

ROBOT PEMADAM API DENGAN KENDALI UCAPAN MENGGUNAKAN *LINIER PREDICTIVE CODING* DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN BACKPROPAGASI

Desi Windi Sari^{1*}, Sri Agustina¹ dan Irmawan¹

¹ Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya, *E-mail : desi_windi@unsri.ac.id

Abstrak - Teknologi pengolahan sinyal telah berkembang sangat maju pada masa modern ini, salah satu teknik yang dihasilkan adalah algoritma pengenalan ucapan. Dengan teknik ini diharapkan manusia dapat berinteraksi langsung dengan robot/mesin layaknya antar sesama manusia. Oleh karena itu, dengan menerapkan algoritma tersebut pada Robot Pemadam Api diharapkan robot dapat melakukan aksi sesuai dengan perintah yang diucapkan operator. Pada teknik pengenalan ucapan ini menggunakan algoritma *Linear Predictive Coding* (LPC) dan *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk menghasilkan pola ucapan setiap kata, sedangkan untuk klasifikasi dan pengenalan pola menggunakan algoritma Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik. Pada perancangan *hardware* terdiri dari dua bagian yaitu PC (*Personal Computer*) dan Robot Pemadam Api, sehingga untuk menghubungkan kedua bagian ini digunakan komunikasi serial dengan jalur transmisi *Bluetooth*. Pada bagian PC yang terhubung microphone digunakan untuk antarmuka masukkan ucapan dan pemrosesan pengenalan ucapan yang meliputi 6 buah kata yaitu maju, mundur, kanan, kiri, kipas, dan stop. Pada bagian robot pemadam api ini menggunakan mikrokontroler ATmega8535 sebagai pengakuisisi data yang dikirimkan oleh PC. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pengenalan ucapan pada operator yang dilatih jauh lebih baik daripada operator diluar data latih. Sinkronisasi perintah ucapan dan gerak robot didapati hasil yang cukup baik yakni dapat mengenali 88.87% ucapan dengan tepat.

Kata Kunci: Robot Pemadam Api, Pengenalan Ucapan, *Linear Predictive Coding*, Jaringan Syaraf Tiruan, Propagasi Balik

Abstract - Signal processing technology has developed very advanced in modern times, one of the resulting technique is speech recognition algorithms. With this technique the expected human can interact directly with the robot / machine like among humans. Therefore, by applying the algorithm to the Fire Fighting Robot expected robot can take action in accordance with the operator's spoken commands. In this speech recognition techniques using algorithms *Linear Predictive Coding* (LPC) and *Fast Fourier Transform* (FFT) to produce patterns of speech of each word, whereas for classification and pattern recognition algorithms *Propagation Neural Network Back*. In designing the hardware consists of two parts, namely a PC (*Personal Computer*) and Robot Fire Extinguisher, so as to connect the two parts of this serial communication is used with the *Bluetooth* transmission lines. On the PC connected microphone is used to enter interface and processing speech recognition speech which includes 6 pieces said the forward, backward, right, left, fans, and stop. In the fire fighting robot using microcontroller ATmega8535 as acquirer of data that is sent by the PC. Based on the results of tests performed on the speech recognition trained operator is much better than the operator outside the training data. Synchronization of speech and robot motion commands found good results that can recognize speech correctly 88.87%.

Keywords. Fire Fighting Robot, Speech Recognition, *Linear Predictive Coding*, Neural Networks, Back Propagation.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada saat ini amatlah pesat dan telah memberikan banyak manfaat bagi kehidupan umat manusia. Teknologi banyak memberikan kemudahan bagi manusia dalam menyelesaikan masalah ataupun pekerjaan dengan bantuan mesin ataupun robot. Namun tidak hanya memudahkan dalam menyelesaikan masalah ataupun pekerjaan, tapi mesin ataupun robot juga harus memudahkan dalam penggunaan maupun pengendaliannya. Hingga sekarang telah banyak pengendalian mesin ataupun

robot melalui PC (*Personal Computer*) atau *remote control*. Namun manusia tidak akan pernah puas dengan kemudahan yang sudah ada, oleh karena itu berkembanglah suatu sistem kendali yang lebih mudah dalam berinteraksi dengan mesin ataupun robot yaitu pengendalian dengan menggunakan perintah ucapan (*speech command*). [3]

Pada umumnya kita menggunakan ucapan hanya untuk berinteraksi antar sesama manusia, namun dengan berkembangnya teknologi pengendalian menggunakan perintah ucapan maka memungkinkan untuk kita berinteraksi secara langsung dengan mesin ataupun robot. Pengendalian dengan perintah ucapan

ini tidak bisa dipisahkan dengan teknologi yang mendasarinya yaitu teknologi pengenalan ucapan (*Speech Recognition*). Dengan teknologi pengenalan ucapan inilah yang akan diterapkan terhadap Robot Pemadam Api, sehingga dengan diterapkan teknologi tersebut maka robot ini akan dapat bergerak atau beraksi sesuai dengan perintah yang diucapkan. Namun untuk membuat teknologi pengenalan ucapan ini dapat bekerja dengan baik ada beberapa permasalahan yang harus diatasi dimulai dari derau (*noise*), frekuensi ucapan yang berubah-ubah, menangkap pola kata yang diucapkan, mengklasifikasikan kata-kata yang diucapkan tersebut dan sebagainya. [1]

Dalam proses pengenalan ucapan ini diperlukan suatu metode untuk mengekstraksi ciri setiap kata yang diucapkan yaitu dengan menggunakan metode *Linear Predictive Coding* (LPC) dan *Fast Fourier Transform* (FFT). Sedangkan untuk pengenalan pola digunakan sistem kepakaran berupa Jaringan Syaraf Tiruan (*Artificial Neural Network*) dengan proses pembelajaran terawasi (*Supervised Learning*) *Backpropagation*. [1],[5]

Beberapa penelitian mengenai penerapan Pengenalan Suara (*Speech Recognition*) ini sudah pernah dilakukan oleh beberapa orang seperti Mahmud Irfandy (2009) yang berjudul tulisan “Aplikasi Pengenalan Ucapan Dengan Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik Untuk Pengendalian Robot Bergerak”. Penelitian lain yang dilakukan oleh Mohamad Adnan Al-Alaoui, Lina Al-Kanj, Jimmy Azar, dan Elias Yaacoub (2008) yang berjudul “*Speech Recognition using Artificial Neural Networks and Hidden Markov Models*”. Serta penelitian yang dilakukan oleh Elsen Ronando dan M. Isa Irawan (2012) yang berjudul “Pengenalan Ucapan Kata Sebagai Pengendali Gerakan Robot Lengan Secara *Real-Time* dengan Metode *Linear Predictive Coding – Neuro Fuzzy*”. [3], [4]

Dari penelitian yang dilakukan terdapat perbedaan yang mencirikan keaslian dari penelitian ini berupa kata-kata yang dilatih, parameter LPC dan arsitektur pada Jaringan Syaraf Tiruan serta desain robot itu sendiri.

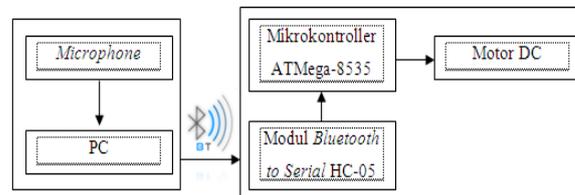
II. METODE PENELITIAN

Proses perancangan robot pemadam api dengan kendali ucapan baik secara *hardware* ataupun *software* sebagai berikut:

A. Perancangan Sistem

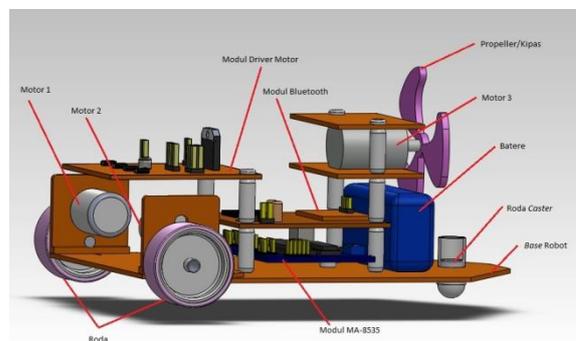
Pada proses perancangan sistem ini meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Pada pengendalian robot pemadam api ini mula-mula data suara dari operator direkam melalui *microphone* yang kemudian dilakukan proses pengenalan ucapan (*speech recognition*) pada PC. Data yang dihasilkan

dari PC tersebut dikirimkan melalui *Bluetooth* ke Modul *Bluetooth to Serial* HC-05 yang akan meneruskan data secara serial ke mikrokontroler ATmega-8535. Setelah itu, mikrokontroler akan mengirimkan *logic* terhadap motor DC. Proses sistem pengendalian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Sistem Pengendalian Robot Pemadam Api

Perancangan mekanik merupakan proses awal sebelum terbentuknya sebuah robot, perancangan tersebut meliputi desain robot dan sistem pergerakan robot. Pada robot ini menggunakan konstruksi dasar berbahan *acrylic* dengan ketebalan 2 mm guna menempatkan komponen-komponen elektronika dan sistem stir menggunakan 2 motor dc yang terhubung dengan roda, serta 1 roda *caster* guna menyangga bagian depan robot dan mempermudah pergerakan robot. Gambar 2 merupakan desain Robot Pemadam Api yang dibuat menggunakan *software Solidwork*.



Gambar 2. Desain Robot Pemadam Api

B. Perancangan Software dan Hardware

Untuk perancangan *software* pada PC dilakukan proses pengenalan ucapan dengan analisis *Linier Predictive Coding* (LPC) dan Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik menggunakan perangkat lunak MATLAB 7.8.0.347 (R2009a). Selanjutnya pada mikrokontroler diterapkan program untuk menerima data serial dari Modul *Bluetooth to Serial* HC-05 dan mengendalikan motor sebagai penggerak robot dengan bantuan program *Code Vision AVR C Compiler*. Untuk diagram alir pada perancangan *software* pada sisi PC dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Pengendalian Robot Pemadam Api

Untuk perancangan *hardware* pada robot ini menggunakan konstruksi dasar berbahan *acrylic* dengan ketebalan 2 mm guna menempatkan komponen-komponen elektronika dan sistem stir menggunakan 2 motor DC yang terhubung dengan roda, serta 1 (satu) roda *caster* guna menyangga bagian depan robot dan mempermudah pergerakan robot. Sedangkan pada sisi elektrikal digunakan modul *Bluetooth To Serial HC-05* untuk menghubungkan PC dan robot pemadam api yang bekerja dengan cara menerima data *char* yang dikirim oleh PC, serta digunakan pula driver motor IC L298 untuk mengendalikan motor sehingga robot dapat beraksi sesuai dengan keinginan.

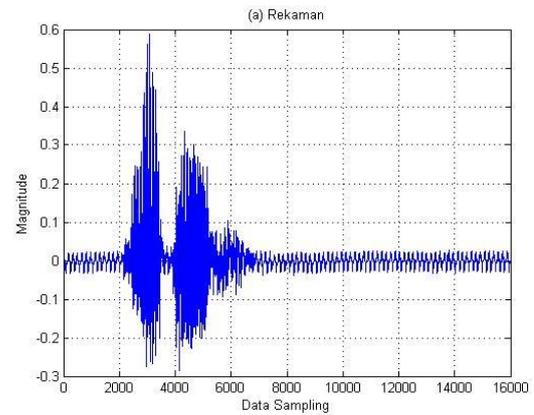
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Program Preprocessing

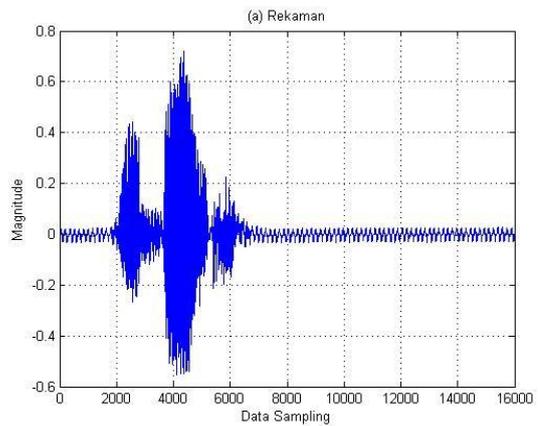
Untuk melihat perbandingan pola setiap kata, maka dilakukan pengujian program preprocessing pada setiap kata ucapan yaitu maju, mundur, kanan, kiri, kipas dan stop. Di bawah ini perbandingan keluaran grafik sinyal untuk setiap kata ucapan.

Pada program *preprocessing* ini, dapat diketahui terjadi perubahan panjang data dimulai dari tahap perekaman yang memiliki panjang data sepanjang 16000, namun setelah dilakukan analisis LPC panjang data menjadi 16 panjang data. Akhirnya, setelah dilakukan proses FFT panjang data berubah menjadi 256 panjang data. Dan dapat diketahui pula pada proses perekaman pola sinyal ucapan tidak terlalu

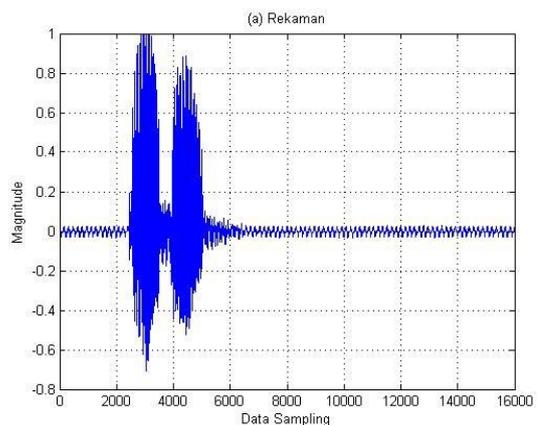
memiliki perbedaan untuk dipelajari oleh jaringan, namun setelah dilakukan preprocessing pola ucapan mulai terbentuk.



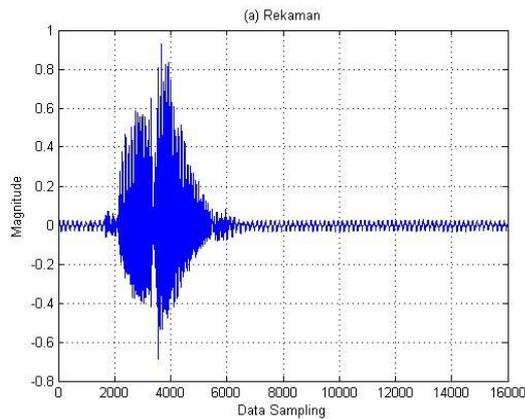
Gambar 4. Sinyal kata 'maju'



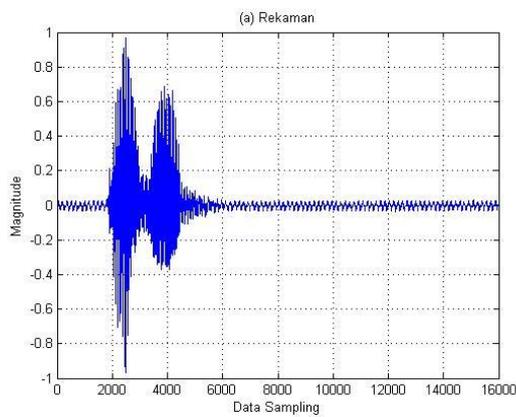
Gambar 5. Sinyal kata 'mundur'



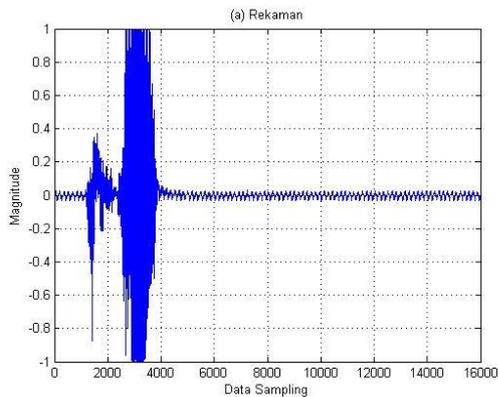
Gambar 6. Sinyal kata 'kanan'



Gambar 7. Sinyal kata 'kiri'



Gambar 8. Sinyal kata 'kipas'



Gambar 9. Sinyal kata 'stop'

B. Pelatihan Jaringan

Pengujian robot ini dilakukan pada parameter dan arsitektur jaringan syaraf tiruan dengan melihat nilai MSE (*Mean square Error*) yang dihasilkan serta presentase pengenalan jaringan-jaringan yang telah dibangun. Respon robot terhadap perintah yang diucapkan oleh operator juga dilakukan proses pengujian baik operator yang dilatih dan tidak dilatih. Pengujian dan analisis ini bertujuan untuk melihat

seberapa baik performa robot yang telah dibangun baik secara *hardware* maupun *software*. Pengujian parameter dan arsitektur jaringan syaraf tiruan terdiri dari 3 (tiga) bagian yaitu pada jumlah *hidden neuron*, nilai *learning rate* dan jumlah *hidden layer*. Adapun pengujian

TABEL 1
HASIL PERBANDINGAN JUMLAH *HIDDEN NEURON*

Nama Jaringan	Neuron Hidden	Epoch	MSE
neuron1	50	6520	8.2548×10^{-4}
neuron2	100	4055	7.7155×10^{-4}
neuron3	150	3170	6.8705×10^{-4}
neuron4	200	3276	0.0114
neuron5	250	3549	0.0033

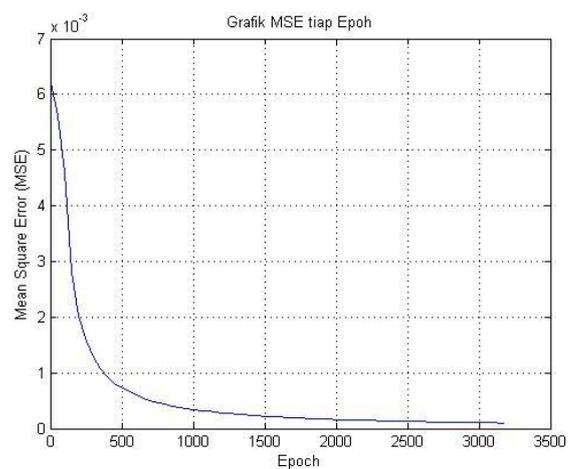
TABEL 2
HASIL PERBANDINGAN NILAI *LEARNING RATE*

Nama Jaringan	Learning Rate	Epoch	MSE
alpha1	0.1	10000	0.0049
alpha2	0.3	5304	0.0109
alpha3	0.5	3209	0.0072
alpha4	0.7	2491	0.0078
alpha5	0.9	2105	0.0069

TABEL 3
HASIL PERBANDINGAN JUMLAH *HIDDEN LAYER*

Nama Jaringan	Hidden Layer	Epoch	MSE
layer1	150, 100, 50	4146	0.0022
layer2	150, 50	4571	0.0023
layer3	150	3810	0.0019

parameter dan arsitektur jaringan syaraf tiruan dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3.



Gambar 10. Grafik penurunan MSE tiap *epoch* pada pelatihan jaringan 'neuron3'

Dari keseluruhan jaringan hasil pelatihan dengan parameter dan arsitektur yang berbeda didapatkan bahwa jaringan 'neuron3' memiliki nilai MSE terkecil, sehingga dimungkinkan pula memiliki nilai kesalahan terkecil.

Selanjutnya dilakukan pengujian dari jaringan-jaringan yang telah dibangun baik menggunakan data dari operator yang dilatih ataupun tidak dilatih. Data pengenalan ini diambil dengan cara merekam masing-masing kata yang diucapkan dengan pengulangan sebanyak tiga kali untuk setiap kata, sehingga didapatkan data masukan sebanyak 18 data ucapan. Dan untuk data masukan pengenalan jaringan terhadap operator yang tidak dilatih dilakukan oleh seorang pria dewasa. Adapun pengujian pengujian jaringan-jaringan terhadap operator yang dilatih ataupun tidak dilatih dapat dilihat pada Tabel 4. Dan dari Tabel 4, operator yang dilatih memiliki presentase pengenalan terbesar sebesar 88.89 %, Sedangkan operator yang tidak dilatih memiliki presentase pengenalan terbesar sebesar 77.78 %. Adanya perbedaan hasil pengenalan jaringan terhadap operator yang dilatih dan tidak dilatih dikarenakan faktor karakteristik suara yang berbeda antara operator satu dan yang lainnya.

Selanjutnya dilakukan pengujian langsung terhadap keseluruhan aplikasi dan robot pemadam api serta pengukuran waktu *delay* yang di hitung mulai setelah pengucapan hingga dijalankan oleh robot terhadap perintah yang diberikan kepada robot. Analisa dan pengujian ini dilakukan dengan memberikan perintah terhadap robot sebanyak 18 kali secara acak untuk keenam perintah yang telah di tentukan. Untuk hasil pengujian implementasi aplikasi dapat dilihat pada Tabel 5.

TABEL 4
PENGENALAN JARINGAN TERHADAP OPERATOR
YANG DILATIH

Nama Jaringan	Presentase Pengenalan	
	Operator yang Dilatih	Operator yang Tidak Dilatih
neuron1	83.33 %	77.78 %
neuron2	88.89 %	66.67 %
neuron3	88.89 %	72.22 %
neuron4	83.33 %	77.78 %
neuron5	88.89 %	55.56 %
alpha1	88.89 %	61.11 %
alpha2	72.22 %	50 %
alpha3	83.33 %	72.22 %
alpha4	83.33 %	55.56 %
alpha5	88.89 %	66.67 %
layer1	88.89 %	72.22 %
layer2	83.33 %	55.56 %
layer3	83.33 %	50 %

TABEL 5
HASIL IMPLEMENTASI TERHADAP RESPON ROBOT

No.	Perintah yang diucapkan	Aksi Robot	Waktu Komputasi (detik)
1	Maju	Maju	2.507
2	Kanan	Kanan	2.372
3	Kipas	Kipas	2.736
4	Mundur	Mundur	2.645
5	Kiri	Kiri	2.673
6	Kipas	Stop	2.535
7	Mundur	Mundur	2.456
8	Kanan	Kanan	2.420
9	Stop	Stop	2.534
10	Kipas	Kiri	2.591
11	Maju	Kiri	2.678
12	Stop	Stop	2.531
13	Kiri	Kiri	2.702
14	Kanan	Kanan	2.606
15	Mundur	Mundur	2.570
16	Stop	Stop	2.549
17	Kiri	Kiri	2.572
18	Maju	Maju	2.685

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian penelitian yang dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan :

1. Pengaplikasian Robot Pemadam Api dengan perintah ucapan ini sudah berhasil dengan baik dalam mengakuisisi perintah sesuai dengan kata yang diucapkan operator.
2. Jaringan Syaraf Tiruan dari hasil pelatihan yang memiliki nilai *Mean Square Error* (MSE) terbaik didapati pada 'neuron3' yang menggunakan arsitektur 150 *neuron* pada *hidden layer*.
3. Pengenalan ucapan untuk operator yang dilatih dapat mengenali 88.89% ucapan dengan tepat, sedangkan untuk operator yang tidak dilatih dapat mengenali 77.78% ucapan dengan tepat.
4. Waktu komputasi yang diperlukan pada proses pengenalan suara, rata-rata sebesar 2.575 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.N. Fachrudin, "Pengenalan Pengucap Tak Bergantung Teks dengan Metode Vector Quantization (VQ) Melalui Ekstraksi Linear Predictive Coding (LPC)," Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, 2004.
- [2] H. Cornelius Arianto, "Perancangan Program Simulasi Voice Recognition Untuk Identifikasi Menggunakan Algoritma FFT Dan Divide And Conquer," Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Bina Nusantara, 2009.
- [3] I. Mahmud, "Aplikasi Pengenalan Ucapan Dengan Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik Untuk Pengendalian Robot Bergerak," Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, 2010.
- [4] R. Elsen dan Irawan, M. Isa, "Pengenalan Ucapan Kata Sebagai Pengendali Gerakan Robot Lengan Secara Real-Time

dengan Metode Linear Predictive Coding – Neuro Fuzzy, "Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Indonesia, 2012.

- [5] R. Lawrence and Juang Biing-Hwang, "*Fundamentals Of Speech Recognition*," New Jersey : Prantice-Hall Inc., 1993.