

MODUL *DIGITAL SIGNAL PROCESSING* TMS320C6731 SEBAGAI MODEM BERBASIS *SIMULINK*

(*TMS320C6731 Digital Signal Processing Modul as a Simulink Based Modem*)

Theresia Ghozali¹, V. Windha Mahyastuty², Lydia Sari³

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro
Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya
Jl. Jendral Sudirman 51, Jakarta Selatan 12930

¹theresia.ghozali@atmajaya.ac.id, ²veronica.may@atmajaya.ac.id,
³lydia.sari@atmajaya.ac.id

Abstrak

Digital Signal Processing TMS320C6713 adalah perangkat yang dapat diprogram sehingga dapat digunakan untuk merealisasikan *Software Define Radio*. *Software Define Radio* yang akan direalisasikan pada penelitian ini adalah modulator-demodulator modulasi amplituda (AM) dan modulator-demodulator *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM). Langkah awal adalah pembuatan program *Simulink* yang terdapat pada Matlab versi 2007A. selanjutnya dilakukan konfigurasi parameter untuk *hardware* C6000. Hasil pengujian membuktikan bahwa sistem yang dirancang telah berfungsi dengan baik.

Kata Kunci: DSK TMS320C6713, *software defined radio*, AM, OFDM

Abstract

TMS 320C6713 Digital signal processing is a programmable device which can be used to realize *Software Defined Radio*. *Software Defined Radio* realized in this research is modulator-demodulator sets for amplitude modulation (AM) and *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM). As the first step, the modulator-demodulator sets are modeled by using the *Simulink* program embedded in *Mathlab* 2007A. The next step is configuring the parameters for the C6000 hardware. The experiment results show that the designed system can function well.

Keywords: DSK TMS320C6713, *software defined radio*, AM, OFDM

Tanggal Terima Naskah : 23 September 2013

Tanggal Persetujuan Naskah : 18 Desember 2013

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi mikroelektronika mengakibatkan perkembangan *integrated circuit* (IC) sehingga sebuah *chip* IC dapat melakukan proses matematis yang kompleks. *Chip* IC yang banyak digunakan pada bidang telekomunikasi adalah *chip Digital Signal Processor* (DSP) untuk pemrosesan sinyal secara digital. DSP merupakan dasar bagi perkembangan *software defined radio*. *Software Defined Radio* merupakan peralatan digital yang diprogram untuk menghasilkan sinyal *transmit* dan *receive* dalam daerah *baseband*. Dengan lebih menerapkan fungsi-fungsi yang ada di dalam

software dibandingkan dengan pendekatan *hardware* secara tradisional, sistem radio akan memberikan fleksibilitas yang lebih besar dan *upgrade* fungsi menjadi lebih mudah [1].

Proses yang digunakan untuk mentranslasikan sinyal informasi dari frekuensi *baseband* ke frekuensi radio adalah proses modulasi. Dalam penelitian ini, terdapat dua skema modulasi yang digunakan, yaitu:

- 1) Modulasi Amplituda (AM)
- 2) *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM)

Pemodelan simulasi ini diimplementasikan dengan menggunakan perangkat *Digital Signal Processing Starter Kit* (DSK) TMS320C6713. Penggunaan perangkat *Digital Signal Processor* (DSP) didasari oleh kemampuan perangkat DSP yang lebih mudah untuk dimodifikasi dan dikalibrasi.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang modul praktikum sebagai berikut:

- 1) Membuat perangkat lunak agar DSP *kit* dapat berfungsi sebagai modem *Amplitude Modulation* (AM).
- 2) Membuat perangkat lunak agar DSP *kit* dapat berfungsi sebagai modem *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*.

1.3 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang agar DSP *kit* TMS 320C6731 dapat berfungsi sebagai *software defined radio*. Model simulasi menggunakan *Simulink* pada Matlab versi 2007A.

2. KONSEP DASAR

2.1 Modulasi Amplituda

Modulasi adalah suatu proses pengubahan satu atau lebih parameter sinyal pembawa dengan parameter sinyal informasi [2]. Sinyal pembawa memiliki parameter-parameter yang dapat digunakan dalam modulasi, yaitu amplitudo, frekuensi, dan fase. Parameter-parameter dalam sinyal pembawa dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$Y_c(t) = A_c \cos(\omega_c t + \phi_c) \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- A_c = amplituda (Volt)
- ω_c = frekuensi (rad/s)
- ϕ_c = fase (radian)

Pada modulasi amplitudo, amplitudo dari sinyal pembawa dibuat proporsional dengan besaran sinyal informasi pada setiap saat.

Sinyal pembawa:

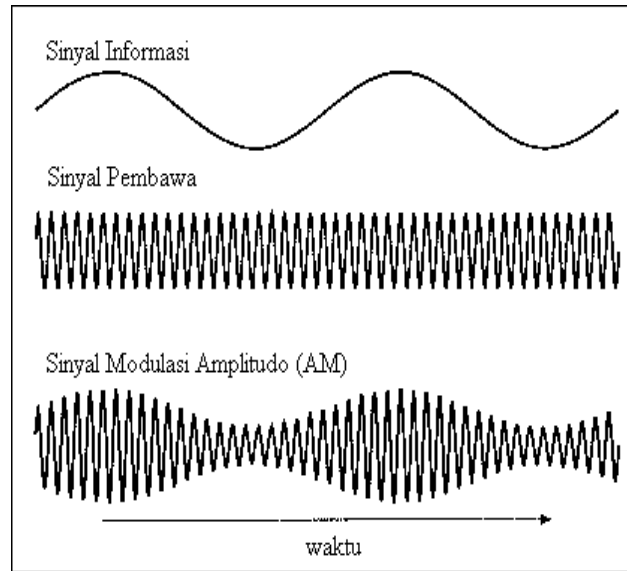
$$Y_c(t) = A_c \cos(\omega_c t) \dots\dots\dots (2)$$

Sinyal info:

$$m(t) = A_m \cos(\omega_m t) \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

- A_c = amplitudo sinyal info (Volt)
- ω_m = frekuensi sinyal info (rad/s)



Gambar 1. Proses modulasi amplitudo

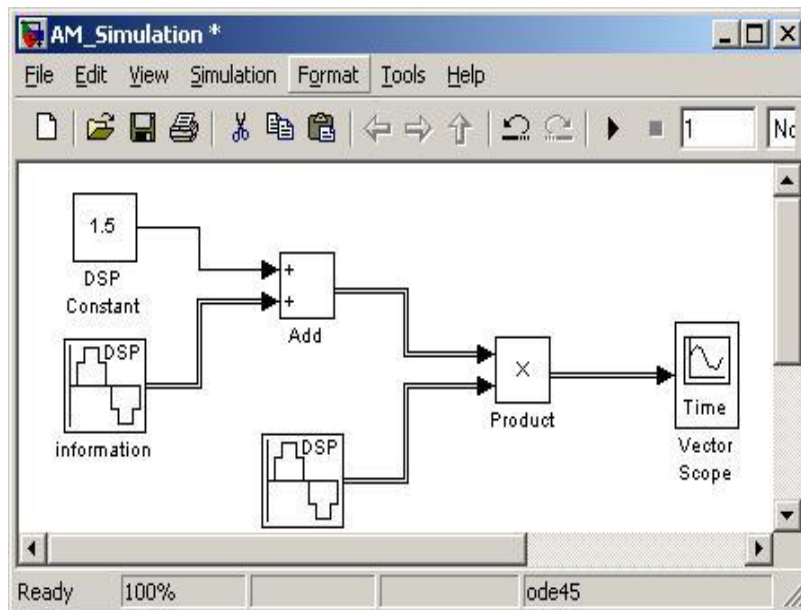
Amplitudo sinyal pembawa akan diubah-ubah oleh sinyal informasi hingga sesuai dengan waktu dan besarnya sinyal informasi dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_{AM}(t) = (A_c + m(t))\cos(\omega_c t) \dots\dots\dots (4)$$

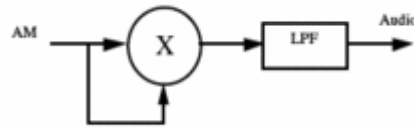
dimana m adalah indeks modulasi, dan $m = \frac{A_m}{A_c}$. Proses modulasi amplitudo

menggunakan DSP kit sebagai blok fungsi dalam program Simulink ditunjukkan pada Gambar 2.

Deteksi sinyal AM menggunakan *Squaring Detector*. *Squaring detector* termasuk dalam jenis detektor koheren (detektor sinkron). Tidak seperti detektor sinkron pada umumnya, sinyal pembawa tidak dibangkitkan di penerima. Sinyal AM yang diterima dikuadratkan sehingga dibutuhkan penguat sinyal RF yang linear pada rentang frekuensi yang lebar. Penerima sinyal AM diilustrasikan pada Gambar 3.



Gambar 2. Modulator AM



Gambar 3. Penerima sinyal AM

Bentuk sinyal AM setelah dikuadratkan adalah:

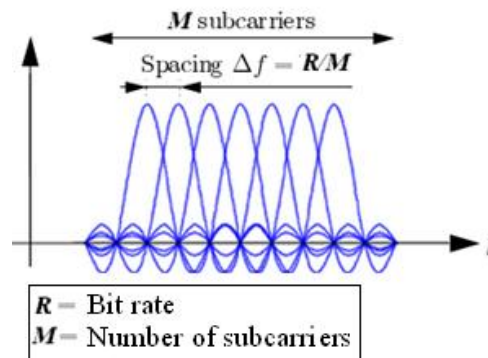
$$s_0(t) = A_c m(t) + \left\{ \cos(2\omega_c t) \left(\frac{A_c^2 + m(t)^2}{2} \right) + A_c m(t) \right\} + \frac{m(t)^2 + A_c^2}{2}$$

Dengan melewati sinyal ini pada *bandpass filter*, sinyal asli akan dapat diperoleh kembali.

2.2 Orthogonal Frequency Division Multiplexing

Untuk mengatasi efek ISI dan *delay spread*, digunakan teknik *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM). Teknik OFDM memecah aliran *bit* awal dengan nilai *bit rate* tinggi menjadi beberapa aliran *bit* dengan *bit rate* yang rendah [3].

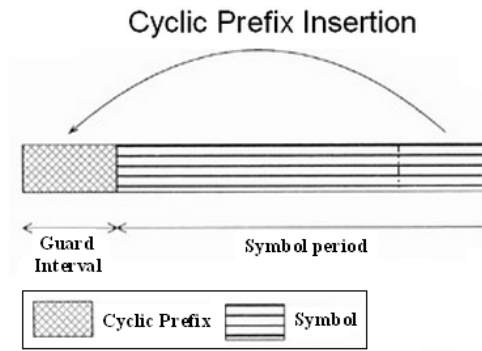
Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) merupakan sebuah teknik pentransmisian yang menggunakan sistem *multicarrier* sehingga *bandwidth* yang digunakan pada sistem ini dibagi menjadi beberapa *bandwidth subcarrier*. Sistem OFDM efisien dalam penggunaan *bandwidth* karena *bandwidth* data yang dibawa oleh *subcarrier* dapat saling *overlap* tanpa mengakibatkan terjadinya interferensi. *Bandwidth* pada sistem OFDM ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. *Bandwidth* pada sistem OFDM

Untuk mendapatkan sinyal *subcarrier* yang saling ortogonal, maka aliran *bit* perlu melalui proses *Inverse Fast Fourier Transform* (IFFT). Pada sistem OFDM, proses IFFT merupakan proses *mapping* [4]. Pada bagian penerima, untuk mendapatkan kembali sinyal awal, maka simbol OFDM dilewatkan melalui proses *Fast Fourier Transform* (FFT).

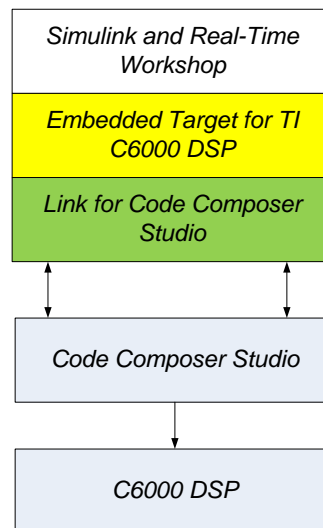
Setelah melalui proses IFFT, aliran *bit* atau *frame* OFDM kemudian ditambahkan dengan *cyclic prefix* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. *Cyclic prefix* adalah salah satu bentuk *guard interval* yang merupakan salinan dari bagian belakang pada *frame* OFDM [5]. Salinan tersebut kemudian ditambahkan pada bagian paling depan dari simbol. Dengan penambahan *cyclic prefix*, maka periode tiap simbol akan semakin panjang sehingga ketahanan sistem terhadap ISI akibat efek *delay spread* semakin meningkat.



Gambar 5. Proses penambahan *cyclic prefix*

2.3 *Digital Signal Processing Starter Kit TMS320C6713*

DSK TMS320C6713 merupakan suatu modul yang dapat mengembangkan aplikasi dari teknik pengolahan sinyal digital [6]. Perangkat ini terdiri dari prosesor TMS320C6713 dan komponen-komponen pendukung lainnya yang disusun berdasarkan *on-board devices*. Pengimplementasian simulasi ke perangkat DSP C6000 perlu melalui beberapa tahap yang ditunjukkan dalam diagram alir pada Gambar 6 [7].



Gambar 6. Diagram alir *simulink* dengan DSP C6000

3. PERANCANGAN SISTEM

3.1 Modulasi Amplituda

Model *simulink* dari modulasi AM dapat dilihat pada Gambar 7, dengan spesifikasi frekuensi sinyal pembawa adalah 5.000 Hz dan frekuensi sinyal informasi adalah 100 Hz.

Adapun karakteristik LPF adalah sebagai berikut:

- Desain dengan FIR *Equiripple*
- F_s (frekuensi *sampling*) = 96 kHz
- $F_{pass} = 5$ kHz
- $F_{stop} = 10$ kHz

3.2 OFDM

Blok *Simulink* dari *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* dapat dilihat pada Gambar 8.

3.2.1 Modulasi *Quadrature Phase Shift Keying*

Bit masukan pada modulator QPSK awalnya diubah menjadi bentuk bipolar. Logika 1 akan diubah menjadi bernilai +1V dan logika 0 diubah menjadi bernilai -1V. Setelah dikonversi, *bit* dilewatkan pada proses *upsampling* sebanyak 8 kali.

Aliran *bit* kemudian dipecah menjadi urutan genap dan *bit* urutan ganjil. *Bit* dengan urutan ganjil masuk ke kanal I sedangkan *bit* urutan genap masuk ke kanal Q dan kemudian dikalikan dengan nilai osilator pada tiap kanal. Nilai osilator pada kanal I adalah $1/\sqrt{2} \cos(2\pi f_c t)$ sedangkan osilator kanal Q adalah $1/\sqrt{2} \sin(2\pi f_c t)$.

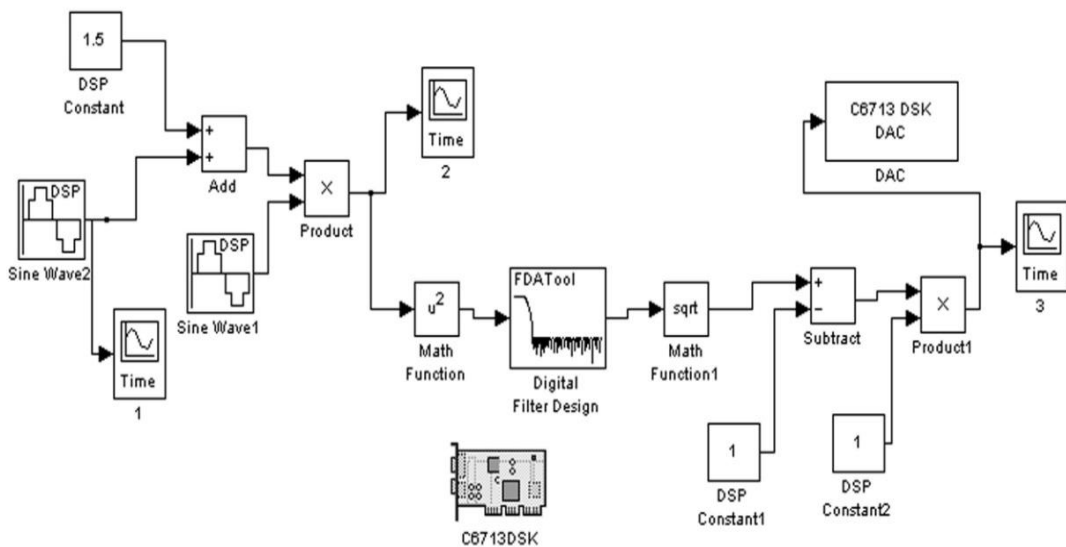
3.2.2 Pemancar *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*

Sistem pemancar OFDM terdiri dari beberapa proses, yaitu *serial to parallel converter*, *Invers Fast Fourier Transform (IFFT)*, penambahan *cyclic prefix* dan *parallel to serial converter*. Pembangkit OFDM dapat dilihat pada Gambar 9.

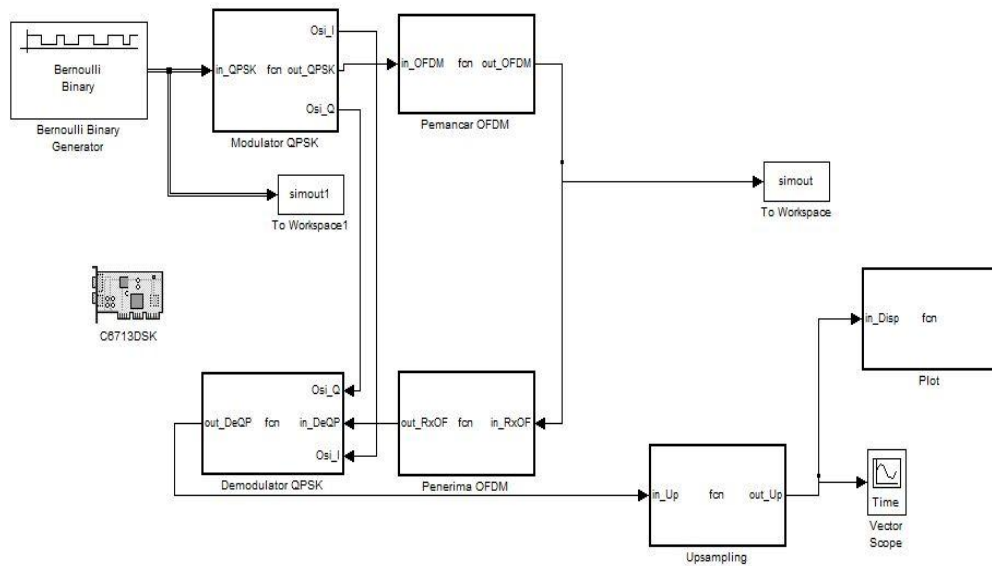
Aliran *bit* serial pada masukan sistem OFDM dipecah menjadi aliran *bit* paralel kemudian aliran *bit* dilewatkan pada proses IFFT untuk proses *mapping* agar frekuensi *subcarrier* saling ortogonal satu dengan yang lain. Setelah melalui proses *mapping*, aliran *bit* ditambahkan dengan *cyclic prefix* untuk memperpanjang periode tiap simbol. Nilai *cyclic shift* yang digunakan sebesar $1/4$ dari panjang *subcarrier*. Proses terakhir yang dilakukan pada bagian ini adalah mengubah aliran data paralel menjadi serial.

3.2.3 Penerima OFDM

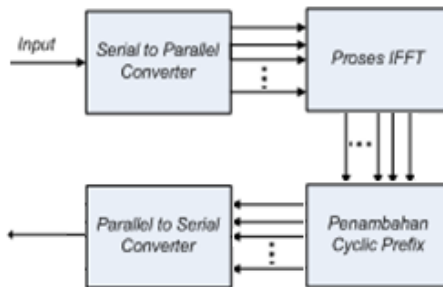
Sistem penerima OFDM terdiri dari proses *serial to parallel converter*, penghapusan *cyclic prefix*, *Fast Fourier Transform (FFT)*, dan *parallel to serial converter*. Diagram blok sistem penerima OFDM ditunjukkan pada Gambar 10.



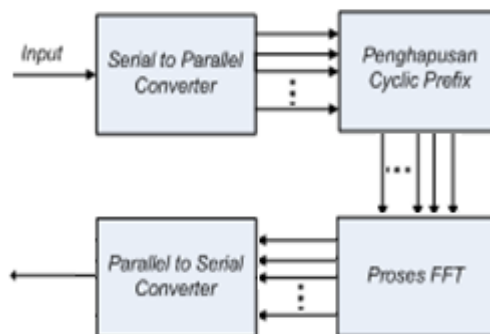
Gambar 7. *Simulink* modulasi amplituda



Gambar 8. Diagram blok sistem pemancar OFDM



Gambar 9. Pembangkit OFDM



Gambar 10. Diagram blok penerima OFDM

Proses pertama dari sistem penerima OFDM adalah mengubah aliran *bit* serial menjadi bentuk aliran *bit* paralel. Setelah data diubah menjadi bentuk paralel, proses selanjutnya adalah menghapus *cyclic prefix* yang terdapat pada bagian depan simbol OFDM sebanyak $\frac{1}{4}$ dari jumlah *bit* pada tiap simbol.

Untuk mendapatkan kembali *bit* awal sebelum proses *mapping*, maka *bit* dilewatkan pada proses FFT yang merupakan proses kebalikan dari proses IFFT. Aliran *bit* paralel kemudian diubah kembali ke dalam bentuk aliran *bit* serial.

3.2.4 Demodulasi *Quadrature Phase Shift Keying*

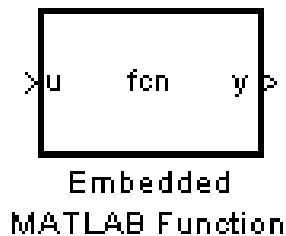
Pada demodulator QPSK, aliran *bit* dipecah menjadi aliran *bit* ganjil dan aliran *bit* genap kemudian dilewatkan pada kanal I dan kanal Q. Pada masing-masing kanal, aliran *bit* kemudian dikalikan kembali dengan osilator yang nilainya sama dengan yang terdapat di modulator.

Kedua sinyal pada masing-masing kanal kemudian dilewatkan pada integrator. Pada bagian *decision threshold*, nilai *bit* tersebut diestimasi menjadi bentuk nilai digital. Apabila nilai sinyal tersebut lebih besar dari 0, maka sinyal tersebut akan diubah menjadi *bit* bernilai logika 1 dan bila nilai sinyal tersebut lebih kecil dari 0 maka sinyal tersebut akan diubah menjadi *bit* bernilai logika 0.

3.3 *Simulink dan Digital Signal Processor*

Untuk pembuatan modulasi AM, dapat digunakan blok yang telah tersedia pada *simulink*. Untuk pembuatan OFDM sistem perlu disimulasikan terlebih dahulu menggunakan *Simulink* yang terdapat pada *software* Matlab versi 2007A.

Setiap subsistem disimulasikan dengan bahasa pemrograman Matlab yang dimasukkan ke dalam blok *Embedded Matlab Function*. Gambar blok *Embedded Matlab Function* ditunjukkan pada Gambar 11.



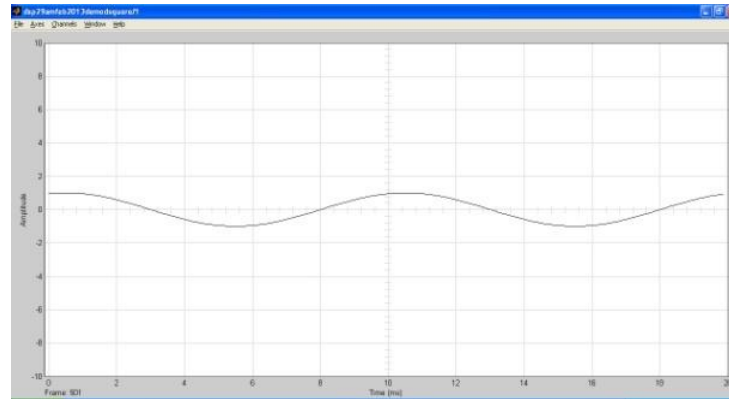
Gambar 11. Blok *embedded Matlab function*

Langkah selanjutnya yang perlu dilakukan adalah mengkonfigurasi parameter untuk *hardware* C6000. Langkah-langkah untuk mengkonfigurasi parameter terdiri dari:

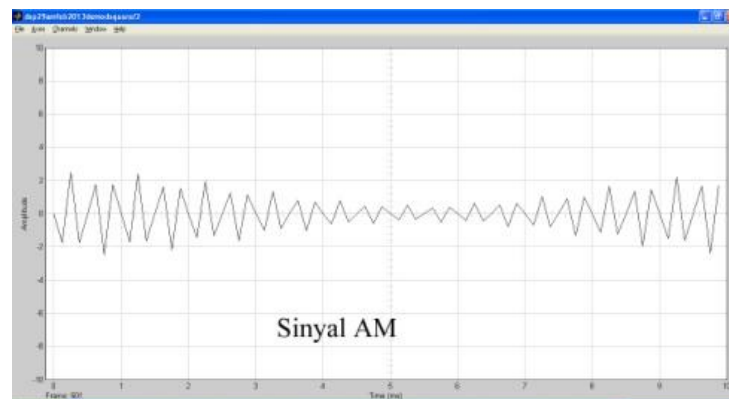
- 1) Pada *Simulink* model *toolbar* pilih *Simulation* kemudian *Configuration Parameters*.
- 2) Pilih *tab Solver* kemudian ubah *Type* pada *Solver options* menjadi *Fixed-step* dan *discrete*.
- 3) Pilih *tab Optimization* kemudian hilangkan tanda pada *checkbox Block reduction* dan *Implement logic signals*.
- 4) Pilih *tab Real-Time Workshop* kemudian ubah *System target file* menjadi *ccslink_grt.tlc*
- 5) Pilih *tab Real-Time Workshop* kemudian pilih *tab Debug* dan centang pada *checkbox Verbose build*.
- 6) Pilih *tab Real-Time Workshop* kemudian pilih *tab Link for CCS* dan ubah *System stack size* menjadi 1024.
- 7) Klik *Apply* lalu OK.

4. HASIL PENGUJIAN

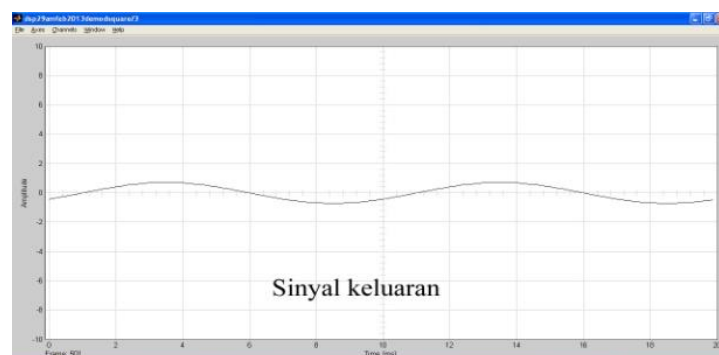
Tampilan sinyal masukan pada *vectorscope* di *simulink* dapat dilihat pada Gambar 12 sedangkan sinyal AM dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 12. Sinyal masukan sinus dengan frekuensi 100Hz

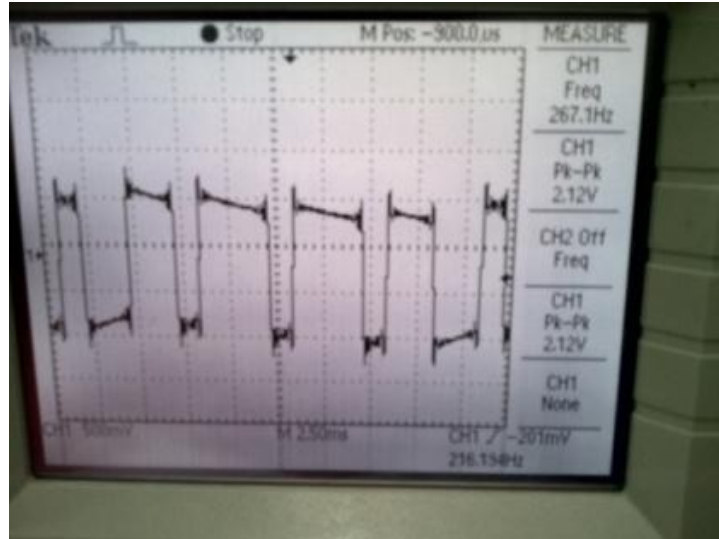


Gambar 13. Sinyal AM

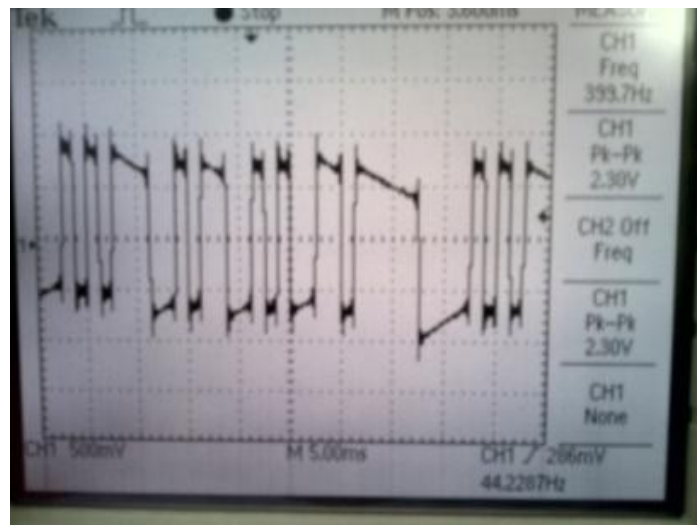


Gambar 14. Sinyal keluaran modulator AM

Selain dari *vectorscope*, sinyal keluaran juga didengar melalui *speaker*. Untuk pengujian sistem OFDM, tampilan sinyal masukan sistem pada osiloskop ditunjukkan pada Gambar 15 dan tampilan *bit* keluaran sistem pada osiloskop ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 15. Tampilan *bit* masukan menggunakan blok *Bernoulli Binary Generator*



Gambar 16. Tampilan *bit* keluaran menggunakan blok *Bernoulli Binary Generator*

Dari hasil pengujian, tampak *bit* yang diterima sama dengan *bit* yang dikirim. Selain itu dilakukan juga pengujian dengan mendengarkan suara pada *speaker*.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan dan pengujian menggunakan DSK TMS320C6713 dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- 1) DSP dapat berfungsi sebagai *software defined radio* karena dapat digunakan sebagai modem AM dan modem OFDM.
- 2) Implementasi sistem UWB hanya dapat dilakukan pada program Matlab 2007A yang di dalamnya telah ter-*install C6713 Support Block* dan *Link for CCS*.

REFERENSI

- [1]. Olivia, M Jaya. 2007. *Multiband Orthogonal Frequency Division Multiplexing* pada Teknologi *Ultra Wideband* [Tugas Akhir]. Jakarta: Fakultas Teknik Unika Atmajaya.
- [2]. Allen, B, et al. 2007. *Ultra-wideband Antennas and Propagation for Communications, Radar and Imaging*. West Sussex. England: John Wiley & Sons, Ltd.
- [3]. Batra, A, et al. 2004. *Multi-band OFDM physical layer proposal for IEEE 802.15 Task Group 3a*. USA: IEEE.
- [4]. Glover, IA dan Grant, PM. 2004. *Digital Communications*. 2nd ed. Essex, England: Pearson Education Limited.
- [5]. Hsu, HP. 2003. *Schaum's Outline of Theory and Problems of Analog and Digital Communications*. 2nd ed. Singapore: McGraw-Hill.
- [6]. Sklar, B. 2001. *Digital Communications Fundamentals and Applications*. 2nd ed. Upper Saddle River, New Jersey, USA: Prentice-Hall.
- [7]. Rev, B. 2003. *TMS320C6713 DSK Technical Reference*. Stafford, Texas, USA: Spectrum Digital Incorporate.