

SKRIPSI

MODUL PEMBELAJARAN BERBASIS SINYAL WICARA UNTUK PENYANDANG TUNANETRA MENGGUNAKAN METODE *MEL FREQUENCY CEPSTRAL COEFFICIENT* DAN *CHEBYSHEV DISTANCE*

Disusun dan diajukan oleh

**NUR AMALIA
D041 18 1330**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**MODUL PEMBELAJARAN BERBASIS SINYAL WICARA UNTUK
PENYANDANG TUNANETRA MENGGUNAKAN METODE *MEL
FREQUENCY CEPSTRAL COEFFICIENT* DAN *CHEBYSHEV DISTANCE***

Disusun dan diajukan oleh:

NUR AMALIA

D041 18 1330

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada Tanggal 8 Desember 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Prof. Dr. Eng. Intan Sari Areni., ST., MT.
NIP. 19750203-200012 2 002


Dr. Eng. Wardi, S.T., M.Eng.
NIP. 19720828 199903 1 003

Ketua Departemen Teknik Elektro,


Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T. IPM
NIP. 19691026 199412 2 001



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Nur Amalia
 NIM : D041181330
 Program Studi : Teknik Elektro
 Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

**MODUL PEMBELAJARAN BERBASIS SINYAL WICARA UNTUK
 PENYANDANG TUNANETRA MENGGUNAKAN METODE *MEL
 FREQUENCY CEPSTRAL COEFFICIENT* DAN *CHEBYSHEV DISTANCE***

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitnya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklasifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 8 Desember 2023

Yang Menyatakan



ABSTRAK

NUR AMALIA. *Modul Pembelajaran Berbasis Sinyal Wicara Untuk Penyandang Tunanetra Menggunakan Metode Mel Frequency Cepstral Coefficient dan Chebyshev Distance* (dibimbing oleh Intan Sari Areni dan Wardi)

Tunanetra merupakan kondisi pada seseorang yang mengalami gangguan pada indera penglihatan, sehingga para penyandang tunanetra sering kali mengalami kesulitan saat proses pembelajaran dengan menggunakan komputer. Teknologi *voice recognition* atau yang biasa disebut sebagai sistem pengenalan suara merupakan salah satu teknologi yang memungkinkan sistem komputer untuk menerima input berupa kata yang diucapkan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah modul pembelajaran yang dapat membantu penyandang tunanetra dengan menggunakan metode *Mel Frequency Cepstral Coefficient* dan *chebyshev distance*. Pada penelitian ini modul pembelajaran yang dibuat memanfaatkan *software* matlab dengan menggunakan metode *Mel Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC) sebagai metode ekstraksi ciri, dan metode *chebyshev distance* sebagai metode pengukuran kemiripan. Data suara yang direkam sebagai *database* pada penelitian ini sebanyak 472 suara, yang terdiri dari 400 data latih dan 72 data uji. Adapun cara kerja dari modul yang dibuat yaitu cukup dengan menekan salah satu tombol pada *keyboard* untuk mendengarkan soal dan untuk menjawab pertanyaan cukup dengan menekan tombol enter terlebih dahulu kemudian mengucapkan jawaban dari soal. Pada penelitian ini diperoleh hasil bahwa metode MFCC dan *chebyshev distance* dapat diimplementasikan untuk perancangan modul pembelajaran berbasis sinyal wicara. Adapun nilai *chebyshev* yang diperoleh untuk setiap jawaban benar berbeda-beda, hal tersebut disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya cara pengucapan kata yang berbeda dan intonasi pengucapan yang berbeda. Modul pembelajaran berbasis sinyal wicara hanya dapat bekerja dengan baik pada kondisi yang kondusif.

Kata Kunci: *Voice Recognition, Mel Frequency Cepstral Coefficient, Chebyshev Distance.*



ABSTRACT

NUR AMALIA. *A Learning Module Based On Speech Signals For Visually Impaired People Using Mel Frequency Cepstral Coefficient and Chebyshev Distance Methods* (guided by Intan Sari Areni and Wardi)

A person with visual impairment is one who has a diminished sense of vision, as a result, visually impaired people frequently encounter challenges when learning on a computer. Voice recognition technology, commonly referred to as a voice recognition system, allows computer systems to receive input in the form of spoken words. This study aims to design a learning module to help visually impaired people using the Mel Frequency Cepstral Coefficient and Chebyshev distance methods. In this research, the learning module utilized Matlab software uses the Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC) method for feature extraction and the chebyshev distance method as a similarity measure. The voice data recorded as a database in this study was 472 voices, consisting of 400 training data and 72 test data. The way the module works is that it is enough to press one of the keys on the *keyboard* to listen to the question and to answer the question simply by pressing the enter key first, then saying the answer for the question. The results of this study concluded that the MFCC and chebyshev distance methods can be implemented for the design of speech signal-based learning modules. The chebyshev value obtained for each correct answer varies, this is due to several factors including different pronunciation of words and different intonation of pronunciation. Speech signal-based learning modules can only work well under conducive conditions.

Keywords: *Voice Recognition, Mel Frequency Cepstral Coefficient, Chebyshev Distance.*



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Modul Pembelajaran Berbasis Sinyal Wicara Untuk Penyandang Tunanetra Menggunakan Metode *Mel Frequency Cepstral Coefficient* dan *Chebyshev Distance*”**, untuk mempermudah pembelajaran bagi penyandang tunanetra.

Tujuan penyusunan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat kelulusan pada Pendidikan Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Pada penyusunan tugas akhir ini penulis banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis menyampaikan rasa terima kasih secara khusus kepada:

1. Cinta pertama dan panutanku, Ayahanda Rusli H. Enre. Beliau memang tidak sempat merasakan pendidikan sampai bangku perkuliahan, namun beliau mampu mendidik penulis, memotivasi dan memberikan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya.
2. Pintu surgaku, Ibunda Herti. Beliau sangat berperan penting dalam menyelesaikan program studi penulis, beliau juga tidak sempat merasakan pendidikan sampai di bangku perkuliahan, tetapi semangat, motivasi, serta doa yang selalu beliau langitkan mampu mengantarkan penulis hingga menyelesaikan studinya.
3. Ibu Prof. Dr. Eng. Intan Sari Areni, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Eng. Wardi, S.T., M.Eng. selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, nasihat serta saran yang membangun bagi penulisan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Samuel Panggalo, M.T. dan Bapak Azran Budi Arief, S.T., M.T. selaku penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penulisan skripsi.

Kepala sekolah dan adik-adik SLB-A YAPTI Makassar yang telah meluangkan waktunya dan membantu penulis memperoleh data yang perlukan.



6. Saudara tercinta Kakanda Aswandi Rusli, S.Sos. yang telah banyak memberi saran, motivasi serta dukungan kepada penulis. Adinda Nur Aisyah Reski dan Saffana Adinda S. yang sudah menjadi *mood booster* bagi penulis.
7. M. Yudha Ardiansyah dan keluarga, yang telah memberikan kebaikan, bantuan, dan dukungan bagi penulis, serta telah menjadi teman berbagi cerita disaat masa sulit mengerjakan skripsi ini.
8. Kak Nur Aisyah Jafar yang senantiasa meluangkan waktu dan membagi ilmunya untuk penulis.
9. Saudari *Together to Heaven* yang telah setia menemani perjalanan penulis dalam keadaan suka maupun duka.
10. Saudara-saudari CAL18RATOR yang menjadi teman berjuang dalam menuntut ilmu sejak dimulainya perkuliahan hingga saat ini.
11. Seluruh pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu yang telah membantu dan mendukung dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangan, maka dari itu semua kritik dan saran yang membangun akan sangat berguna bagi penulis untuk kedepannya. Akhir kata, penulis berharap dengan adanya laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca sebagai bahan referensi dalam membuat penelitian yang serupa nantinya.

Makassar, 21 November 2023

Nur Amalia



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	2
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Sinyal Wicara.....	4
2.1.1 Proses Produksi Sinyal Wicara.....	4
2.1.2 Pembangkitan dan Pengenalan Sinyal Wicara.....	6
2.1.3 Pengolahan Sinyal Wicara (Proses Sampling).....	7
2.2 Pemrosesan Sinyal Digital.....	8
2.3 Metode Pengenalan Suara.....	9
2.3.1 <i>Mel Frequency Cepstral Coefficient</i> (MFCC).....	9
2.3.2 <i>Chebyshev Distance</i>	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	10
3.1 Lokasi Penelitian.....	10
3.2 Waktu Penelitian.....	10
3.3 <i>Flowchart</i> Sistem Kerja Modul.....	10
3.4 Tahapan Pengujian.....	14
3.4.1 Simulasi Sistem Merekam Suara.....	14
3.4.2 Pengumpulan Data.....	14
3.4.3 Simulasi Sistem Uji Coba Soal dan Jawaban.....	15
3.5 Perancangan <i>Software</i>	15
3.5.1 Ekstraksi Ciri.....	15
3.5.2 Pengukuran Kemiripan.....	18
3.6 Soal Pengujian.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Hasil Pengujian Simulasi Sistem.....	20
4.1.1 Pengujian pada Responden 1.....	21
4.1.2 Pengujian pada Responden 2.....	25
4.1.3 Pengujian pada Responden 3.....	29
4.1.4 Pengujian pada Responden 4.....	33
4.1.5 Pengujian pada Responden 5.....	37
4.1.6 Pengujian pada Responden 6.....	41
4.1.7 Pengujian pada Responden 7.....	45
4.1.8 Pengujian pada Responden 8.....	49
4.1.9 Pengujian pada Responden 9.....	53
4.1.10 Pengujian pada Responden 10.....	57



4.2 Hasil Pengujian Sistem dengan Kata yang Mirip.....	60
4.3 Hasil Pengujian Sistem dengan Kondisi Kondusif.....	69
4.4 Hasil Pengujian Sistem dengan Kondisi Kurang Kondusif.....	71
4.5 Analisis Nilai <i>Chebyshev</i>	72
4.6 Hasil Evaluasi Sistem.....	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	75
5.1 Kesimpulan.....	75
5.2 Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....	76
LAMPIRAN.....	78



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Bentuk organ wicara.....	5
Gambar 2 Blok diagram konversi sinyal kontinyu menjadi sinyal diskrit.....	7
Gambar 3 Blok diagram rangkaian ADC.....	7
Gambar 4 Skema pemrosesan sinyal digital.....	8
Gambar 5 Flowchart proses penggunaan sistem rekam suara.....	10
Gambar 6 Flowchart proses penggunaan jawab pertanyaan.....	12
Gambar 7 Flowchart sistem ekstraksi ciri.....	13
Gambar 8 Tahapan Ekstraksi Ciri MFCC.....	15
Gambar 9 Program ekstraksi ciri MFCC.....	17
Gambar 10 List program <i>chebyshev distance</i>	18
Gambar 11 Hasil perancangan modul.....	20



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Pengujian 1 responden 1	21
Tabel 2 Pengujian 2 responden 1	23
Tabel 3 Pengujian 1 responden 2	25
Tabel 4 Pengujian 2 responden 2	27
Tabel 5 Pengujian 1 responden 3	29
Tabel 6 Pengujian 2 responden 3	31
Tabel 7 Pengujian 1 responden 4	33
Tabel 8 Pengujian 2 responden 4	35
Tabel 9 Pengujian 1 responden 5	37
Tabel 10 Pengujian 2 responden 5	39
Tabel 11 Pengujian 1 responden 6	41
Tabel 12 Pengujian 2 responden 6	43
Tabel 13 Pengujian 1 responden 7	45
Tabel 14 Pengujian 2 responden 7	47
Tabel 15 Pengujian 1 responden 8	49
Tabel 16 Pengujian 2 responden 8	51
Tabel 17 Pengujian 1 responden 9	53
Tabel 18 Pengujian 2 responden 9	55
Tabel 19 Pengujian 1 responden 10	57
Tabel 20 Pengujian 2 responden 10	59
Tabel 21 Pengujian kata yang mirip pada jawaban soal nomor 1	61
Tabel 22 Pengujian kata yang mirip pada jawaban soal nomor 2	62
Tabel 23 Pengujian kata yang mirip pada jawaban soal nomor 3	63
Tabel 24 Pengujian kata yang mirip pada jawaban soal nomor 4	64
Tabel 25 Pengujian kata yang mirip pada jawaban soal nomor 5	65
Tabel 26 Pengujian kata yang mirip pada jawaban soal nomor 6	66
Tabel 27 Pengujian kata yang mirip pada jawaban soal nomor 7	67
Tabel 28 Pengujian kata yang mirip pada jawaban soal nomor 8	68
Tabel 29 Pengujian pada kondisi kondusif	69
Tabel 30 Pengujian pada kondisi kurang kondusif	71
Tabel 31 <i>Range</i> nilai <i>chebyshev</i> dari jawaban benar	73
Tabel 32 Hasil Evaluasi Sistem	73



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tunanetra merupakan kondisi pada seseorang yang mengalami gangguan pada fungsi indera penglihatan. Keadaan tersebut menyebabkan seseorang tidak dapat melihat suatu objek sehingga dapat menghambat aktivitas seseorang dalam mengenali objek atau berkomunikasi dengan orang lain di lingkungannya. Dalam mendapatkan informasi, penyandang tunanetra membutuhkan beberapa aspek yaitu visual, suara, dan perabaan. Ketiga aspek tersebut sangat dibutuhkan dalam mendapatkan informasi, pembelajaran, atau pengetahuan. Namun, keterbatasan dalam melihat menyebabkan penyandang tunanetra mengandalkan indera pendengaran dan peraba (Ashad, Ramdaniah, Sriwijanaka, & St. Hajrah Mansyur, 2022).

SLB-A merupakan salah satu jenis sekolah luar biasa yang diperuntukan khusus untuk penyandang tunanetra, karena tunanetra sendiri juga berhak dan butuh pembelajaran sama seperti yang lainnya. Jadi pengajar di SLB-A sendiri nantinya akan mengajarkan para murid berkebutuhan khusus dengan metode dan cara yang dipahami oleh tunanetra seperti menggunakan rekaman suara. Suara merupakan salah satu cara untuk membantu penyandang disabilitas khususnya penyandang tunanetra dalam berkomunikasi.

Pemanfaatan perangkat lunak dalam mengidentifikasi suara merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk pengenalan suara serta sebagai alat untuk berinteraksi dengan komputer tanpa harus melakukan sentuhan pada perangkat keras (Jafar, 2020). Penyandang tunanetra juga dapat diajarkan dengan lebih mudah mengoperasikan komputer apabila terdapat sebuah aplikasi yang dapat beroperasi sesuai dengan perintah penyandang tunanetra tersebut. *Voice recognition* atau pengenalan ucapan atau suara (*speech recognition*) adalah suatu teknik yang memungkinkan sistem komputer untuk menerima input berupa kata yang diucapkan. Kata-kata tersebut diubah bentuknya menjadi sinyal digital

cara mengubah gelombang suara menjadi sekumpulan angka lalu an dengan kode-kode tertentu dan dicocokkan dengan suatu pola yang 1 dalam suatu *database*. Hasil dari identifikasi kata yang diucapkan dapat



ditampilkan dalam bentuk tulisan dan dapat dibaca dan dimengerti oleh *user* atau perangkat teknologi (Jafar, 2020)..

Simulasi yang akan dibuat menggunakan algoritma *Chebyshev Distance* dan *Mel Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC) yang akan memudahkan sistem pengenalan suara pada manusia yang sebelumnya akan di simpan pada database. MFCC merupakan salah satu metode yang banyak digunakan dalam *speech technology* baik dalam pengenalan suara maupun pengenalan speaker (Nasution, 2012). Metode ini melakukan ekstraksi ciri untuk mendapatkan *cepstral coeffisien* dan *frame* yang nantinya dapat digunakan dalam pemrosesan pengenalan suara agar memiliki ketepatan yang lebih baik. Keunggulan dari MFCC yaitu mampu menangkap karakteristik atau informasi-informasi penting yang terkandung dalam sinyal suara dan mampu menghasilkan data seminimal mungkin tanpa menghilangkan informasi-informasi penting yang ada didalam suatu sinyal suara (Nasution, 2012).

Sebelumnya telah dilakukan beberapa penelitian dengan menggunakan metode MFCC, salah satunya yang dilakukan oleh Nurul Aisyah Jafar dengan judul Simulasi Pembelajaran untuk Penyandang Tunanetra Berbasis Pengenalan Sinyal Wicara Menggunakan Matlab, metode yang digunakan yaitu metode *Euclidean Distance* dan MFCC. Hasil yang diperoleh yaitu terdapat sampel pengujian yang memiliki nilai euclidean cukup besar, sedangkan semakin besar nilai *euclidean distance* maka semakin jauh dengan suara yang dibandingkan (Jafar, 2020). Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Karisma Trinanda Putra pada tahun 2017 dengan judul Sistem Pengenal Wicara Menggunakan *Mel Frequency Cepstral Coefficien*, tetapi pada penelitian tersebut tingkat akurasi akan semakin menurun dengan semakin tingginya SNR maupun semakin banyaknya kosakata yang dipelajari (Putra, 2017).

Pada tugas akhir ini dibuat sebuah *software* untuk membantu penyandang tunanetra untuk pembelajaran yang dilakukan dengan berbasis komputer dengan merancang berbagai soal dengan menggunakan audio sehingga penyandang

cukup menjawab dengan suara. Penulis menggunakan perangkat lunak untuk membuat *software* yang akan digunakan, kemudian jawaban dari soal yang tunanetra tersebut dicocokkan dengan jawaban yang telah disediakan



sebelumnya pada *database*. Dengan adanya pembuatan simulator matlab, diharapkan dapat membantu memudahkan penyandang tunanetra untuk melakukan proses pembelajaran menggunakan perangkat keras komputer.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini mengacu pada:

1. Bagaimana merancang modul pembelajaran yang dapat membantu penyandang tunanetra dengan menggunakan metode *Mel Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC) dan *Chebyshev Distance*?
2. Bagaimana unjuk kerja dari modul pembelajaran berbasis sinyal wicara menggunakan metode MFCC dan *Chebyshev Distance*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah:

1. Untuk merancang sebuah modul pembelajaran yang dapat membantu penyandang tunanetra dengan menggunakan metode MFCC dan *Chebyshev Distance*.
2. Untuk mengetahui unjuk kerja dari modul pembelajaran berbasis sinyal wicara menggunakan metode MFCC dan *Chebyshev Distance*?

1.4 Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini yaitu:

1. Perangkat lunak yang digunakan yaitu *software* matlab.
2. Modul pembelajaran yang dibuat berupa modul pembelajaran Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan (PPKn).
3. Metode yang digunakan yaitu *Mel Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC) dan *Chebyshev Distance*.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

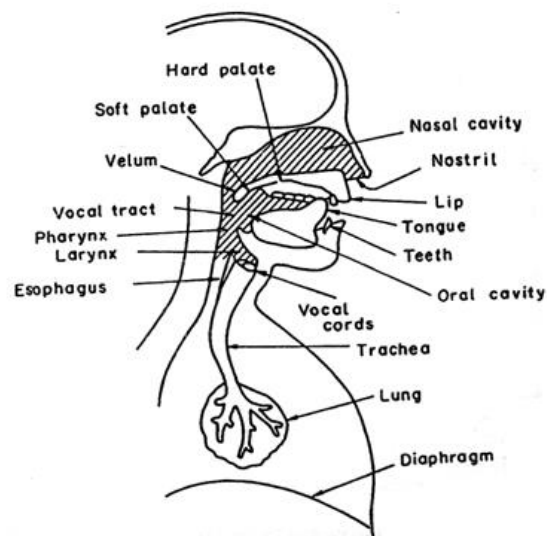
2.1 Sinyal Wicara

Secara matematis, sinyal adalah fungsi dari satu atau lebih variable independen. Proses pengolahannya dilakukan melalui pemodelan sinyal. Wicara (*speech*) termasuk salah satu bentuk audio yang memiliki frekuensi secara umum sebesar 1300 Hz – 3400 Hz (*telephone quality speech*) dan 50 Hz – 7000 Hz (*wideband speech*). Sinyal wicara merupakan sinyal yang bervariasi lambat sebagai fungsi waktu, dalam hal ini ketika diamati pada durasi yang pendek karakteristiknya masih stasioner. Tetapi bila diamati dalam durasi lebih panjang karakteristiknya berubah untuk merefleksikan suara ucapan yang keluar dari seorang pembicara. Dengan demikian bentuk dan ciri dari sinyal tersebut bisa dianalisis dan memiliki karakteristik yang berbeda (Syah, Siagian, & Aswati, 2017).

2.1.1 Proses Produksi Sinyal Wicara

Speech (wicara) dihasilkan dari sebuah kerjasama antara *lungs* (paru-paru), *glottis* (dengan *vocal cords*) dan *articulation tract* (area antara mulut dan rongga hidung). Untuk menghasilkan sebuah *voiced sounds* (suara terucap), paru-paru (*lungs*) menekan udara melalui *epiglottis*, sehingga *vocal cords* bergetar, menginterupsi udara melalui aliran udara dan menghasilkan sebuah gelombang tekanan *quasi-periodic*. Pada Gambar 1 dibawah merupakan bentuk organ wicara pada manusia:





Gambar 1 Bentuk organ wicara manusia

(Sumber : <https://123dok.com/document/7q046x3z-pemetaan-analisis-suara-manusia-menggunakan-fourier-transform-studi.html>)

Ketika rongga beresonansi, akan menimbulkan gelombang suara yang memiliki sinyal wicara. Kedua rongga tersebut beraksi sebagai resonator dengan karakteristik frekuensi resonansi masing-masing yang disebut *formant frequencies*. Pada saat rongga mulut dapat mengalami perubahan besar, kita mampu untuk menghasilkan beragam pola suara yang berbeda (Syah, Siagian, & Aswati, 2017).

Impuls tekanan disebut sebagai *pitch impulses* dan frekuensi sinyal tekanan adalah *pitch frequency* dan *fundamental frequency*. Sederatan *impuls* (fungsi tekanan suara dihasilkan oleh sebuah *vocal cords* untuk sebuah suara digambarkan dalam bentuk yang sama untuk tekanan suara yang sama. *Impuls-impuls* tersebut merupakan bagian dari *voice* yang mendefinisikan *speech melody* (melodi wicara) (Syah, Siagian, & Aswati, 2017). *Impuls pitch* merangsang udara di dalam mulut, dan untuk suara tertentu (*nasals*) juga merangsang *nasal cavity* (rongga hidung). Ketika rongga beresonansi, akan menimbulkan radiasi sebuah gelombang suara yang mana merupakan sinyal wicara. Kedua rongga beraksi sebagai *resonators* dengan karakteristik frekuensi resonansi masing-masing, yang disebut *formant frequencies*. Pada rongga mulut dapat mengalami perubahan besar, kita mampu untuk menghasilkan beragam pola ucapan suara yang berbeda (Jafar, 2020).



2.1.2 Pembangkitan dan Pengenalan Sinyal Wicara

Proses penghasil suara atau pembangkitan suara saat pembicara merumuskan pesan dalam pikirannya bahwa ia ingin mengirimkan pesan tersebut ke pendengar melalui perkataan. Terdapat mesin pencacah untuk memproses formulasi pesan berupa pembuatan teks tercetak yang menggambarkan sejumlah pesan. Langkah berikutnya dalam proses tersebut adalah konversi pesan ke dalam kode bahasa. Hubungan satu-satu secara kasar pada suara yang membentuk perkataan, bersama dengan pembuat prosody yang menunjukkan durasi suara, kenyaringan suara, dan aksen *pitch* yang berhubungan dengan suara. Setelah kode bahasa dipilih, pembicara harus menjalankan serangkaian perintah *neuromuscular* agar pita suara bergetar di saat yang tepat dan untuk membentuk *vocal tract* seperti halnya bunyi ucapan terjadi dan dilontarkan secara teratur dan benar oleh si pembicara, ada dengan memproduksi sinyal akustik sebagai hasil akhir (Rabiner & Juang, 1993).

Ketika sinyal wicara dihasilkan dan ditujukan kepada pendengar, proses persepsi wicara (pengenalan suara) dimulai. Pertama pendengar memproses isyarat yang akustik sepanjang selaput basilar di dalam telinga, yang menyediakan suatu yang menjalankan analisis spectrum terhadap sinyal yang datang. Suatu transduksi sel syaraf memproses pengkonversian spektral sinyal pada output selaput basilar ke dalam bentuk sinyal pengaktifan pada syaraf indra pendengaran, menanggapi dengan ringkas menjadi suatu fitur proses ekstraksi. Dalam suatu cara yang tidak bisa dipahami, aktifitas neural selama syaraf indera pendengaran dikonversi ke dalam suatu kode bahasa pusat pemroses yang lebih tinggi yang ada di dalam otak dan akhirnya pesan dapat dimengerti (Rabiner & Juang, 1993).

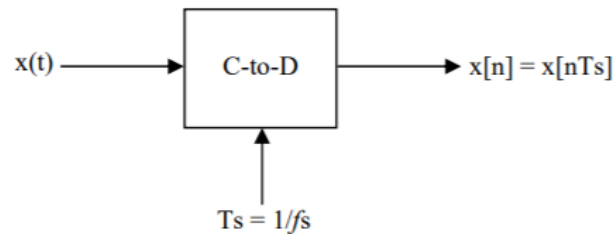
Suara digunakan manusia untuk memberikan pesan kepada sesamanya dalam bentuk suatu percakapan. Secara umum terdapat dua proses dalam percakapan tersebut, pembangkitan suara oleh pembicara dan pengenalan tersebut oleh pendengar. Komunikasi terjadi apabila terdapat pesan diberikan oleh pembicara tersebut bisa ditangkap oleh pendengar



kemudian pesan tersebut diproses dalam bentuk pengenalan dan respon terhadap apa yang diperintahkan di dalam pesan tersebut.

2.1.3 Pengolahan Sinyal Wicara (Proses Sampling)

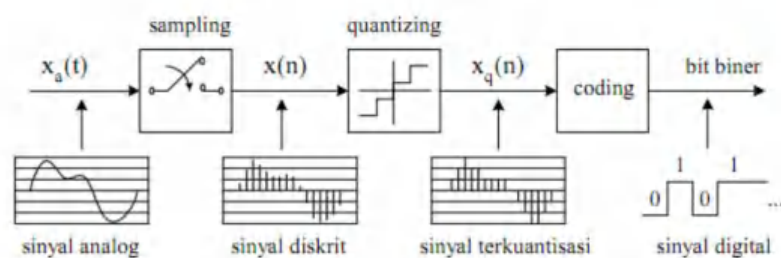
Proses sampling merupakan proses mengubah sinyal analog yang berbentuk sinyal waktu kontinu menjadi sinyal waktu diskrit. Untuk mendapatkan sinyal waktu diskrit yang mampu mewakili sifat sinyal aslinya, proses sampling harus memenuhi syarat *Nyquist*. Untuk proses komputasi, sinyal waktu kontinu harus diubah menjadi bentuk waktu diskrit dan dilanjutkan dengan proses digitalisasi. Untuk memperoleh bentuk sinyal waktu diskrit, sinyal waktu kontinu harus di-sampel.



Gambar 2 Blok diagram konversi sinyal kontinu menjadi sinyal diskrit

(Sumber : <https://images.app.goo.gl/11nsWPX4o9p1kXS6>)

Sekuen $x[n]$ didapatkan setelah proses perubahan dari *continues to discrete* (C-to-D). Secara sederhana bentuk diagram blok dari pengolahan sinyal dapat dilihat pada gambar 3:



Gambar 3 Blok diagram rangkaian ADC

(Sumber : https://anafajrin.files.wordpress.com/2015/02/proses_konversi_analog_ke_digital.png)

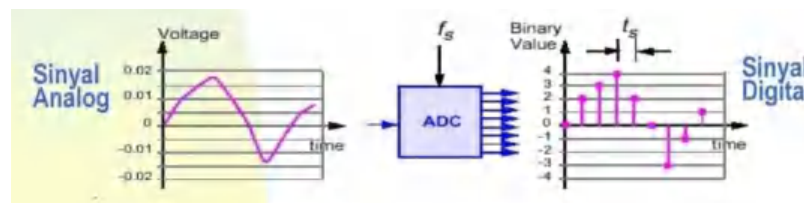
Pada gambar diatas dapat dilihat proses ADC dimulai dari informasi akan dikirimkan akan melalui proses sampling yang dimana pada proses merupakan proses perubahan waktu yang berjalan diubah kedalam bentuk bit. Setelah itu masuk ke proses kuantisasi yang merupakan proses



perubahan bentuk sample yang berkelanjutan kedalam bentuk diskrit. Dalam langkah kuantisasi, proses ini dilakukan pembagian *range* sinyal kedalam bentuk interval angka yang disepakati ukuran dari interval kuantisasi. Proses terakhir merupakan proses *encoding*, pada proses *encoding* akan merepresentasikan isi digital kuantisasi disebut dengan koding. Ini dapat terjadi pada saat menggunakan *Digital to Analog Converter* (DAC) melakukan rekonstruksi kembali sinyal analog yang berasal data digital (Rabiner & Juang, 1993).

2.2 Pemrosesan Sinyal Digital

Sinyal digital merupakan sinyal data dalam bentuk pulsa yang dapat mengalami perubahan yang tiba-tiba dan mempunyai besaran 0 dan 1 (Alfita & Nahari, 2020). Pemrosesan sinyal digital (*Digital Signal Processing*) adalah suatu teknik, perhitungan dan algoritma untuk memanipulasi sebuah sinyal yang diperoleh dari data sensor yang kemudian dilakukan pengubahan ke dalam bentuk digital. Salah satu bidang yang memerlukan pemrosesan sinyal digital adalah pengenalan suara (Candra, 2021). Skema pemrosesan sinyal digital seperti pada gambar 4 berikut :



Gambar 4 Skema pemrosesan sinyal digital

(Sumber : <https://images.app.goo.gl/S6Awj6nPTpvzbfBV7>)

Berdasarkan gambar 4, Suara yang diperoleh akan melalui *analog filter* dan akan diubah menjadi digital signal pada proses *analog-to-digital conversion* (ADC). Dalam implementasinya tidak semua pemrosesan sinyal digital harus melalui proses ADC dan DAC. Salah satunya adalah dalam pengenalan suara, dimana tidak diperlukan proses DAC karena sistem cukup hanya mengenali suara yang didapatkan dan diubah ke dalam bentuk teks.



2.3 Metode Pengenalan Suara

2.3.1 *Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC)*

Metode MFCC pertama kali diperkenalkan oleh Davis dan Mermelstein sekitar tahun 1980. MFCC merupakan ekstraksi ciri yang menghasilkan fitur berupa parameter *cepstral coefficient*. Ekstraksi ciri MFCC mengubah gelombang suara menjadi beberapa tipe parameter seperti *cepstral coefficient* yang mempresentasikan *audio file*. Selain itu MFCC menghasilkan fitur vektor yang mengonversi sinyal suara menjadi beberapa vektor untuk pengenalan fitur suara (Heriyanto, Hartati, & Putra, 2018).

2.3.2 *Chebyshev Distance*

Chebyshev distance juga disebut sebagai jarak nilai maksimum. Jarak *Chebyshev* meneliti besarnya absolut dari perbedaan antara koordinat sepasang objek. Jarak ini dapat digunakan untuk variable ordinal dan kuantitatif. Jarak *chebyshev* juga dikenal sebagai jarak papan catur karena jumlah gerakan minimal yang diperlukan oleh raja dalam permainan catur untuk pergi ke suatu kotak sama dengan jarak *chebyshev* antara dua titik pusat pada kotak jika papan catur digambarkan dengan koordinat dua dimensi. Rumus umumnya adalah sebagai berikut:

$$d_{xy} = \max_k |x_{ik} - x_{jk}| \quad (1)$$

Dimana d_{xy} adalah jarak *chebyshev* dari titik x ke titik y . Semakin kecil nilai d_{xy} maka semakin besar kesamaan antara kedua obyek atas kasus tersebut.

