

# Pengenalan Fonem Vokal Bahasa Jawa Mataraman Menggunakan Metode Linier Predictive Model Dan Hidden Markov Model

Ziaul Haq, *Teknik Informatika-SI, Universitas Dian Nuswantoro Semarang*

**Abstract** Pengenalan sinyal suara sudah dilakukan sejak tahun 1950 an, dengan tataran fonologi terkecil yakni fonem. Penelitian ini mengambil pengenalan fonem vokal sebagai objek penelitian. vokal bahasa jawa mataraman memiliki sembilan jenis fonem yaitu 'I', 'I', 'e', 'e', 'o', 'a', 'o', 'u', and 'U'.

Penelitian ini mengaplikasikan analisis Linier Predictive Coding untuk mengekstraksi ciri-ciri penting dari setiap sinyal suara, dan Hidden Markov Model untuk pelatihan dan pengenalan Ekstraksi ciri dari setiap sinyal. Ekstraksi ciri menghasilkan sembilan elemen untuk setiap sinyal berupa koefisien cepstral. Setiap hasil ekstraksi ciri dilakukan pelatihan dan pengujian menggunakan metode hidden markov model dengan sembilan state yang merepresentasikan sembilan fonem vokal.

Hasil penelitian pengenalan sinyal fonem vokal menghasilkan tingkat akurasi mencapai 39 persen untuk percobaan sebanyak Sembilan puluh Sembilan data training..

**Index Terms** – Linier Predictive Coding, Hidden Markov Model, Fonem Vokal

## I. PENDAHULUAN<sup>[1]</sup>

Pengenalan ucapan oleh manusia terbentuk sejak lahir yaitu ketika manusia mampu untuk mendengar dan mengeluarkan bunyi. Proses ini merupakan proses pembelajaran mengenal ucapan. Struktur pengenalan ucapan manusia memiliki sistem informasi yang baik untuk mengenali pola[1].

Objek penelitian diambil dari struktur bahasa jawa mumi yaitu bahasa jawa mataraman. Dialek bahasa jawa baku yang memiliki sembilan fonem vokal yaitu 'i', 'I', 'e', 'e', 'o', 'a', 'o', 'u', and 'U'. berbeda dengan vokal bahasa indonesia yang memiliki lima fonem yaitu 'a', 'e', 'i', 'o', dan 'u' [2].

Kekhasan fonem vokal yang dimiliki oleh dialek bahasa jawa mataraman adalah sebagai berikut[3]:

- Fonem /i/ berposisi sebagai suku akhir tertutup [I], namun dalam dialek lain diucapkan [i] (dialek banyumas) dan [a] (dialek Pesisir Utara-Tengah).
- Fonem /u/ berposisi sebagai suku akhir tertutup [U], tetapi dalam dialek lain diucapkan [u] (dialek banyumas) dan [o] (dialek Pesisir Utara-Tengah).
- Fonem /a/ berposisi sebagai suku akhir tertutup [a], sedangkan pada suku akhir terbuka [a][6]

Perbedaan jumlah fonem disebabkan oleh artikulasi bunyi bilabial, dental, retrofleks, palatal, dan velar. Masing-masing merupakan kombinasi alat ucap manusia.[4]

## II. METODE YANG DIUSULKAN

### A. Linier Predictive Coding

Metode LPC berfungsi sebagai ekstraksi ciri dalam pengolahan sinyal digital. Secara garis besar, LPC delapan bagian sebagai berikut[1] :

#### a. Pre Emphasis

Proses filterisasi sinyal ucapan dengan memasukkan sinyal  $s(n)$  kedalam filter FIR(ordo satu) untuk meratakan sinyal.

$$Y(z) = \frac{b(1) + b(2)z^{-1} + \dots + b(nb + 1)z^{-nb}}{1 + a(2)z^{-1} + \dots + a(na + 1)z^{-na}} X(z)$$

b. Windowing

Konsep penjendelaan (*windowing*) dalam metode LPC sebagai pemilah dengan menggunakan jenis jendela *hamming*.

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

$w(n)$  merupakan hasil penjendelaan terhadap banyaknya amplitudo dari sinyal digital.

c. Frame Blocking

Tahap frame blocking berfungsi membagi sinyal menjadi beberapa bagian dengan panjang dan jarak tertentu untuk setiap frame.

d. Analisis Autokorelasi

Hasil dari tahap *frame blocking* kemudian dihitung nilai korelasi sebagai dasar analisis LPC.

$$r_i(m) = \sum \tilde{x}_i(n) \tilde{x}_i(n+m), \quad m = 0, 1, \dots, p,$$

$p$  merupakan nilai ordo tertinggi dalam nilai autokorelasi.

e. Analisis LPC

Setiap bingkai hasil autokorelasi dikonversi ke bentuk parameter LPC. Hasil parameter LPC berupa koefisien LPC ( $\alpha$ ).

$$E^{(0)} = r(0)$$

$$k_i = \left\{ r(i) - \sum_{j=1}^{i-1} \alpha_j^{(i-1)} r(i-j) \right\} / E^{(i-1)}, \quad 1 \leq i \leq p$$

$$\alpha_i^{(0)} = k_i$$

$$\alpha_j^{(i)} = \alpha_j^{(i-1)} - k_i \alpha_{i-j}^{(i-1)}, \quad 1 \leq j \leq i-1$$

$$E^{(i)} = (1 - k_i^2) E^{(i-1)}$$

f. Konversi Parameter LPC menjadi *Koefisien Cepstral*

Konversi parameter LPC dilakukan secara rekursif.

$$c_0 = \ln \sigma^2$$

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

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

Hasil konversi parameter berupa *Koefisien Cepstral*.

g. Pembobotan parameter

Pembobotan parameter *Koefisien Cepstral* dilakukana agar menghilangkan sifat orde rendah sehingga meminimalkan tingkat sensitifitas terhadap derau [7].

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

$$\tilde{c}_m = w_m c_m, \quad 1 \leq m \leq Q$$

$c(m)$  atau hasil pembobotan parameter merupakan perkalian parameter dengan bandpass filter.

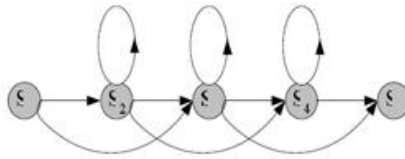
h. Turunan Cepstral

Tahap terakhir dari LPC adalah menurunkan *Koefisien Cepstral* terhadap waktu. Tahap ini bertujuan untuk meningkatkan sifat *spectral* [7].

$$\Delta c_m(t) \approx \left( \sum_{k=1}^K k c_m(t+k) \right) / \left( \sum_{k=1}^K k^2 \right)$$

B. Hidden Markov Model

HMM merupakan salah satu bentuk model *markov*. Metode ini berfungsi sebagai model ekstraksi ciri dan model pelatihan dalam pengolahan sinyal [5].



Suatu model HMM dinyatakan dalam bentuk  $\lambda = (A,B,\pi)$ . Sebagai berikut :

a. Probabilitas transisi keadaan

$$a_{ij} = P\{q_{t+1} = j | q_t = i\}, \quad 1 \leq i, j \leq N$$

Penentuan transisi bagi setiap state untuk menjangkau state yang lain dengan satu kali langkah tunggal.

b. State Inisiasi

$$\pi_i = P\{q_1 = i\}, \quad 1 \leq i \leq N$$

penentuan keadaan (state) awal dalam melakukan pelatihan bagi masing-masing N.

### III. IMPLEMENTASI

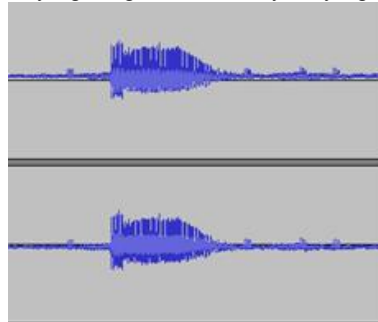
#### A. Persiapan Data

Perekaman data dengan sembilan fonem vokal dari 11 orang yaitu 6 orang laki-laki dan 5 perempuan dengan spesifikasi sebagai berikut :

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Panjang Bit	16 Bit
2	Frekuensi	16000 Hz
3	Jenis Kelamin	Laki-laki dan Perempuan
4	Umur	19-23 tahun
5	Panjang setiap sampel	1 detik
6	Lokasi Perekaman	Tertutup

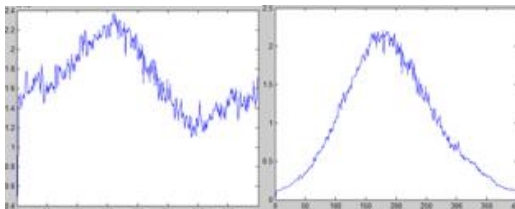
#### B. Penyetaraan Sinyal

Sejumlah dataset memiliki tipe double yang mengakibatkan adanya sinyal ganda.



#### C. Penerapan Algoritma LPC

Proses pre-emphasis hingga windowing menghasilkan amplitudo setiap dataset yang lebih teratur.



Hasil *windowing* kemudian melakukan pemrosesan *frame blocking* dengan parameter panjang frame (N) sebesar 400 dan jarak antar frame (M) = 100.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.0013	0.0019	0.0019	0.0013	0.0015	0.0024	0.0018	0.0013	0.0022
2	0.0013	0.0020	0.0020	0.0013	0.0015	0.0023	0.0018	0.0013	0.0022
3	0.0015	0.0019	0.0021	0.0015	0.0015	0.0023	0.0018	0.0014	0.0022
4	0.0015	0.0019	0.0019	0.0014	0.0015	0.0024	0.0017	0.0015	0.0023
5	0.0014	0.0021	0.0019	0.0013	0.0016	0.0023	0.0015	0.0018	0.0022
6	0.0015	0.0022	0.0020	0.0015	0.0017	0.0022	0.0018	0.0013	0.0022
7	0.0014	0.0021	0.0019	0.0014	0.0015	0.0023	0.0018	0.0014	0.0022
8	0.0014	0.0020	0.0020	0.0012	0.0017	0.0023	0.0015	0.0015	0.0022
9	0.0015	0.0019	0.0018	0.0012	0.0015	0.0022	0.0018	0.0018	0.0020
10	0.0015	0.0021	0.0019	0.0013	0.0017	0.0023	0.0015	0.0018	0.0020
11	0.0015	0.0020	0.0020	0.0012	0.0017	0.0024	0.0015	0.0018	0.0021
12	0.0015	0.0021	0.0019	0.0012	0.0017	0.0024	0.0015	0.0018	0.0023
13	0.0014	0.0022	0.0018	0.0013	0.0018	0.0023	0.0018	0.0017	0.0022
14	0.0017	0.0022	0.0018	0.0012	0.0018	0.0023	0.0018	0.0018	0.0022
15	0.0018	0.0021	0.0017	0.0012	0.0018	0.0022	0.0015	0.0015	0.0023
16	0.0018	0.0019	0.0018	0.0013	0.0018	0.0022	0.0018	0.0017	0.0022
17	0.0017	0.0018	0.0018	0.0013	0.0018	0.0022	0.0018	0.0018	0.0022
18	0.0015	0.0021	0.0018	0.0013	0.0017	0.0021	0.0017	0.0018	0.0022
19	0.0018	0.0021	0.0018	0.0013	0.0017	0.0021	0.0018	0.0018	0.0023
20	0.0015	0.0020	0.0017	0.0013	0.0018	0.0023	0.0018	0.0018	0.0022
21	0.0015	0.0021	0.0018	0.0013	0.0018	0.0022	0.0018	0.0017	0.0022
22	0.0015	0.0020	0.0019	0.0013	0.0018	0.0022	0.0018	0.0018	0.0022
23	0.0015	0.0021	0.0018	0.0013	0.0018	0.0022	0.0018	0.0018	0.0022
24	0.0014	0.0021	0.0018	0.0013	0.0018	0.0023	0.0018	0.0018	0.0022
25	0.0015	0.0021	0.0019	0.0014	0.0018	0.0022	0.0018	0.0018	0.0022
26	0.0015	0.0020	0.0019	0.0014	0.0018	0.0022	0.0018	0.0017	0.0023
27	0.0017	0.0020	0.0018	0.0014	0.0021	0.0022	0.0018	0.0017	0.0023

Penerapan LPC menghasilkan 9 ciri untuk masing-masing sinyal sebanyak 99 dataset.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.0011	0.0011	9.156e-04	7.613e-04	6.033e-04	4.751e-04	3.115e-04	1.795e-04	6.195e-01
2	0.0011	8.278e-04	6.939e-04	5.772e-04	4.617e-04	3.467e-04	2.363e-04	1.346e-04	4.696e-01
3	0.0011	0.0011	6.939e-04	5.772e-04	4.617e-04	3.467e-04	2.363e-04	1.346e-04	1.735e-01
4	0.0014	0.0011	6.988e-04	7.960e-04	6.047e-04	4.942e-04	3.093e-04	1.767e-04	6.150e-01
5	0.0011	8.402e-04	7.082e-04	5.874e-04	4.698e-04	3.529e-04	2.403e-04	1.373e-04	4.729e-01
6	0.0012	0.0011	8.182e-04	7.053e-04	5.958e-04	4.786e-04	3.548e-04	1.479e-04	1.400e-01
7	0.0011	8.498e-04	7.128e-04	5.929e-04	4.742e-04	3.522e-04	2.425e-04	1.383e-04	4.823e-01
8	0.0012	8.826e-04	6.212e-04	6.847e-04	5.476e-04	4.138e-04	2.801e-04	1.597e-04	5.370e-01
9	0.0014	0.0011	8.632e-04	7.389e-04	6.073e-04	4.809e-04	3.002e-04	1.712e-04	5.974e-01
10	0.0012	8.343e-04	7.829e-04	6.517e-04	5.213e-04	3.913e-04	2.666e-04	1.520e-04	5.302e-01
11	0.0014	0.0011	8.975e-04	7.688e-04	6.376e-04	4.877e-04	3.035e-04	1.742e-04	6.178e-01
12	0.0014	0.0011	8.158e-04	7.018e-04	5.693e-04	4.574e-04	3.158e-04	1.756e-04	5.185e-01
13	0.0013	0.0010	8.609e-04	7.361e-04	6.028e-04	4.702e-04	3.029e-04	1.670e-04	5.826e-01
14	8.638e-04	7.371e-04	6.382e-04	5.142e-04	4.113e-04	3.091e-04	2.073e-04	1.199e-04	4.183e-01
15	8.624e-04	4.309e-04	5.796e-04	4.820e-04	3.893e-04	2.958e-04	1.972e-04	1.124e-04	3.023e-01
16	0.0012	9.140e-04	7.566e-04	6.376e-04	5.102e-04	3.830e-04	2.608e-04	1.487e-04	5.187e-01
17	0.0010	7.982e-04	6.647e-04	5.588e-04	4.450e-04	3.345e-04	2.270e-04	1.290e-04	4.330e-01
18	0.0012	8.386e-04	7.177e-04	6.024e-04	4.892e-04	3.788e-04	2.588e-04	1.481e-04	5.178e-01
19	0.0011	8.564e-04	7.382e-04	6.174e-04	4.792e-04	3.589e-04	2.444e-04	1.383e-04	4.860e-01
20	0.0014	0.0010	8.792e-04	7.313e-04	6.046e-04	4.917e-04	3.002e-04	1.760e-04	5.949e-01
21	0.0013	8.013e-04	7.049e-04	5.761e-04	4.582e-04	3.422e-04	2.322e-04	1.262e-04	4.613e-01
22	0.0012	8.588e-04	8.041e-04	6.888e-04	5.305e-04	4.028e-04	2.795e-04	1.503e-04	5.441e-01
23	0.0013	0.0010	8.498e-04	7.035e-04	5.627e-04	4.472e-04	3.279e-04	1.841e-04	5.729e-01
24	0.0010	7.795e-04	6.594e-04	5.493e-04	4.327e-04	3.260e-04	2.121e-04	1.262e-04	4.613e-01
25	0.0014	0.0011	8.929e-04	7.427e-04	6.142e-04	4.842e-04	3.038e-04	1.712e-04	6.042e-01
26	0.0012	8.738e-04	7.125e-04	6.083e-04	4.867e-04	3.653e-04	2.488e-04	1.418e-04	4.947e-01
27	0.0012	8.305e-04	7.802e-04	6.492e-04	5.193e-04	3.896e-04	2.639e-04	1.514e-04	5.206e-01

#### D. Penerapan Algoritma Hidden Markov Model

Tahap Linier Predictive Coding menghasilkan 9 ciri untuk 99 dataset. Setiap dataset dihitung nilai koefisien korelasi untuk mendapatkan nilai transisi antar state.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	1	0.984	0.984	0.846	0.901	0.523	0.363	0.332	0.343	0.421	0.436	1	0.986	0.896
2	0.984	1	0.976	0.78	0.845	0.479	0.438	0.415	0.431	0.44	0.462	0.984	0.955	0.836
3	0.984	0.976	1	0.871	0.921	0.618	0.407	0.37	0.392	0.476	0.486	0.984	0.985	0.881
4	0.846	0.78	0.871	1	0.991	0.766	0.307	0.233	0.26	0.498	0.488	0.846	0.919	0.876
5	0.901	0.845	0.921	0.991	1	0.746	0.321	0.255	0.281	0.496	0.486	0.901	0.957	0.898
6	0.523	0.479	0.618	0.766	0.746	1	0.463	0.398	0.437	0.74	0.669	0.523	0.609	0.646
7	0.363	0.438	0.407	0.307	0.321	0.463	1	0.991	0.992	0.837	0.918	0.363	0.341	0.458
8	0.332	0.415	0.37	0.233	0.255	0.398	0.991	1	0.992	0.808	0.889	0.332	0.298	0.414
9	0.343	0.431	0.392	0.26	0.281	0.437	0.992	0.992	1	0.809	0.884	0.343	0.315	0.401
10	0.421	0.44	0.476	0.498	0.496	0.74	0.837	0.808	0.809	1	0.954	0.421	0.439	0.591
11	0.436	0.462	0.486	0.488	0.486	0.669	0.918	0.889	0.884	0.954	1	0.436	0.448	0.621
12	1	0.984	0.984	0.846	0.901	0.523	0.363	0.332	0.343	0.421	0.436	1	0.986	0.896
13	0.986	0.955	0.985	0.919	0.957	0.609	0.343	0.298	0.315	0.439	0.448	0.986	1	0.918
14	0.896	0.836	0.881	0.876	0.898	0.646	0.458	0.414	0.401	0.591	0.621	0.896	0.914	1
15	0.646	0.576	0.685	0.895	0.864	0.765	0.387	0.321	0.324	0.567	0.562	0.646	0.748	0.838
16	0.682	0.393	0.709	0.927	0.896	0.785	0.354	0.284	0.295	0.541	0.537	0.682	0.772	0.832
17	0.535	0.443	0.564	0.847	0.801	0.805	0.327	0.255	0.268	0.573	0.528	0.535	0.635	0.727
18	0.128	0.088	0.1	0.178	0.165	0.282	0.455	0.442	0.379	0.618	0.656	0.128	0.124	0.448
19	0.135	0.108	0.105	0.114	0.112	0.249	0.611	0.619	0.547	0.634	0.71	0.135	0.111	0.466
20	0.341	0.11	0.109	0.123	0.12	0.231	0.592	0.601	0.528	0.607	0.683	0.341	0.12	0.472
21	0.146	0.113	0.127	0.193	0.182	0.328	0.502	0.488	0.429	0.664	0.701	0.146	0.142	0.461
22	0.113	0.072	0.066	0.114	0.108	0.196	0.45	0.451	0.374	0.573	0.624	0.113	0.093	0.447
23	0.237	0.185	0.188	0.199	0.202	0.296	0.472	0.479	0.397	0.551	0.618	0.237	0.211	0.563
24	0.251	0.199	0.201	0.195	0.201	0.228	0.472	0.484	0.401	0.531	0.605	0.251	0.222	0.569
25	0.173	0.118	0.123	0.115	0.117	0.118	0.418	0.446	0.364	0.332	0.427	0.173	0.148	0.458
26	0.488	0.431	0.548	0.685	0.662	0.683	0.474	0.388	0.368	0.471	0.461	0.488	0.471	0.715

Matriks transisi menjadi dasar untuk perhitungan hidden markov model. Nilai transisi untuk satu state sinyal yang sama bernilai 1. Hal ini berdasarkan nilai koefisien korelasi berbanding lurus dengan state yang sama.

#### IV. HASIL & PEMBAHASAN

Hasil penerapan menghasilkan prediksi awal dengan hasil akhir dengan menghitung tingkat akurasi menggunakan teknik akurasi :

No	prediksi
----	----------

9	1	8	salah
10	1	8	salah
...	...	...	...
...	...	...	...
96	9	7	salah
97	9	7	salah
98	9	7	salah
99	9	7	salah

Tercatat dari 99 dataset dikenali sebanyak 38 dataset yang sesuai dengan prediksi awal. Nilai akurasi pengenalan sebesar 38,388 persen.

## V. PENUTUP

Pengenalan fonem vokal bahasa Jawa mataraman menghasilkan tingkat akurasi mencapai 39 persen dengan 99 dataset dari 11 responden.

Presentase ini memungkinkan bertambah dengan memperhatikan faktor-faktor mendasar seperti derau dari lingkungan perekaman, besar bit, dan tinggi frekuensi sinyal suara.

## REFERENCES

- [1] Yultrisna, Andi Syofian, Rahmat, "Pengenalan Ucapan Kata Berkorelasi Tinggi", *TeknikA*, Vol 2, no. 29, April 2008.
- [2] Sri Satriya TWS, "Bunyi-Bunyi Distingtif Bahasa Jawa", 1<sup>st</sup> ed., Elmatara Publishing: Yogyakarta., 2011.
- [3] Chaer, Abdul, "Linguistik Umum", Rineka Cipta : Yogyakarta : 1994.
- [4] Wedhawati., "Tata Bahasa Jawa Mutakhir", Kanisius : Jakarta, 2006.
- [5] Lawrence R. Rabiner, "A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications ins Speech Recognition", in Proceedings of the IEEE, Vol 77, no. 2, February 1989.
- [6] Agus Subiyanto, "Proses Fonologis Bahasa Jawa : Kajian Teori Optimalitas". *BAHASA DAN SENI*, vol 38, no. 2, Agustus 2010.
- [7] Ian McLoughlin, "Applied Speech and Audio Processing", 1st ed., Cambridge University Press., 2009.

---

Footnote (boleh dikosongkan)