

# PERANCANGAN PRESET EQUALIZER PADA DSP STARTER KIT TMS320C6713 BERBASIS SIMULINK<sup>[TM]</sup>

Achmad Chusnul Khuluqi<sup>\*)</sup>, Achmad Hidayatno, Darjat

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl.Prof.Soedharto, SH, Tembalang, Semarang 50275

<sup>\*)</sup>Email : chusnulluqi@gmail.com

## Abstract

Saat ini pengolahan sinyal digital lebih diminati daripada secara analog. Salah satu terapan teknologi pengolahan sinyal digital yang paling sederhana adalah tapis digital. Tapis digital dapat diwujudkan dalam bentuk perangkat lunak atau perangkat keras. Tapis digital diwujudkan dalam bentuk perangkat keras menggunakan chip DSP (Digital Signal Processor) yang dapat diprogram sesuai keinginan pengguna. Dalam penelitian ini, tapis digunakan untuk merancang preset equalizer. Preset equalizer yang dibuat ada 4 yaitu flat, rock, bass dan opera. Masing-masing preset equalizer tersebut memiliki gain yang bervariasi. Perancangan preset equalizer ini dibuat dengan menggunakan software simulink dalam matlab. Simulink dapat terkoneksi pada papan DSK C6713 melalui software Code Composer Studio v3.1 sehingga dihasilkan berkas berekstensi .out. Berkas tersebut yang akan diunduh ke papan DSK C6713. Pengujian preset equalizer dilakukan dengan memberikan sinyal masukan (yang dihasilkan oleh function generator) pada port line in DSK berupa sinyal sinus. Pada port keluaran line out DSK, sinyal keluaran diamati menggunakan osiloskop digital dan dicatat nilai tegangannya. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah tapis pada preset equalizer berfungsi atau tidak, dan besarnya nilai tegangan sudah sesuai atau tidak dengan penambahan gain pada rancangan tersebut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua tapis bekerja dengan baik. Dan nilai tegangan yang diperoleh sudah sesuai dengan nilai gain pada rancangan preset equalizer. Tetapi sinyal hasil keluaran dari DSK C6713 mengalami pelemahan jika dibandingkan dengan sinyal masukan dari function generator. Hal ini merupakan hal yang wajar karena spesifikasi dari alat DSK itu sendiri.

*Keywords : Digital signal processing, Preset equalizer, Simulink, DSK C6713*

## Abstract

Nowadays, digital signal processing more attractive than the analog. One of the simplest adaptive digital signal processing technology is a digital filter. Digital filter can be implemented as software or hardware. Digital filter is implemented as hardware using programable DSP (Digital Signal Processor) chip. In this reasearch, that digital filter used for designing preset equalizer. There are 4 preset equalizer in this project such as flat, rock, bass, and opera. Each preset equalizer has variable gain. Designing preset equalizer is using Simulink software from matlab. Simulink can be connected in DSK C6713 board through Code composer Studio v3.1 software to produce the file extension. Outs. The file that will be downloaded to the C6713 DSK board. The testing of preset equalizer is done by giving input signal (created by function generator) to DSK's line in port. The output signal on DSK's output port is observed using Digital Oscilloscope and written its voltage value. This testing is done to get know are this filter in preset equalizer work well or not and the voltage value is suitable or not with the additional gain in design. Experiment's result show that all of the filter works well. And the voltage values that be obtained is suitable with gain values in preset equalizer design. But the output signal from DSK C6713 weakened when compared with the input signal from function generator. This is normal because of the specification of the DSK itself.

*Keywords : Digital signal processing, Preset equalizer, Simulink, DSK C6713*

## 1. Pendahuluan

Saat ini pengolahan sinyal digital (PSD) lebih diminati daripada pengolahan sinyal analog. Salah satu sarana yang dapat digunakan untuk pembelajaran PSD tersebut adalah DSP *starter kit* (DSK) TMS320C6713. Salah satu aplikasi yang dapat diterapkan adalah merancang *preset*

*equalizer*.

Kelebihan pemodelan menggunakan Simulink adalah tidak perlu dituliskan senarai program seperti halnya bahasa pemrograman yang lain. Dengan bantuan perangkat lunak *Code Composer Studio* v3.1, model simulink dapat dibangun dalam bahasa C secara otomatis

lalu diunduh ke papan DSK C6713. DSK ini sudah dapat melakukan berbagai aplikasi yang bersifat waktu-nyata.

Tujuan dari Penelitian ini adalah merancang *preset equalizer* menggunakan Simulink dan mengimplementasikannya ke dalam DSP *starter kit* TMS320C6713 dengan bantuan perangkat lunak *Code Composer Studio v3.1*.

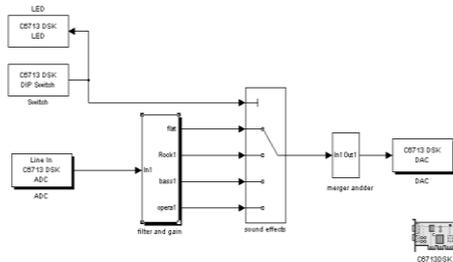
Pembatasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. DSP *starter kit* yang digunakan adalah tipe TMS320C6713.
2. Menekankan pada pembuatan desain algoritma program menggunakan Simulink Matlab 7.4 (2007a) yang mendukung *real-time workshop*.
3. Tidak membahas secara mendalam kode-kode yang dibangun oleh CCS dan proses yang dilakukan CCS secara rinci.
4. *Preset equalizer* yang diterapkan adalah *Flat*, *Rock*, *Bass* dan *Opera*.
5. Menggunakan filter metode *Infinite Impuls Response (IIR) elliptic*.
6. Alat ukur yang digunakan untuk mengamati sinyal keluaran adalah osiloskop digital OWON.

## 2. Perancangan

### 2.1 Rancangan *Preset Equalizer*

Rancangan program keseluruhan dalam Simulink dapat dilihat pada Gambar 1.

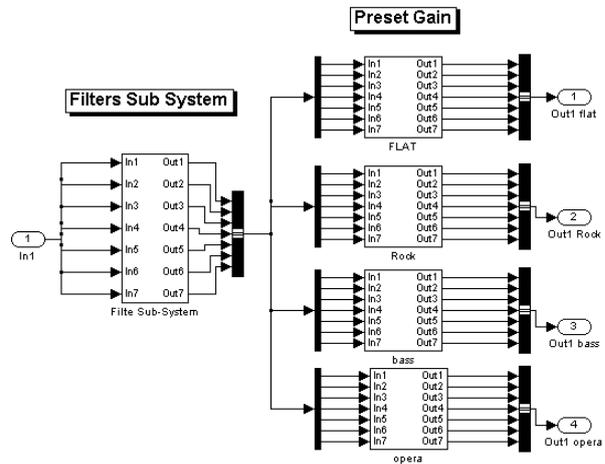


Gambar 1. Rancangan program keseluruhan

Sinyal suara diterima oleh ADC DSK C6713 untuk diubah menjadi data digital bertipe integer 16 bit. Sinyal informasi tersebut dihubungkan ke semua *subsystem* efek yang ada. Untuk memilih efek dilakukan dengan menekan DIP *switch* pada papan DSK dimana *switch* 0 sebagai LSB dan *switch* 3 sebagai MSB. Blok *switch* digunakan untuk melewati *subsystem* efek yang terpilih. *Multi-port switch* digunakan sebagai *port* dari keempat keluaran dan meneruskan aliran data dari keluaran salah satu *subsystem* efek. Data tersebut menjadi masukan DAC DSK C6713 yang kemudian dikeluarkan menjadi sinyal suara melalui pelantang suara.

### 2.2 Blok *Filter and Gain*

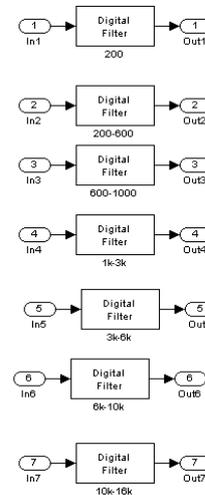
Blok *filter and gain* merupakan blok yang berisi rancangan filter-filter yang digunakan untuk meloloskan sinyal suara masukan dan juga *gain-gain* dalam pengaturan *preset equalizer*. Dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok *Filter and Gain*

#### 2.2.1 Blok *Sub-system Filter*

Dalam pembuatan *preset equalizer* ini dirancang berbagai macam filter pada setiap pita frekuensi seperti pada Gambar 3.



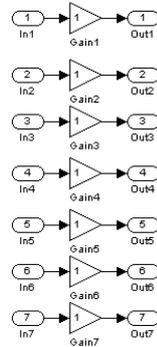
Gambar 3. Blok *Sub-system filter*

Dari gambar blok di atas dapat dilihat bahwa terdapat 7 macam *digital filter*, yaitu :

1. Frekuensi < 200 Hz
2. Frekuensi 200-600 Hz
3. Frekuensi 600-1000 Hz
4. Frekuensi 1 – 3 kHz
5. Frekuensi 3 – 6 kHz
6. Frekuensi 6 – 10 kHz
7. Frekuensi 10 – 16 kHz

### 2.2.2 Preset Equalizer Flat

Tampilan model *preset equalizer flat* dalam Simulink dapat dilihat pada Gambar 4.

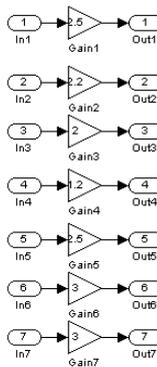


Gambar 4. Rancangan *preset equalizer flat*

Dari gambar blok di atas terlihat bahwa nilai gain dari masing-masing pita frekuensi bernilai. Disini berarti *preset equalizer flat* bersifat datar.

### 2.2.3 Preset Equalizer Rock

Tampilan model *preset equalizer rock* dalam Simulink dapat dilihat pada Gambar 5.

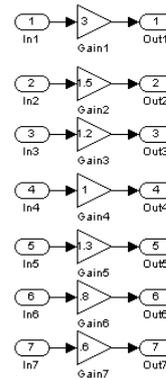


Gambar 5. Rancangan *preset equalizer rock*

Dari gambar blok di atas terlihat bahwa nilai gain dari masing-masing pita frekuensi berbeda-beda. Gain pada frekuensi rendah dan frekuensi tinggi memiliki nilai yang lebih tinggi.

### 2.2.4 Preset Equalizer Bass

Tampilan model *preset equalizer bass* dalam Simulink dapat dilihat pada Gambar 6.

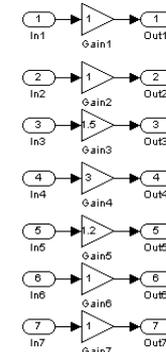


Gambar 6. Rancangan *preset equalizer bass*

Dari gambar blok di atas terlihat bahwa nilai gain dari masing-masing pita frekuensi berbeda-beda. Gain pada frekuensi terendah memiliki nilai yang paling tinggi. Hal ini membuat adanya efek bass pada suara musik yang dihasilkan.

### 2.2.5 Preset Equalizer Opera

Tampilan model *preset equalizer opera* dalam Simulink dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Rancangan *preset equalizer opera*

Dari gambar blok di atas terlihat bahwa nilai gain dari masing-masing pita frekuensi berbeda-beda. Gain pada frekuensi tengah memiliki nilai yang paling tinggi.

## 2.2 Langkah-Langkah Program

## Pengoperasian



Gambar 8. Langkah-langkah pengoperasian program

Perancangan program dibuat di Simulink dengan *toolbox-toolbox* yang tersedia hingga terbentuk model seperti dijelaskan pada subbab 3.1.. Setelah model dijalankan dan diuji secara mandiri dalam Simulink tidak muncul

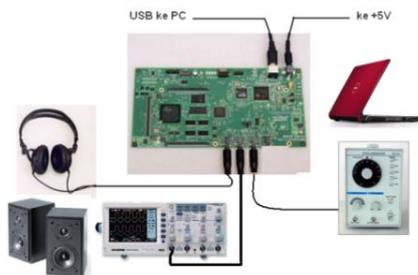
kesalahan, informasi dari model tersebut oleh piranti Simulink yang terdiri dari *Real Time Workshop*, *Embedded Target for TI C6000 DSP*, dan *Link for CCS* dikirim ke perangkat lunak *Code Composer Studio* (CCS). Informasi dari model Simulink diubah ke dalam bahasa tingkat menengah C++ oleh CCS tersebut. Selain itu, CCS akan mengarahkan program ke tipe DSP yang ditentukan.

Sebelum program pemodelan tersebut di unduh ke DSK, perlu dilakukan koneksi terlebih dahulu antara DSK dan komputer. DSK diberi catu daya 5V dan dihubungkan ke komputer dengan antarmuka USB.

Setelah itu langkah selanjutnya adalah membuka program Setup CCStudio v3.1 dan menambahkan papan C6713 DSK ke sistem. Diagnosis keadaan DSK dilakukan dengan program 6713DSK *Diagnostics Utility* v3.1 untuk mengecek kondisi USB, DSP, memori dan sebagainya. Setelah semua terlewati model Simulink yang telah dibuat dapat diunduh ke papan DSK dengan klik tombol **Incremental build** pada Simulink.

*Incremental Build* yang dilakukan oleh Matlab akan memanggil program CCS 3.1 yang sebelumnya sudah terinisialisasi di dalam komputer. Proses selanjutnya dilakukan oleh perangkat lunak CCS 3.1 hingga dihasilkan berkas dengan ekstensi “.out” . Setelah program berhasil dimuat ke DSK dapat dilakukan pengujian.

### 3. Pengujian dan Analisis



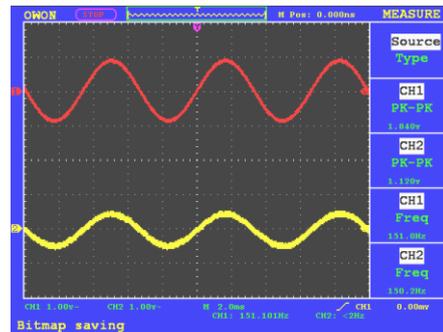
Gambar 9. Alur pelaksanaan pengujian

Pengujian dilakukan dengan menguji filter-filter yang dibuat untuk pembentukan preset equalizer.

Dari ketujuh filter tersebut diambil satu sampel frekuensi untuk pengujian. Sinyal masukan dihasilkan dari sebuah *Function Generator* analog. Dan setelah itu diamati hasil keluaran dari filter tersebut apakah sudah sesuai dengan gain yang diberikan pada setiap filter di masing – masing jenis *preset equalizer* yang ada.

### 3.1 Pengujian Preset Equalizer Flat

Pengujian *preset equalizer flat* dengan mengamati dan menganalisa sinyal hasil keluaran dari *Function Generator* yang telah difilter oleh DSK TMS 6713. Salah satu gambar hasil keluarannya dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Sinyal keluaran *preset equalizer flat* filter <200 Hz

Dari gambar di atas terlihat bahwa frekuensi yang diambil sampel adalah frekuensi 151 Hz. Sinyal yang berwarna merah (CH1) adalah masukan dari *function generator* dengan amplitudo tegangan 1,84 V.

Sedangkan yang berwarna kuning (CH2) adalah keluaran dari DSK TMS 6713 dengan amplitudo tegangan 1,12 V. Hal ini dikarenakan adanya pelemahan pada DSK tersebut sehingga sinyal keluarannya menjadi lebih kecil nilai tegangannya. Data dari *preset equalizer flat* ini dijadikan acuan untuk *preset equalizer* lainnya karena gain bernilai 1.

Untuk mempermudah pengamatan maka dibuat tabel sebagai berikut :

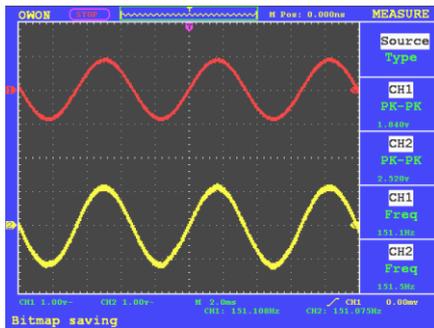
Tabel 4.1 Data keluaran filter *Preset Equalizer Flat*

Filter (Hz)	Frekuensi (Hz)	Nilai Gain	Amplitudo (V)
<200	151	1	1.12
200 – 600	400,3	1	1.12
600 – 1000	887,3	1	760 m
1 k – 3 k	2,014 k	1	920 m
3 k – 6 k	4,517 k	1	800 m
6 k – 10 k	8,23 k	1	920 m
10 k – 16 k	12,23 k	1	960 m

Nilai gain pada *preset equalizer flat* semua bernilai 1 pada masing-masing pita frekuensi. Tetapi pada amplitudo tegangan yang muncul pada osiloskop bervariasi dari 1,12 V, 760 mV, 920 mV, 800 mV, 920 mV, 960 mV. Hal ini disebabkan karena pelemahan yang terjadi pada keluaran DSK TMS 6713. Dan nilai pelemahan sinyal pada masing-masing frekuensi masukan berbeda-beda.

### 3.2 Pengujian Preset Equalizer Rock

Pengujian *preset equalizer rock* dengan mengamati dan menganalisa sinyal hasil keluaran dari *Function Generator* yang telah difilter oleh DSK TMS 6713. Salah satu gambar hasil keluarannya dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Sinyal keluaran *preset equalizer rock* filter <200 Hz

Dari gambar di atas terlihat bahwa frekuensi yang diambil sampel adalah frekuensi 151 Hz. Sinyal yang berwarna merah (CH1) adalah masukan dari *function generator* dengan amplitudo tegangan 1,84 V.

Sedangkan yang berwarna kuning (CH2) adalah keluaran dari DSK TMS 6713 dengan amplitudo tegangan 2,52 V. Nilai tersebut didapat karena nilai gain pada *preset equalizer rock* untuk filter <200 Hz yang bernilai 2,5. Nilai gain tersebut dikalikan dengan nilai tegangan dari *preset equalizer flat* untuk filter < 200 Hz yaitu 1,12 V. Maka didapat hasil nilai tegangan 2,52 V.

Untuk mempermudah pengamatan maka dibuat tabel sebagai berikut :

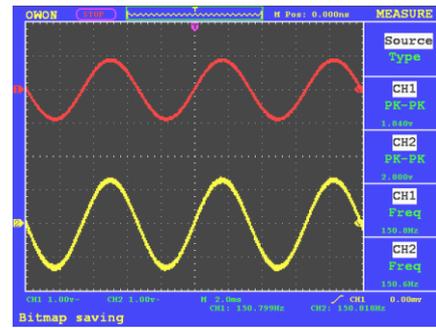
Tabel 4.2 Data keluaran filter *Preset Equalizer Rock*

Filter (Hz)	Frekuensi (Hz)	Nilai Gain	Equalizer Flat (V)	Amplitudo (V)
<200	151	2,5	1,12	2,52
200 – 600	400,3	2,2	1,12	2,2
600 – 1000	887,3	2	760 m	1,4
1 k – 3 k	2,014 k	1,2	920 m	1,04
3 k – 6 k	4,517 k	2	800 m	1,52
6 k – 10 k	8,23 k	3	920 m	2,48
10 k – 16 k	12,23 k	3	960 m	2,56

Nilai gain pada *preset equalizer rock* berbeda-beda pada masing-masing pita frekuensi. Gain yang dinaikkan adalah yang berfrekuensi tinggi dan rendah. Pada amplitudo tegangan *preset equalizer rock* jika dibandingkan dengan nilai amplitudo tegangan *preset equalizer flat* sudah sesuai dengan perkaliannya dengan gain itu sendiri.

### 3.3 Pengujian Preset Equalizer Bass

Pengujian *preset equalizer bass* dengan mengamati dan menganalisa sinyal hasil keluaran dari *Function Generator* yang telah difilter oleh DSK TMS 6713. Salah satu gambar hasil keluarannya dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Sinyal keluaran *preset equalizer bass* filter <200 Hz

Dari gambar di atas terlihat bahwa frekuensi yang diambil sampel adalah frekuensi 151 Hz. Sinyal yang berwarna merah (CH1) adalah masukan dari *function generator* dengan amplitudo tegangan 1,84 V.

Sedangkan yang berwarna kuning (CH2) adalah keluaran dari DSK TMS 6713 dengan amplitudo tegangan 2,8 V. Nilai tersebut didapat karena nilai gain pada *preset equalizer bass* untuk filter <200 Hz yang bernilai 3. Nilai gain tersebut dikalikan dengan nilai tegangan dari *preset equalizer flat* untuk filter < 200 Hz yaitu 1,12 V. Maka didapat hasil nilai tegangan 2,8 V.

Untuk mempermudah pengamatan maka dibuat tabel sebagai berikut :

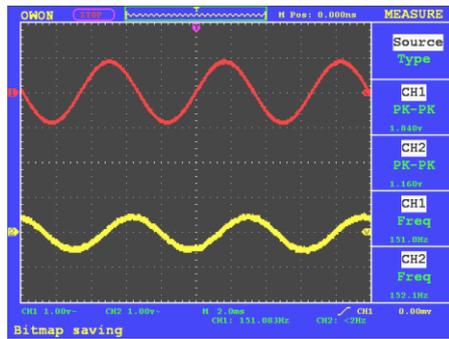
Tabel 4.3 Data keluaran filter *Preset Equalizer Bass*

Filter (Hz)	Frekuensi (Hz)	Nilai Gain	Equalizer Flat (V)	Amplitudo (V)
<200	151	3	1,12	2,8
200 – 600	400,3	1,5	1,12	1,8
600 – 1000	887,3	1,2	760 m	920 m
1 k – 3 k	2,014 k	1	920 m	920 m
3 k – 6 k	4,517 k	1,3	800 m	1,08
6 k – 10 k	8,23 k	0,8	920 m	720 m
10 k – 16 k	12,23 k	0,6	960 m	680 m

Nilai gain pada *preset equalizer bass* berbeda-beda pada masing-masing pita frekuensi. Gain yang dinaikkan adalah yang berfrekuensi terendah. Pada amplitudo tegangan *preset equalizer bass* jika dibandingkan dengan nilai amplitudo tegangan *preset equalizer flat* sudah sesuai dengan perkaliannya dengan gain itu sendiri.

### 3.4 Pengujian Preset Equalizer Opera

Pengujian *preset equalizer opera* dengan mengamati dan menganalisa sinyal hasil keluaran dari *Function Generator* yang telah difilter oleh DSK TMS 6713. Salah satu gambar hasil keluarannya dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Sinyal keluaran *preset equalizer opera* filter <200 Hz

Dari gambar di atas terlihat bahwa frekuensi yang diambil sampel adalah frekuensi 151 Hz. Sinyal yang berwarna merah (CH1) adalah masukan dari *function generator* dengan amplitudo tegangan 1,84 V.

Sedangkan yang berwarna kuning (CH2) adalah keluaran dari DSK TMS 6713 dengan amplitudo tegangan 1,16 V. Nilai tersebut didapat karena nilai gain pada *preset equalizer opera* untuk filter <200 Hz yang bernilai 1. Nilai gain tersebut dikalikan dengan nilai tegangan dari *preset equalizer flat* untuk filter < 200 Hz yaitu 1,12 V. Maka didapat hasil nilai tegangan 1,16 V.

Untuk mempermudah pengamatan maka dibuat tabel sebagai berikut :

Tabel 4.4 Data keluaran filter *Preset Equalizer Opera*

Filter (Hz)	Frekuensi (Hz)	Nilai Gain	Equalizer Flat (V)	Amplitudo (V)
<200	151	1	1,12	1,16
200 – 600	400,3	1	1,12	1,08
600 – 1000	887,3	1,5	760 m	1,16
1 k – 3 k	2,014 k	3	920 m	2,52
3 k – 6 k	4,517 k	1,2	800 m	800 m
6 k – 10 k	8,23 k	1	920 m	960 m
10 k – 16 k	12,23 k	1	960 m	1

Nilai gain pada *preset equalizer opera* berbeda-beda pada masing-masing pita frekuensi. Gain yang dinaikkan adalah frekuensi tengah. Pada amplitudo tegangan *preset equalizer opera* jika dibandingkan dengan nilai amplitudo tegangan *preset equalizer flat* sudah sesuai dengan perkaliannya dengan gain itu sendiri.

## 4. Penutup

### 4.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian dan pembahasan adalah sebagai berikut :

1. *Preset equalizer* ini dibuat dengan tujuh filter dengan pita frekuensi yang berbeda-beda dan filter tersebut diberi variasi gain.
2. Pada *preset equalizer* tipe *flat*, nilai gain dari masing-masing filter bernilai sama. Suara yang dihasilkan standar atau biasa saja.
3. Pada *preset equalizer* tipe *rock*, nilai gain dari masing-masing filter berbeda-beda. Nilai gain tinggi ada pada frekuensi rendah dan frekuensi tinggi. Menghasilkan suara yang keras yang sesuai dengan musik *rock*.
4. Pada *preset equalizer* tipe *bass*, nilai gain dari masing-masing filter berbeda-beda. Nilai gain tertinggi ada pada frekuensi rendah. Suara yang dihasilkan terdengar suara bass yang lebih jelas.
5. Pada *preset equalizer* tipe *opera*, nilai gain dari masing-masing filter berbeda-beda. Nilai gain tertinggi ada pada *range* frekuensi tengah. Suara yang dihasilkan memperjelas suara vokal.
6. Pada pengujian masing-masing filter dapat dilihat perbedaan dari perubahan kenaikan amplitudo tegangan keluaran yang sesuai dengan gain dari masing-masing *preset equalizer*.
7. Dari keseluruhan tipe *preset equalizer* telah terdengar perbedaan suaranya dan hasil pengujian filter sesuai dengan nilai gain dari masing-masing *preset equalizer*.

### 4.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan sehubungan dengan pelaksanaan penelitian ini adalah :

1. *DSP starter kit* TMS320C6713 hendaknya dapat dimanfaatkan untuk aplikasi lainnya seperti modulasi digital, pengolahan citra dan pengolahan audio lainnya.
2. Penelitian lebih lanjut mengenai implementasi pengolahan sinyal digital dengan DSK C6713 menggunakan Simulink sebagai sarana perancangan program sangat diharapkan.
3. Pembuatan model penyesuaian suara music atau audio dalam suatu ruangan tertentu juga dapat dilakukan menggunakan *DSP starter kit* TMS320C6713 ini.
4. *DSP starter kit* TMS320C6713 ini sebaiknya dipakai sebagai modul praktikum di Teknik Elektro UNDIP karena sangat bermanfaat.

## Referensi

- [1] Chassaing, R. and D. Reay, *Digital Signal Processing and Applications with The TMS320C6713 and TMS320C6416 DSK Second Edition*, John Wiley and Sons, New York, 2008.
- [2] Chassaing, Rulph, *DSP Applications Using C and the TMS320Cx DSK*, John Wiley and Sons, New York, 2002.
- [3] Kundur, D., *ECEN 448: Real-time DSP Lab 7*, Texas A&M University, Texas, 2009.
- [4] Murmu, M., *Application of Digital Signal Processing on TMS320C6713 DSK*, Department of Electronics and Communication Engineering National Institute Of Technology, Rourkela Orissa, 2008.
- [5] Brown, D. Richard, *Digital Signal Processing and Applications with The TMS320C6713 and TMS320C6416 DSK*,  
[www.spinlab.wpi.edu/courses/dspworkshop/dspworkshop\\_part1\\_2006.pdf](http://www.spinlab.wpi.edu/courses/dspworkshop/dspworkshop_part1_2006.pdf), Juli 2010
- [6] Kuc, Roman, *Introduction to Digital Signal Processing*, Mc Graw-Hill, USA, 1988.
- [7] Erwin, Gidion, dkk., *Pewujudan Tapis Digital FIR Pilih Frekuensi Menggunakan DSK TMS320C6713*, Universitas Diponegoro, Semarang, 2011
- [8] Rudyanto, Yusuf, dkk., *Implementasi Real Time Audio Effect Menggunakan DSP Starter Kit TMS320C6713 Berbasis Simulink*, Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.
- [9] Tretter, Steven A., *Communication System Design Using DSP Algorithms with Laboratory Experiments for the TMS320C6713™ DSK*, Springer, USA, 2008.
- [10] ---, *Code Composer Studio IDE Getting Started Guide*, Texas Instrument, Mei 2005.
- [11] ---, *TMS320C6000 Code Composer Studio Tutorial*, Texas Instrument, Februari 2000.
- [12] ---, *TMS320C6713 DSK Technical Reference*, Texas Instruments, Dallas, 2003.
- [13] ---, *TMS320C6713, TMS320C6713B Floating-Point Digital Signal Processors*, Texas Instrument, 2005.
- [14] ---, *Real-Time Workshop For Use with SIMULINK*, The MathWorks, Inc., 1999.
- [15] ---, *Pengertian Equalizer*,  
<http://musikskill.blogspot.com/2011/01/sistem-equalizer.html>