



Desain Perumusan Transformasi dan Konversi Pengukuran Tinggi Gelombang Laut Berbantuan Komputer

Jajat Yuda Mindara*, Sri Suryaningsih, Norman Syakir, Sahrul Hidayat

Departemen Fisika FMIPA Universitas Padjadjaran, Jalan Raya Bandung-Sumedang km.21
Jatinangor, Tlp. (022) 7797712
*E-mail: jajat@phys.unpad.ac.id

Abstrak

Salah satu cara sistem pengukuran jarak jauh tinggi permukaan gelombang laut yaitu menggunakan transduser Sonar di dalam kapsul yang dijangkarkan beberapa ratus meter dari komputer penerima di pesisir pantai. Sebagai media proses pengiriman dan penerimaan data dapat dengan menggunakan modem FM. Dalam hal ini pemrosesan transformasi dan konversi data adalah nilai tinggi gelombang laut ditransformasikan ke nilai tegangan yang selanjutnya dikonversikan ke nilai frekuensi (V/F) dan kemudian dimodulasikan. Visualisasi keberadaan tinggi gelombang laut pada layar komputer didapat dari hasil demodulasi yaitu konversi nilai frekuensi ke nilai tegangan (F/V) dan kemudian dikonversikan dari Analog ke Digital (A/D).

Dalam penelitian ini dibahas analisis transformasi dan konversi nilai tinggi permukaan gelombang laut ke data digital dengan perancangan menggunakan transduser Sonar yang dikondisikan ke nilai tegangan (0 s.d. 5) Volt sebanding dengan nilai (0 s.d. 525) meter kedalaman laut. Pengkonversi (V/F) dan (F/V) adalah (0 s.d. 5) volt sebanding dengan (0 s.d. 5000) Hz. Pengkonversian A/D adalah (0 s.d. 65535) sebanding dengan kedalaman tersebut. Berdasarkan transformasi dan konversi tersebut didesain informasi keadaan Normal untuk ketinggian ombak 1 meter, keadaan Hati-Hati untuk ketinggian ombak diatas 1 meter sampai 5 meter, dan keadaan Bahaya untuk ketinggian ombak diatas 5 meter.

Kata kunci: *transduser sonar, modulasi, demodulasi, konversi tegangan*

Abstract

One of remote system for measuring the surface height of sea wave is by utilizing the transducer of sonar placed inside a capsule which is tagged at offshore as far as view hundred meters from the based computer at the land. The media for transmitting and receiving data could be used FM modem. In this case, transformation and conversion data processing is the the height of sea wave transform to voltage signal then its converted to frequency using V/F process for modulation data. Visualisation the height of sea wave on the computer screen could be resulted from demodulation the frequency to voltage using F/V process then finally its converted from analog to digital using A/D process.

This papers discuss the analisis for transformation and conversion the height of sea wave to digital data based on system design using transducer Sonar. Its value is conditioned to be voltage value (0 s.d. 5) volts that proportionally to value (0 s.d. 525) meters of the sea depth. Conversion range of (V/F) and (F/V) is (0 s.d. 5) volts proportionally to (0 s.d. 5000) hertz. Conversion range of A/D is (0 s.d. 65535) proportionally to its sea depth. According to its transformation and its conversion was configured several information status such as Normal status if the wave high is 1 meters, Attention status if the wave high is between 1 meters to 5 meters, and Dangerous status if the wave high is above 5.

Key words: *sonar transducer, modulation, demodulation, voltage conversion*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki laut sangat luas dan merupakan lokasi sumber daya alam hayati, serta pantai yang luas juga dapat dijadikan sebagai tempat wisata. Keberadaan tinggi permukaan gelombang laut merupakan informasi penting bagi nelayan dan penjaga pantai wisata yang pada prinsipnya untuk keamanan. Pada akhir tahun 2004 bencana *Tsunami* yang ditimbulkan akibat gempa tektonik di dasar laut terjadi di Aceh, Sumatra Utara dan Pangandaran Jawa Barat. Bencana tersebut telah menyebabkan kerugian yang sangat besar, walaupun siklus perioda kejadiannya cukup lama. Indonesia memiliki laut yang luas dan

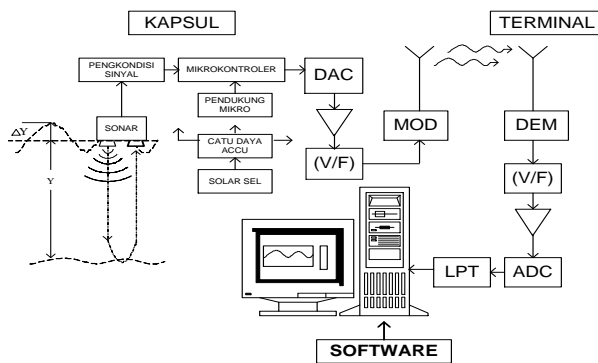
banyak gunung berapi aktif yang aktifitasnya memungkinkan menimbulkan gelombang pasang. Walaupun kejadian gelombang pasang akibat gempa tektonik mencapai daratan dalam waktu yang relatif lebih lama namun tetap perlu diantisipasi sejak dini.

Sistem instrumentasi pendeteksi dini gelombang pasang produksi luar negeri sangat mahal harganya. Dalam rangka pengembangan instrumentasi kelautan di prodi Fisika FMIPA Unpad dan sarana untuk pengembangan wawasan penelitian maka dibuat kajian awal *Desain Sistem Instrumentasi Pendeteksi Tinggi Gelombang Laut* untukantisipasi Tsunami. Kajian awal ini selain

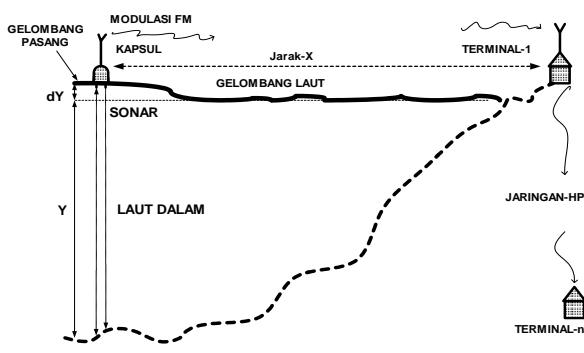
akan menambah wawasan dibidang instrumentasi kelautan juga untuk kontribusi dalam desain sistem pendeteksi tinggi gelombang laut.

2. Metodologi

Metode yang digunakan adalah pendekatan eksperimental dengan tahapan: Observasi dan studi pustaka hal instrumentasi kelautan khususnya mengenai *transducer sonar*, sistem telekomunikasi hal modulasi dan demodulasi FM, piranti pengkonversi tegangan ke frekuensi (V/F) dan sebaliknya serta pengkonversi analog ke digital (A/D), akusisi data, pemrograman dan desain pendukung lainnya. Selanjutnya deskripsi diagram blok sistem, prinsip kerja, merumuskan transformasi dan konversi data serta merumuskan penskalaan pixel untuk visualisasi dilayar monitor komputer. Blok diagram sistem pengukuran tinggi gelombang laut diperlihatkan pada **Gambar 1** blok diagram posisi kapsul transduser sonar dan terminal pengumpul data diperlihatkan pada **Gambar 2**.



Gambar 1. Diagram sistem instrumentasi pendeteksi tinggi gelombang laut.



Gambar 2. Diagram posisi kapsul transduser sonar dan terminal pengumpul data.

Berikut ini diuraikan persamaan empirik untuk pemrosesan konversi data ketinggian muka laut. Subsistem Kapsul berfungsi mengirim data ketinggian permukaan gelombang laut, dalam hal ini metoda untuk mendapatkan sinyal ketinggian permukaan gelombang laut adalah dengan

menghitung waktu tempuh gelombang Sonar yang dipantulkan oleh dasar laut. Dari waktu tempuh dan kecepatan gelombang sonar didapat ketinggian permukaan laut $dY(t)$ yang selanjutnya melalui pengkondisi sinyal diubah ke variabel tegangan $A(t)$ sebagai fungsi dari ketinggian. Model empirik hubungan kedua besaran tersebut adalah

$$A(t) = K * dY(t) \quad (1)$$

dimana K adalah nilai konstanta yang bergantung dari karakteristik media air laut dan komponen dari rangkaian pengkondisi sinyal, $dY(t)$ adalah fluktuasi permukaan gelombang laut. Selanjutnya sinyal tegangan $A(t)$ dikuatkan kembali untuk disesuaikan ke tegangan rangkaian pengkonversi V/F dengan persamaan model empirik dinyatakan oleh

$$V(t) = K_v * A(t) \quad (2)$$

dimana K_v adalah faktor penguatan tegangan dan $V(t)$ tegangan yang akan dikonversi ke frekuensi menggunakan persamaan model empirik V/F dengan perumusan

$$F(t) = \alpha * V(t) + F_0 + \dots \quad (3)$$

dimana α adalah faktor kesebandingan tegangan ke frekuensi dan F_0 adalah frekuensi keluaran dari pengkonversi V/F pada saat tegangan $V(t) = 0$. Selanjutnya nilai $F(t)$ dikirimkan ke terminal melalui modulasi FM dengan sinyal modulasinya $\psi(t)$ dapat dirumuskan dengan persamaan

$$\psi(t) = A_c * \cos \left[\omega_c * t + \beta * \sin \omega(t) * t \right] \quad (4)$$

dimana A_c dan ω_c adalah amplitudo sinyal dan frekuensi sudut sinyal *carrier*, β adalah indeks modulasi dan $\omega(t)$ adalah frekuensi sudut sebagai fungsi dari fluktuasi tinggi permukaan gelombang laut. Pada bagian terminal penerima, sinyal $\psi(t)$ selanjutnya didemodulasi dengan hasil demodulasi dapat dirumuskan sebagai

$$\psi_m = A_m * \cos \left[\omega(t) * t + \theta_2 \right] \quad (5)$$

dimana $\omega(t) = (2\pi.F(t).t)$ dan $F(t) = \alpha.V(t) + F_0$ harus sesuai dengan persamaan (3). Selanjutnya frekuensi $F(t)$ dikonversi kembali ke tegangan oleh rangkaian konversi F/V dengan keluaran dapat dirumuskan oleh

$$V(t) = \gamma * F(t) \quad (6)$$

Dalam keadaan ideal maka nilai tegangan $V(t)$ pada persamaan (6) akan sama nilainya dengan persamaan (2). Selanjutnya hasil persamaan (6)



didigitalisasi oleh rangkaian perantara ADC n-bit dengan tegangan referensi V_{ref} dan modus unipolar. Oleh rangkaian ini $V(t)$ diubah ke data sinyal digital DO s/d Dn. Hasil konversinya dapat dirumuskan menjadi

$$Data(t) = \sum_{m=0}^n Dm(t) * 2^m = \frac{(2^n - 1)}{|V_{ref}|} * V(t) \quad (7)$$

Suku kiri persamaan (7) adalah bilangan bulat bergantung dari bilangan biner dan melalui perantara (I/O) dan perangkat lunak komputer akan menerima nilai $Data(t)$, dimana variabel ini sebagai fungsi dari tinggi permukaan gelombang laut yang bersesuaian dengan persamaan (1) dan persamaan (2) dalam pemrograman. $Data(t)$ tersebut dapat dikembalikan ke nilai fluktuasi tinggi permukaan gelombang laut $dY(t)$, yaitu

$$dY(t) = \left[\frac{dYm}{(2^n - 1)} \right] * Data(t) \quad (8)$$

dimana dYm adalah fluktuasi tinggi permukaan gelombang laut maksimum. Dengan cara *data base* bersamaan *field-field entry* variabel karakteristik, lokasi dan keberadaan gelombang laut, selanjutnya dapat disimpan dalam file Data.

Sesuai dengan deskripsi, sistem yang akan dirancang untuk mendeteksi keberadaan laut *level* normal berjarak 200 meter dari dasar laut. Pendeteksian tinggi gelombang laut maksimum 25 meter untuk keadaan pasang dan surut. Jadi kedalaman maksimum keadaan pasang yaitu 225 meter dan untuk keadaan surut 175 meter. Dengan keadaan batas tersebut dan kecepatan jalur gelombang Sonar $c=1460$ meter/detik. Sesuai persamaan waktu tempuh t gelombang suara adalah

$$t = \left[\frac{2 * Y}{c} \right] = 0,001367 * Y \quad (9)$$

dimana Y adalah kedalaman laut dengan menggunakan sonar sebagai *transducer*. Berdasarkan pengukuran waktu (t), sesuai deskripsi pengkondisian kedalaman yaitu ke sinyal tegangan, dengan ini dipilih berbasis Mikrokontroler dan DAC. Untuk penggunaan DAC $n=16$ bit dan $V_{ref}=5$ Volt dengan modus unipolar., dari tinjauan pustaka persamaan DAC adalah

$$V = \left[\frac{5}{65535} \right] * Data \quad (10)$$

Dalam hal ini 'Data' yang keluar dari port mikrokontroler adalah sebagai fungsi dari waktu tempuh. Karena Syarat batas perancangan dimana waktu tempuh maksimum untuk kedalaman 225 meter yaitu $t_m = 0.307575$ detik.

Maka $Data$ sebagai fungsi waktu adalah

$$Data = \left[\frac{65536}{t_m} \right] * t = \left[\frac{65536}{0.307575} \right] * 0.001367 * Y$$

$$Data = 291,27 * Y \quad (11)$$

Dengan ini keluaran DAC sebagai fungsi dari kedalaman adalah

$$V = \left[\frac{5}{65535} \right] * 291,27 * Y = 0.022222 * Y \quad (12)$$

Tegangan ini diubah ke frekuensi dalam daerah frekwensi suara dan dirancang (0 sd 5) Volt sebanding dengan (0 sd 5000) Hz. Persamaan untuk konversi V/F adalah, $F=1000V$. Selanjutnya dimodulasi frekuensi dengan dipilih frekuensi pembawa yang tidak mengganggu band radio komunikasi lain yaitu 40 MHz. Agar saat kedalaman nol atau tegangan $V=0$ maka pada frekuensi F harus ditambahkan frekuensi F_0 yaitu konversi frekuensi pada saat kedalaman 0. Dalam hal ini F_0 dipilih 500 Hz, jadi $F=1000V+500$. Demodulasi pada subsistem harus sesuai dengan modulasi, hasil demodulasi 40 MHz diharapkan didapat sinyal dengan perubahan frekuensi $F=1000V+500$. Untuk mendapatkan kembali $F=1000V$, digunakan komparator dengan tegangan dengan $V_{set}=0,5$ Volt (sebanding dengan 500 Hz). Selanjutnya setelah demodulasi dikonversi ke tegangan oleh rangkaian konversi F/V, dalam hal ini dirancang $V=0,001F$. Kemudian perancangan untuk akuisisi data digunakan rangkaian ADC $n=16$ bit, modus unipolar dengan $V_{ref}=5$ Volt diakses melalui port LPT IBM-PC. Jadi persamaan $Data$ sebagai fungsi kedalaman yang masuk ke komputer dengan substitusi persamaan-persamaan diatas adalah $Data = 291,27 * Y$ dan untuk merumuskan kedalaman laut dari 'Data' yaitu:

$Y = 0.003433 * Data$. Selanjutnya untuk merumuskan tinggi ombak dY dalam keadaan pasang dan surut persamaan Y harus dikurangi dengan level normal kedalaman laut yaitu: $dY=(Y-200)$, dalam hal ini dY berharga positif untuk keadaan pasang, dan dY berharga negatif untuk keadaan surut.

Lebih jelasnya hasil proses diatas ditunjukkan pada **Tabel 1**, dimana Y =kedalaman laut (Meter), T_c =waktu tempuh gelombang sonar (Detik), MIKRO=hasil ubah waktu tempuh ke data decimal, Mikro F/V=hasil ubah rangkaian frekuensi ke tegangan (Volt), ADC=hasil konversi tegangan ke data desimal oleh ADC. Untuk tampilan di layar komputer, Y_c =tampilan kedalaman (Meter), DY =tampilan tinggi ombak (Meter), PIX =konversi ke skala *pixel*.

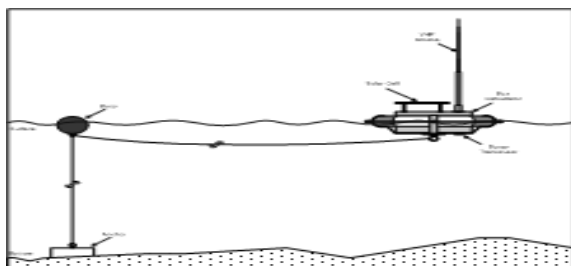
Sesuai **Tabel 1**, dalam perancangan sistem informasi keberadaan laut maka pada daerah $199 < dY < 201$ atau tinggi ombak 1 meter didefinisikan 'keadaan normal', untuk pasang

Tabel 1. Data Konversi

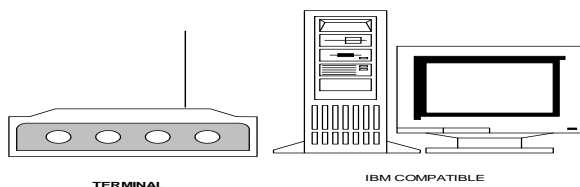
Y	tc	MIKRO	DAC	V/F	F/V	ADC	YC	dY	PIX	KET
225	0.30822	65535	5	5000	5	65535	225	25	0	BAHAYA
209	0.2863	60875	4.644	4644	4.644	60875	209	9	32	
207	0.28356	60292	4.6	4600	4.6	60292	207	7	36	
205	0.28082	59710	4.556	4556	4.556	59710	205	5	40	HATI2
203	0.27808	59127	4.511	4511	4.511	59127	203	3	44	NORMAL
201	0.27534	58545	4.467	4467	4.467	58545	201	1	48	
200	0.27397	58253	4.444	4444	4.444	58253	200	0	50	
199	0.2726	57962	4.422	4422	4.422	57962	199	-1	52	HATI2
197	0.26986	57380	4.378	4378	4.378	57380	197	-3	56	
195	0.26712	56797	4.333	4333	4.333	56797	195	-5	60	
193	0.26438	56214	4.289	4289	4.289	56214	193	-7	64	BAHAYA
191	0.26164	55632	4.244	4244	4.244	55632	191	-9	68	
175	0.23973	50972	3.889	3889	3.889	50972	175	-25	100	

($201 < dY < 205$) meter dan surut ($195 < dY < 197$) meter didefinisikan 'keadaan hati²'. Dan 'keadaan bahaya' bila pasang $dY > 20$ meter dan surut ($175 < dY < 193$) meter atau ketinggian ombak diatas 5 meter. Untuk perancangan visualisasi Grafik pada layar monitor untuk daerah (175 sd 225) meter diwakili 100 *pixel*, dimana setiap meter diwakili 2 *pixel*.

Konstruksi subsistem Kapsul meliputi elemen Sonar sebagai transducer ketinggian permukaan gelombang laut, pengkonversi V/F, modulator FM serta catu daya. Konstruksi prototipe ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Konstruksi subsistem Kapsul



Gambar 4. Konstruksi Box Terminal & Komputer

Subsistem Terminal meliputi elemen Demodulator FM, Konversi Frekuensi ke Tegangan, Akuisi Data untuk komputer serta perangkat lunaknya sebagai pemroses data. Berbasis Komputer didasarkan pada pemikiran

bahwa data titik fluktuasi tinggi gelombang laut yang menggambarkan keberadaannya, perlu diukur dan dianalisa dengan cepat sebelum diambil keputusan.

Transducer Pengukuran tinggi gelombang laut dengan *Sonar* dengan cara menghitung waktu tempuh gelombang sonar, yang selanjutnya dengan suatu pengkondisi sinyal diubah ke sinyal tegangan sebagai fungsi dari tinggi permukaan gelombang laut, untuk ini berbasis mikrokontroler dan DAC. Transducer Sonar yang digunakan mempunyai frekuensi ultrasonik sebesar 192KHz. Mikrokontroler sebagai pengubah beda waktu ke kode biner atau ke data desimal tipe Atmel 89C51 dan DAC MAX180 dengan spesifikasi 16 bit $V_{ref} (-5,0,+5)$ Volt yang digunakan sebagai pengkonversi kode biner dengan tipe data desimal MAX180.

Perancangan untuk Konversi Tegangan ke Frekuensi (V/F) dan Frekuensi ke Tegangan (F/V) sesuai dengan desain dengan piranti utama XR2206 dan 4151. Tranceiver FM atau Perancangan Modulator dan Demodulator frekuensi dengan frekuensi pembawa (40-120) MHz, dengan piranti utama untuk modulator FM menggunakan piranti utama Transistor dan untuk demodulator FM dengan piranti utama MC10095. Perantara ADC untuk sistem yang didesain dan perangkat lunak untuk visualisasi keberadaan gelombang laut pada layar monitor. Yang perlu diperhatikan adalah validitas data, sampling data. Dalam desain menggunakan perantara ADC MAX195 yang diakses melalui port standard LPT IBM PC.

Catu daya harus dapat memberi daya pada seluruh sistem, berdaya besar dan stabil selama proses pengukuran dan efisien. Untuk desain ada dua yaitu perancangan catu daya pertama untuk sisi subsistem Kapsul yaitu digunakan dua buah baterai kering 12 V/10A dan 12V/50AH yang sumber dayanya dari *solar cell*, untuk *supply* ke masing sub sistem rangkaian pada Kapsul digunakan inverter tegangan DC. Rangkaian catu daya untuk *supply*

rangkaian demodulator FM, konversi Frekuensi ke Tegangan F/V dan perantara ADC menggunakan tegangan (0,12) Volt dan bipolar (-5,0,+5) Volt. Untuk keperluan dari sumber tegangan berasal dari tegangan jala jala yang diturunkan menggunakan transformator step down *center-tap* yang mempunyai empat tegangan keluaran 5V, 10V, +12V, -12V, dengan diratakan secara penuh menggunakan *dioda bridge*, *regulator* 7605, 7905, 7812 dan 7912. Dengan filter kapasitor elektrolit 4700 μ F/25V dan R=1Kohm diparalel.

Desain perangkat lunak dirancang dengan prosedur program mudah dalam perbaikan, menu program disajikan secara informatif. Titik ukur divisualisasikan dalam gambar dan hasil ukur divisualisasikan dengan diagram yang mudah dipahami. Untuk visualisasi pada layar monitor terdiri atas: submenu '**Rekam**', '**Data**' dan '**Keluar**'.

Algoritma (*Main program*) sebagai berikut:

Mulai

Ulang

Tampil Menu Utama

q:Tekan Tombol

Kasus q

'R':Mulai Rekam Selesai

'D':Mulai Data Selesai

'G':Mulai Grafik Selesai

Akhir Kasus

Akhir Ulang Tombol 'K' Ditekan

Selesai

Submenu **Rekam** berfungsi untuk merekam keberadaan gelombang laut, divisualisasikan, mengukur ketinggian serta menyimpan data dalam file.

Algoritma **Rekam** :

Mulai

i=1;

Ulang

Ambil menit1

Ulang Mulai Menit t1=0

Mulai

Ambil menit2;

In_ADC;

Informasi_keadaan_Gelombang;

Plot Fluktuasi Gelombang Laut

Menit=Menit2-Menit1;

Akhir Ulang Menit=10;

Akhir Ulang i= MaxData

Simpan ke File

Selesai

Submenu **Data** berfungsi untuk menampilkan data angka dan grafik fluktuasi pasang surut gelombang laut pada layar monitor dari data yang telah disimpan pada File. Algoritmanya sebagai berikut:

Algoritma **Data** :

Mulai

Tulis Nama File

Load File

Ulang i=1

Tampil Tabel Data Fluktuasi Tinggi Gelombang Laut

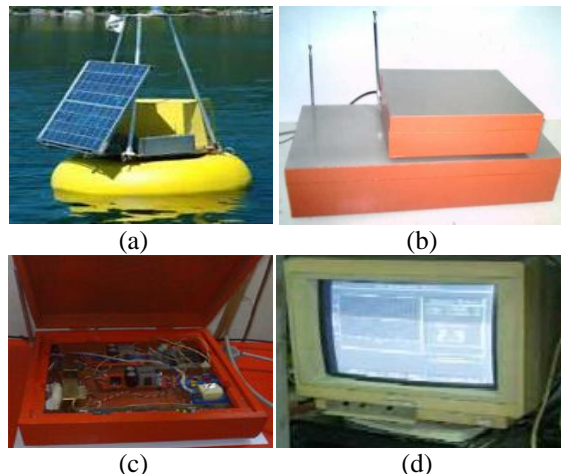
Akhir Ulang I= Datamax

Selesai

Submenu **Keluar** berfungsi untuk keluar dari program utama.

3. Hasil dan Pembahasan

Wujud fisik hasil rancang bangun subsistem Terminal dan subsistem Kapsul diperlihatkan pada **Gambar 5**.

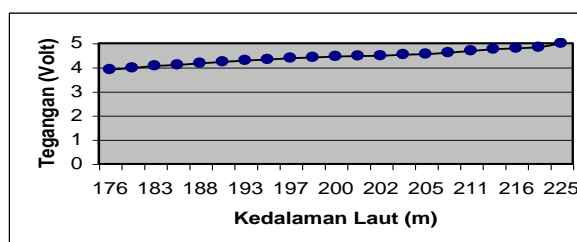


Gambar 5 Subsistem Kapsul (a), box rangkaian Pengirim-Penerima (b), rangkaian Penerima (c), dan monitor Keberadaan Ombak(d)

Kinerja Subsistem

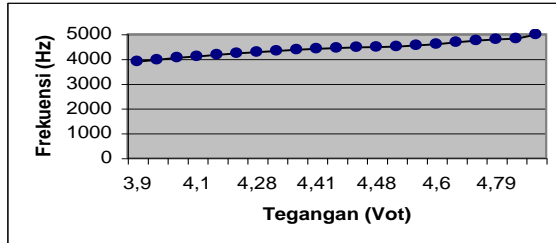
Berikut ini dibahas analisa hasil rumusan perancangan, antara lain dilakukan pengujian linieritas Transducer Sonar dengan pengkondisi sinyalnya, rangkaian (V/F), Sinyal Pembawa dan Modulasi, Rangkaian (F/V), Perantara ADC dan Pengoperasian. Langkah dalam pengujian kinerja masing-masing rangkaian adalah dibuat rangkaiannya selanjutnya diuji karakteristiknya apakah sesuai dengan rumusan perancangan, Untuk menganalisa karakteristik linier masing-masing subrangkaiannya menggunakan persamaan regresi linier.

Uji ini untuk mengetahui linieritas tegangan sebagai fungsi dari kedalaman. Pengujian dalam Laboratorium Kapal Oceanografi LIPI Jakarta, di daerah laut Jawa. Prosedur pengujian dibandingkan dengan alat standar untuk pengukuran kedalaman laut. Hasil pengujian ditunjukkan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Linieritas Transducer Sonar

Uji ini untuk mengetahui linieritas (V/F) yaitu frekuensi sebagai fungsi dari tegangan. Pengujian rangkaian di Laboratorium Instrumentasi Fisika FMIPA Unpad. Hasil pengujian ditunjukkan pada **Gambar 7** berikut :

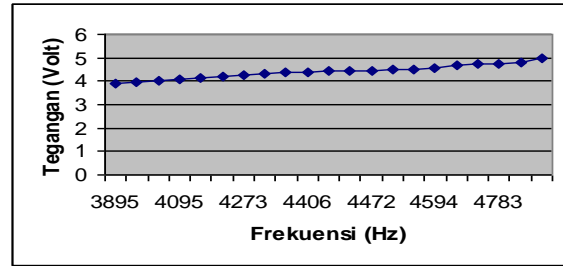


Gambar 7. Grafik linearitas rangkaian (V/F)

Dalam pengujian diambil 20 sampel, disesuaikan dengan data linier Tegangan dari Transducer Sonar. Hasil perhitungan linieritas dengan regresi linier didapat Frekuensi sebagai fungsi dari Tegangan yaitu: $F = 998,979.V + 5,105$. Grafiknya ditunjukkan Gambar 7. Sesuai hasil Rangkaian (F/V) memiliki karakteristik Linier.

Untuk menguji sub modulator FM, dalam hal ini frekuensi pembawa 40 Mhz, direkam sinyal pembawa dan sinyal modulasi frekuensi untuk frekuensi modulasi 5000Hz. Perekaman menggunakan Digitizing Oscilloscope 200MHz, data di link dengan IBM PC. Plot grafik sinyal dengan bantuan Excel. Digram blok prosedur pengujian ditunjukkan pada Gambar berikut : Sesuai hasil rekam untuk frekuensi pembawa 40 MHz, hasil modulasi dengan sinyal $V_{pp} = 5$ Volt dengan periode 0,5, dimana sinyal ini diasumsikan sebagai tinggi gelombang laut 25 meter atau kedalaman 225 meter. Dari hasil uji ini rangkaian modulator dapat untuk memodulasi sinyal dengan frekuensinya sebagai fungsi dari tinggi gelombang laut. Untuk menguji sub demodulator FM, dalam hal ini frekuensi pembawa 40 Mhz, hasil de modulasi frekuensi untuk frekuensi modulasi 5000Hz. Perekaman menggunakan Digitizing Oscilloscope 200MHz, data dilink dengan IBM PC. Sesuai hasil rekam terlihat pada sinyal hasil demodulasi.dengan sinyal $V_{pp} = 5$ Volt dengan, dimana sinyal ini diasumsikan sebagai tinggi gelombang laut 25 meter atau kedalaman 225 meter. Dari hasil uji ini rangkaian demodulator dapat berfungsi sesuai desain.

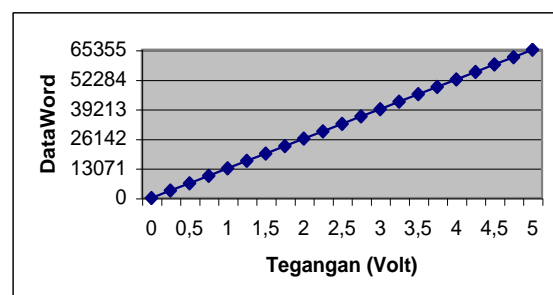
Uji ini untuk mengetahui linieritas (F/V) yaitu Tegangan sebagai fungsi dari Frekuensi. Pengujian Rangkaian diLaboratorium Instrumentasi Fisika FMIPA UNPAD. Diagram blok pengujian ditunjukkan pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Grafik linearitas Rangkaian (F/V)

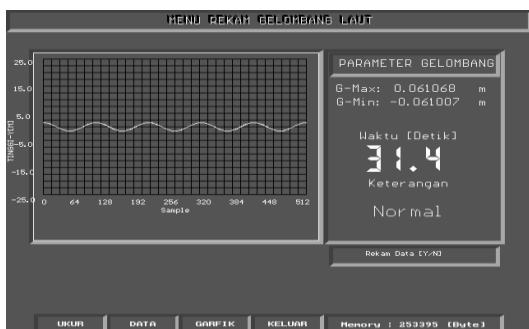
Dalam pengujian diambil 20 sampel, disesuaikan dengan data linier Tegangan dari Transducer Sonar. Data Tegangan dan Frekuensi pada Lampiran. Hasil perhitungan linieritas dengan regresi linier didapat Frekuensi sebagai fungsi dari Tegangan yaitu: $V = 0.0009897F + 0,0515$. Grafiknya ditunjukkan pada Gambar 8. Sesuai hasil Rangkaian (V/F) memiliki karakteristik Linier.

Pengujian kualitas sinyal dengan cara memasukan 3 macam sinyal, yaitu sinusoida, dalam hal ini sumber dari generator sinyal. Untuk frekuensi sinyal 50 Hz dan amplitudo puncak ke puncak 10 volt. untuk tegangan (5 volt/div) dan untuk skala waktu (10 mS/div). Dari hasil rekam kualitas sinyal sudah sesuai dengan yang diharapkan. Uji linearitas ADC adalah untuk mengetahui linearitas konversi analog ke digital pada proses perekaman sinyal. Pengujian dilakukan dengan memasukkan tegangan analog pada masukan ADC, bersamaan diukur tegangannya dengan menggunakan voltmeter digital 3 digit dengan skala terkecil pada orde mVolt. Dengan cara regresi linier dan korelasi, persamaan Data $mV + n$, untuk jumlah data 20, didapat $m = 13106,5$ dan $n = 2,5$, sehingga linearitas data terhadap tegangan masukan ADC adalah Data = $290,6 Y + 150$.



Gambar 9. Grafik linearitas ADC

Untuk menguji integrasi dengan sumber tegangan variabel kapsul yang mengukur keberadaan ombak. Pengujian submenu rekam. Pertama-tama sambungkan semua kabel pada slot yang telah ditentukan. Hidupkan box terminal, hidupkan komputer, lalu jalankan program DETEKSI.EXE . Setelah program dijalankan maka akan tampil menu rekam, maka pada layar monitor akan tampil sesuai **Gambar 10**.



Gambar 10. Menu rekam gelombang laut.

Tampak frame untuk visualisasi gelombang laut, frame lain untuk parameter harga tinggi gelombang laut dan kondisi serta frame waktu rekam. Dengan menekan tombol-q pada layar monitor frame Save data (Y/N). Jika Y, muncul frame nama file. Misal ditulis "Detek11.Txt" maka data hasil pengukuran disimpan pada file tersebut.

Dari hasil perancangan dan hasil uji coba sub rangkaian disusun untuk dibandingkan. Hasil pengujian cenderung linier. Dengan kesalahan relatif untuk masing-masing subrangkaian: untuk Transducer sonar 0,0045%, untuk (V/F) 0,1 %. Untuk (F/V) 1,03%, untuk Perantara ADC 1,14% untuk rumusan kedalaman laut 1,17%. Bila rumusan ketinggian ombak hasil uji akan digunakan, harus diperhatikan untuk persamaan $Y=0,003473.Data - 2,592$, artinya bila keadaan normal untuk gelombang pasang 1,5 meter atau kedalaman 201,5 maka Y akan ditambahkan 201.510 meter, dengan kesalahan 0,516 meter.

Persamaan transformasi dan konversi masing-masing subrangkaian hasil karakterisasi dan perancangan sudah mendekati. Sebelum implementasi masih perlu dibuat model sistemnya. Juga dalam implementasi perlu diperhatikan pengemasan untuk subsistem Kapsul karena berkontak langsung dengan air laut.

4. Kesimpulan

Telah dirumuskan transformasi dan konversi data untuk pendeteksi tinggi gelombang laut

berbasis IBM-PC, dengan perancangan menggunakan Transducer Sonar yang dikondisikan ke Tegangan (0 sd 5) Volt sebanding dengan (0 sd 525) meter kedalaman laut. Pengkonversi (V/F) dan (F/V) adalah (0 sd 5) Volt sebanding dengan (0 – 5000) Hz. Dan Konversi Analog ke Digital adalah (0 sd 65535) sebanding dengan kedalaman tersebut.

Hasil pengujian rumusan syarat batas untuk keberadaan laut level normal berjarak 200 meter dari dasar laut dan tinggi gelombang laut maksimum 25 meter untuk keadaan pasang dan surut didapat persamaan transformasi dan konversi yaitu: untuk Transducer $V = 0.022222Y + 0,0001$. Persamaan untuk (V/F) $V=0,9988.F+0,004$. Persamaan untuk (F/V) $F=999,98V+0,002$. Persamaan konversi ADC $Data = 291,27.Y + 0,005$. Untuk persamaan kedalaman laut $Y=0.003433Data + 0,008$. Untuk tinggi gelombang laut $dY=(Y-200)$ berharga positif untuk keadaan Pasang, dan dY berharga negatif untuk keadaan Surut.

Berdasarkan rumusan transformasi dan konversi dapat dibuat program untuk visualisasi pada layar monitor informasi keadaan 'Normal' pada ketinggian ombak 1 Meter, keadaan 'Hati-hati' ketinggian ombak diatas 1 meter dan dibawah 5 meter dan untuk keadaan 'Bahaya' untuk ombak di atas 5 meter. Pengembangan lebih lanjut khususnya untuk konstruksi dan pengemasan dapat diuji coba dilapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E.O Tuk L Lazauskas, DC Scullen, *Sea Wave Pattern Evaluation*, Applied Math. Dept. The Univ. of Adelaide, 1999.
- [2] Kinsler, E. Lawrence, Austin R. Frey, Alan B. Coppins, James V. Sanders, *Fundamental of Acoustics*, 3rd Ed., John Wiley & Sons, 1982.
- [3] Roddy, Dennis, John Coolen, *Electronic Communication*, 3rd Ed., Mc. Graw-Hill. Inc, 1999.
- [4] Mischa Schwartz, *Information Transmission Modulation and Noise*, Mc. Graw-Hill. Inc, 1990.