

APLIKASI PENGENALAN GENDER MENGGUNAKAN SUARA

Susetyo Bagas Bhaskoro¹⁾, Altedzar Riedho W. D²⁾

¹⁾ Universitas Widyatama. Jl. Cikutra 204 Bandung 40125

²⁾ Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111

Email: ¹⁾bgsko2@yahoo.com, ²⁾tezar_07@yahoo.com

ABSTRAK

Salah satu kemampuan manusia untuk melakukan identifikasi terhadap seseorang adalah dengan cara melihat dan mendengar. Melalui kemampuan melihat dan mendengar tersebut seseorang dapat membedakan jenis kelamin dengan mudah, berdasarkan kategori fisik dan suara. Suara yang sebelumnya dapat dikenali dengan mudah oleh manusia, untuk saat ini dapat dikenali pula oleh komputer. Penelitian kali ini akan fokus pada pengembangan kemampuan komputer untuk mengidentifikasi seseorang melalui kategori suara. Data fitur yang digunakan untuk menentukan jenis kelamin seseorang berdasarkan suaranya adalah pitch dan formant. Hasil yang diperoleh berdasarkan jumlah data training 5 data (5 laki-laki dan 5 perempuan), 10 data (10 laki-laki dan 10 perempuan) dan 15 data (15 laki-laki dan 15 perempuan) dengan di ujicobakan ke 33 pembicara yang berbeda maka akan mendapatkan hasil sesuai urutan adalah 53,94%, 56,36% dan 75,76%.

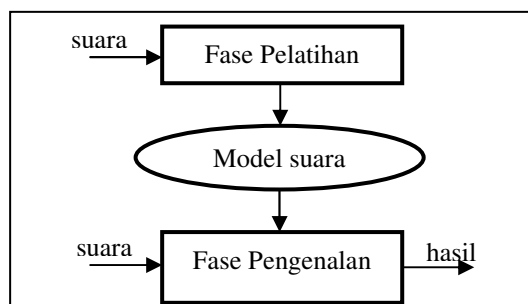
Kata kunci: Sinyal suara, pitch, formant, Cepstral, LPC, LVQ.

1. PENDAHULUAN

Suara yang dimiliki oleh manusia memiliki keragaman bentuk yang berbeda-beda, keragaman tersebut dapat terlihat dari persepsi fisik manusia terhadap suara antara lain: *formant*, jenis suara, *pitch*, *timbre* dan *volume*. Persepsi fisik tersebut dapat terdengar secara jelas apabila diucapkan oleh seseorang berjenis kelamin laki-laki ataupun perempuan. Kemudahan untuk mengidentifikasi tersebut bertambah apabila seseorang dapat mendengar dan melihat secara langsung ucapan dan suara dari lawan pembicaraanya.

Melalui perkembangan teknologi informasi saat ini, proses pengenalan identifikasi seseorang sudah dikembangkan melalui komputasi komputer, suara manusia merupakan salah satu bentuk bagian diri sendiri (*biometric*) yang dapat dijadikan sebagai identifikasi. Sehingga suara yang sebelumnya dapat dikenali dengan mudah oleh manusia melalui pendengarannya dan penglihatannya, untuk saat ini proses pengenalannya itu akan dilakukan oleh komputer.

Penelitian kali ini akan fokus pada identifikasi suara manusia berdasarkan jenis kelamin yang akan dilakukan oleh komputer dengan melakukan beberapa fase, diantaranya: (i) *training phase* (fase Pelatihan), pada fase ini menentukan beberapa penutur yang memiliki tugas untuk memberikan sampel suaranya, sehingga sistem dapat menyimpan referensi data pelatihan suara untuk model pembicara. (ii) *recognition phase* (fase pengenalan), pada fase ini mencoba mencocokkan sebuah suara yang akan diuji dengan model dari penyimpanan referensi sebelumnya dan selanjutnya membuat keputusan pengenalan terhadap suara yang diujikan. Jika digambarkan dalam blok diagram seperti.

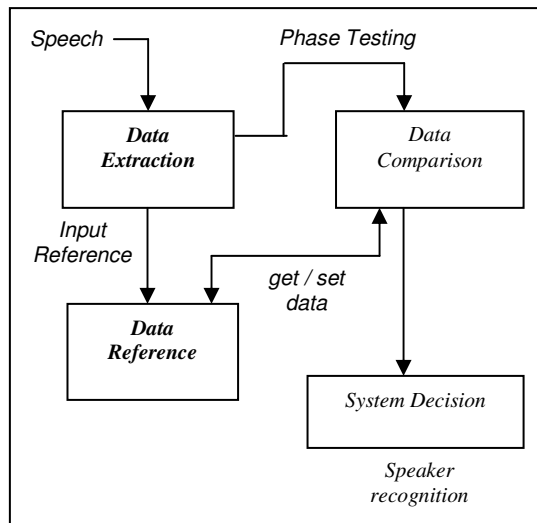


Gambar 1. Blok Diagram Pengenalan Suara

Tujuan Penelitian ini adalah untuk membangun aplikasi yang dapat mengenali jenis kelamin berdasarkan suaranya, rencana pengembangannya selanjutnya adalah mampu diaplikasikan pada robot atau mesin penjawab otomatis. Dengan adanya pengenalan gender ini nantinya robot atau mesin penjawab otomatis dapat menggunakan istilah-istilah yang tepat sebagai kata sapa (contohnya: Pak, Ibu, Mr, Mrs) sehingga terkesan lebih interaktif.

2. METODOLOGI

Pada perancangan dan pembuatan, pengerjaannya mengikuti sebuah alur blok diagram yang dibangun dan dijadikan bahan acuan secara keseluruhan untuk menyelesaikan permasalahan pada penelitian ini. Alur blok diagram sebagai berikut:



Gambar 2. Desain Sistem

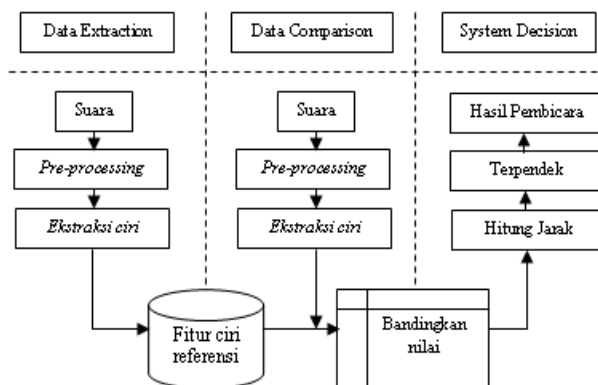
Data Extraction, pada blok diagram ini berfungsi untuk mencari nilai-nilai fitur dari suara yang dapat dijadikan nilai pembandingan untuk suara satu dengan suara lainnya.

Data Reference, pada blok diagram ini berfungsi untuk media penyimpanan fitur-fitur suara yang sudah di-*training*.

Data Comparison, pada blok diagram ini berfungsi sebagai proses *matching* (pencocokan) terhadap fitur suara yang sudah disimpan dengan fitur suara yang akan diuji-cobakan.

System Decision, pada blok diagram ini berfungsi sebagai pengambil keputusan terhadap data suara yang sudah di cocokkan pada blok diagram sebelumnya, sehingga dapat mengidentifikasi bahwa fitur suara cocok dengan suara yang di uji-cobakan.

Blok diagram secara keseluruhan dari proses pengerjaan sistem, yang merupakan penjabaran proses dari blok diagram diatas adalah seperti berikut:



Gambar 3. Desain Sistem Keseluruhan

3. KAJIAN TEORI

3.1 Frekuensi

Frekuensi merupakan komponen dasar pembentuk suara. Frekuensi adalah kecepatan perubahan amplitudo terhadap waktu. Suara muncul karena adanya getaran pada udara. Jumlah getaran pembentuk suara dinyatakan dalam frekuensi atau jumlah getaran dalam satu satuan waktu. Frekuensi dinyatakan dalam satuan hertz (Hz). Misalkan suatu suara memiliki frekuensi sebesar 440 Hz, maka berarti dalam satu detik terjadi 440 buah getaran.

Sebagian besar manusia lebih mampu mengenali perbedaan frekuensi dalam bentuk relatif terhadap frekuensi yang lain, dan tidak terlalu mengenali frekuensi dalam bentuk absolutnya.

Hal ini berarti bahwa sebagian besar manusia lebih dapat mengenali frekuensi suara apabila suara tersebut memiliki pembandingan dengan suara lain yang memiliki frekuensi yang berbeda.

Oleh karena itu manusia biasanya mampu mengatakan bahwa suara tertentu lebih tinggi atau lebih rendah daripada suara lainnya, dan sukar untuk mengatakan pada frekuensi berapa suara tersebut.

3.2 Amplitudo

Amplitudo merupakan simpangan dari suatu getaran yang menghasilkan suara tersebut. Amplitudo menentukan keras lemahnya suatu suara. Semakin keras suatu suara semakin besar amplitudonya.

3.3 Pitch

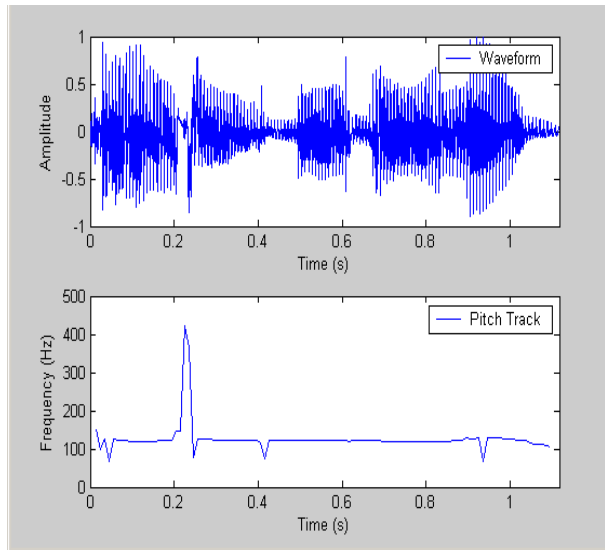
Pitch adalah persepsi pendengaran manusia terhadap perbedaan frekuensi suatu suara. Biasanya pitch dikenal dalam bentuk nada, misalnya: C, D, E, dan sebagainya.

Pitch memiliki skala yang bersifat logaritmik terhadap frekuensi pembentuknya. Satuan yang digunakan dalam pitch adalah Hz. Sebagai contoh, nada A pada oktaf ke-4 memiliki frekuensi 440 Hz, dan nada A pada oktaf ke-5 memiliki frekuensi 880 Hz, sedangkan nada A pada oktaf ke-6 memiliki frekuensi 1760 Hz. Berikut adalah perbandingan pitch seseorang dalam mengucapkan kata "hallo".

Tabel 1 Perbandingan Nilai Pitch Laki-laki dan Perempuan

Gender	Maksimal	Rata-Rata	Minimal
Laki-Laki	421.0526	126.0682074	66.1157
Perempuan	470.5882	289.5308709	133.3333

Salah satu hasil yang didapatkan pada proses PITCH akan terlihat pada gambar 4 berikut ini:



Gambar 4. Pitch Track

3.4 Volume

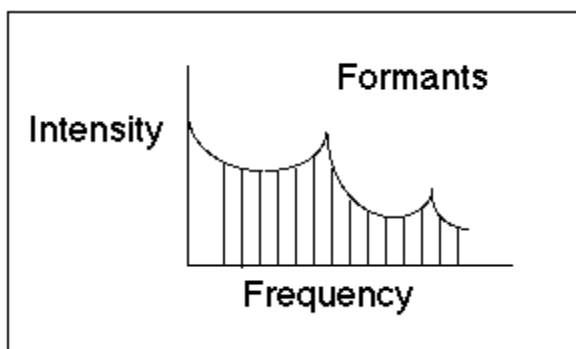
Volume adalah persepsi manusia terhadap keras-lemahnya suatu suara saat didengar. *Volume* berbanding lurus dengan amplitudo. Semakin besar *volume*, semakin keras suara yang didengar, yang berarti semakin besar amplitudonya.

3.5 Timbre

Timbre adalah warna suara yang merupakan karakteristik suara dan merupakan pembeda antara satu suara dengan suara lainnya. Misalkan suara terompet dan suara piano, walaupun keduanya memainkan nada yang sama tetapi memiliki warna suara yang berbeda. *Timbre* biasanya digambarkan dalam *time domain*.

3.6 Formant

Formant adalah frekuensi resonansi alami yang terjadi di dalam rongga bidang suara, tergantung pada bentuk dan ukuran bidang suara. Vokal umumnya mempunyai 3 formant F1, F2, dan F3. Sedangkan pitch (F0) merupakan periode pengulangan pulsa yang disebabkan oleh membuka dan menutupnya pita suara. Satuan dari formant adalah Hz.



Gambar 5. Formant pada spectrum suara [1]

Suara vokal yang terdiri dari a, e, i, o, dan u dapat dicirikan sesuai dengan formant vokalnya tersebut. Suara berbisik pada dasarnya mempunyai ciri yang sama dengan suara biasa, hanya dalam pengucapannya pelan dan hampir tak bersuara serta mengandung derau atau *noise*. Tabel di bawah ini memuat contoh nilai-nilai formant dari seorang laki-laki dan seorang perempuan yang diperoleh dari pengucapan kata "Hallo".

Tabel 2. Nilai Formant Laki-Laki dan Perempuan

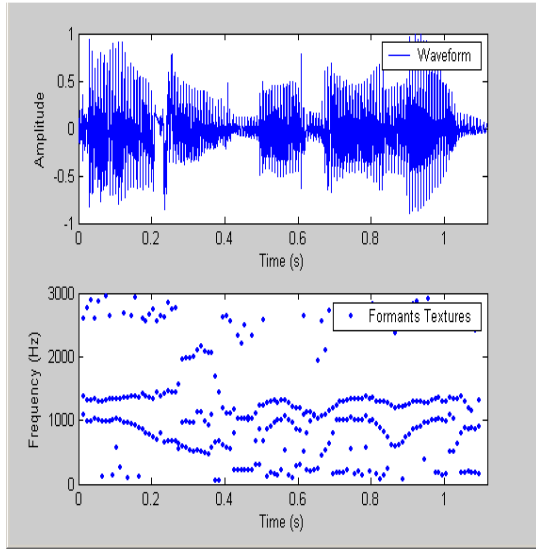
Laki-Laki	Max	Rata - Rata	Min
F1	1085	453.4018349	55.3
F2	1448.8	1069.436697	626.4
F3	2945	1910.72844	1044.6

Perempuan	Max	Rata - Rata	Min
F1	768.5165	432.9377109	129.8105
F2	1584.1	1021.922727	542.6
F3	3052.5	1602.889091	906.8

Suara yang dianalisa dalam penelitian ini adalah suara dari laki-laki dan perempuan yang dikategorikan dewasa. Kategori dewasa yang dimaksud adalah orang-orang yang berusia kira-kira diantara 18 – 40 tahun. Hal ini dimungkinkan karena suara anak kecil masih akan mengalami perubahan nilai *pitch* dan *formant* seiring dengan pertumbuhan organ-organ penghasil suaranya.

Sedangkan untuk orang yang berusia lanjut (kurang lebih diatas 40 tahun) nilai *pitch* dan *formant*nya juga relatif berubah karena organ penghasil suaranya mengalami penurunan fungsi sejalan dengan umur yang bertambah.

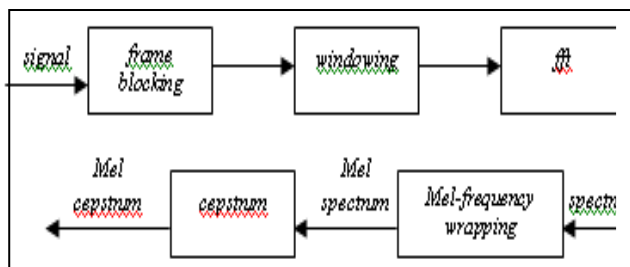
Salah satu hasil yang didapatkan pada proses FORMANT akan terlihat pada gambar 6 berikut ini:



Gambar 6. Pitch Track

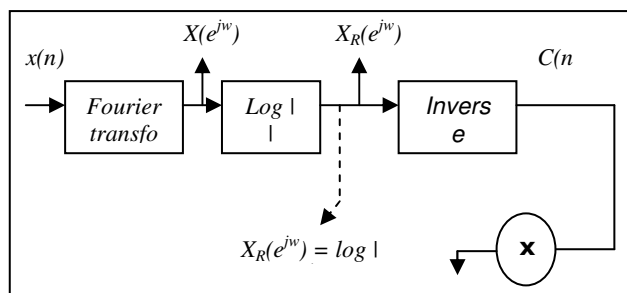
3.7 Cepstrum

Cepstral Coefficients (cepstrum) merupakan hasil utama dari proses pengambilan ekstraksi ciri sinyal wicara ini. Pada pengujian analisa ini mengambil 8 buah data yang dapat mewakili seluruh data. Blok Diagram dari ekstraksi ciri suara dapat terlihat seperti:



Gambar 7. Blok diagram Ekstraksi[2]

Dalam penerapan model ekstraksi ciri suara untuk mendapatkan nilai cepstrum terjadi beberapa perubahan proses langkah penghitungannya dari blok diagram ekstraksi sebelumnya. Penerapan *cepstrum* dapat dilihat melalui gambar dibawah ini:



Gambar 8. Penerapan Cepstrum[3]

Proses pelaksanaan penelitian ini dalam mendapatkan nilai *cepstrum* terdapat beberapa

perubahan dari blok diagram sebenarnya. Perbedaan tersebut dengan mengubah langkah pemrosesan sinyal wicara.

Berkaitan dengan pengerjaan yang berbeda dari bentuk blok diagram, didalam *digital signal processing (DSP)* disebut dengan proses *homomorphic*, yang berarti struktur yang sama. "Dalam *sains* dan teknik itu biasa digunakan untuk menemukan sinyal yang sulit untuk dipahami atau dianalisa. Strategi *homomorphic* proses ini adalah untuk mengkonversi situasi yang sulit untuk dikendalikan menjadi linear sistem konvensional, dimana teknik analisis yang lebih baik dipahami[4]".

3.8 Linear Predictive Coefficiency (LPC)

LPC merupakan salah satu metode pemodelan suara yang didasarkan pada teori bahwa suara manusia dibentuk dari getaran sinyal sederhana yang dihasilkan oleh bergetarnya laring pada rongga tenggorokan. Analisa *Linier Predictive Coefficiency* telah digunakan untuk menganalisa suara manusia semenjak tahun 1960. Teknik ini didasarkan pada fakta bahwa karakteristik suara manusia dapat direpresentasikan dengan menggunakan sejumlah parameter matematika sederhana.

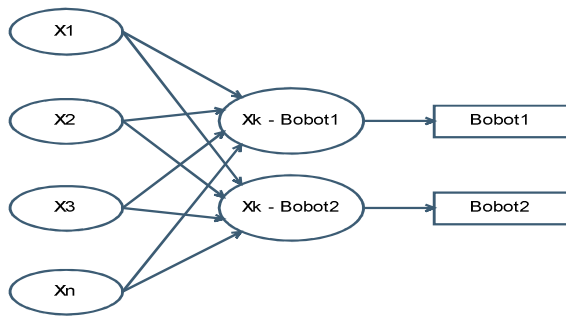
Tujuan dari metode *LPC* adalah untuk memisahkan efek formant dengan frekuensi dasar dari suara manusia. Untuk dapat memisahkan antara formant dengan frekuensi dasar pada suara manusia, maka metode *LPC* menggunakan rumus matematis linier yang menyatakan bahwa adanya keterhubungan kombinasi antara nilai sampel tertentu X_t dengan sejumlah p nilai sampel sebelumnya.

3.9 Learning Vector Quantization (LVQ)

Learning Vector Quantization (LVQ) digunakan untuk proses klasifikasi obyek terhadap data fitur yang sudah tersimpan. LVQ adalah suatu metode untuk melakukan pembelajaran pada lapisan kompetitif yang terawasi.

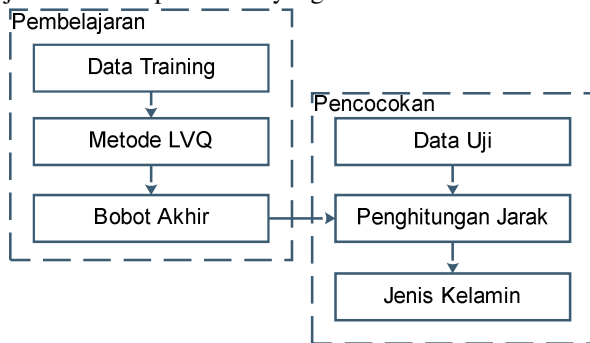
Suatu lapisan kompetitif akan secara otomatis belajar untuk mengklasifikasikan vektor-vektor input. Kelas-kelas yang didapatkan sebagai hasil dari lapisan kompetitif ini hanya tergantung pada jarak antara vektor-vektor input. Jika dua vektor input mendekati sama, maka lapisan kompetitif akan meletakkan kedua vektor input tersebut ke dalam kelas yang sama.

Arsitektur LVQ akan terlihat seperti pada gambar 9 dibawah ini:



Gambar 9. Arsitektur LVQ Network

Metode LVQ ini pula yang digunakan untuk proses pencocokan (*matching*). Proses ini terdapat beberapa langkah yaitu pembelajaran menggunakan metode LVQ berdasarkan data training yang sudah tersimpan, dan hasil pencocokan tersebut adalah jenis kelamin pembicara yang teridentifikasi.

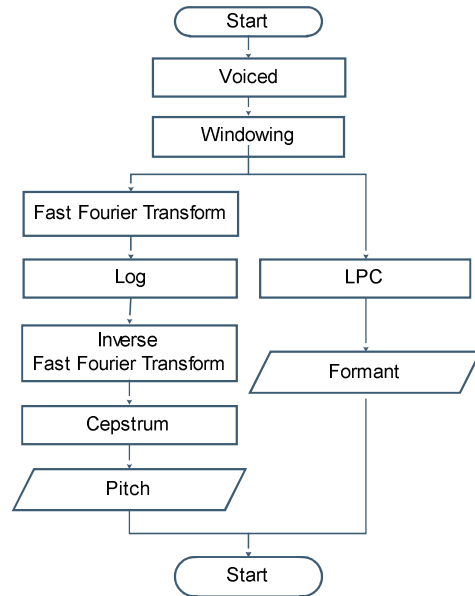


Gambar 10. Diagram Tahap Pencocokan Suara

4. EKSTRAKSI CIRI SUARA

Tahap ekstraksi fitur dilakukan untuk mencari nilai fitur-fitur yang dibutuhkan. Pada program ini, fitur yang diperlukan adalah pitch (F0) dan formant (F1, F2, dan F3). Metode yang digunakan untuk mendapatkan nilai pitch adalah metode *Cepstral* dan metode LPC untuk formant.

Blok diagram dari ekstraksi ciri suara akan terlihat seperti gambar 11 dibawah ini:



Gambar 11. Alur Proses Ekstraksi Ciri Suara

Didalam melakukan proses ekstraksi ciri suara salah satu alur kegiatan yang harus diperhatikan adalah dalam mendapatkan nilai pitch proses penghitungan dilakukan per-*frame* sampai seluruh frame selesai dihitung, dan masing-masing sinyal yang diolah, dibutuhkan 3 nilai pitch, yaitu nilai pitch terbesar (F0Maksimal), nilai pitch terkecil (F0Minimal), dan nilai rata-rata dari seluruh nilai pitch yang diperoleh (F0Rata2).

Proses lainnya yang harus diperhatikan adalah yang berhubungan dengan mendapatkan nilai formant. Jumlah formant yang diperoleh dengan menggunakan metode LPC terkadang tidaklah sama pada masing-masing *frame*. Karena yang dibutuhkan hanya 3 nilai formant, maka akan diambil 3 nilai formant terkecil dari masing-masing frame yang mewakili F1, F2, dan F3.

5. PENGENALAN SUARA

Metode klasifikasi yang digunakan dalam program ini adalah metode LVQ, dimana metode ini memiliki ciri memiliki bobot akhir yang merupakan nilai ideal dari data-data yang termasuk dalam clusternya masing-masing.

Sebagai bobot awal, diambil nilai dari 2 file pertama (0.txt dan 1.txt) dimana pada file 0.txt berisikan nilai-nilai fitur dari suara laki-laki dan disimpan pada variabel bobot_1 sedangkan 1.txt berisikan nilai fitur dari suara perempuan yang disimpan pada variabel bobot_2.

Selanjutnya pada setiap file, dilakukan perhitungan untuk mengetahui jarak data file tersebut dengan kedua bobot sebelumnya. Jika sudah didapatkan, maka bobot akhir yang jaraknya terdekat diperbaiki nilainya. Begitu seterusnya sampai keseluruhan file terhitung. Maka diperoleh bobot akhir yang ideal dari masing-masing cluster (laki-laki dan perempuan).

Tahap terakhir adalah menyimpan bobot akhir tersebut pada file "bobot_akhir_1.txt" untuk bobot_1 (Bobot akhir Laki-laki) dan "bobot_akhir_2.txt" untuk bobot_2 (Bobot akhir Perempuan). Kedua file yang nantinya akan dipakai sebagai acuan penentuan jenis kelamin user dari data uji yang dimasukkan pada proses pengenalan.

Berikut tabel yang berisikan nilai bobot akhir dari masing-masing jenis kelamin:

Tabel 3. Tabel Perbandingan Nilai Bobot Akhir

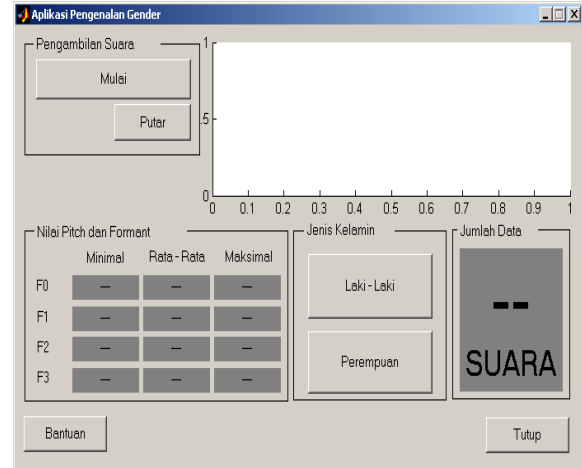
Jenis Kelamin	Fitur	Jumlah Data Training (masing-masing jenis kelamin)		
		5 Data	10 Data	15 Data
Laki – Laki	F0 Minimal	68.2028	56.229022	64.046939
	F0 Rata-Rata	131.462851	173.80634	163.793178
	F0 Maksimal	370.431925	424.951192	374.723183
	F1 Minimal	54.783612	49.191683	67.908063
	F1 Rata-Rata	447.087524	450.276003	416.360506
	F1 Maksimal	998.301664	1107.07027	1022.52327
	F2 Minimal	396.313216	415.793602	471.262793
	F2 Rata-Rata	1061.51367	1046.2626	1040.55633
	F2 Maksimal	1822.97863	2089.91207	1908.79745
	F3 Minimal	1074.25679	1103.64577	1090.64177
	F3 Rata-Rata	2014.41147	1841.56499	1863.70232
	F3 Maksimal	3159.8165	3260.77848	3086.30126
Perempuan	F0 Minimal	167.177605	115.610963	172.842804
	F0 Rata-Rata	227.212934	188.992891	233.258673
	F0 Maksimal	254.573368	301.889661	292.481319
	F1 Minimal	196.266634	126.521798	192.618511
	F1 Rata-Rata	456.321686	454.8587	462.546157
	F1 Maksimal	854.846354	837.321454	828.449579
	F2 Minimal	616.546068	568.07067	618.076068
	F2 Rata-Rata	995.788995	1005.04766	1015.34321
	F2 Maksimal	1494.79059	1494.49137	1409.26258
	F3 Minimal	1110.50567	1093.55414	1108.82047
	F3 Rata-Rata	1591.74489	1712.38377	1600.17743
	F3 Maksimal	2537.13768	2732.61059	2465.83764

6. PENGUJIAN PROGRAM

Tahap ini dibutuhkan untuk mengetahui seberapa besar prosentase keakuratan program ini dalam mengidentifikasi jenis kelamin user berdasarkan suaranya. Cara pengujian yang penulis lakukan adalah dengan meminta masing-masing user untuk berbicara 5 kali untuk masing jumlah data fitur sehingga total 15 kali bicara menggunakan kata-kata yang berbeda. Pengujian

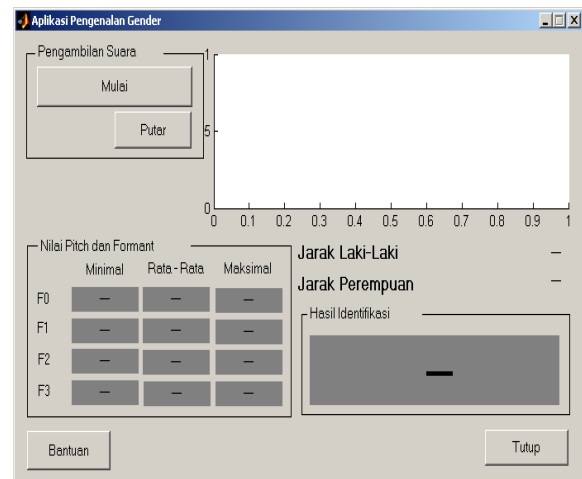
dilakukan terhadap 33 user yang terdiri dari 23 laki-laki dan 10 perempuan.

Desain interface aplikasi untuk melakukan ekstraksi ciri suara dan pengenalan suara akan terlihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 12. Form ekstraksi fitur

Sedangkan desain interface untuk proses pengenalan suara akan terlihat seperti:



Gambar 13. Form pengenalan gender

Hasil yang didapatkan setelah melakukan percobaan adalah seperti yang terlihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. Prosentase Keberhasilan

Jumlah Data Training (masing-masing jenis kelamin)	Hasil		Prosentase Keberhasilan
	Benar	Salah	
5 Fitur	89	76	53.94%
10 Fitur	93	72	56.36%
15 Fitur	125	40	75.76%

Dari hasil prosentase keberhasilan diatas, diketahui bahwa bobot akhir yang diperoleh dari data training sebanyak 30 buah (15 laki-laki dan 15

perempuan) memiliki prosentase keberhasilan terbesar dibandingkan dengan bobot akhir yang lain. Hal ini disebabkan karena nilai bobot akhir tersebut merupakan hasil perhitungan nilai data training lebih banyak dari yang lain. Sehingga bisa dikatakan nilai bobot akhir tersebut mewakili nilai data fitur lebih banyak.

Beberapa hal yang menyebabkan terjadinya salah identifikasi antara lain:

1. Suasana saat pengujian terlalu ramai atau terlalu banyak noise. Hal ini menyebabkan nilai fitur yang didapat tidak valid karena suara yang diolah masih tercampur dengan noise.
2. Suara orang yang diuji lebih mirip dengan suara lawan jenisnya. Sebagai contoh, suara perempuan yang diuji mirip dengan suara laki-laki. Begitu juga sebaliknya. Hal ini juga berlaku jika aplikasi ini diujikan kepada orang banci. Jika dia menggunakan suara aslinya (suara laki-laki) maka prosentase keberhasilannya akan lebih besar jika dibandingkan dia menggunakan suara yang dibuat-buat.

7. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisa program yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Metode pengambilan ciri (*feature extraction*) yang digunakan pada aplikasi ini adalah Metode *Cepstral* untuk ciri pitch (F0) dan metode LPC (*Linier Predictive Coding*) untuk formant (F1, F2, dan F3);
2. Cara penentuan jenis kelamin user adalah dengan membandingkan nilai fitur yang didapat dari suara *user* dengan bobot akhir yang diperoleh dari data *training* berdasarkan metode *clustering* LVQ. *Cluster* yang diambil adalah *cluster* yang memiliki nilai terkecil atau jarak terpendek dari data fitur *user*;
3. Sinyal suara yang diolah, baik pada saat proses pembelajaran ataupun proses pengenalan sangat berpengaruh terhadap hasil pengenalan. Jika masih terdapat *noise* yang terproses, maka nilai fitur yang didapat tidaklah valid;
4. Beberapa hal yang menyebabkan hasil pengenalan salah :
 - a. Suara yang diproses masih tercampur dengan *noise*.
 - b. Suara user lebih mirip dengan suara lawan jenisnya. Sebagai contoh laki-laki memiliki suara yang lebih mirip perempuan, begitu juga sebaliknya.
5. Beberapa masalah yang menyebabkan terjadinya *noise* :

- a. Suasana saat pengambilan suara yang terlalu ramai atau bising.

- b. Peralatan pengambilan suara yang tidak tepat, seperti mikrofon yang terlalu sensitif terhadap suara atau *soundcard* pada komputer yang berkualitas jelek.

6. Metode LVQ akan memiliki prosentase keberhasilan lebih besar jika data training yang digunakan lebih banyak. Dengan kata lain, semakin banyak data training yang digunakan untuk mendapatkan bobot akhir, maka prosentase keberhasilannya akan semakin besar.

8. PUSTAKA

- _____, 2009.
http://www.evmsent.org/voice_mecha2.asp
- _____, 2009.
http://www.ifp.uiuc.edu/~minhdo/teaching/speaker_recognition
- Bagas Bhaskoro, Susetyo. 2011. Aplikasi Pengenalan Suara Pada Manusia. Seminar Nasional Teknoin 2011.
- Oppenheim, Alan V. dan Ronald W. Schafer. 1994. *Digital Signal Processing*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, New Jersey.
<http://www.dspguide.com/>. The scientific and engineer's guide to digital signal processing by Steven W. Smith, Ph.D.
<http://note.sonots.com/> diakses tanggal 14 Maret 2009.
- Putra, Darma. 2008, *Sistem Biometrika*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Ranadhi, Djalul, Wawan Indarto dan Taufiq Hidayat. 2006. *Implementasi Learning Vector Quantization (LVQ) untuk Pengenalan Pola Sidik Jari pada Sistem Informasi Narapidana LP Wirogunan*, Fakultas Teknologi Industri. Universitas Islam Indonesia.
- _____, 2009. <http://www.mathworks.com/>
- Buono, Agus dan Benyamin Kusumoputro. *Pengembangan Model HMM Berbasis maksimum lokal menggunakan jarak Euclid untuk Sistem Identifikasi Pembicara*. Prosiding Of Seminar Conference On Computer Science And Information Technology Universitas Indonesia, 29-30 2007.
- Hanselman, Duane dan Bruce Littlefield. 1997. *Matlab Bahasa Komputasi Teknis*. Andi: Yogyakarta.
- Paulus, Erick, S.Si, M.Kom. dan Yessica Nataliani, S.Si., M.Kom. 2007. *GUI Matlab*. Andi:Yogyakarta.
- Proakis, John G. dan Dimitris G. Manolakis. 1992. *Digital Signal Processing Principles*,

Algorithms, and Applications. Macmillan,
New York.
Sugiharto, Aris. 2006. *Pemrograman GUI dengan*
Matlab. Andi: Yogyakarta.