

Sistem Kontrol Robot Arm 5 DOF Berbasis Pengenalan Pola Suara Menggunakan Mel-Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC) dan Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

W.S. Mada Sanjaya^{12*}, Dyah Anggraeni¹²

¹ *Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung, Jl. AH Nasution 105 Cibiru Bandung 40614, Indonesia*

² *Bolabot Techno Robotic Institue, CV. Sanjaya Star Group, Komp. Permata Biru Blok AH No 75A Cibiru-Cinunuk Bandung 40624, Indonesia*

** E-mail: madasws@gmail.com (Mada Sanjaya),
Telp: +62-81227759579*

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian yang menggambarkan implementasi pengenalan pola suara untuk mengontrol gerak robot arm 5 DoF dalam mengambil dan menyimpan benda. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah *Mel-Frequency Cepstrum Coefficients* (MFCC) dan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS). Metode MFCC digunakan untuk ekstraksi ciri sinyal suara, sedangkan ANFIS digunakan sebagai metode pembelajaran untuk pengenalan pola suara. Pada proses pembelajaran ANFIS data latih yang digunakan sebanyak 6 ciri. Data suara terlatih dan data suara tak terlatih digunakan untuk pengujian sistem pengenalan pola suara. Hasil pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan, untuk data suara terlatih sebesar 87,77% dan data

tak terlatih sebesar 78,53%. Sistem pengenalan pola suara ini telah diaplikasikan dengan baik untuk mengerjakan robot arm 5 DoF berbasis mikrokontroler Arduino.

Kata Kunci : Pengenalan suara; ANFIS; robot arm *Mel-Frequency Cepstrum Coefficients*

ABSTRACT

Have been implemented of sound pattern recognition to control 5 DoF of Arm Robot to pick and place an object. In this research used Mel-Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC) and Adaptive Neuro-Fuzzy Interference System (ANFIS) methods. MFCC method used for features extraction of sound signal, meanwhile ANFIS used to learn sound pattern recognition. On ANFIS method data learning use 6 features. Trained and not trained data used to examine the system of sound pattern identification. The result show the succesfull level, for trained data 87.77% and for not trained data 78.53%. Sound pattern identification system was applied to controlled 5 DoF arm robot based Arduino microcontroller.

Keywords : Sound identification; ANFIS; arm robot; *Mel-Frequency Cepstrum Coefficients*

1. Pendahuluan

Sistem otomatisasi pada bidang robotika merupakan sistem yang dapat memudahkan pekerjaan manusia. Sistem kendali dengan menggunakan suara merupakan alternatif yang mudah dan efektif khususnya untuk pengguna yang memiliki keterbatasan fisik.

Penerapan sistem kendali menggunakan suara tidak mudah dilakukan oleh mesin, sehingga dibutuhkan metode pembelajaran pada mesin untuk dapat mengekstraksi dan mengenali ciri atau pola suara dengan mempelajari ciri-ciri sebelumnya. Metode untuk mengekstrak ciri sinyal suara diantaranya menggunakan

metode Linear Predictive Coding [1], [2] dan Mel-Frequency Cepstrum Coefficients [3] - [4] yang telah diaplikasikan pada beberapa bidang diantaranya; pengenalan pembicara [5] - [6], mendiagnosis suatu penyakit [2], [7], kontrol robot [8], [9], kontrol motor DC [10], control robot arm [11] [12], smart home [13], biomatriks [14], kontrol otomatis kursi roda [15] dan lainnya [16]. Untuk metode pembelajaran dan pengklasifikasian pola suara, telah banyak peneliti yang menggunakan metode Neuro-Fuzzy [13], Artificial Neural Networks [17], [18], dan metode soft computing lainnya [6], [19].

Dalam penelitian ini dibahas pengujian sistem ekstraksi ciri sinyal suara menggunakan *Mel-Frequency Cepstrum Coefficients* (MFCC) dan metode belajar serta klasifikasi pola suara menggunakan metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS). Terakhir, dalam penelitian ini juga dilakukan implementasi sistem pengenalan pola suara untuk sistem kontrol robot arm pemindah barang menggunakan mikrokontroler Arduino.

2. Landasan Teori

2.1. Metode MFCC

MFCC merupakan cara yang paling sering digunakan pada berbagai bidang area pemrosesan suara, karena dianggap cukup baik dalam merepresentasikan sinyal. Cara kerja MFCC didasarkan pada perbedaan frekuensi yang dapat ditangkap oleh telinga manusia sehingga mampu merepresentasikan sinyal suara sebagaimana manusia merepresentasikannya.

2.2 Preemphasis

Dalam proses pengolahan sinyal wicara *pre emphasis* filter diperlukan setelah proses sampling. Tujuan dari pemfilteran ini adalah untuk mendapatkan bentuk *spectral* frekuensi sinyal wicara yang lebih halus. Dimana bentuk *spectral* yang relatif bernilai tinggi untuk daerah rendah dan cenderung turun secara tajam untuk daerah frekuensi diatas 2000 Hz. Filter *pre-emphasis* didasari oleh hubungan input/output dalam domain waktu yang

dinyatakan dalam persamaan berikut: $y(n) = x(n) - ax(n - 1)$ (1) dimana a merupakan konstanta filter *pre-emphasis*, biasanya bernilai $0.9 < a < 1.0$.

2.3 Frame Blocking

Pada proses ini, sinyal suara disegmentasi menjadi beberapa *frame* yang saling tumpang tindih (*overlap*). Hal ini dilakukan agar tidak ada sedikitpun sinyal yang hilang (*deletion*). Proses ini akan berlanjut sampai seluruh sinyal sudah masuk ke dalam satu atau lebih *frame*.

2.4 Windowing

Sinyal analog yang sudah diubah menjadi sinyal digital dibaca *frame* demi *frame* dan pada setiap *frame*-nya dilakukan *windowing* dengan fungsi *window* tertentu. Proses *windowing* bertujuan untuk meminimalisasi ketidakberlanjutan sinyal pada awal dan akhir setiap *frame*. Jika kita definisikan *window* sebagai $w(n)$, $0 \leq n \leq N - 1$, dimana N adalah jumlah sampel pada setiap *frame*-nya, maka hasil dari *windowing* adalah sinyal:

$$y_1(n) = x_1(n)w(n), 0 \leq n \leq N - 1 \quad (2)$$

dimana $w(n)$ biasanya menggunakan *window* Hamming yang memiliki bentuk:

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cdot \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right), 0 \leq n \leq N - 1 \quad (3)$$

2.5 Fast Fourier Transform (FFT)

FFT merupakan *fast algorithm* dari *Discrete Fourier Transform* (DFT) yang berguna untuk mengonversi setiap *frame* dengan N sampel dari domain waktu menjadi domain frekuensi, sebagaimana didefinisikan sebagai berikut $X_n = \sum_{k=0}^{N-1} x_k e^{-2\pi jkn/N}$ (4)

dimana $n = 0, 1, 2, \dots, N - 1$ dan $j = \sqrt{-1}$.

Hasil dari tahapan ini biasanya disebut dengan *spectrum* atau *periodogram*.

2.6 Mel-Frequency Wrapping

Persepsi sistem pendengaran manusia terhadap frekuensi sinyal suara tidak dapat diukur dalam skala linear. Untuk setiap nada dengan frekuensi aktual, f , diukur dalam Hz, sebuah *subjective pitch* diukur dalam sebuah skala yang

disebut “mel”. Skala *mel-frequency* ialah sebuah frekuensi rendah yang bersifat linear di bawah 1000 Hz dan sebuah frekuensi tinggi yang bersifat logaritmik di atas 1000 Hz. Persamaan berikut menunjukkan hubungan skala mel dengan frekuensi dalam Hz:

$$F_{mel} = \begin{cases} 2595 * \log_{10} \left(1 + \frac{F_{HZ}}{700} \right), & F_{HZ} > 1000 \\ F_{HZ}, & F_{HZ} < 1000 \end{cases} \quad (5)$$

Proses *wrapping* terhadap sinyal dalam domain frekuensi dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$X_i = \log_{10}(\sum_{k=0}^{N-1} |X(k)| H_i(k)) \quad (6)$$

dimana $i = 1, 2, 3, \dots, M$ (M adalah jumlah filter segitiga) dan $H_i(k)$ adalah nilai filter segitiga ke- i untuk frekuensi akustik sebesar k .

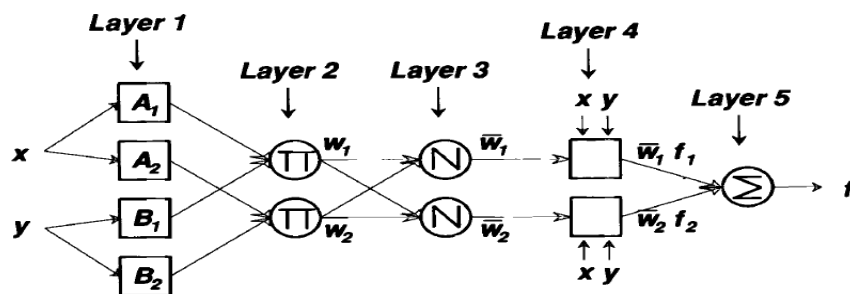
2.7 Cepstrum

Pada tahap ini akan dikonversi *mel-*

spectrum ke dalam domain waktu dengan menggunakan *Discrete Cosine Transform* (DCT). Hasilnya disebut dengan *mel-frequency cepstrum coefficient* (MFCC). Berikut adalah persamaan yang digunakan dalam transformasi cosinus: $C_j = \sum_{i=1}^M X_i \cos \left(j(i-1)/2 \frac{\pi}{M} \right)$ (7) dimana $j = 1, 2, 3, \dots, K$ (K = jumlah koefisien yang diinginkan) dan M adalah jumlah filter.

2.8 Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

Neuro-fuzzy adalah gabungan dari dua sistem yaitu sistem logika fuzzy dan jaringan syaraf tiruan. Sistem neuro-fuzzy berdasar pada sistem inferensi fuzzy yang dilatih menggunakan algoritma pembelajaran yang diturunkan dari sistem jaringan syaraf tiruan.



Gambar 5. Contoh struktur ANFIS Roger Jang [20]

Salah satu bentuk struktur yang sudah sangat dikenal adalah seperti terlihat pada Gambar 5 yang merupakan struktur ANFIS. Dalam struktur ini, sistem inferensi fuzzy yang diterapkan adalah inferensi fuzzy model Takagi-Sugeno-Kang.

Lapisan 1: Proses Fuzzyfication

Output dari *node i* pada *layer 1* dinotasikan sebagai $O_{1,i}$ bersifat adaptif:

$$O_{1,i} = \mu_{A_i}(x), \quad i = 1,2 \quad (8)$$

$$O_{1,i} = \mu_{B_i}(y), \quad i = 1,2 \quad (9)$$

dimana x dan y adalah nilai-nilai input untuk *node* tersebut dan A_i dan B_i adalah himpunan *fuzzy*. Jadi, masing-masing *node* pada *layer 1* berfungsi membangkitkan derajat keanggotaan.

Lapisan 2: Lapisan Product

Dinotasikan dengan π . Setiap *node* pada *layer* ini berfungsi untuk menghitung kekuatan aktivasi (*firing strength*) pada setiap rule sebagai *product* dari semua input yang masuk atau sebagai operator *t-norm* (*triangular norm*): $O_{2,i} = w_i = \mu_{A_i}(x) \Delta \mu_{B_i}(y), \quad i = 1,2 \quad (10)$

$$w_1 = \mu_{A_1}(x) \text{ AND } \mu_{B_1}(y) \quad (11)$$

$$w_2 = \mu_{A_2}(x) \text{ AND } \mu_{B_2}(y) \quad (12)$$

Output pada lapisan ini bertindak sebagai fungsi bobot.

Lapisan 3: Lapisan Normalisasi

Dinotasikan dengan N . Setiap *node* pada lapisan ini bersifat *non-adaptif* yang berfungsi hanya untuk menghitung rasio antara *firing strength* pada rule ke- i terhadap total *firing strength* dari semua rule:

$$O_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \quad i = 1,2 \quad (13)$$

Lapisan 4: Lapisan Defuzzyfication

Setiap *node* pada lapisan ini bersifat adaptif dengan fungsi:

$$O_{4,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad (14)$$

dimana \bar{w}_i adalah output pada *layer 3* dan $\{x + q_i y + r_i\}$ adalah himpunan parameter pada *fuzzy* model Sugeno orde pertama.

Lapisan 5: Lapisan Total Output

Satu *node* tunggal yang dilambangkan dengan Σ pada *layer* ini berfungsi mengagregasikan seluruh output pada *layer 4* (penjumlahan dari semua sinyal yang masuk):

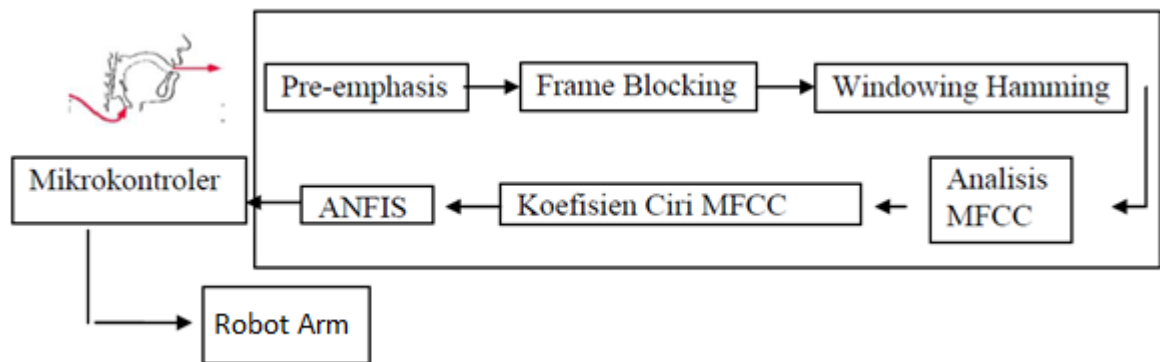
$$O_{5,i} = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad (15)$$

Sehingga secara keseluruhan, kelima *layer* tersebut akan membangun suatu *adaptive-networks* yang secara fungsional ekivalen dengan *fuzzy* model Sugeno orde pertama.

3. Metodologi dan Perancangan Sistem

Peralatan yang digunakan pada penelitian yaitu *michrophone* -54db+2

db dengan spesifikasi (impedansi 32 ohm at 1 kHz sensitivitas 102db/mW), laptop, mikrokontroler arduino, relay, lampu AC. Kabel USB dan komputer digunakan sebagai komunikasi data menggunakan *software* MATLAB 2012. Metode penelitian secara garis besar dapat dilihat :



Gambar 6. Skema umum kontrol robot arm menggunakan perintah suara

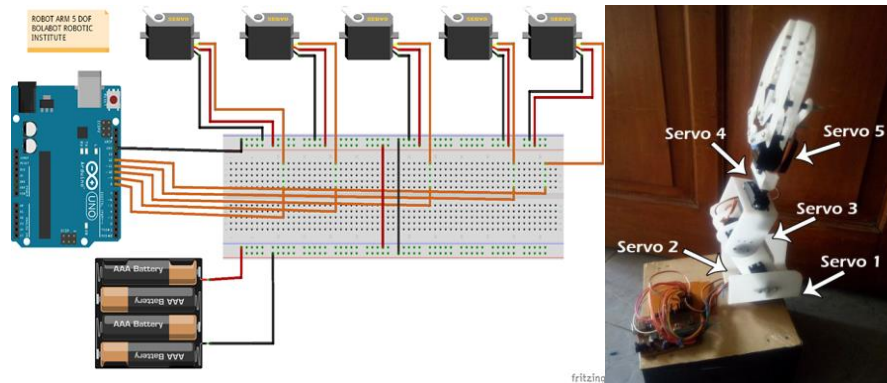
Terdapat dua bagian proses dalam penelitian ini, proses pertama adalah proses pembelajaran sistem yang didalamnya meliputi proses ekstraksi ciri menggunakan MFCC dan proses belajar menggunakan ANFIS sehingga terbentuk *database* berupa formulasi logika fuzzy. Proses kedua adalah proses pengujian sistem yang meliputi proses ekstraksi ciri MFCC, proses pengklasifikasian data ANFIS, serta implementasi berupa

komunikasi data secara serial antara komputer dengan mikrokontroler Arduino untuk menggerakkan robot arm dalam memindahkan barang menggunakan perintah suara manusia.

3.1. Perancangan Elektronik

Berikut ini adalah skema robot lengan yang akan digunakan dalam penelitian. Robot arm ini terdiri dari lima komponen motor servo yang terkoneksi dengan mikrokontroler

Arduino seperti terlihat pada Gambar7.



Gambar 7 Skema robot lengan dengan 5 DoF dan realisasinya

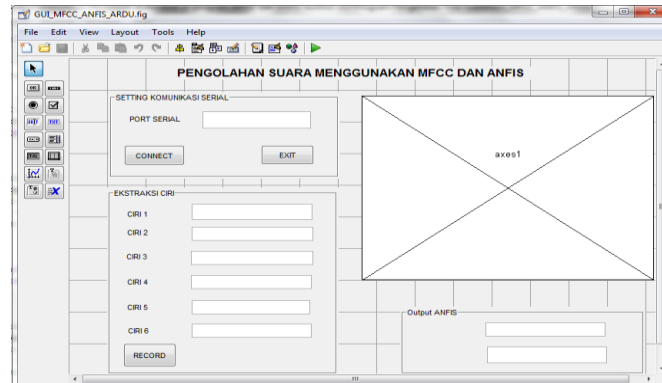
Susunan rangkaian robot terlihat seperti skema robot arm 5 DoF pada Gambar 7, tiap servo harus diberi sumber tegangan berupa baterai 5 volt dan berarus 100 mA (sesuai datasheet tiap servo) agar dapat beroperasi dengan baik. Ground tiap servo terkoneksi dengan ground pada mikrokontroler Arduino. Robot arm yang telah dibuat terdiri dari 5 buah servo. Servo1 adalah servo paling bawah yang terhubung dengan pin 8, berfungsi seperti leher (berputar secara horizontal). Servo 2 terhubung dengan pin 9 yang fungsinya sama seperti tulang lengan bawah manusia (bergerak secara vertikal). Servo 3 terhubung pada pin 10, yang berfungsi seperti pergelangan tangan manusia (bergerak vertikal). Servo 4

terhubung pada pin 11 yang berfungsi seperti pergelangan tangan (bergerak untuk memutar pergelangan/horizontal). Dan Servo 5 terhubung pada pin 12, berfungsi sebagai pencapit atau jari tangan sederhana untuk mengambil dan memindahkan barang.

3.2 Perancangan Antarmuka

Antarmuka diperlukan untuk mempermudah penggunaan dari sistem yang dibuat. Pada penelitian ini telah dibuat antarmuka menggunakan GUI MATLAB. Antarmuka yang dibuat berisi setting komunikasi serial antara mikrokontroler dan komputer, nilai koefisien ekstraksi ciri menggunakan metode MFCC, grafik time series

sinyal suara, tombol record suara, serta output ANFIS berupa pengenalan pola suara.



Gambar 9. Rancangan antarmuka

4. Hasil dan Pembahasan

4.2 Pembuatan Database Ekstraksi Ciri Menggunakan MFCC

Telah dilakukan pembuatan database 6 buah ciri /pola sinyal suara menggunakan metode MFCC terhadap

seorang responden dengan mengucapkan dua buah kata “ambil” dan “simpan” dengan masing-masing 10 kali pengulangan yang secara lengkap dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Hasil ekstraksi ciri MFCC dan target

N o	Ciri 1	Ciri 2	Ciri 3	Ciri 4	Ciri 5	Ciri 6	Targe t
1	1.02576 4	0.43096 8	0.70954 3	- 1.16757	- 0.06185	- 0.16551	1
2	3.8107	1.84287	2.48224 7	0.71784 2	0.53090 6	- 0.22903	1
3	2.99013 1	1.32624	1.37000 7	-2.0106	- 0.51325	- 0.43964	1
4	1.00477 7	0.26855 4	0.43315 1	- 1.36025	- 0.33288	- 0.24274	1
5	3.64567 4	2.84625 6	2.53058 6	- 2.41073	- 0.95367	- 0.77988	1

11	3.26284	0.24001	0.26511	0.23590	0.16143	0.06330	0
	1	6	2	9		2	
12	4.70256	0.25053	0.27633	0.24529	0.16729	0.06532	0
	7	9		7	5	6	
13	5.07718	3.75179	2.55767	-	-	-0.5631	0
	7	2	1	3.76957	0.70939		
14	2.31811	0.30361	0.57216	-	-	-	0
	8	9	1	1.03665	0.00629	0.17874	
15	2.55203	1.02744	0.91949	-	-	-0.4275	0
		8		1.39003	0.54355		

Dari tabel di atas terlihat bahwa kata "ambil" dan "simpan" memiliki pola ciri berbeda. Pola suara "ambil" akan di simbolkan dengan nilai target "1" sedangkan pola suara "simpan" akan disimbolkan dengan nilai target "0". Pola ini kemudian akan menjadi input untuk metode pembelajaran ANFIS yang kemudian akan menghasilkan *database* berupa logika Fuzzy.

4.3 Pengujian Sistem Pengenalan Pola Suara

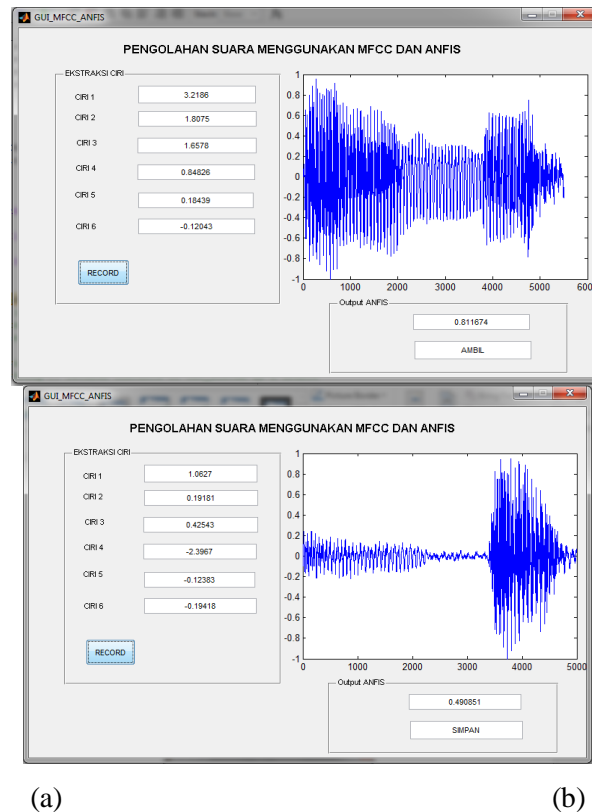
Hasil pengujian pengenalan ucapan menunjukkan bahwa total tingkat akurasi antara responden di dalam *database* sebesar 87,77% dan responden di luar *database* menghasilkan akurasi sebesar 78,53%. Kesalahan-kesalahan pengenalan pola suara dapat dipengaruhi oleh aksent/intonasi kata masukan dan gangguan (*noise*) dari lingkungan mengingat waktu pengujian responden di dalam *database* dan responden di luar *database* yang berbeda.

Tabel 2. Hasil pengujian pengenalan ucapan responden di dalam *database*.

Pengulangan	Kata	Target	Output Pengenalan Database	Output Pengenalan Luar Database
1	Ambil	1	1.05553	0.883592
	Simpan	0	0.005402	0.188365
2	Ambil	1	0.904094	1.15296
	Simpan	0	0.150967	0.0114219
3	Ambil	1	0.940149	1.23366
	Simpan	0	0.16039	0.366108
4	Ambil	1	0.778915	1.51449
	Simpan	0	0.210363	0.0297445
5	Ambil	1	1.24385	0.73461
	Simpan	0	0.019448	-0.268652

Berikut adalah tampilan GUI saat dilakukan pengujian terhadap kata "ambil" dan "simpan". Dari Gambar 11 terlihat, saat kata "ambil" direcord maka sistem akan mengenali dengan output 0.811674 yang mendekati nilai "1" sehingga komputer akan mengirimkan data serial berupa karakter "1" ke mikrokontroler untuk menggerakkan robot arm dalam posisi mengambil benda. Sedangkan saat kata

"simpan" direcord maka sistem akan mengenali dengan output sebesar 0.490851 yang mendekati nilai "0" sehingga komputer akan mengirimkan data serial berupa karakter "0" ke mikrokontroler untuk menggerakkan robot arm dalam posisi menyimpan benda. Sehingga secara umum alat berfungsi dengan baik 100% karena adanya pembulatan nilai pengenalan.



Gambar 11. Tampilan GUI MATLAB kontrol robot arm menggunakan perintah suara

5. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian diatas dapat disimpulkan hasil pengujian gerak sistem menunjukkan bahwa sistem telah bekerja dengan baik sesuai dengan perintah yang diberikan. Dari hasil pengujian sistem pengenalan ucapan yang didapatkan penerapan metode MFCC dan ANFIS memiliki tingkat akurasi yang tinggi, yaitu 87,77% untuk responden yang terdapat dalam data latih (*database*) dan 78,53% untuk responden diluar data latih (*database*).

Dalam pengujian untuk mengontrol robot arm 5 DoF memindahkan barang, sistem dapat bekerja dengan baik 100% melalui pembulatan nilai output hasil pengenalan pola suara.

6. Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh DIPA-BLU FST, UIN Sunan Gunung Djati Bandung.

6. Referensi

- [1] Thiang and S. Wijoyo, "Speech Recognition Using Linear Predictive Coding and Artificial Neural Network for Controlling Movement of Mobile Robot," *International Conference on Information and Electronics Engineering*, vol. 6, pp. 179-183, 2011.
- [2] A. Rizal, L. Anggraeni and V. Suryani, "Pengenalan Suara Paru-Paru Normal Menggunakan LPC dan Jaringan Syaraf Tiruan Back-Propagation," *Proceeding EECCIS*, 2006.
- [3] B. Abinayaa, D. Arun, B. Darshini and C. Nataraj, "Voice Command Based Computer Application," *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, vol. 4, no. 4, pp. 57-63, 2015.
- [4] G. Chauhan and P. Chaudhari, "Robotic Control using Speech Recognition and Android," *International Journal of Engineering Research and General Science*, vol. 3, no. 1, 2015.
- [5] S. Tripathy, N. Baranwal and G. Nandi, "A MFCC based Hindi Speech Recognition Technique using HTK Toolkit," *IEEE Second International Conference on Image Information Processing*, pp. 539-544, 2013.
- [6] B. A. Q. Al-Qatab and R. N. Ainon, "Arabic Speech Recognition Using Hidden Markov Model Toolkit(HTK)," *IEEE*, pp. 557-562, 2010.
- [7] "Ekstrasi Ciri Suara Jantung menggunakan Metode Dekomposisi dan Korelasi Sinyal (Dekoriet) Berbasis Jaringan Saraf Tiruan," *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, vol. 3, no. 1, pp. 51-59, 2015.
- [8] Y.-m. Koo, G.-B. Kim, S.-C. Jang, W.-S. Lee, H.-G. Kim and S.-H. Han, "A Study on Travelling Control of Mobile Robot by Voice Command," *International Conference on Control, Automation and Systems*, vol. 15, pp. 13-16, 2015.
- [9] A. Punchihewa and Z. M. Arshad, "Voice Command Interpretation for Robot Control," *International Conference on Automation, Robotics and Applications*, vol. 5, pp. 90-95, 2011.
- [10] B. Kulji, S. János and S. Tibor, "Mobile robot controlled by voice," *International Symposium on Intelligent Systems and Informatics*, vol. 5, pp. 189-192, 2007.
- [11] M. Varalakshmi and N. N. Raju, "Design of Speech Controlled Pick and Place Robot with Wireless Zigbee Technology," *International Journal of Scientific Engineering and Technology Research*, vol. 3, no. 20, pp. 4062-4066, 2014.
- [12] K. S. Jadhav and S. M. Gaikwad, "Writing Robotic Arm by Speech Recognition," *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, vol. 4, no. 6, pp. 4983-4990, 2015.
- [13] W. S. M. Sanjaya and Z. Salleh, "Implementasi Pengenalan Pola

- Suara Menggunakan Mel_Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC) dan Adaptive Neuro-Fuzzy Inferense System (ANFIS) sebagai Kontrol Lampu Otomatis," *Al-Hazen Journal of Physics*, vol. 1, no. 1, pp. 44-54, 2014.
- [14] D. Rudrapal, S. . D. Smita Das and N. D. N. Kar, "Voice Recognition and Authentication as a Proficient Biometric Tool and its Application in Online Exam for P.H People," *International Journal of Computer Applications*, vol. 39, no. 12, pp. 6-12, 2012.
- [15] Srishti, P. Jain, Shalu and S. Singh, "Design and Development of Smart Wheelchair using Voice Recognition and Head Gesture Control System," *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, vol. 4, no. 5, pp. 4790-4798, 2015.
- [16] C.-Y. Liu, T.-H. Hung, K.-C. Cheng and T.-H. S. Li, "HMM and BPNN based Speech Recognition System for Home Service Robot," *International Conference on Advanced Robotics and Intelligent Systems*, 2013.
- [17] N. Rai and B. Rai, "An ANN Based Mobile Robot Control Through Voice Command Recognition Using Nepali Language," *International Journal of Applied Control, Electrical and Electronics Engineering (IJACEEE)*, vol. 2, no. 4, pp. 13-22, 2014.
- [18] N. Srivastava, "Speech Recognition using Artificial Neural Network," *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology*, vol. 3, no. 3, pp. 406-412, 2014.
- [19] I. M. M. El-emary, M. Fezari and Hamz, "Hidden Markov model/Gaussian mixture models(HMM/GMM) based voice command system: A way to improve the control of remotely operated robot arm TR45," *Scientific Research and Essays*, vol. 6, no. 2, pp. 341-350, 2011.
- [20] R. Jang, C.-T. Sun and E. Mizutani, *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*, Prentice-Hall, Inc., 1997.