

## SISTEM IDENTIFIKASI SUARA DENGAN METODE STATISTIK

Hary Suswanto\*

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran tentang analisis dan identifikasi suara pada manusia. Perbedaan pita suara antara obyek manusia dengan manusia yang lain, merupakan penyebab terjadinya variasi sinyal yang diperoleh dari hasil perekaman. Data yang dihasilkan dari penelitian ini adalah harga deterministik dari hasil perekaman beberapa obyek manusia dengan pengucapan kata "Merah", "Kuning" dan "Biru", dimana kemudian bisa diketahui distribusi statistiknya. Dari penelitian ini diperoleh informasi bahwa secara umum distribusi kumulatif pengucapan kata "Merah", "Kuning" dan "Biru" hasil pengukuran pada beberapa obyek manusia, mengikuti distribusi *Rayleigh*.

**Kata kunci :** identifikasi suara, *Rayleigh* dan analisis statistik

Secara garis besar sistem identifikasi suara merupakan suatu usaha untuk menghasilkan suatu mesin cerdas yang mampu mengenali dan menentukan asal dan ciri speaker berdasarkan ucapan individual. Kesulitan yang paling mendasar adalah bagaimana melakukan ekstraksi terhadap sinyal ucapan menjadi beberapa parameter yang dapat digunakan untuk klasifikasi ucapan secara efisien.

Untuk mengatasi kesulitan tersebut, muncul dan berkembang beberapa metode pendekatan. Dan diantara pendekatan yang sangat berhasil sampai saat ini adalah Metode LPC (*Linear Predictive Coding*) yang merupakan metode parametric yang digunakan untuk merepresentasikan suatu sinyal ucapan. Keluaran dari LPC ini adalah himpunan parameter yang merupakan representasi suatu segmen sinyal.

Setelah parameter-parameter tersebut dihasilkan oleh LPC, maka tentu dibutuhkan suatu metode lainnya yang berfungsi untuk memproses parameter-parameter tersebut sebagai akibat dari perubahan parameter sinyal. Perubahan tersebut terjadi karena adanya perbedaan gaya bicara, warna suara, jenis kelamin,

umur dan sebagainya. Metode yang menjadi pilihan didalam sistem identifikasi suara tersebut adalah metode Statistik yang dapat menggambarkan struktur temporal dari suatu signal ucapan.

Aspek yang akan ditinjau dalam sistem identifikasi suara meliputi aspek formalasi dan LPC (*Linear Predictive Coding*) serta aspek statistik.

### Aspek Formalasi dan Analisa LPC (*Linear Predictive Coding*)

LPC adalah sebuah bahasa yang dapat diterapkan dalam sinyal suara dimana kemampuan LPC ini adalah dapat memprediksikan kode-kode secara linier (dalam hal ini kode sinyal suara).

### Pemrosesan sinyal

- Pre-Emphasis:* Dimaksudkan agar spektrum signal merata di semua frekuensi. Fungsi transfer *Pre-Emphasis* yang paling sering digunakan adalah model sistem orde satu, yaitu  $H(z) = 1 - a.z^{-1}$ ,  $0.95 \leq a \leq 1$ . Keluaran model filter *Pre-Emphasis* dinyatakan pada persamaan (1).
- Pembingkaihan: Setiap kata dibagi dalam beberapa bingkai/*frame* untuk

---

\* Hary Suswanto adalah Dosen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang

memperoleh parameter sinyal bicara sesuai dengan model yang diinginkan.

$$y(n) = x(n) - a x(n-1) \quad (1)$$

$$W(n) = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (2)$$

c. *Windowing*: Terhadap setiap *frame/segmen* dilakukan proses *windowing*, yang berfungsi untuk mengurangi efek diskontinuitas pada ujung-ujung *frame*. Jenis *windowing* yang digunakan adalah *Window Hamming* yang dinyatakan pada persamaan (2).

### ANALISIS LPC

Ide dasar dari model LPC adalah bahwa sebuah sinyal diskrit pada cuplik ke- $n$ ,  $s(n)$  dapat didekati sebagai kombinasi linier dari  $p$  buah data cuplik sebelumnya, dan dinyatakan pada persamaan (3).

$$s(n) \approx a_1 s(n-1) + a_2 s(n-2) + \dots + a_p s(n-p) \quad (3)$$

dimana koefisien  $a_1, a_2, \dots, a_p$  dianggap konstan pada suatu bingkai. Dan dengan melibatkan penguatan eksitasi, maka persamaan (3) berubah menjadi persamaan (4).

$$s(n) = \sum_{i=1}^p a_i s(n-i) + G u(n) \quad (4)$$

dimana :  $u(n)$  = Eksitasi yang dinormalisasi  
 $G$  = Penguatan dari eksitasi  
 Dalam domain  $z$  persamaan (4) berubah menjadi :

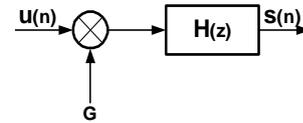
$$S(z) = \sum a_i z^{-i} S(z) + G U(z) \quad (5)$$

Fungsi transfernya adalah :

$$H(z) = \frac{S(z)}{G U(z)} = \frac{1}{1 - \sum_{i=1}^p a_i z^{-i}} = \frac{1}{A(z)} \quad (6)$$

Interprestasi dari persamaan (6), maka model dari filter tersebut

merupakan filter digital yang mempunyai pole saja (tanpa zero). Model tersebut dapat diilustrasikan dengan Gambar 1.



Gambar 1. Model LPC dari sinyal bicara (Sumber: Rabiner, 1986)

Berdasarkan persamaan (6), maka prediksi *error*-nya adalah :

$$e(n) = s(n) - \sum_{i=1}^p a_i s(n-i) \quad (7)$$

$a_i$  tersebut harus dicari agar kesalahan  $e(n)$ , adalah minimum. Dan estimasi dilakukan pada selang waktu tertentu. Salah satu cara untuk memperoleh  $a_i$  tersebut adalah dengan metode autokorelasi, yaitu :

$$r_n(i) = \sum_{k=1}^p r_n(|i-k|) \hat{a}_k, \quad 1 \leq i \leq p \quad (8)$$

Persamaan (8) dapat ditulis dalam persamaan metriknya sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} r_n(0) & r_n(1) & r_n(2) & \dots & r_n(p-1) \\ r_n(1) & r_n(0) & r_n(1) & \dots & r_n(p-2) \\ r_n(2) & r_n(1) & r_n(0) & \dots & r_n(p-3) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_n(p-1) & r_n(p-2) & r_n(p-3) & \dots & r_n(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{a}_1 \\ \hat{a}_2 \\ \hat{a}_3 \\ \vdots \\ \hat{a}_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_n(1) \\ r_n(2) \\ r_n(3) \\ \vdots \\ r_n(p) \end{bmatrix} \quad (9)$$

Dengan demikian vektor  $a(p) = [\hat{a}_1 \ \hat{a}_2 \ \hat{a}_3 \ \dots \ \hat{a}_p]$  merupakan koefisien LPC.

### Perhitungan Koefisien Cepstral

Koefisien ini dapat diperoleh secara langsung dari parameter LPC, yaitu :

$$c_m = a_m + \sum_{k=1}^{m-1} \left(\frac{-1}{m}\right)^k c_k a_{m-k}, \quad 1 \leq m \leq p \quad (10)$$

### Pembobotan Cepstral

Setelah terbentuk  $m$  buah vektor koefisien Cepstral, kemudian diberi

pembobot berupa sebuah “lifter” dengan fungsi sebagai berikut:

$$w(m) = \left[ 1 + \frac{Q}{2} \sin\left(\frac{\pi m}{Q}\right) \right] \quad (11)$$

### Model Probabilitas

Aplikasi matematika statistik yang diperlukan untuk mengolah data dapat diperoleh dari survey supaya mendapatkan informasi yang diinginkan. Dalam hal ini, informasi tersebut merupakan distribusi probabilitas data hasil survey, dimana model statistik ini merupakan model pendekatan dari besaran yang diamati.

### Probability Density Function

Fungsi kerapatan probabilitas didefinisikan sebagai turunan terhadap  $x$  dari fungsi kumulatif atau CPD (*Cumulative Probability Distribution*). Fungsi kerapatan probabilitas ini biasanya diperoleh dari data-data percobaan dalam sebuah harga dan dinotasikan dengan persamaan sebagai berikut :

$$p(y) = \left[ \frac{20 \log_{10} e}{y} \right] p(x) \quad (12)$$

### Cumulative Probability Density

Untuk variabel acak yang mempunyai nilai spesifik, distribusi probabilitas kumulatifnya didefinisikan sebagai probabilitas dari variabel acak kejadian  $x$  bernilai sama atau kurang dari harga  $x$ , notasinya adalah sebagai berikut :

$$F_x(X) = \text{prob}(x \leq X) \quad (13)$$

### Uji Kolmogorov-Smirnov

Kolmogorov-Smirnov adalah salah satu contoh pengujian distribusi dari sekian banyak teknik pengujian yang secara statistik dapat digunakan untuk menguji kesesuaian dari distribusi

teoritis terhadap distribusi yang didapat dari hasil pengukuran. Pengujian ini pada prinsipnya mencari selisih harga mutlak terbesar  $D_n(x)$  dari nilai fungsi distribusi kumulatif yang diperoleh dari sampel acak yang berukuran  $n$ ,  $F_n(x)$  dengan fungsi distribusi kumulatif teoritis  $G(x)$  untuk suatu significance level  $\alpha$  atau confidence level  $1-\alpha$ .

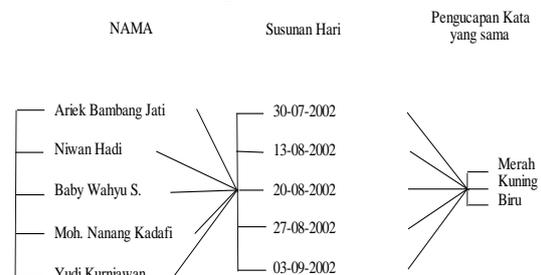
Pengujian ini dapat dilakukan bila nilai parameter distribusi telah diketahui sebelumnya atau telah diperkirakan. Jika selisih harga mutlak terbesar  $D_n(x)$  dari dua distribusi yang di uji masih lebih kecil dari  $D_\alpha$ , distribusi hipotesa sesuai dengan data pengukuran dengan confidence level  $1-\alpha$ . Beberapa nilai dari  $D_\alpha$  telah ditabulasikan dalam beberapa nilai significance level  $\alpha$

### HASIL

Identifikasi obyek sampel suara secara umum diambil dari suku Jawa, jenis kelamin laki-laki dan usia yang beragam pada mahasiswa Universitas Muhammadiyah Malang. Pengambilan data suara ini dilakukan tiap-tiap hari Senin pada tanggal 30 Juli 2002, tanggal 13, 20, 27 Agustus 2002 dan tanggal 3 September 2002.

### Struktur Sampel Data

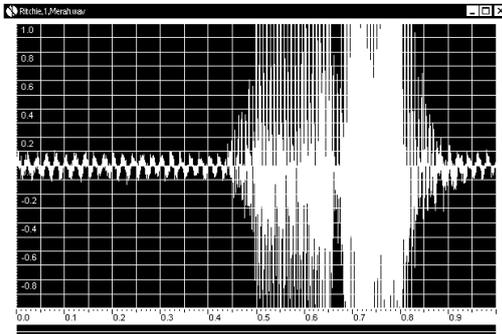
Adapun struktur sampel pengambilan data adalah sebagai berikut :



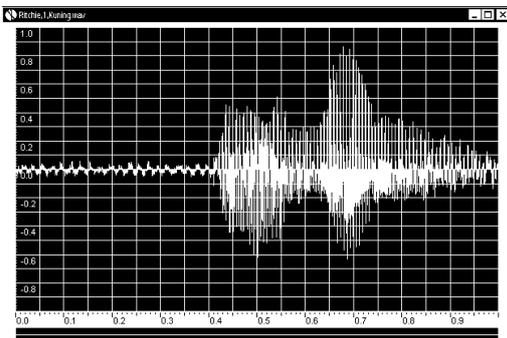
### Obyek Ariek Bambang Jati

Dilahirkan di Lumajang pada tanggal 6 Juli 1979, anak pertama dari tiga bersaudara dengan tinggi badan 172

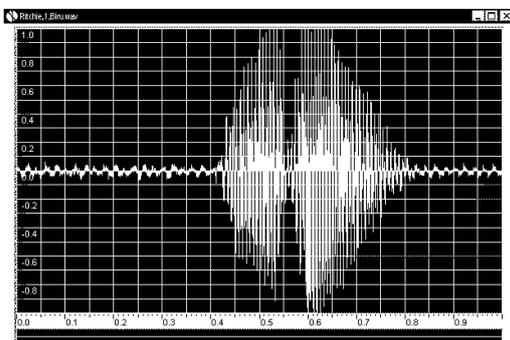
cm, berat badan 70 Kg. Untuk figur sinyal keluaran kata "Merah", "Kuning" dan "Biru" pada hari Senin tanggal 30 Juli 2002 dari Gold Wave ditunjukkan oleh Gambar 2,3 dan Gambar 4 :



Gambar 2. Figur sinyal kata "Merah"  
 (Sumber: Analisa)



Gambar 3. Figur sinyal kata "Kuning"  
 (Sumber: Analisa)



Gambar 4. Figur sinyal kata "Biru"  
 (Sumber: Analisa)

### Analisa LPC

Sinyal suara yang dihasilkan kemudian diproses sehingga menghasilkan suatu nilai yang selanjutnya angka-angka inilah yang menjadi bahan penelitian lebih lanjut.

Setelah melakukan analisa LPC maka didapat data sebagai berikut :

#### Ariek, 1, Merah, Tanggal 30 Juli 2002

T=135

13	13	13	13	13	13	13	11	11	11	11	11
11	11	11	11	11	13	11	11	13	13	13	15
13	13	11	11	11	11	11	11	11	13	13	11
11	13	11	13	11	13	13	11	13	11	12	13
11	13	13	13	12	12	13	13	13	13	13	9
9	9	9	9	9	7	7	7	6	6	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6
6	6	6	6	6	6	7	7	7	6	1	2
2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1
2	4	6	6	7	7	7	7	7	9	8	8
10	10	10	10	10	10	13	13	10	13	13	10
10	10	11									

#### Ariek, 1, Kuning, Tanggal 30 Juli 2002

T=135

13	13	11	13	16	13	13	12	12	11	11	13
16	16	13	13	11	9	13	13	13	16	16	13
13	11	12	12	12	16	16	16	13	11	11	11
11	12	16	16	16	11	11	11	13	16	16	16
13	13	12	11	13	13	16	13	11	9	7	9
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	7
7	9	9	9	9	9	7	7	2	2	2	2
2	2	2	2	1	1	6	6	6	6	6	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	9	9	9
9	9	9	9	11	13	13	13	13	13	13	13
13	13	15	15	13	13	13	16	13	13	13	13
16	13	11									

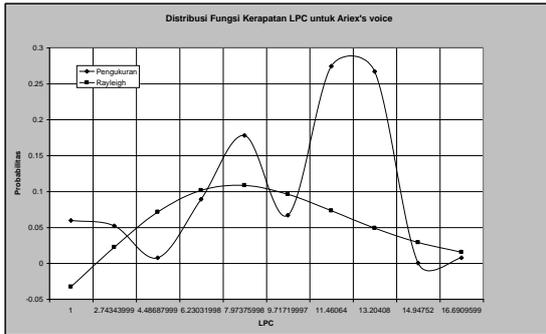
#### Ariek, 1, Biru, Tanggal 30 Juli 2002

T=135

13	13	11	13	13	11	9	11	11	13	11	11
11	11	11	9	11	11	13	9	9	13	13	13
13	13	13	11	11	11	11	11	9	9	11	11
11	9	11	13	13	11	11	11	11	13	9	13
13	11	11	9	9	11	11	7	7	7	6	6
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
6	6	6	6	7	7	7	7	7	9	7	9
9	9	9	7	6	6	6	6	6	6	2	2
2	6	6	6	9	7	7	7	7	7	9	9
7	7	7	7	7	9	9	7	7	9	9	9
7	7	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9
9	9	9									

### Distribusi Fungsi Kerapatan LPC (Probability Density Function)

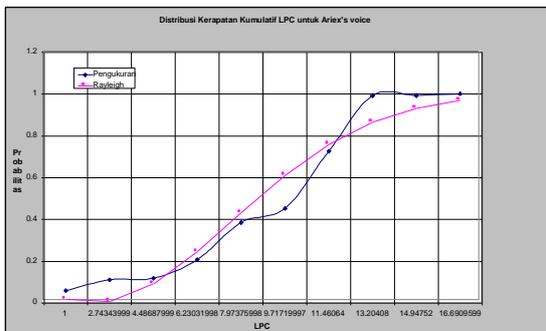
Pengukuran sinyal suara dapat dianalisis dengan pendekatan distribusi fungsi kerapatan. Berdasarkan data hasil perekaman suara pada beberapa obyek, distribusi fungsi kerapatan LPC yang dihasilkan mengikuti distribusi *Rayleigh*, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik distribusi fungsi kerapatan LPC Ariek, 1, Merah, Tanggal 30 Juli 2002 (Sumber: Analisa)

### Distribusi Kerapatan Kumulatif LPC (Comulatif Probability Density)

Berdasarkan data hasil perekaman sinyal suara pada obyek manusia kumulatif, distribusi yang dihasilkan mengikuti distribusi *Rayleigh*, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik distribusi kerapatan kumulatif LPC Ariek, 1, Merah, Tanggal 30 Juli 2002 (Sumber: Analisa)

## PEMBAHASAN

### Uji Korelasi Distribusi Kerapatan Kumulatif LPC

Tabel 1 (lampiran) menunjukkan hasil pengujian fungsi kumulatif empiris dan hipotesis yang diasumsikan merupakan distribusi *Rayleigh*. Pengujian K-S ini pada prinsipnya berdasarkan kesesuaian dari fungsi distribusi kumulatif empiris dan hipotesis (teoritis). Dari pengujian ini dicari selisih harga mutlak terbesar  $D_{\alpha}(x)$

dari fungsi distribusi kumulatif empiris dan hipotesis menyatakan diterima bila nilai selisih harga mutlak terbesar  $D_{\alpha}(x)$  lebih besar dari harga mutlak selisih nilai distribusi kumulatif LPC.

Dari Tabel 2 (lampiran) dapat disimpulkan bahwa dari seluruh yang dipilih sebagai obyek pengukuran (sampel : Ariek Bambang Jati, Niwan Hadi, Baby Wahyu S., Moh. Nanang Kadafi dan Yudi Kurniawan), ternyata hipotesis yang diterima mempunyai nilai yang lebih besar dibandingkan dengan yang ditolak.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Dengan menggunakan metode LPC kita dapat memprediksikan sinyal suatu ucapan dan keluarannya sudah merupakan himpunan parameter yang merupakan representasi suatu segmen sinyal.
2. HMM merupakan metode yang akurat untuk dapat menggambarkan struktur temporal dari suatu signal ucapan. Dan dengan metode ini dapat diketahui berapa besar probabilitas kebenaran dari ucapan sinyal suara.
3. Sesuai dengan hasil yang didapat bahwa hasil ini cenderung mengikuti Distribusi Rayleigh.

## DAFTAR RUJUKAN

- Djarwanto Ps. Pangestu Subagyo. 1994. *Statistik Induktif*. BPFE.
- E.N. Skomal, A.A.S. Junior. 1985. *Measuring The Radio Frequency Environment*. New York: Van Nostrad Reinhold Company.
- L.R Rabiner, B.H Juang. 1986. *An Introduction to Hidden Markov Models*. IEEE, ASSP Magazine, January.
- L.R. Rabiner, B.H. Juang. 1993. *Fundamentals of Speech*

Recognition. Prentice Hall  
 International.  
 W.Y.C. Lee. 1993. *Mobile  
 Communications Design  
 Fundamentals*. Second Edition.  
 A.Wiley-Interscien Publications.

## LAMPIRAN

Tabel 1. Harga *mean* dan *varian* distribusi  
 fungsi kerapatan LPC *sampel* ariek

<i>Sampel</i>	<i>Mean</i>	<i>Varian</i>
Ariek 1, Merah, 30-7-2002	9.051	13.392
Ariek 1, Kuning, 30-7-2002	8.792	6.479
Ariek 1, Biru, 30-7-2002	10.592	14.228
Ariek 2, Merah, 13-8-2002	8.437	4.665
Ariek 2, Kuning, 13-8-2002	8.214	4.483
Ariek 2, Biru, 13-8-2002	9.814	8.510
Ariek 3, Merah, 20-8-2002	8.607	6.867
Ariek 3, Kuning, 20-8-2002	9.022	8.947
Ariek 3, Biru, 20-8-2002	10.214	7.931
Ariek 4, Merah, 27-8-2002	8.970	5.058
Ariek 4, Kuning, 27-8-2002	8.4	4.286
Ariek 4, Biru, 27-8-2002	10.696	21.198
Ariek 5, Merah, 3-9-2002	8.229	2.536
Ariek 5, Kuning, 3-9-2002	8.088	2.141
Ariek 5, Biru, 3-9-2002	8.133	4.623

(Sumber: Analisa)

Tabel 2. Hasil uji ditribusi kumulatif pengukuran  
 dengan *Kolmogorov-Smirnov*

Nama (N=135)	$\mu$	$\sigma_x^2$	<i>a</i>	<i>b</i>	$D_n(x)$	K-S	Hipotesa
Ariek 1, Merah, 6-8-01	9.051	13.392	2.050	62.407	0.140	0.158	Ditolak
Ariek 1, Kuning, 6-8-01	8.792	6.479	3.923	30.191	0.140	0.144	Ditolak
Ariek 1, Biru, 6-8-01	10.592	14.228	3.376	66.300	0.140	0.106	Diterima
Ariek 2, Merah, 13-8-01	8.437	4.665	4.304	21.741	0.140	0.387	Ditolak
Ariek 2, Kuning, 13-8-01	8.214	4.483	4.164	20.891	0.140	0.343	Ditolak
Ariek 2, Biru, 13-8-01	9.814	8.510	4.233	39.655	0.140	0.088	Diterima
Ariek 3, Merah, 20-8-01	8.607	6.867	3.594	31.999	0.140	0.167	Ditolak
Ariek 3, Kuning, 20-8-01	9.022	8.947	3.299	41.692	0.140	0.249	Ditolak
Ariek 3, Biru, 20-8-01	10.214	7.931	4.827	36.957	0.140	0.121	Diterima
Ariek 4, Merah, 27-8-01	8.970	5.058	4.667	23.573	0.140	0.167	Ditolak
Ariek 4, Kuning, 27-8-01	8.4	4.286	4.439	19.974	0.140	0.432	Ditolak
Ariek 4, Biru, 27-8-01	10.696	21.198	1.888	98.778	0.140	0.140	Diterima
Ariek 5, Merah, 3-9-01	8.229	2.536	5.182	11.819	0.140	0.157	Diterima
Ariek 5, Kuning, 3-9-01	8.088	2.141	5.289	9.977	0.140	0.827	Ditolak
Ariek 5, Biru, 3-9-01	8.133	4.623	4.019	21.546	0.140	0.319	Ditolak

(Sumber: Analisa)