



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 II

LANDASAN TEORI

2.1 Spatial Sound

Spatial sound (3D audio effect) adalah kumpulan *sound effect* yang merupakan hasil manipulasi suara yang berasal dari *speaker stereo*, *speaker surround-sound*, *speaker-array*, ataupun *headphone*. Proses manipulasi suara ini melibatkan juga penempatan virtual sumber suara di ruang tiga dimensi.

Spatial sound memperkaya pendengaran manusia dengan menambahkan informasi lokasi sumber suara dengan menjaga perbedaan suara antar telinga. Perbedaan waktu sampai suara dari sumber suara ke telinga manusia menjadi faktor utama yang dimanfaatkan oleh sistem pendengaran manusia untuk mengetahui lokasi sumber suara di sekitar kepala manusia, yang membantu manusia membedakan sumber suara yang satu dengan yang lain. Hal ini juga dapat membantu manusia untuk fokus mendengar ke sumber suara yang paling baik terdengar, memisahkannya dari *noise* [5].

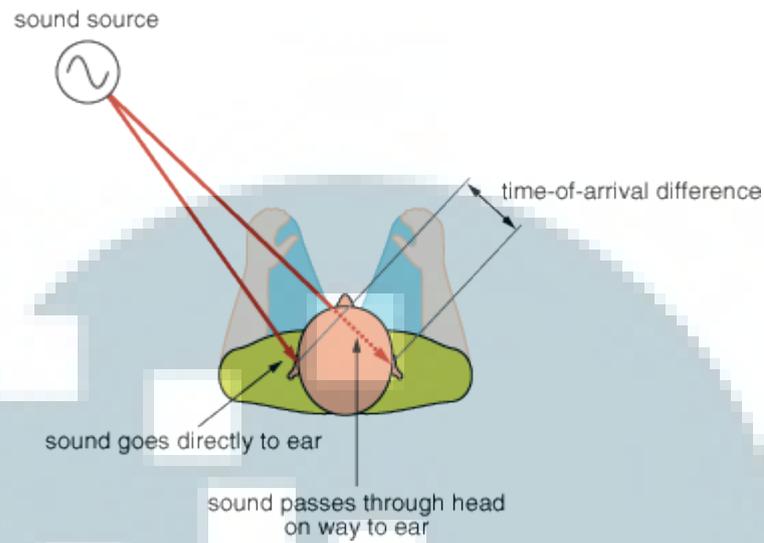
Sangat sulit untuk fokus mendengarkan percakapan ketika ada 2 atau lebih orang yang berbicara pada saat yang bersamaan (*Monaural*). Namun, kemampuan pendengaran *binaural* manusia memungkinkan manusia dapat memisahkan 2 atau lebih sumber suara jika setiap sumber suara terletak pada lokasi yang berbeda. Hal ini disebut juga dengan "*Cocktail Party*" Effect [6]. Suara *binaural* adalah sebuah metode untuk mensimulasikan rasa ruang manusia pada dunia virtual yang seakan-akan seperti di dunia nyata dengan

menggunakan *headphone*. Berbeda dengan rekaman suara stereo biasa yang terdengar datar di telinga manusia, rekaman suara *binaural* terdengar seolah-olah berasal dari sumber yang jauh. Suara binaural menghadirkan pengalaman mendengar yang lebih mendalam karena seakan-akan pendengar berada pada sebuah ruangan yang memiliki banyak sumber suara dari lokasi yang berbeda-beda [7].

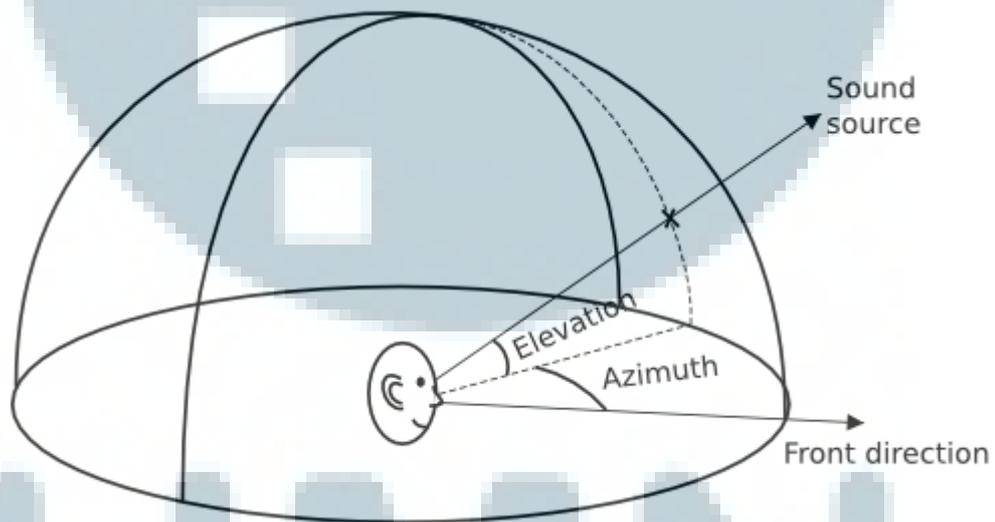
2.2 Head-related Transfer Function

Head-related Transfer Function (HRTF) adalah pendekatan *binaural* untuk menghasilkan *spatial sound* sintetis. HRTF menangkap perubahan letak sumber suara yang terjadi ketika propagasi gelombang sinyal dari sumber suara ke gendang telinga manusia. Perubahan ini terjadi dikarenakan difraksi gelombang sinyal oleh kepala, badan, dan *pinnae* (daun telinga) yang dipengaruhi oleh *azimuth* (ukuran sudut dalam sistem koordinat), *elevation* (letak ketinggian sudut dalam sistem koordinat), dan jarak antara sumber suara dan pendengar [1].

U
M
M
N



Gambar 2.1 – Perbedaan Waktu Kedatangan dari Propagasi Gelombang Suara



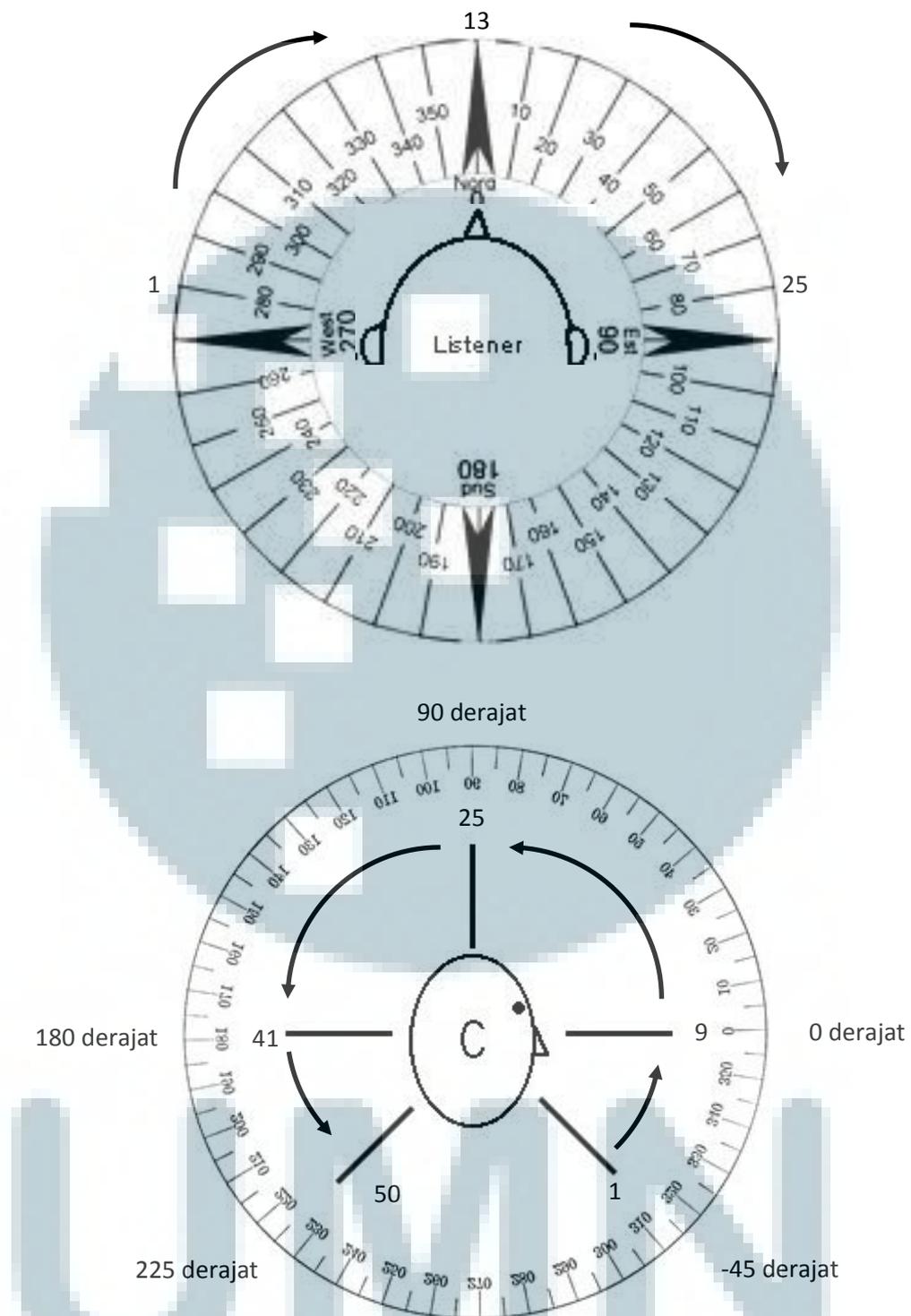
Gambar 2.2 – Azimuth dan Elevation

Salah satu metode untuk mencapai HRTF dari lokasi sumber suara adalah dengan melakukan pengukuran *head-related impulse response* (HRIR), $h(t)$, pada gendang telinga untuk *impulse* $\Delta(t)$ yang terletak pada sumber suara. HRTF $H(f)$ adalah *Fourier Transform* dari HRIR $h(t)$. Metode ini

menggunakan proses penghitungan yang sangat kompleks. Namun, beberapa peneliti terdahulu yang telah melakukan penghitungan tersebut, membuatnya menjadi sebuah *database*, dan mempublikasikannya secara umum seperti salah satunya adalah CIPIC HRTF *Database*.

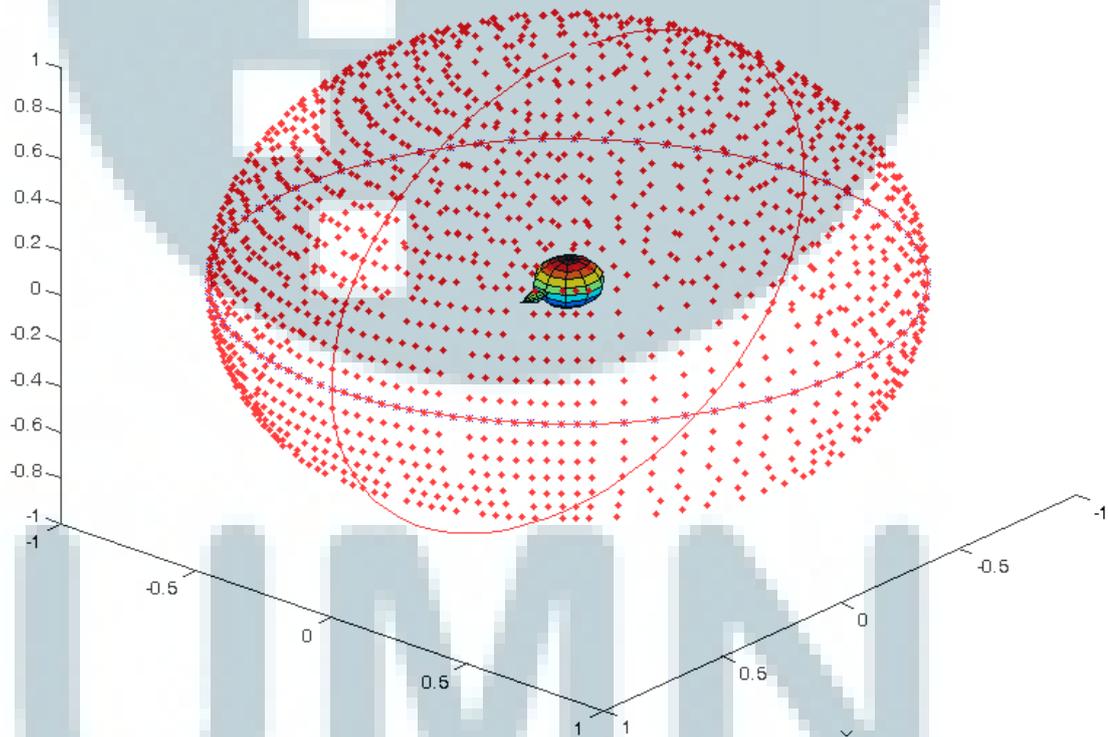
2.2.1 CIPIC HRTF Database

CIPIC HRTF *database* adalah sebuah kompilasi pengukuran HRTF dari 45 subjek berbeda yang tersedia dan dapat diakses oleh publik. Untuk setiap subjek, terdapat 2.500 penghitungan dari HRIR yang dimana penghitungan tersebut berasal dari 25 titik *azimuth* dan 50 titik *elevation* yang berbeda [8]. CIPIC HRTF *Database* memetakan 25 titik untuk *azimuth* yang titik pertamanya (1) dimulai dari sekitar -80 derajat sampai titik terakhir (25) di sekitar 80 derajat. Untuk *elevation*, CIPIC HRTF *Database* memetakan sebanyak 50 titik yang titik pertamanya (1) dimulai dari sekitar -45 derajat sampai dengan titik terakhir (50) di sekitar 225 derajat (lihat pada Gambar 2.3).



Gambar 2.3 – Pemetaan Azimuth (atas) and Elevation (bawah) pada CIPIC HRTF Database

Database tersebut dipublikasi oleh *Center for Image Processing and Integrated Computing (CIPIC) University of California* pada tahun 2001 dan telah mengalami beberapa kali revisi minor untuk aplikasi pengembangannya (Matlab). CIPIC HRTF database ini dapat diunduh secara gratis pada laman situs *University of California*. Pada laman situs tersebut juga terdapat dengan berbagai penjelasan mengenai penggunaan CIPIC HRTF *database* dan juga beberapa penjabaran mengenai HRTF serta dilengkapi dengan referensi *paper* pendukung [8].



Gambar 2.4 - Sample of HRIR berdasarkan azimuth dan elevation

2.3 Digital Signal Processing (DSP)

Digital signal processing (DSP) adalah proses manipulasi matematika dari informasi berupa sinyal untuk dimodifikasi dan diolah menjadi lebih baik [9]. Informasi berupa sinyal analog yang berasal dari lingkungan sekitar atau makhluk hidup, dapat dikomputasi dengan menggunakan teknik DSP. Untuk itu, informasi yang berupa sinyal analog tersebut harus diubah terlebih dahulu menjadi sinyal digital.

Digital signal processing telah banyak digunakan karena memiliki beberapa keunggulan [9], yaitu:

1. *Guaranteed accuracy*. Hasil yang akurat pada pemrosesan sinyal digital, ditentukan oleh jumlah bit yang digunakan.
2. *Perfect reproducibility*. Sinyal yang dihasilkan dengan menggunakan teknik DSP yang sama, tidak mengalami penurunan kualitas sinyal.
3. Tidak terpengaruh oleh suhu dan memiliki ketahanan.
4. DSP memanfaatkan teknologi semikonduktor supaya dapat lebih diandalkan, ukurannya lebih kecil, biayanya lebih rendah, konsumsi daya yang rendah, dan kecepatan yang lebih tinggi.
5. *Greater flexibility*. Sistem DSP dapat deprogram ulang untuk menampilkan beberapa fungsi yang berbeda tanpa merubah perangkat keras.
6. *Superior performance*. DSP dapat mengatasi beberapa fungsi yang tidak dapat dikerjakan oleh *analog signal processing* seperti respon

fase *linear* dan algoritma *complex adaptive filtering* dapat diatasi dengan menggunakan DSP.

7. Dalam beberapa kasus, informasi yang ingin diolah, sudah berada pada bentuk digital sehingga hanya dengan menggunakan teknik DSP, informasi tersebut dapat diolah.

Penggunaan teknik DSP tidak terlepas dari beberapa kekurangan teknik itu sendiri. Namun, kekurangan-kekurangan tersebut telah diupayakan untuk dihilangkan seiring berkembangnya teknologi. Berikut ini adalah beberapa kekurangan yang dimiliki oleh teknik DSP [9].

1. *Speed and cost*. Untuk menghadirkan teknik DSP yang cepat, maka dibutuhkan biaya yang besar, terutama ketika melibatkan *bandwidth* sinyal yang besar. Semakin cepat proses teknik DSP yang diinginkan, maka semakin besar pula biaya yang dibutuhkan. Pada saat ini, kecepatan memproses data memang sangat dituntut, tetapi harus diimbangi dengan biaya yang dikeluarkan.
2. *Design time*. Jika kurang memiliki kemampuan di bidang teknik DSP dan tidak cukup mempunyai *resources* yang dibutuhkan, akan sulit untuk mendesain DSP karena akan memakan waktu yang lama.
3. *Finite word-length problems*. Pada situasi *real-time*, keterbatasan penggunaan jumlah *bit*, dikarenakan pertimbangan biaya yang harus dikeluarkan, dapat menghasilkan penurunan kualitas kinerja.

2.3.1 Digital Signal Processor

Digital Signal Processor adalah *microprocessors* yang didesain khusus untuk *digital signal processing* pada komputasi *real-time*. *Microprocessors* ini mengolah sinyal digital yang telah dikonversi oleh *Analog-to-Digital Converter* (ADC) dari sinyal analog. Setelah selesai diolah, hasil sinyal proses olahan yang merupakan sinyal digital, dikonversikan kembali ke sinyal analog dengan menggunakan *Digital-to-Analog Converter* (DAC) [10].

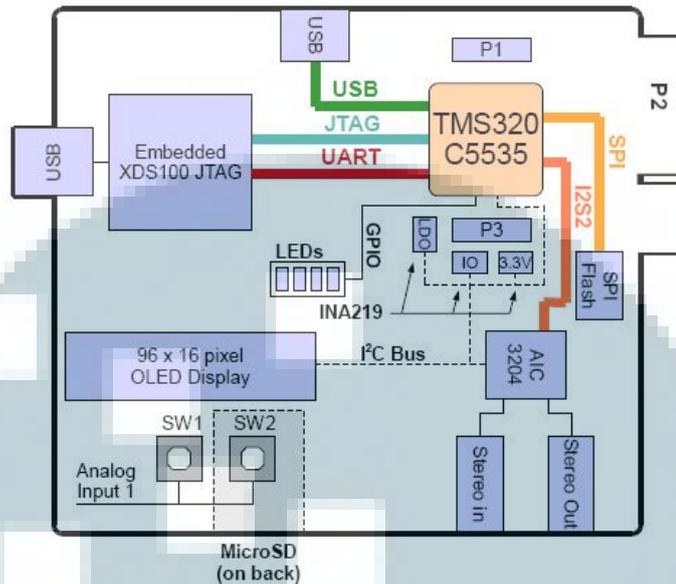
Untuk memudahkan pengembangan *digital signal processing*, terdapat sebuah *microprocessor* yang telah ter-embed dalam sebuah development kit, yang disebut juga dengan *Digital Signal Processing* (DSP) board. Sebuah DSP board harus memiliki karakteristik sebagai berikut [11]:

1. *Real-time digital signal processing capabilities*. DSP biasanya memproses data secara *real-time*; keberhasilan sebuah operasi sangat bergantung kepada waktu ketika memproses data selesai dilakukan.
2. *High throughput*. DSP dapat mempertahankan pengolahan *streaming* data berkecepatan tinggi, seperti audio dan pengolahan data multimedia lainnya.
3. *Deterministic operation*. Waktu pelaksanaan program DSP dapat diprediksi dengan akurat sehingga menjamin proses dapat dilakukan berulang pada kinerja yang stabil dan sesuai dengan yang diinginkan.
4. *Re-programmability by software*. Perilaku sistem yang berbeda dapat dihasilkan kembali dengan cara melakukan *coding* kembali algoritma dan dieksekusi oleh DSP, bukan dengan cara memodifikasi *hardware*.

2.3.2 TMS320C5535 eZdsp™

TMS320C5535 eZdsp™ adalah *digital signal processing* (DSP) *development kit* yang terjangkau, menggunakan USB sebagai sumber dayanya, dan dapat melakukan 16-bit DSP. TMS320C5535 eZdsp™ dilengkapi dengan aplikasi Code Composer™ Studio (CCStudio) versi 4.0 sebagai *Integrated Development Environment* (IDE), *earphone* dengan *microphone*, 2GB micro SD card, *software framework* untuk USB audio dan *human interface device* (HID) serta beberapa demo penggunaannya. Berikut ini adalah detail teknis dari TMS320C5535 eZdsp™ [12].

1. CCStudio v4 IDE sebagai aplikasi pengembangan.
2. Emulator XDS100 v2 untuk proses *debugging* dan optimisasi algoritma.
3. *Audio codec* untuk optimisasi kinerja dan konsumsi daya pada algoritma DSP yang kompleks.
4. Efisiensi daya memungkinkan *development tool* mendapatkan daya melalui *port* USB.
5. Dilengkapi dengan layar LCD 96x16 *monochrome* OLED, slot *Micro* SD, *port* USB 2.0 untuk aplikasi, dan Bluetooth®.



Gambar 2.5 - TMS320C5535 eZdsp™ Diagram Blok

Penelitian ini menggunakan TMS320C5535 eZdsp™ dikarenakan DSP *board* ini sudah dapat memenuhi kebutuhan dan kemampuan yang cukup untuk mengimplementasikan teknologi *surround sound* sederhana. *Head-related Impulse Response (HRIR)* sebagai filter yang digunakan untuk memanipulasi suara tiga dimensi dapat diintegrasikan dengan DSP *board* ini. 16 bit *processor* pada DSP *board* ini juga sudah dapat melakukan beberapa pemrosesan sinyal digital sederhana yang dibutuhkan untuk penelitian ini.