

MULTI FREKUENSI ENCODER FLIGHT TERMINATION SYSTEM (MULTI FREQUENECY ENCODER FLIGHT TERMINATION SYSTEM)

Effendi Dodi Arisandi

Pusat Teknologi Roket

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

Jalan Raya LAPAN Rumpin Bogor Indonesia

e-mail: effendi.dodi@lapan.go.id

Diterima 30 Maret 2015, Direvisi 20 April 2015, Disetujui 22 April 2015

ABSTRACT

FTS (flight termination system) is a system which is used to terminate the mission of flight vehicle if the vehicle gets failure during its mission. FTS encoder is a part of FTS which will give the command signal on sine waveform with certain frequency. The sine wave signal which is called a tone ranging can be driven on the audio frequency, 20Hz – 20kHz. DDS (direct digital synthesis) method can be used to generate tone ranging signal such as a sine or square wave. The secret tone ranging signal which is transmitted to the FTS receiver part is very important in order not be disturbed by another signal. With the use of a DDS AD9850 method, could produce sine wave multi frequency signal on the FTS encoder; 750Hz, 1000Hz, and 1250Hz.

Keywords: *Multi Frequency, FTS Encoder, DDS Method, Summing Frequency*

ABSTRAK

Flight Termination System (FTS) adalah suatu sistem yang digunakan untuk menghentikan suatu misi peluncuran wahana udara apabila wahana tersebut mengalami kegagalan dalam misinya. Encoder FTS adalah bagian dari FTS yang akan memberikan sinyal perintah dalam bentuk gelombang sinus dengan frekuensi tertentu. Sinyal sinus yang secara umum disebut sinyal *tone ranging* dapat dibangkitkan dalam rentang frekuensi audio, 20Hz-20KHz. Metode *Direct Digital Synthesis* (DDS) dapat digunakan untuk membangkitkan sinyal *tone ranging* yang berupa sinyal sinus atau kotak (*pulse*). Kerahasiaan sinyal *tone ranging* yang dikirimkan pada bagian penerima FTS sangat penting agar tidak bisa diganggu oleh sinyal lain. Dengan menggunakan metode DDS AD9850, dapat dihasilkan sinyal sinus multi frekuensi pada endcoder FTS; 750Hz, 1000Hz, dan 1250Hz.

Kata kunci: *Multi Frekuensi, Encoder FTS, Metode DDS, Penjumlahan Frekuensi*

1 PENDAHULUAN

Suatu sistem keamanan pada peluncuran wahana terbang seperti roket, uav, atau wahana udara yang lainnya sangat dibutuhkan untuk menghindari kejadian yang tidak diinginkan. Kejadian yang tidak diinginkan tersebut seperti peluncuran roket tidak mengikuti lintasan yang telah ditentukan sehingga gerak roket dapat menuju ke kawasan pemukiman penduduk. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem yang dapat menghentikan laju roket sebelum menuju pemukiman penduduk. Sistem yang digunakan untuk dapat menghentikan laju roket dapat berupa bermacam-macam metode. Sebagai salah satu metode adalah dengan meledakkan roket diudara sebelum menuju ke kawasan pemukiman penduduk. Keputusan untuk meledakkan roket di udara harus dibuat dengan keputusan yang cermat, tepat, dan cepat. Metode yang lain adalah dengan cara mengubah titik *cog* pada roket sehingga roket tidak mempunyai gaya angkat aerodinamis, kemudia roket dapat menuju ke bumi secara vertical dengan segera karena posisi *cog*-nya berubah ke belakang (mendekati motor roket). Metode pengontrolan roket untuk menuju kawasan yang jauh dari pemukiman penduduk dapat dilakukan setelah misi roket dinyatakan gagal.

Flight Termination System (FTS) adalah suatu sistem yang digunakan untuk menghentikan laju roket pada

saat terbang. Laju yang dimaksud adalah gerakan roket yang tidak sesuai dengan lintasan misinya. Salah satu cara adalah dengan mengkontrol roket sehingga terjun bebas ke bawah menabrak bumi (Javier Velez, 2012). Cara yang lain untuk menghentikan laju roket adalah dengan diledakkannya roket di udara (David Bruce Franz, 1977).

Sistem FTS terdiri dari 2 bagian, sistem *encoder* dan sistem *decoder*. Sistem *encoder* adalah bagian dari FTS yang memberikan sinyal kepada sistem *decoder* secara *tele-command*. Sinyal yang dipancarkan oleh sistem *encoder* dapat berupa sinyal *tone ranging* atau frekuensi audio manusia antara 20Hz - 20kHz. Untuk mengatasi gangguan dari pemancar lain, maka sistem *encoder* harus dapat memancarkan sinyal *tone ranging* secara multi frekuensi. Sinyal multi frekuensi tersebut dapat dijumlahkan menjadi satu keluaran.

Sinyal *tone ranging* yang merupakan gelombang sinus dapat dibangkitkan secara *software* di komputer maupun secara *hardware* pada rangkaian elektronika atau *chip IC*. Untuk membangkitkan sinyal *tone ranging* gelombang sinus dapat menggunakan metode *Direct Digital Synthesis* (DDS) (Fu Xin Wang dkk, 2011).

Pada penelitian *encoder* FTS dengan multi frekuensi (700Hz, 1000Hz, dan 1250Hz), metode yang digunakan untuk membangkitkan gelombang sinus adalah dengan metode DDS secara

hardware. Metode DDS secara *hardware* dapat menggunakan *chip* IC AD9850 dengan memberikan sinyal kontrol pada *chip*, maka keluaran mempunyai rentang frekuensi antara 1Hz sampai dengan 40MHz.

Tujuan dari penelitian multi frekuensi *encoder* FTS ini adalah untuk menghindari gangguan dari pemancar frekuensi lain, sehingga sistem FTS secara keseluruhan dapat bekerja secara normal. Penelitian *encoder* FTS merupakan salah satu persiapan untuk menuju kemampuan LAPAN dalam membangun roket peluncur satelit. Setiap roket peluncur satelit harus dilengkapi dengan sistem FTS untuk mengantisipasi kegagalan peluncuran dalam misinya.

2 SINYAL TONE

Sinyal *tone* adalah suatu sinyal yang mempunyai rentang frekuensi 20Hz sampai dengan 20Khz. Sinyal *tone* dapat dimanfaatkan untuk sistem komunikasi antar manusia yang mempunyai jarak yang cukup jauh dapat melalui udara atau kabel. Sejak puluhan tahun yang lalu bahwa sinyal *tone* telah dimanfaatkan dalam bidang telekomunikasi. Salah satu contoh dalam bidang telekomunikasih sampai saat ini adalah penggunaan sinyal *tone* pada papan tombol pesawat telepon. Sinyal *tone* pada papan tombol pesawat telepon merupakan perpaduan 2 macam sinyal *tone* dengan frekuensi tertentu, frekuensi rendah dan frekuensi tinggi (www.aisi555.com, 2015). Gabungan 2 macam sinyal *tone* tersebut disebut dengan DTFM (*dual tone multi frequency*). Gambar 2-1 adalah salah satu contoh papan tombol telepon dengan prinsip DTMF dan Tabel 2-1 adalah kombinasi 2 macam frekuensi rendah dan frekuensi tinggi pada metode DTMF untuk menghasilkan angka (0-9) atau huruf alphabet (A-D) (<https://ayyusriwahyuni.wordpress.com>, 2015).

Sinyal *tone* yang merupakan sinyal sinusoidal dengan frekuensi tertentu

atau berubah-ubah dapat dihasilkan secara *hardware* atau *software*. Secara *hardware* sinyal *tone* dapat dihasilkan dari *Digital to Analogue Converter* (DAC) yang dihubungkan dengan suatu mikrokontroller atau mikroprosesor. DAC adalah rangkain elektronika yang dapat mengubah sinyal dijital ke sinyal analog. Resolusi dari DAC sangat mempengaruhi kehalusan sinyal yang dihasilkan. DAC dengan resolusi 8 bit dapat memberikan perubahan keluaran analog terkecil sebesar 0.392% dari tegangan referensi. Jika DAC 8 bit menghasilkan tegangan penuh sebesar 10 volt, maka perubahan terkecil nilai DAC 1 bit adalah 39.2 mili volt. Sinyal *tone* yang berupa sinyal kotak (*pulse*) juga dapat dihasilkan dari rangkaian *timer* seperti ditunjukkan pada Gambar 2-2. Dengan memberikan nilai tertentu pada resistor dan kapasitor maka frekuensi pada timer dapat diubah-ubah.



Gambar 2-1: Papan Telepon DTMF

Tabel 2-1: KOMBINASI SINYAL DTMF

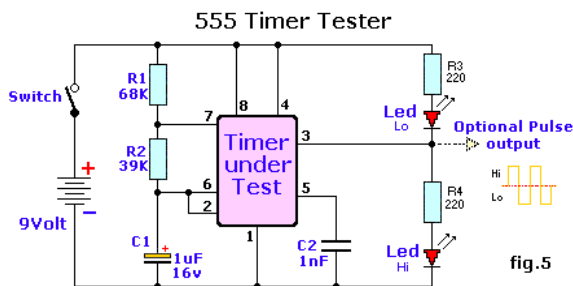
Frekuensi Rendah (Hz)	Frekuensi Tinggi (Hz)			
	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

Secara *software* sinyal *tone* dapat dibangkitkan dengan menggunakan salah satu bahasa pemrograman yang

ada, kemudian sinyal *tone* dapat dikeluarkan dalam bentuk suara audio dengan memanfaatkan *speaker* yang ada pada *notebook* atau komputer. Dengan memanfaatkan perangkat komputer maka sinyal *tone* dengan mudah untuk dihasilkan. Semua bahasa pemrograman dapat digunakan untuk menghasilkan sinyal *tone*. Berikut ini adalah contoh kode bahasa pemrograman python yang dapat menghasilkan sinyal *tone*.

```

Fs = 1000 # sampling rate
Ts = 0.01/Fs # sampling interval
t = arange(0,0.1,Ts) # time vector
ff = 300;
y = sin(2*pi*ff*t)
subplot(2,1,1)
plot(t,y1)
xlabel('Time')
ylabel('Amplitude')
subplot(2,1,2)
show()
    
```

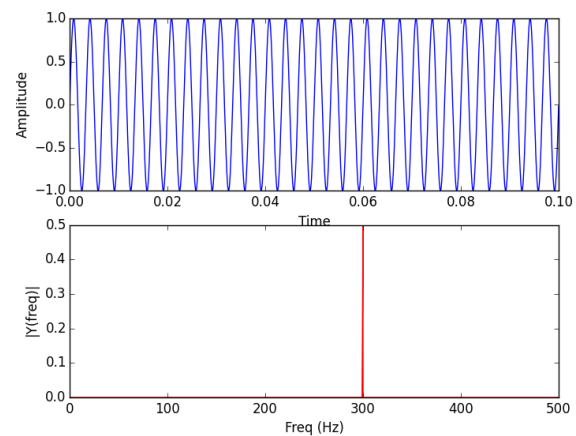


Gambar 2-2: Rangkaian timer sinyal *tone*

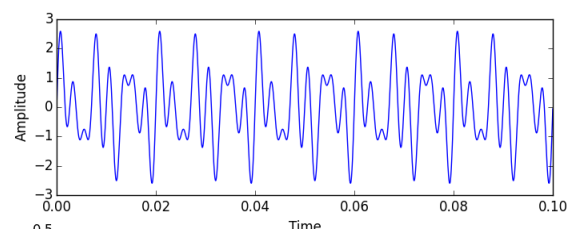
Gambar 2-3 adalah salah satu contoh sinyal *tone* dengan frekuensi 300Hz yang dihasilkan dengan menggunakan bahasa pemrograman python. Penjumlahan beberapa macam sinyal *tone* dengan frekuensi yang berbeda-beda dapat dilakukan secara *software* maupun *hardware*. Gambar 2-4 adalah contoh penjumlahan 3 macam frekuensi secara *software*; 300Hz, 750Hz, dan 1300Hz.

Perkembangan ilmu bahan dan teknologi *hardware* yang semakin pesat sehingga dapat menciptakan suatu chip IC AD9850 yang dapat menghasilkan sinyal sinus atau kotak (*pulse*). Chip IC AD9850 menggunakan metode *Direct Digital Synthesis* (DDS) untuk menggerakkan sinyal sinus atau kotak yang memiliki rentang frekuensi keluaran dari

1Hz sampai dengan 40MHz. Metode DDS akan dibahas lebih luas pada Bab 3.



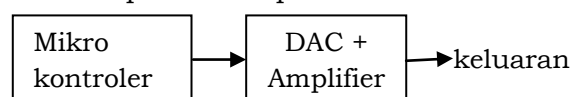
Gambar 2-3: Sinyal *tone* 300Hz



Gambar 2-4: Penjumlahan tiga macam frekuensi

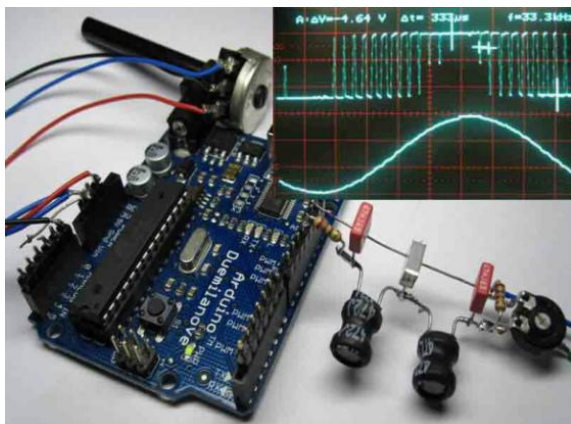
3 METODE DDS

Metode *Direct Digital Synthesis* (DDS) adalah suatu metode yang digunakan untuk membangkitkan sinyal sinus secara digital (www.hpcc.ecs.soton.ac.uk, 2015). Sebuah mikrokontroler atau mikroprosesor tidak dapat menghasilkan sinyal sinus secara langsung, dikarenakan sinyal sinus merupakan sinyal analog sedangkan keluaran dari mikrokontroler atau mikroprosesor adalah sinyal digital. Oleh karena itu diperlukan sebuah rangkaian yang bisa mengubah sinyal digital ke sinyal analog. Untuk menghasilkan sinyal sinus dari sinyal digital maka diperlukan sebuah *converter* dari sinyal digital ke analog, yaitu *Digital to Analogue Converter* (DAC) (Wei Ping Zhang, 2012). Sebuah DAC yang memiliki resolusi yang tinggi akan menghasilkan sinyal sinus yang halus. Blok diagram DAC dan mikrokontroler untuk pembangkit sinyal sinus dapat dilihat pada Gambar 3-1.

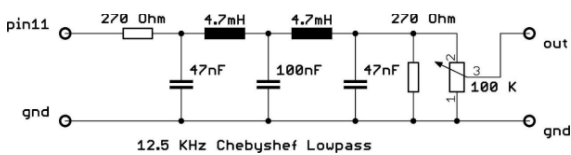


Gambar 3-1: Pembangkit gelombang sinus

Selain dengan menggunakan DAC, metode lain yang dapat digunakan untuk membangkitkan gelombang sinus adalah metode DDS. Metode DDS dapat diterapkan secara *software* maupun *hardware*. Metode DDS secara *software*, maka sebuah mikrokontroler atau mikroprosesor memerlukan penambahan empat macam komponen pasif; resistor, kapasitor, induktor, dan trimpot. Dengan memanfaatkan *timer* untuk PWM dan data sinus secara periodik di *look up table* maka dapat dihasilkan sinyal sinus yang diinginkan. Gambar 3-2 (qrp-labs.com, 2015) adalah sebuah rangkaian untuk menghasilkan sinyal sinus yang dikendalikan secara *software*. Keluaran sinyal gelombang sinus di *filter* untuk mendapatkan sinyal yang halus dengan menggunakan metode *lowpass filter Chebyshev* seperti ditunjukkan pada Gambar 3-3 rangkain skematikny (qrp-labs.com, 2015).



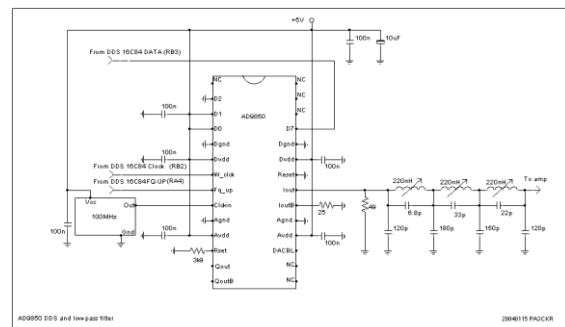
Gambar 3-2: DDS secara *software*



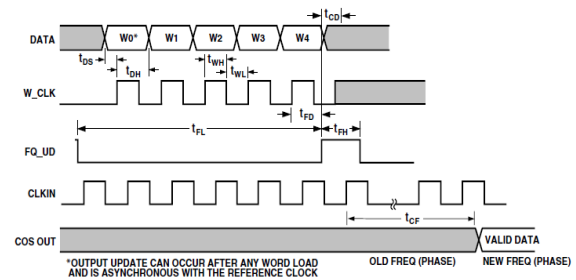
Gambar 3-3: *Lowpass filter chebyshev*

Metode DDS yang diimplementasikan secara *hardware* dapat menghasilkan sinyal sinus atau sinyal kotak (*pulse*) dari 1Hz sampai dengan 40Mhz (Xian Yi Zhang dkk, 2013). Implementasi DDS secara *hardware* dapat menggunakan *chip* IC AD9850. IC ini dapat menghasilkan sinyal sinus secara stabil dan dapat diubah-ubah frekuensinya berdasarkan

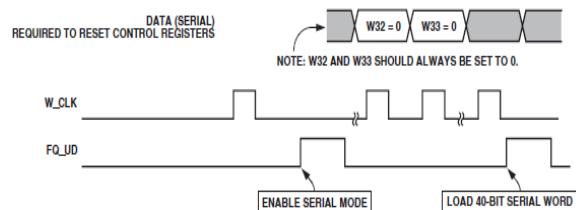
data kontrol yang diberikannya. Ada dua metode yang dapat digunakan untuk mengkontrol AD9850, secara paralel atau serial. Rangkaian pendukung untuk AD9850 dapat dilihat pada Gambar 3-4. *Timing* diagram untuk mengkontrol AD9850 secara paralel atau serial ditunjukkan pada Gambar 3-5 (www.analog.com, 2015). Masing-masing metode paralel atau serial mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Metode paralel mempunyai kecepatan proses kontrol yang lebih cepat dibandingkan dengan metode serial dikarenakan data kontrol diberikan secara bersamaan. Namun metode paralel mempunyai kelemahan dalam kebutuhan *pin* koneksi ke mikrokontroler atau mikroprosesor yang lebih banyak dibandingkan dengan metode serial. Kelebihan dan kekurangan metode serial adalah kebalikan dari kekurangan dan kelebihan metode paralel.



Gambar 3-4: DDS AD9850 secara *hardware*



a. metode paralel



b. Metode serial

Gambar 3-5: *Timing* Diagram AD9850

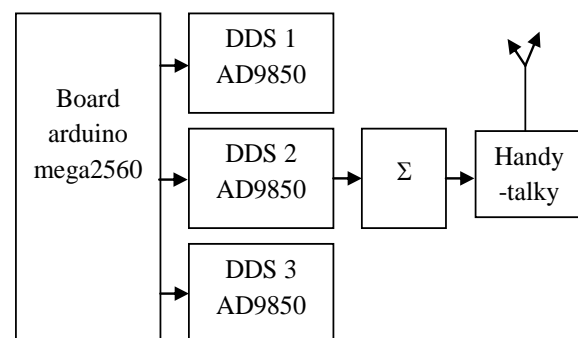
4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Encoder pada bagian FTS dapat membangkitkan atau memancarkan sinyal sinus dengan satu macam frekuensi atau multi frekuensi. Multi frekuensi dapat terdiri dari lebih dari satu macam sinyal sinus dengan frekuensi audio manusia antara 20 Hz sampai dengan 20.000 Hz. Sinyal sinus dengan frekuensi audio manusia sering disebut dengan sinyal *tone ranging*. Seperti dijelaskan pada bab 3 bahwa sinyal sinus dapat dibangkitkan secara *hardware* maupun *software*. Secara *software* dapat menggunakan berbagai macam bahasa pemrograman seperti; C++, visual basic, pascal, dan lain sebagainya. Hasil sinyal sinus tersebut dapat dikeluarkan melalui *speaker* pada komputer yang digunakannya. Sedangkan secara *hardware* untuk membangkitkan sinyal sinus dapat menggunakan konverter DAC, yaitu merubah sinyal digital ke sinyal analog. Dengan kemajuan teknologi maka telah dimungkinkan pembuatan suatu chip IC yang dapat membangkitkan sinyal sinus atau kotak (*pulse*) dengan memberikan kontrol pada IC tersebut. AD9850 merupakan suatu IC yang dapat membangkitkan sinyal sinus secara *hardware* dengan metode DDS.

Sistem FTS pada bagian *encoder* dengan multi frekuensi secara blok diagram dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 4-1. Blok diagram terdiri dari *board* mikrokontroler arduino mega2560, board DDS AD9850, *handy-talky* sebagai pemancar sinyal FTS. Ada 2 metode yang dapat digunakan untuk mengontrol DDS AD9850, secara paralel dan secara serial. Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk membangkitkan sinyal sinus multi frekuensi *encoder* FTS adalah secara *hardware* dengan menggunakan chip IC AD9850. Metode yang dipilih untuk mengontrol AD9850 adalah secara serial yang dihubungkan pada *board* arduino mega2560.

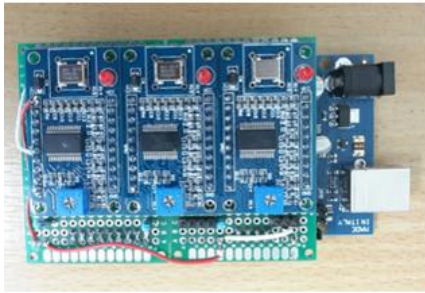
Susunan penelitian *encoder* FTS dengan multi frekuensi seperti ditunjukkan pada Gambar 4-2, terdiri

dari *board* arduino dan 3 modul DDS AD9850. Modul-modul AD9850 akan membangkitkan tiga macam frekuensi; 700Hz, 1000Hz, dan 1250Hz. Ketiga frekuensi yang dihasilkan dari DDS AD9850 dapat dilihat dengan osiloskop dan ditunjukkan pada Gambar 4-3. Secara berturut-turut Gambar 4-3a-c adalah pembangkit gelombang sinus dari frekuensi 700Hz, 1000Hz, dan 1250Hz. Ketiga macam sinyal sinus yang berbeda frekuensi akan dijumlahkan secara *hardware* untuk mendapatkan satu jalur keluaran yang akan dihubungkan ke *handy-talky*. Sinyal keluaran dari hasil penjumlahan akan dihubungkan melalui jalur mikropon pada *handy-talky*. Penjumlahan ketiga macam frekuensi dapat dilakukan dengan cara menambahkan masing-masing resistor pada keluaran *board* AD9850 dan menghubungkannya menjadi satu pada ujung resistor yang lainnya. Hasil penjumlahan ketiga macam sinyal sinus yang berbeda frekuensi dapat dilihat pada Gambar 4-4. Sumber frekuensi dari masing-masing kanal merupakan sinyal sinus yang stabil dan kontinyu; 700Hz, 1000Hz, dan 1250Hz, maka hasil penjumlahan dari ketiga sinyal tersebut juga kontinyu dan periodik.

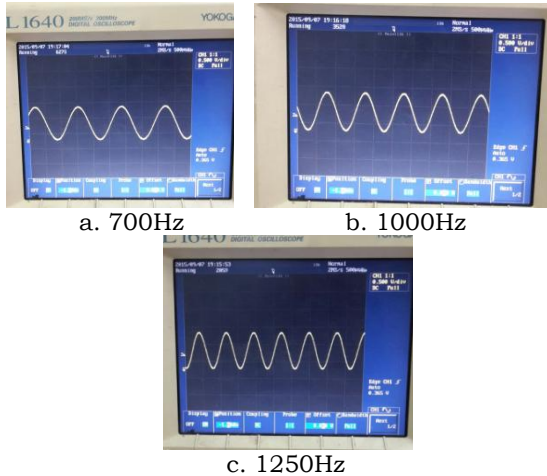


Gambar 4-1: Blok diagram *encoder* FTS

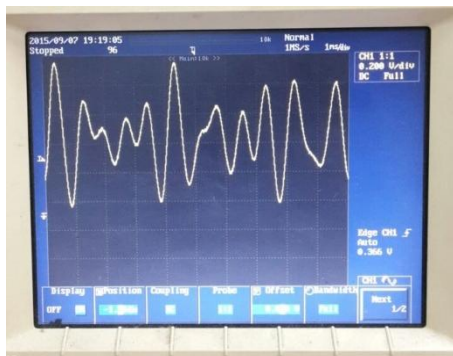
DDS AD9850 dapat membangkitkan sinyal sinus secara kontinyu dan stabil. Sehingga AD9850 dapat dijadikan *hardware* untuk membangkitkan sinyal sinus dengan rentang frekuensi 1Hz sampai dengan 40MHz. Sinyal keluaran dari AD9850 merupakan sinyal sinus yang mempunyai tegangan antara 0 volt sampai dengan 5 volt.



Gambar 4-2: Encoder FTS 3 frekuensi



Gambar 4-3: 3 Macam frekuensi



Gambar 4-4: Penjumlahan 3 Macam Frekuensi

5 KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem FTS merupakan suatu sistem yang digunakan untuk menghentikan laju suatu uji coba wahana terbang (roket, UAV) jika mengalami kegagalan misinya. Sistem FTS terdiri dari 2 bagian, *encoder* dan *decoder*. Untuk menghindari *jamming* dari pihak yang tidak bertanggung jawab, maka sistem *encoder* dapat terdiri dari multi frekuensi sinyal sinus. Untuk membangkitkan sinyal sinus dapat menggunakan metode DDS AD9850. Metode DDS

AD9850 dapat membangkitkan sinyal dengan frekuensi antara 1Hz sampai dengan 40MHz. Sinyal sinus dengan multi frekuensi dapat dijumlahkan dan dipancarkan dengan menggunakan *transceiver handy-talky*.

Untuk menyempurnakan sistem FTS, maka diperlukan suatu penelitian pada sisi *decoder* sistem FTS untuk menerjemahkan sinyal multi frekuensi pada sistem *encoder*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami sampaikan ucapan terima kasih kepada LAPAN khususnya PUSTEKROKET yang mana telah membantu secara biaya dan fasilitas untuk melakukan penelitian *encoder* FTS dengan multi frekuensi.

DAFTAR RUJUKAN

- David Bruce Franz, 1977. *Timed Missile Flight Termination System*, US Patent 4007688 A, 15 Feb.
- Fu Xin Wang dkk, 2011. *Design of the High-Precision Signal Generator Based on ARM*, Scientific.net/AMM.58-60.799, Jun. <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD9850.pdf>. diakses pada 20 agustus 2015.
- <http://www.qrp-labs.com/images/ultimate3mod6m/ddsmodule.pdf>. diakses pada 28 agustus 2015.
- <https://ayyusriwahyuni.wordpress.com/2010/07/23/signalling/>. Diakses pada 1 agustus 2015.
- Javier Velez, 2012. *Aerodynamic Flight Termination System and Method*, US Patent 20120048993 A, Mar 1.
- Wei Ping Zhang, 2012. *Design and Study on Analog Modulation Signal Source on AT89C51 Microcontroller*, Scientific.net/AMM.192.341, Jul.
- www.aisi555.com/2012/09/dtmf-dasar-signalling-tombol-telepon.html?m=1. Diakses pada 5 agustus 2015.
- www.hpcc.ecs.soton.ac.uk/dds_manualv4. Diakses pada 15 mei 2015.
- Xian Yi Zhang, Jian Xu, dkk, 2013. *A Signal Generator Based on AD9850*, Scientific.net/AMR.712-715.1767, Jun.

