya tegangan jelas bergantung pada jarak yang ditentukan dan semakin kecil  $Se$  semakin tinggi pula ketepatan persamaan yang diuji. Koefisien korelasi sebesar -0.997596 dari hasil ini ternyata didapat korelasi negatif antara jarak dan tegangan. Berarti bertambahnya jarak yang menyebabkan berkurangnya tegangan. Karena koefisien determinasi sebesar 0.995199, maka dapat dikatakan bahwa 99,52% diantara keragaman nilai-nilai tegangan dapat dijelaskan oleh hubungan linier dengan jarak yang ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Hubungan Jarak Dan Tegangan Pantulan Pada Jarak n 12 cm

Hasil gambar 8 menunjukkan hasil yang belum bisa dikatakan linier, hal ini dikarenakan masih ada data yang tidak sesuai. Apabila diterapkan gambar 8 harus dibatasi untuk jaraknya yang bisa linier. Sehingga agar bisa linier jaraknya harus dibatasi pada jarak 140 cm yang bisa dikatakan linier maka hasilnya untuk jarak 140 cm mulai n 6 cm sampai 14 cm bisa digunakan untuk data linieritas. Hasil linieritas yang dibatasi pada jarak r sebesar 140 cm pada gambar 9.



Gambar 9. Hubungan Perubahan Jarak dan Tegangan pada Jarak 140 cm

Pengukuran yang diperoleh dari gambar 9 menggunakan regresi linier antara tegangan dan jarak dinyatakan dengan persamaan  $Y = -0,0197 X + 3,97143$  dengan kesalahan standar estimasi ( $Se$ ) sebesar 0,02488. Koefisien korelasi ( $r$ ) sebesar -0,9996 berarti bertambahnya jarak yang menyebabkan berkurangnya tegangan. Dimana  $r$  lebih besar dari taraf signifikan 5% maupun 1% yang berarti pula telah terbukti adanya korelasi antara tegangan dengan jarak. Karena koefisien determinasi ( $r^2$ ) sebesar 0,99924, maka dapat dikatakan bahwa 99,92% diantara keragaman nilai-nilai tegangan dapat dijelaskan oleh hubungan linier dengan jarak.

Kelebihan dari rancang bangun alat ukur jarak memanfaatkan modulasi gelombang ultrasonik ini dapat mengukur jarak linier pada jarak 140 cm. Dengan perubahan tegangan yang terjadi dengan pengukuran menggunakan osiloskop, memberi penguatan bahwa modulasi dapat digunakan sebagai alat ukur jarak pada gelombang ultrasonik, karena karakteristik dari IC 7414 dan juga IC 74132 mempunyai *trigger* yang bisa memunculkan *clock*. Kekurangan dalam rancang bangun alat ukur jarak memanfaatkan modulasi gelombang ultrasonik ini masih ditunjukkan dalam perunahan tegangan belum diteruskan dalam penampilan pada LCD atau komputer, hal ini yang akan menjadi pengembangan pada penelitian selanjutnya.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan rancang bangun alat ukur jarak memanfaatkan modulasi gelombang bunyi (ultrasonik) yang telah dilakukan pada bab sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan bahwa AFG 1 sebesar 40 KHz dan AFG 2 sebesar 165 Hz dengan IC 7414 dan dimodulasi menggunakan IC 74132, *Receiver* dari penguat penerima yang digunakan adalah desain rangkaian dengan LM358, yang mengalami penguatan sebesar 50 kali dan fungsi *transfer* sensor ultrasonik secara pantulan dengan hasil linieritas tertinggi pada jarak 140 cm adalah  $Y = -0,0197 X + 3,97143$  dengan sensitivitas -0,0197 Vpp/cm dan off-set sebesar 3,97143 Vpp. Karakteristik linieritas sebesar 99,92% dengan kesalahan standar estimasi sebesar 0,02488.

Dalam perancang bangun alat pengukur jarak memanfaatkan modulasi gelombang bunyi masih banyak kendala yang bisa ditindak lanjuti dalam penelitian berikutnya. Beberapa hal yang perlu di perhatikan diantaranya adalah penelitian ini merupakan awal dari pengembangan modulasi gelombang, bagi para peneliti lain bisa mengembangkan alat ini untuk dikembangkan lebih lanjut dalam proses pengukuran jarak yang dapat diteruskan dengan menggunakan komputer atau mikrokontroler. Dalam penelitian ini bisa dikembangkan lebih lanjut dengan menampilkan jarak yang bisa dibaca pada LCD, *seven segment* dan juga komputer yang tidak harus menggunakan osiloskop dengan membandingkan antara jarak dan tegangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alaydrus, Mudrik, Dr.-Ing. 2008. *Sistim Komunikasi* . Teknik Elektro, UMB.
- Burczynski, J. 1982. *Introduction to the Use of Sonar Systems for Estimating Fish Biomass*. FAO Fisheries Tehnical Paper No. 191.
- Dubrovský, Martin, Josef Buchtele And Zden Ek Zalud, High-Frequency And Low-Frequency Variability In Stochastic Dailyweather Generator And Its Effect On Agricultural And Hydrologicmodelling, *Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands*, Climatic Change 63: 145–179, 2004.
- Elector. 1982. *Ultrasonic Distance Measurement*. Australia.
- Halliday, D., Resnick, R, Walker, J. 1997. *Fundamentals of physics*. America: Jhon Wiley & Sons,Inc.
- Miswati. Rancangbangun Alat Ukur Tinggi Badan Berbasis Mikrokontroler AT89S52 dengan Sensor Ultrasonik Ping. *Berkala Fisika* Vol 11. , No.2, April 2008.
- Pratomo, Danar Guruh. 2004. *Pendidikan dan pelatihan (Diklat) Teknis Pengukuran dan pemetaan Kota*. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember .
- Sariningrum, Ros, Yaya Sulaeman dan Asep Yudi Hercuadi, Perbandingan Unjuk Kerja Sistem Modulasi QPSK dan OQPSK, *Jurnal Elektronika* No. 1 Vol. 6 Januari – Juni 2006 Hal 17 – 23.
- Sukiswo, Perancangan Telemetry Suhu Dengan Modulasi Digital FSK –FM, *Transmisi*, Vol. 10, No.2, Desember 2005: 1 – 8.
- Syafrudin, Agus , Suryono dan Jatmiko Endro Suseno. Rancang Bangun Generator Pulsa Gelombang Ultrasonik dan Implementasinya untuk Pengukuran Jarak Antara Dua Obyek. *Berkala Fisika* ISSN : 1410 – 9662. Vol 11. , No.2, April 2008, hal 29-37.
- Tipler, Paul A. (Alih bahasa Dra. Lea Prasetio, M.Sc, Rohmad, W Adi, P.Hd), 1998, *Fisika Untuk Sains dan Teknik, Edisi Ketiga, Jilid 1* .Jakarta: Erlangga.,