

Makalah Seminar Tugas Akhir

IMPLEMENTASI *REAL TIME AUDIO EFFECT* MENGGUNAKAN DSP STARTER KIT TMS320C6713 BERBASIS SIMULINK

Yusup Rudyanto^[1], Achmad Hidayatno^[2], R. Rizal Isnanto^[2]
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl.Prof.Soedharto, SH, Tembalang, Semarang 50275
Email : yus_elk89@yahoo.com

Abstract - The devices C6713 DSP starter kit is available in the Laboratory of Electronics and Microprocessors, but has not been used optimally. Experiments using the device has been done with C programming language. Therefore, research on implementation using Matlab Simulink software is needed to optimize the use of the tool. Application are applied is a digital audio effects.

Program design begins with making models in Simulink of each effect, then independently simulated and take a picture signal. Then the program in C language is built according to the Simulink model by CCS so that resulting file with extension .out. This file is downloaded to the C6713 DSK board. Testing is done by listening to sound effects through a loudspeaker and observe the signal through an oscilloscope. The devices are required such as microphone, loudspeaker, digital oscilloscope, Simulink, and Code Composer Studio.

Simulation with Matlab by stand-alone describes the ideal conditions. In the echo effect, the greater buffer cause distance between the loops are also getting bigger, while the value of gain can be adjusted up or down. On the reverb effect, the greater buffer will be getting effect closer to echo while gain effect on the number of loops that occur. In the chorus effect, the greater value of vector LFO cause the double-sound effect heard more obvious. Downsampling can generate effect like Alvin's voice on Simulink simulation. The frequency increased from 39.836 Hz to 310.27 Hz and the sound velocity increased from 1.614 seconds to 0.806 seconds. However, in testing with DSK, the results have not been as expected because the downsampling process can not be applied in real-time systems. Therefore, research other methods is needed such as changing the pitch of input signal.

Keywords : C6713 DSP starter kit, simulink, audio effects

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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 beberapa macam efek audio. Untuk itu perlu dilakukan penelitian mengenai implementasi efek audio secara waktu-nyata menggunakan DSP *starter kit* C6713 berbasis Simulink Matlab.

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.

1.2 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah merancang beberapa efek audio menggunakan Simulink dan mengimplementasikannya ke dalam DSP *starter kit* TMS320C6713 dengan bantuan perangkat lunak *Code Composer Studio* v3.1.

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah pada penulisan tugas akhir 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. Efek audio yang diterapkan adalah *Echo*, *Reverb*, *Chorus* dan *Downsampling*.
5. Frekuensi cuplik ditetapkan 8 kHz dan kedalaman 16 bit.
6. Tapis lolos rendah (LPF) dalam proses desimasi menggunakan metode FIR *equiripple* dengan frekuensi *cutoff* 2 kHz dan order minimum.
7. Masukan suara dalam pengujian adalah ucapan manusia.
8. Alat ukur yang digunakan untuk mengamati sinyal keluaran adalah osiloskop digital GW Instek GDS – 2204, perangkat lunak Matlab dan Cool Edit Pro v2.1.

1 Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro

2 Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro

II. LANDASAN TEORI

2.1 Efek Audio

Pada dasarnya, prinsip kerja dari efek audio adalah memanipulasi sinyal masukan agar menjadi suatu sinyal keluaran seperti yang diinginkan. Adapun jenis efek yang akan diimplementasikan ke DSK C6713 adalah *echo*, *reverb*, *chorus*, dan *downsampling*.

Echo adalah pantulan bunyi yang datang ke pendengar pada selang waktu tertentu setelah bunyi asli. Pada umumnya, *echo* memiliki keterlambatan waktu yang relatif besar kurang lebih 300 – 500 ms, sehingga bunyi asli dan bunyi tunda masih dapat dibedakan oleh telinga manusia.

Reverb merupakan hasil dari banyak pantulan suara yang terjadi di dalam suatu ruangan yang berasal dari beberapa sumber suara misalnya pengeras suara dari alat musik. Efek *reverb* terdiri dari kumpulan *echo* dengan keterlambatan waktu yang sangat kecil. Manfaat efek *reverb* antara lain memberi efek suasana (*ambience*) dalam proses *mixing* audio, untuk pemosisian, dan membuat suara yang kasar terdengar lebih lembut.

Efek *chorus* membuat masukan suara tunggal terdengar seperti banyak suara yang dibunyikan bersama-sama. Biasanya waktu tunda untuk efek *chorus* antara 20-30 ms. Efek *chorus* dapat ditingkatkan dengan menambahkan ukuran tunda yang berbeda-beda untuk meningkatkan jumlah suara yang bercampur.

Downsampling adalah proses pengurangan laju cuplik dari sebuah sinyal. Untuk itu, harus dipastikan bahwa kriteria Nyquist dipenuhi dimana f_m adalah $2f_s$. Jika syarat tersebut tidak terpenuhi, maka sinyal digital yang dihasilkan akan mengalami *aliasing*. Untuk itu diperlukan sebuah tapis pelewat rendah (LPF) dengan frekuensi *cutoff* sebesar $f_s/2M$, dimana M adalah faktor *downsampling*. Keseluruhan proses tersebut disebut *decimation* / desimasi.

Hasil dari proses desimasi yang telah ada misalnya suara Alvin dalam film “Alvin and The Chipmunks”. Untuk membuat suara seperti Alvin dapat dilakukan dengan menaikkan frekuensi dan kecepatan dari suara asli.

2.2 DSK TMS320C6713

Digital Signal Processor Starter Kit (DSK) TMS320C6713 adalah salah satu modul dasar untuk pengembangan dan evaluasi terapan pengolahan sinyal digital waktu-nyata buatan Texas Instruments. Secara umum, fitur-fitur utama DSK TMS320C6713 meliputi :

- DSP TMS320C6713 yang bekerja pada kecepatan 225 MHz (siklus kerja 4,4 ns).

TMS320C6713 memiliki kinerja 1350 MFLOPS (*Million Floating point Operations per Second*), dan 1800 MIPS (*Million Instructions per Second*).

- AIC23 *Stereo Codec* mengatur ADC maupun DAC bagi sinyal yang masuk ke *board*.
- 16 Mb SDRAM sebagai memory utama.
- Flash* memori *non-volatile* berukuran 512 kbytes untuk *booting* dan penyimpanan permanen.
- 4 LED dan 4 DIP *Switches*
- CPLD (*Complex Programmable Logic Device*), berisi register-register yang berfungsi untuk mengatur fitur-fitur yang ada pada *board*.
- Catu daya tunggal (+5 V).
- Antarmuka USB.

2.3 Code Composer Studio (CCS) v.3.1

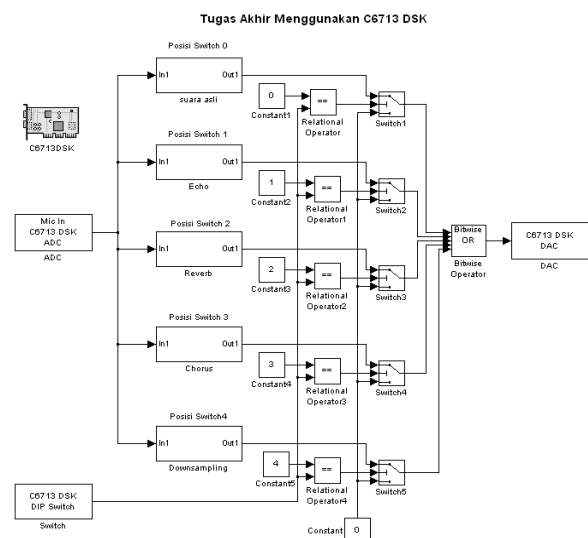
Code Composer Studio (CCS) versi 3.1 merupakan perangkat lunak bawaan buatan Texas Instruments, yang menyediakan lingkungan pengembangan terpadu (*Integrated Development Environment-IDE*) untuk mempermudah pengembangan terapan pada DSK TMS320C6713.

Di dalam CCS terdapat *Compiler C*, *Assembler*, dan *Linker*. Ketiga bagian ini saling bekerja sama untuk menghasilkan sandi keluaran (berkas keluaran) berke ekstensi .out yang dapat diproses oleh DSP.

III. RANCANG BANGUN EFEK AUDIO DENGAN SIMULINK

3.1 Pemodelan Efek Audio

Rancangan program keseluruhan dalam Simulink dapat dilihat pada Gambar 1.



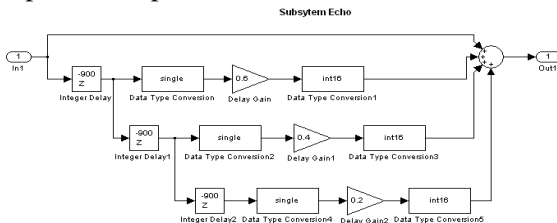
Gambar 1. Rancangan program keseluruhan

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. Masukan dari DIP *switch* tersebut dibandingkan dengan konstanta dari 0 hingga 4 oleh operator relasi “sama dengan”. Angka yang sama keluar dengan logika 1 sedangkan yang lain 0. Blok *switch* digunakan untuk melewati *subsystem* efek yang terpilih. Operasi logika OR digunakan sebagai multiplexer dari kelima keluaran *switch* 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.

3.1.1 Subsystem Efek Echo

Tampilan model efek *echo* dalam Simulink dapat dilihat pada Gambar 2.



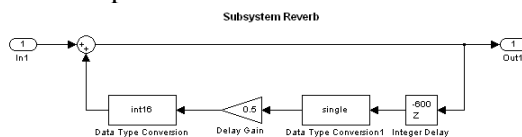
Gambar 2. Rancangan *echo* di Simulink

Blok *Integer Delay* berfungsi untuk menunda masukan dengan periode N cuplik. Waktu tunda dirumuskan :

$$\text{Waktu tunda (detik)} = N / \text{frekuensi cuplik (Hz)}$$

3.1.2 Subsystem Efek Reverb

Gambar model efek *reverb* dalam Simulink dapat dilihat pada Gambar 3.

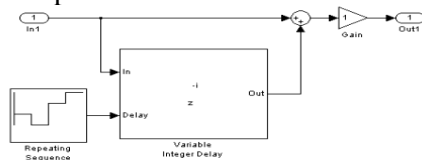


Gambar 3. Rancangan *reverb* di Simulink

Secara umum komponen dari rancangan efek *reverb* di Simulink sama dengan efek *echo*, hanya saja pemodelan dan penempatannya yang berbeda.

3.1.3 Subsystem Efek Chorus

Gambar model efek *chorus* dalam Simulink dapat dilihat pada Gambar 4.



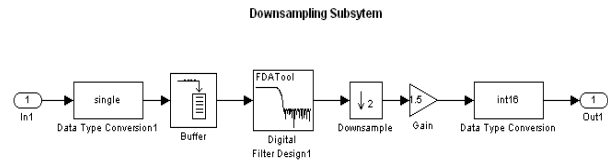
Gambar 4. Rancangan *chorus* di simulink

Blok *Repeating sequence stair* berfungsi untuk mengeluarkan sederetan cuplikan waktu-diskret dalam sebuah vektor, dimana deretan cuplikan tersebut akan berulang terus-menerus.

Blok *Variable Integer Delay* berfungsi untuk menunda masukan waktu-diskret oleh bilangan integer keluaran dari blok “*Repeating sequence stair*”.

3.1.4 Subsystem Efek Downsampling

Tampilan model efek *downsampling* dalam Simulink dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rancangan desimasi di Simulink

Blok *Digital Filter Design* digunakan untuk merancang tapis lolos rendah yang berfungsi sebagai *anti-aliasing* pada proses desimasi. Metode desain filter yang digunakan adalah FIR Equiripple dengan frekuensi *cutoff* ditetapkan 2 kHz, sehingga tepi pita frekuensi yang dilewatkan adalah 2000 Hz dan frekuensi pita-henti pada 2200 Hz. Dengan menggunakan minimum order didapat untuk desain filter ini besarnya order tapis adalah 68.

Blok *Downsample* digunakan untuk mencuplik kembali sinyal masukan pada laju cuplik yang lebih rendah dengan menghilangkan beberapa cuplikan tergantung besarnya faktor *downsample*. Dalam perancangan program ini faktor *downsample* ditetapkan 2 dan *sample offset* 0.

3.2 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 efek 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.

Proses pengujian dapat dilakukan dengan menghubungkan mikrofon ke konektor Mic In pada papan DSK C6173 dan pengeras suara ke konektor *headphone*. Osiloskop digital digunakan untuk mengamati sinyal dalam kawasan waktu. Probe dari osiloskop dihubungkan ke konektor Line Out pada DSK C6713. Untuk memilih efek mana yang diinginkan dapat mengatur DIP *Switch* DSK sesuai rancangan program. Hasil keluaran suara yang telah diberi efek dapat secara waktu-nyata didengarkan dan diamati.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dilakukan dengan 2 macam cara yaitu mendengarkan suara hasil pemberian efek dan mengamati perbandingan sinyal masukan suara asli dengan sinyal hasil pemberian efek.

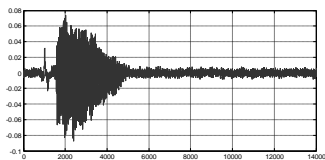
Pengambilan gambar sinyal asli dan sinyal berefek akan dilakukan dengan 2 cara yaitu secara simulasi menggunakan Simulink tanpa alat dan pengamatan sinyal keluaran dari DSK C6713 dengan osiloskop.

4.1 Analisis Hasil Simulasi Simulink

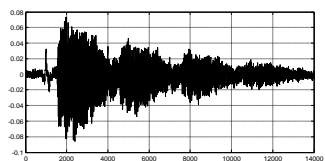
Simulasi dengan Simulink berdiri sendiri atau tanpa alat. Model yang digunakan mengambil dari *subsystem* efek-efek yang telah dibuat dalam rancangan program keseluruhan.

4.1.1 Pengujian Efek Echo

Hasil pengamatan sinyal efek *echo* dalam Simulink adalah sebagai berikut.



Gambar 6. Sinyal masukan asli *echo*



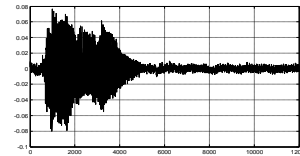
Gambar 7. Sinyal hasil efek *echo*

Sinyal masukan suara berbunyi “saya”, dan Gambar 7 menunjukkan hasil efek *echo* dengan perulangan 3 kali dan pelemahan masing-masing

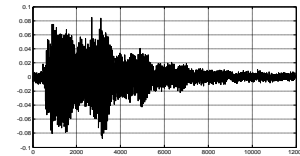
perulangan adalah 0.6 , 0.4 dan 0.2. Besarnya tunda (*buffer*) masing-masing perulangan adalah 3000 cuplik. Jika frekuensi cuplik 8 kHz, maka waktu tunda didapat 375 ms. Dapat dilihat bahwa sinyal setelah diberi efek *echo* mengandung informasi lebih panjang yaitu pengulangannya.

4.1.2 Pengujian Efek Reverb

Hasil pengamatan sinyal efek *reverb* dalam Simulink adalah sebagai berikut.



Gambar 8. Sinyal masukan asli *reverb*

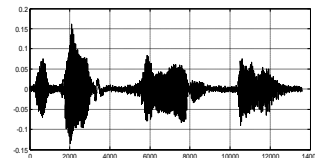


Gambar 9. Sinyal hasil efek *reverb*

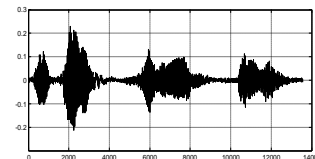
Suara masukan berbunyi “saya” dan efek *reverb* dirancang dengan tunda sebesar 1800 cuplik dan penguatan umpan balik 0,5. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa efek *reverb* menghasilkan perulangan dari suara masukan berkali-kali tergantung dari besarnya tunda dan penguatan yang ditentukan.

4.1.3 Pengujian Efek Chorus

Hasil pengamatan sinyal efek *chorus* dalam Simulink adalah sebagai berikut.



Gambar 10. Sinyal masukan asli *chorus*



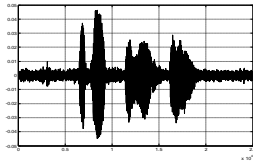
Gambar 11. Sinyal hasil efek *chorus*

Sinyal masukan efek *chorus* berbunyi “tugas akhir saya” dan efek dirancang dengan menetapkan masukan variasi tunda berulang adalah [200 190 185 190 200].

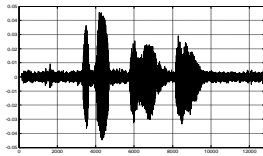
Pada gambar sinyal hasil efek *chorus* terlihat bahwa setiap suku kata dari suara masukan terpecah dengan jeda yang sangat kecil dan terjadi peningkatan amplitude.

4.1.4 Pengujian Efek Downsampling

Hasil pengamatan sinyal efek *downsampling* dalam Simulink adalah sebagai berikut.



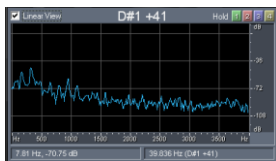
Gambar 12. Sinyal masukan asli *downsampling*



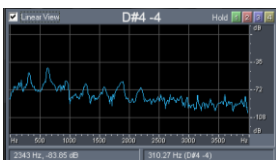
Gambar 13. Sinyal hasil efek *downsampling*

Sinyal suara masukan suara berbunyi “tugas akhir saya”. Perbedaan kedua sinyal di atas yang tampak jelas adalah ukuran vektor baris kedua sinyal tersebut. Hal itu terjadi karena proses *downsampling* mengurangi laju cuplik tetapi informasi suara masukan tidak berubah. Akibat penurunan laju cuplik tersebut, jika diamati suara hasil efek *downsampling* tersebut melalui pelantang suara, terdengar suara dengan frekuensi dan kecepatan meningkat.

Untuk mengamati sinyal dalam kawasan frekuensi dilakukan analisis menggunakan perangkat lunak Cool Edit Pro v2.1 dan didapat gambar sebagai berikut.



Gambar 14. Masukan analisis frekuensi *downsampling*

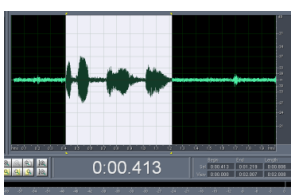


Gambar 15. Hasil analisis frekuensi *downsampling*

Dari pengamatan hasil analisis frekuensi terlihat bahwa terjadi kenaikan frekuensi setelah dilakukan *downsampling* yaitu dari semula 39,836 Hz menjadi 310,27 Hz.



Gambar 16. Masukan analisis waktu *downsampling*



Gambar 17. Masukan analisis waktu *downsampling*

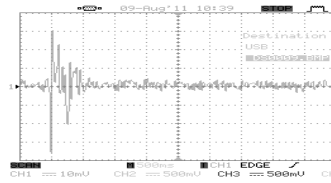
Suara masukan dimulai pada detik ke 795 ms dan berlangsung selama 1,614 detik, sedangkan suara hasil *downsampling* dimulai saat 413 ms dan berlangsung selama 0,806 detik. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa proses *downsampling* mengakibatkan kecepatan suara masukan meningkat. Hal itu dikarenakan beberapa cuplikan yang dibuat nol akibat proses *downsampling*.

4.2 Analisis Hasil Keluaran DSK C6713

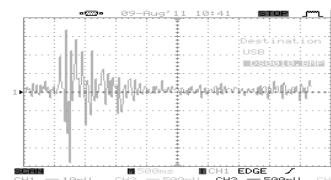
Pengamatan sinyal keluaran dari perangkat DSK C6713 dilakukan menggunakan alat osiloskop digital GW Instek GDS – 2204.

4.2.1 Pengujian Efek Echo

Pengaturan DIP switch DSK C6713 untuk efek *echo* ditetapkan 0001, dimana menunjukkan konstanta 1.



Gambar 18. Sinyal suara asli *echo*



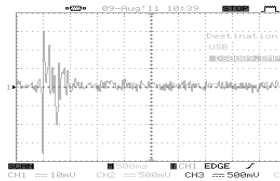
Gambar 18. Sinyal hasil efek *echo*

Gambar 18 merupakan hasil *echo* dengan perulangan 3 kali, dimana besarnya tunda 900 cuplik dan pelemahan masing-masing perulangan adalah 0.6, 0.4 dan 0.2. Suara gema yang dihasilkan ditunjukkan dengan adanya sinyal dengan tegangan lebih dari nol yang besarnya semakin menurun.

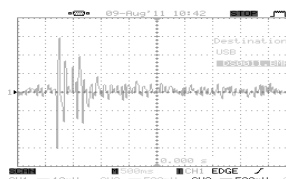
Hasil pengujian dengan perangkat DSK C6713 untuk efek *echo* telah sesuai dengan analisis menggunakan simulasi Matlab dan suara yang dihasilkan telah sesuai dengan yang diharapkan.

4.2.2 Pengujian Efek Reverb

Pengaturan DIP switch DSK C6713 untuk efek *reverb* ditetapkan 0010, dimana menunjukkan konstanta 2.



Gambar 19. Sinyal suara asli *reverb*

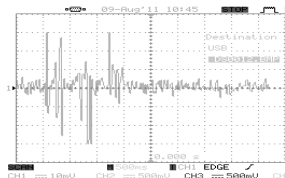


Gambar 20. Sinyal hasil efek *reverb*

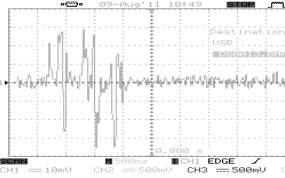
Dari kedua gambar di atas dapat diamati perbedaan antara sinyal suara asli dan sinyal hasil efek *reverb* dengan tunda sebesar 600 cuplik dan penguatan umpan balik 0,5. Pada gambar sinyal hasil efek *reverb* terlihat ada sinyal dengan tegangan lebih dari nol yang besarnya semakin menurun seperti pada efek *echo*, namun lebih pendek. Hal ini sesuai dengan teori dimana efek *reverb* hanya mengulang suasana dari suara masukan.

4.2.3 Pengujian Efek Chorus

Pengaturan DIP *switch* DSK C6713 untuk efek *chorus* ditetapkan 0011, dimana menunjukkan konstanta 3.



Gambar 21. Sinyal suara asli *chorus*

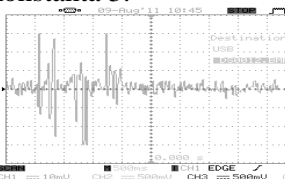


Gambar 22. Sinyal hasil efek *chorus*

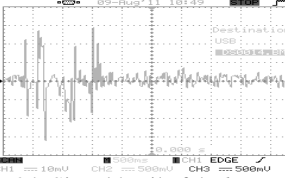
Hasil pemberian efek *chorus* dapat dilihat pada Gambar 22 dimana masukan variasi tunda berulang yang diberikan adalah [90 70 100 80 70]. Terlihat bahwa suara masukan terpecah dengan jeda yang sangat kecil.

4.2.4 Pengujian Efek Downsampling

Pengaturan DIP *switch* DSK C6713 untuk efek *downsampling* ditetapkan 0011, dimana menunjukkan konstanta 3.



Gambar 23. Sinyal suara asli *downsampling*



Gambar 24. Sinyal hasil efek *downsampling*

Pada pengujian efek ini belum sesuai dengan yang diharapkan. Hasil suara yang dihasilkan tidak mengalami peningkatan frekuensi dan kecepatan.

Ketidakberhasilan ini dapat disebabkan karena dalam sistem AIC23 *Codec* stereo yang digunakan untuk antarmuka masukan dan keluaran sinyal audio pada DSK C6713 terdapat penyesuaian

laju cuplik otomatis, sehingga proses desimasi yang dilakukan tidak bekerja. Hal ini berbeda halnya ketika dilakukan hanya dengan simulasi Matlab.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Simulink Matlab dapat digunakan untuk merancang aplikasi PSD dan diterapkan ke dalam DSP *starter kit* TMS320C613 dengan bantuan perangkat lunak *Code Composer Studio* (CCS) v3.1.
2. Analisis simulasi program dengan Matlab tanpa alat menggambarkan kondisi ideal dari pengujian perancangan efek audio sebab tidak berhubungan dengan perangkat keras yang rentan dengan tundaan, pembulatan angka karena perubahan tipe data, dan sebagainya.
3. Efek *echo* menghasilkan keluaran suara masukan diikuti dengan suara masukan tertunda dengan perulangan tertentu. Pengamatan sinyal pada simulasi Simulink dan tampilan osiloskop telah sesuai dengan teori.
4. Efek *reverb* menghasilkan efek seperti *echo* namun hanya suasana (*ambience*) dari suara masukan yang diulang dimana panjangnya perulangan tergantung pada besarnya tunda dan penguatan yang ditetapkan. Pengamatan sinyal pada simulasi Simulink dan tampilan osiloskop telah sesuai dengan teori.
5. Efek *chorus* membuat masukan suara tunggal terdengar seperti banyak suara yang dibunyikan bersama-sama. Pada sinyal hasil efek *chorus* terdapat sedikit penambahan informasi di setiap suku kata terucap dan penambahan amplitude.
6. Efek *downsampling* mengakibatkan laju cuplik menjadi lebih kecil sehingga sinyal masukan di cuplik pada cuplikan yang lebih rendah dan suara yang dihasilkan mempunyai frekuensi dan kecepatan yang lebih tinggi.
7. Pada pengujian efek *downsampling* dengan alat, hasilnya belum sesuai dengan yang diharapkan karena terdapat penyesuaian laju cuplik otomatis pada sistem AIC23 *Codec* DSK C6713 sehingga proses desimasi tidak bekerja.

5.2 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 efek seperti suara Alvin pada film "Alvin and The Chipmunk" dapat dilakukan dengan metode lain seperti mengubah *pitch* dari sinyal masukan supaya didapatkan hasil yang sesuai.
4. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap jenis-jenis tapis yang digunakan dalam proses desimasi (misal : Butterworth, Hamming, Hanning, dan sebagainya) untuk kemudian diteliti kinerja masing-masing sehingga didapat hasil yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [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] Fainguelernt, J., *Echo and Reverberation*, The Connexions Project, 2009.
- [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] Siahaan, B. dan M. Huda, *Implementasi Real Time Effect Pada Gitar Berbasis Waktu Tunda / Delay Menggunakan Dsk TMS320C6713*, Skripsi S-1, Politeknik Elektronika Negeri, Surabaya, 2010.
- [6] Wiryana, I.M., *Pengolahan Sinyal Digital*, <http://freewebs.com/kapeha/psd.doc>, diakses tanggal 8 Juli 2011.
- [7] Wikipedia, *Downsampling*, <http://en.wikipedia.org/wiki/Downsampling>, diakses tanggal 24 Mei 2011.
- [8] ---, *Modul 2 Codec dan Sampling*, <http://student.eepis-its.edu/~ty2n/modul>, diakses tanggal 8 Juli 2011.
- [9] ---, *Modul 7 Efek Audio Digital*, <http://student.eepis-its.edu>, diakses tanggal 15 Juni 2011.
- [10] ---, *Multirate DSP Part1: Upsampling dan Downsampling*, <http://www.eetimes.com/design/signal-processing-dsp/4017637/>, diakses tanggal 24 Mei 2011.
- [11] ---, *TMS320C6713 DSK Technical Reference*, Texas Instruments, Dallas, 2003.
- [12] ---, *Real-Time Workshop For Use with SIMULINK*, The MathWorks, Inc., 1999.



BIODATA PENULIS

Yusup Rudyanto, lahir di kota Pekalongan pada tanggal 17 Mei 1989. Menjalani pendidikan di SDN 1 Doro, SMP Negeri 2 Pekalongan, SMA Negeri 1 Pekalongan dan saat ini sedang menyelesaikan studi strata 1 di Teknik Elektro Universitas Diponegoro

mengambil Konsentrasi Elektronika dan Telekomunikasi.

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I,

Achmad Hidayatno, S.T., M.T.
NIP. 196912211995121001

Dosen Pembimbing II,

R. Rizal Isnanto, S.T.,MM., M.T.
NIP. 197007272000121001