



Hak cipta dan penggunaan kembali:

Lisensi ini mengizinkan setiap orang untuk menggubah, memperbaiki, dan membuat ciptaan turunan bukan untuk kepentingan komersial, selama anda mencantumkan nama penulis dan melisensikan ciptaan turunan dengan syarat yang serupa dengan ciptaan asli.

Copyright and reuse:

This license lets you remix, tweak, and build upon work non-commercially, as long as you credit the origin creator and license it on your new creations under the identical terms.

BAB III

METODOLOGI

3.1 Metode Penelitian

Melalui penelitian ini akan diujikan perpindahan dan arah suara keluaran, yang merupakan hasil konvolusi suara masukan yang datar dengan *Head-related Impulse Response (HRIR)* dan diperdengarkan melalui *earphone* atau *headphone*, sehingga suara keluaran yang bersifat tiga dimensi (*3D sound*) dapat didengar dengan hanya menggunakan indera pendengaran, tanpa menggunakan persepsi atau bantuan indera penglihatan.

Metode pengujian ini dipilih untuk mengetahui ketepatan perpindahan dan arah suara keluaran. Hasil dari pengujian ini diharapkan dapat mengetahui kelebihan dan kekurangan dari hasil manipulasi suara tiga dimensi dengan menggunakan *Digital Signal Processing (DSP) board*.

Pengujian akan menggunakan filter-filter HRIR dari 8 titik azimuth yang berbeda dan 1 titik elevation yang sama, sesuai dengan arah mata angin pada bidang horizontal dari pendengaran subjek. Perpindahan suara dengan menggunakan 8 titik arah mata angin ini, diharapkan dapat merepresentasikan pergerakan suara sehingga suara keluaran bersifat tiga dimensi.

Pengujian ini akan dilakukan terhadap 5 subjek pendengar, dimana untuk setiap subjek pendengar akan diperdengarkan 10 kali untuk setiap skenario. Kemudian, hasil jawaban dari subjek pendengar akan dicocokkan dengan jawaban sebenarnya yang ditampilkan oleh program.

3.2 Instrumen Penelitian

Perlengkapan yang digunakan sebagai objek utama penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. *Digital Signal Processing (DSP) Development Kit (Board):*
TMS320C5535 eZdsp™
2. PC dengan spesifikasi:
 - a. Intel® Core™ i5-3317U CPU @1.70 GHz
 - b. RAM 4 GB
 - c. Sistem Operasi Windows 8.1 SL 64-bit
 - d. *Harddisk* yang sudah terpasang
 - i. Code Composer™ Studio v4 sebagai aplikasi pengembang *DSP Board*
 - ii. Matlab R2013b (8.2.0.701) sebagai aplikasi untuk mengekstrak *HRTF Database*
 - iii. Microsoft Excel 2010 sebagai aplikasi untuk menghasilkan urutan angka acak
3. *HRTF Database: CIPIC HRTF Database*
4. *Earphone* atau *Headphone*
5. Kabel Auxilliary sebagai kabel untuk menghubungkan dari port keluaran pemutar suara menuju ke port masukan pada *DSP Board*

3.3 Perancangan dan Pembuatan Skenario

3.3.1 Penentuan Skenario Uji Coba

Suara yang bersifat tiga dimensi dapat terdengar dengan jelas apabila terdapat informasi arah dari sumber suara dan perpindahannya. Pada penelitian ini, dilakukan 2 tahap pengujian untuk mengetahui ketepatan perpindahan suara dan arah sumber suara.

Untuk tahap pengujian pertama, didesain 2 buah skenario perpindahan suara keluaran, yaitu perpindahan suara mengikuti arah jarum jam dan berlawanan dengan arah jarum jam, yang akan diperdengarkan secara acak. Perpindahan suara keluaran akan diberikan jeda waktu (*delay*) sebanyak 5 detik untuk setiap filter. Pengujian akan dilakukan sebanyak 10 kali secara acak untuk setiap subjek pendengar. Kemudian hasil jawaban dari setiap uji coba subjek pendengar akan dicocokkan dengan keluaran yang berasal dari program.

Untuk tahap pengujian kedua, masih tetap menggunakan 8 filter yang sama, tetapi skenario uji cobanya berbeda. Dari 8 filter yang ada, akan dipanggil sebuah filter secara acak sehingga suara keluaran berasal dari 1 arah saja. Subjek pendengar harus menjawab atau menebak arah datang suara keluaran tersebut. Pengujian akan dilakukan sebanyak 80 kali secara acak untuk setiap subjek pendengar, dimana untuk setiap arah akan diperdengarkan sebanyak 10 kali. Kemudian hasil jawaban dari setiap uji coba subjek pendengar akan dicocokkan dengan keluaran yang berasal dari program. Untuk

tahap pengujian ini, jeda waktu (*delay*) untuk setiap filter tidak dibatasi agar subjek pendengar dapat fokus pada arah datang sumber suara keluaran.

3.3.2 Mempersiapkan Instrumen Penelitian

Setelah menentukan tahap pengujian, maka hal selanjutnya yang harus dipersiapkan adalah instrumen-instrumen penelitian yang akan digunakan seperti DSP *board* TMS320C5535 eZdsp™ dan CIPIC HRTF *Database*.

3.3.2.1 Metode Implementasi Head-related Impulse Response (HRIR) pada DSP board TMS320C5535 eZdsp™

Metode yang digunakan untuk melakukan implementasi HRIR pada DSP *board* memiliki metode yang sama dengan implementasi FIR *filters* pada DSP *board*. Program yang digunakan pada penelitian ini merupakan hasil modifikasi kode-kode pada tutorial FIR *filters* Chapter 6 yang diberikan oleh Texas Instrument. Modifikasi yang dilakukan adalah dengan menghubungkan program utama dengan HRIR dan mengubah kode-kode yang menggunakan *library* FIR *filters* ke *library* HRIR. Kemudian beberapa kode-kode disesuaikan dengan kebutuhan pembuatan skenario untuk melakukan pengujian.

3.3.2.2 Perancangan Filter sesuai dengan Skenario Uji Coba

Kedua tahap uji coba menggunakan beberapa titik arah mata angin. Sumber suara keluaran yang diharapkan berada pada bidang horizontal pendengaran subjek.

A. Utara

Untuk posisi utara (sudut azimuth 0° dan elevasi 0°), filter didesain berada tepat di depan pendengar. HRIR yang digunakan berada pada koordinat (13,9).

B. Timur Laut

Untuk posisi timur laut (sudut azimuth 40° dan elevasi 0°), filter didesain berada tepat di tengah-tengah antara depan dan kanan pendengar. HRIR yang digunakan berada pada koordinat (19,9).

C. Timur

Untuk posisi timur (sudut azimuth 100° dan elevasi 180°), filter didesain berada di kanan telinga pendengar. HRIR yang digunakan berada pada koordinat (25,41).

D. Tenggara

Untuk posisi tenggara (sudut azimuth 140° dan elevasi 180°), filter didesain berada tepat di tengah-tengah antara belakang dan kanan pendengar. HRIR yang digunakan berada pada koordinat (19,41).

E. Selatan

Untuk posisi selatan (sudut azimuth 180° dan elevasi 180°), filter didesain berada tepat di belakang telinga pendengar. HRIR yang digunakan berada pada koordinat (13,41).

F. Barat Daya

Untuk posisi barat daya (sudut azimuth 220° dan elevasi 180°), filter didesain berada tepat di tengah-tengah antara belakang dan kiri telinga pendengar. HRIR yang digunakan berada pada koordinat (7,41).

G. Barat

Untuk posisi barat (sudut azimuth -80° (280°) dan elevasi 0°), filter didesain berada di kiri telinga pendengar. HRIR yang digunakan berada pada koordinat (1,9).

H. Barat Laut

Untuk posisi barat laut (sudut azimuth -40° dan elevasi 0°), filter didesain berada tepat di tengah-tengah antara kiri dan depan telinga pendengar. HRIR yang digunakan berada pada koordinat (7,9).

3.3.2.3 Mengekstrak HRIR dari HRTF Database

CIPIC HRTF *Database* dilengkapi dengan pengukuran telinga dari 45 subjek yang berbeda, dimana setiap subjeknya memiliki 25 titik *azimuth* dan 50 titik *elevation*. Setiap koordinat (*azimuth*, *elevation*) terdiri dari 2 buah *filter*, yaitu *filter* untuk telinga kiri (*hrir_l*) dan *filter* untuk telinga kanan (*hrir_r*). Setiap *filter* tersebut, terdiri dari 200 koefisien untuk membentuk rangkaian *filter* (grafik). Dua ratus koefisien tersebut dapat diekstrak dengan

menggunakan bantuan Matlab atau aplikasi pengembang lainnya. Namun, sebelum dapat mengekstrak koefisien, subjek yang digunakan sebagai sampel harus dipilih terlebih dahulu. Untuk penelitian ini, diambil 1 dari 45 subjek yang ada secara acak, yaitu subjek_008. Sampel subjek ini dipilih sebagai *database* untuk melakukan penelitian ini, dikarenakan pengujian hasil suara keluaran tiga dimensi, sudah cukup terdengar baik oleh 5 subjek pendengar.

Dua ratus koefisien yang telah diekstrak dari setiap HRIR (hrir_l atau hrir_r) tersebut tidak dapat langsung digunakan untuk menjadi filter. Koefisien-koefisien tersebut harus dinormalisasi dengan menggunakan *fixed-point* 32.767 karena koefisien-koefisien tersebut harus berada pada jarak antara -1.000 sampai dengan +1.000 [13]. Berikut ini adalah contoh perintah untuk melakukan proses normalisasi yang dilakukan pada Matlab.

```
hlmax = max(hrir_l(:));
hlmax = abs(hlmax);
hlmin = min(hrir_l(:));
hlmin = abs(hlmin);
hrmax = max(hrir_r(:));
hrmax = abs(hrmax);
hrmin = min(hrir_r(:));
hrmin = abs(hrmin);

if(hlmax > hrmax)
hmax = hlmax;
else
hmax = hrmax;
end
```



```

if(hlmin > hrmin)

hmin = hlmin;

else

hmin = hrmin;

end

if(hmax > hmin)

hrange = hmax;

else

hrange = hmin;

end

hl_01_09 = squeeze(hrir_l(1,9,:));
hl_01_09_norm = hl_01_09/hrange;
hl_01_09_expnd = hl_01_09_norm*32767;
hl_01_09_round = round(hl_01_09_expnd);

hr_01_09 = squeeze(hrir_r(1,9,:));
hr_01_09_norm = hr_01_09/hrange;
hr_01_09_expnd = hr_01_09_norm*32767;
hr_01_09_round = round(hr_01_09_expnd);

```

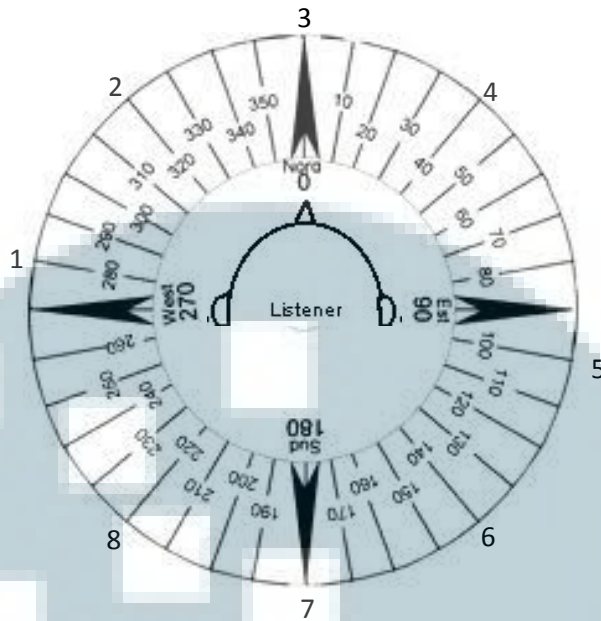
Pertama dilakukan penentuan koefisien yang menjadi pembagi (*hrange*) dengan cara mencari koefisien terbesar jaraknya dari nilai 0 untuk seluruh titik *azimuth* dan *elevation* dari sebuah subjek, baik dari *hrir_l*, maupun *hrir_r*. Kedua, dilakukan pengekstrakan 200 koefisien dari koordinat yang ingin digunakan. Selanjutnya, 200 koefisien tersebut dibagi dengan koefisien pembagi (*hrange*). Hasilnya kemudian dikali dengan *fixed-point* (32.767).

Pada akhirnya, 200 koefisien tersebut dibulatkan agar didapatkan nilai untuk menjadi filter. Proses ini berlaku untuk filter telinga kiri dan juga filter telinga kanan untuk setiap koordinat filter yang ingin digunakan. Setelah proses normalisasi untuk 8 filter yang dibutuhkan selesai dilaksanakan, koefisien-koefisien yang membentuk filter tersebut disimpan pada sebuah *library* baru yang akan dihubungkan dengan program utama.

3.3.3 Implementasi dan Pengujian

Sebelum melakukan pengujian, setiap subjek pendengar diperdengarkan suara keluaran yang berpindah dari setiap filter ke filter berikutnya untuk menciptakan sifat suara tiga dimensi. Hal ini ditujukan untuk membuat subjek terbiasa mendengar suara tiga dimensi. Untuk tahap pengujian pertama, subjek akan diperdengarkan sampel perpindahan suara searah jarum jam dan berlawanan dengan arah jarum jam. Untuk tahap pengujian kedua, subjek akan dibantu dengan peta arah sumber suara untuk membantu menjawab ketika pengujian, seperti gambar di bawah ini.

U
M
M
N



Gambar 3.1 – Pemetaan Filter sesuai Arah Mata Angin

Hasil dari tahap pengujian pertama akan dicocokkan dengan jawaban yang ditampilkan oleh program, seperti di bawah ini.

```

Sampling frequency 48000 Hz Gain = 0 dB
Counter Clockwise
1 Flash = HRIR West (azimuth [01], elevation [09])
2 Flashes = HRIR South West (azimuth [07], elevation [41])
3 Flashes = HRIR South (azimuth [13], elevation [41])
4 Flashes = HRIR South East (azimuth [19], elevation [41])
5 Flashes = HRIR East (azimuth [25], elevation [41])
6 Flashes = HRIR North East (azimuth [19], elevation [09])
7 Flashes = HRIR North (azimuth [13], elevation [09])
8 Flashes = HRIR North West (azimuth [07], elevation [09])

```

Gambar 3.2 – Tampilan Program untuk Pengujian Tahap Pertama
(*ditampilkan antara *clockwise* atau *counter clockwise* secara acak)

Sedangkan untuk hasil dari tahap pengujian kedua, jawaban yang ditampilkan oleh program hanya 1 filter secara acak dan dicocokkan dengan jawaban yang diberikan oleh subjek. Berikut ini adalah contoh tampilan jawaban yang diberikan oleh program pada tahap pengujian kedua ini.

```
Sampling frequency 48000 Hz Gain = 0 dB  
2 Flashes = HRIR North West (azimuth [07], elevation [09])
```

Gambar 3.3 – Tampilan Program untuk Pengujian Tahap Kedua
(*ditampilkan 1 dari 8 filter secara acak untuk setiap pengujian)

3.3.4 Menghasilkan Susunan Angka Secara Acak

Pengujian tahap kedua membutuhkan susunan angka acak mulai dari 1 sampai dengan 8 yang merepresentasikan arah mata angin. Untuk setiap angka akan diujikan sebanyak 10 kali sehingga akan dilakukan sebanyak 80 kali pengujian untuk setiap subjek pendengar. Susunan angka acak ini dapat dihasilkan secara otomatis dengan menggunakan beberapa aplikasi. Untuk penelitian ini, metode yang digunakan adalah dengan memanfaatkan formula yang terdapat pada Microsoft Excel. Berikut ini adalah formula yang digunakan untuk menghasilkan susunan angka acak.

1. Pada *cell* A2, menggunakan formula “=RANDBETWEEN(1,8)”.
 - “RANDBETWEEN(x,y)” adalah formula untuk menampilkan sebuah angka acak dengan nilai terendah “x” dan nilai tertinggi “y”.

2. Pada *cell* A3, menggunakan formula “=LARGE(ROW(\$1:\$8)*NOT(COUNTIF(\$A\$2:A2,ROW(\$1:\$8))),RANDBETWEEN(1,(8+2-1)-ROW(A2)))”.

- Formula di atas merupakan kombinasi beberapa logika yaitu pembuatan angka secara acak yang dibatasi dari nilai minimum sampai dengan nilai maksimum tertentu, pendeteksian agar

angka tidak terjadi pembuatan angka berulang, dan pembuatan *array*.

3. Pada *cell* A4-A9, menggunakan formula yang sama dengan *cell* A3, tetapi dengan mengubah “A2” sesuai dengan nama *cell*-nya masing-masing.
 - Dikarenakan hanya membutuhkan 8 angka acak, maka hanya 8 *cell* yang digunakan untuk menjadi *array* untuk menampung 8 angka acak tidak berulang dalam 1 susunan.
4. Dikarenakan untuk setiap angka (arah) dibutuhkan 10 kali pengujian maka, setelah didapatkan 1 susunan angka acak tidak berulang, formula ini digunakan berulang sebanyak 10 kali pada *cell-cell* berikutnya.
5. Seluruh susunan angka acak akan disimpan sebagai masukkan untuk memilih filter pada program utama.

Tabel 3.1 – Sampel Hasil Susunan Angka Acak

RANDOM									
4	6	7	5	8	1	3	1		
2	7	6	7	6	7	4	3		
6	1	1	1	4	5	5	5		
7	8	8	6	7	3	1	4		
8	2	3	4	2	4	2	7		
3	3	2	3	5	6	7	8		
5	5	5	8	1	2	8	2		
1	4	4	2	3	8	6	6		

3.3.5 Perancangan Input

Suara masukan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan suara masukan dari pemutar suara; dapat menggunakan *handphone*, komputer, *mp3 player* atau pemutar suara lainnya. Suara masukan yang digunakan dapat berupa musik atau lagu. Pemutar suara dan *DSP board* terhubung dengan menggunakan kabel Auxiliary. Karena filter yang digunakan tidak dibatasi waktu penggunaannya, maka suara masukan yang digunakan juga tidak dibatasi durasinya. Kendali pengaturan suara masukan dengan filter yang didesain pada *DSP board* tidak memiliki hubungan satu dengan yang lain. Namun, apabila filter tidak dijalankan, maka suara masukan yang telah dimanipulasi oleh *DSP board* tidak terdengar.

UMMN