

RancangBangunAlat Bantu PenyandangDisabilitasTanganUntuk MenghidupkandanMematikanPerangkatElektronik Menggunakan Voice Recognition Module V3

Anas Ardi Firmansyah¹, M.Nanak Zakaria², M.Taufik³

^{1,2,3}Program Studi Jaringan Telekomunikasi Digital, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

Abstrak

Di era modern sekarang ini perangkat elektronik sudah menjadi kebutuhan yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin maju, banyak hal yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan dalam hal pengontrolan perangkat elektronik, salah satunya yaitu pengontrolan perangkat elektronik dengan menggunakan perintah suara. yang dimana sistem ini dapat dimanfaatkan bagi penyandang disabilitas tangan.

Pada penelitian ini dibuat sebuah sistem dengan menggunakan Voice Recognition Module V3 sebagai pengenalan suara untuk menghidupkan dan mematikan perangkat elektronik. Voice Recognition Module akan menerima masukan berupa perintah suara melalui microphone sebagai transduser dan terhubung dengan Arduino uno sebagai mikrokontroler utama yang akan mengakses Panel Kontrol yang terdiri dari komponen Relay dan Kontaktor sebagai objek terkontrol yang tersambung dengan Perangkat Elektronik (Lampu, TV dan AC).

Pada hasil penelitian sistem, presentase keberhasilan pengenalan suara sesuai sample suara yaitu 96,6 % dari 10 kali pengucapan pemberian perintah pada masing-masing perintah. Sedangkan presentase keberhasilan ketika pemberian perintah hanya dengan penggalan kata yaitu 21,25%. Pada tingkat keberhasilan pemberian perintah suara terhadap orang yang berbeda juga didapatkan presentase keberhasilan yaitu 81 %. Untuk tingkat keberhasilan pengucapan pemberian perintah akan lebih responsif ketika berada dalam ruangan tanpa derau atau kondusif namun tingkat keberhasilan jarak pemberian perintah akan mengalami penurunan ketika pengucapan pada jarak $\geq 1M$. Untuk pemberian perintah dalam keadaan derau dengan tingkatan derau ≥ 47 dB responsif pengenalan suara mengalami penurunan yang tidak konsisten.

Kata Kunci: Voice Recognition Module V3, Voice, Arduino, Relay.

I. Pendahuluan

Selama ini penyandang disabilitas tangan dalam pengontrolan seperti menghidupkan dan mematikan perangkat elektronik membutuhkan bantuan orang lain. dengan kondisi yang kurang memungkinkan tersebut akan mengalami kesulitan dalam menghidupkan dan mematikan perangkat elektronik. Apalagi perangkat elektronik di era sekarang ini sudah menjadi kebutuhan yang sering digunakan sehari-hari. dibuatlah sebuah sistem dengan menggunakan Voice Recognition Module V3 sebagai pengenalan suara untuk menghidupkan dan mematikan perangkat elektronik. Voice Recognition Module akan menerima masukan berupa perintah suara melalui microphone sebagai transduser dan terhubung dengan Arduino uno sebagai mikrokontroler utama serta terhubung pada panel kontrol yang terdiri dari komponen Relay dan kontaktor sebagai objek terkontrol yang tersambung dengan Perangkat Elektronik (Lampu, TV dan AC).

Berdasarkan hal tersebut, maka dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana rancang bangun implementasi alat bantu penyandang disabilitas tangan untuk menghidupkan dan mematikan perangkat elektronik menggunakan Voice Recognition Module V3?
2. Bagaimana pengaruh Voice Recognition Module V3 dengan pemberian perintah terhadap jarak dalam kondisi berderau dan tidak berderau?

3. Bagaimana tingkat keberhasilan Voice Recognition Module V3 dengan pemberian perintah dari Orang yang berbeda?
4. Bagaimana pengaruh Voice Recognition Module V3 dengan penggunaan microphone yang berbeda?

II. Kajian Pustaka

2.1 Voice Recognition Module V3

Perangkat ini memiliki mikrofon built-in yang digunakan untuk menerima perintah suara. Perangkat ini memiliki kemampuan menyimpan maksimal 80 perintah suara dan memiliki kemampuan bekerja untuk 7 perintah suara pada waktu yang sama. Sebelum menghubungkan ke Arduino, perangkat ini harus dilatih untuk mengenali dan menanggapi perintah suara dengan benar. Rekaman perintah suara keseluruhan berisi 80 perintah suara dengan indeks dari 0 sampai 79. recognizer memuat maksimal 7 perintah suara. Ini bagian tengah modul. Indeks recognizer mencakup 7 wilayah yang berbedadi manaperintah tersebut disimpan dengan indeks berlabel 0-6, masing-masing pada satu wilayah. Train adalah prosedur untuk perekaman perintah-perintah. Load menyalin suara yang telah dilatih untuk recognizer.



Gambar1 Voice Recognition Module V3

<http://www.elehouse.com/elehouse/images/VR3.jpg>

2.2 Arduino Uno R3

Arduino memiliki bahasa pemrograman sendiri yang mirip bahasa C. di dalam unit mikrokontrolernya sendiri, produk-produk arduino sudah ditanam dengan bootloader khusus. Bootloader ini yang menjembatani antara software compiler arduino dan hardware sistem minimumnya. arduino membuka semua sumbernya mulai dari diagram rangkaian, jalur pcb, software compiler, hingga bootloadernya.

Arduino didesain untuk menjadi satu produk yang modular. Artinya pada produk-produk arduino menjadi satu produk yang modular. Artinya pada produk-produk arduino dapat ditambahkan board lain yang memiliki fungsi khusus yang biasa disebut shield. Arduino memiliki banyak produk. Skripsi ini menggunakan board arduino uno R3.



Gambar2 Arduino Uno Tampak Depan

Sumber: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

Tabell Deskripsi Arduino Uno R3

Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader

SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz

<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

2.4. Relay

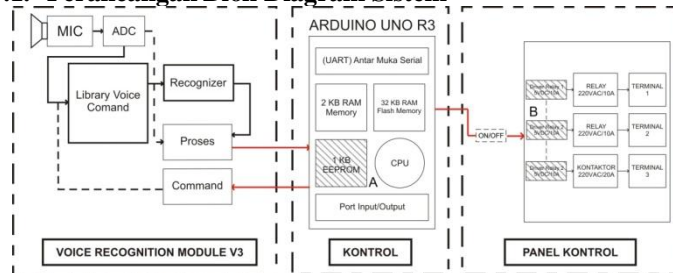
Relay adalah komponen elektronik berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip, merupakan tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (solenoid) di dekatnya. Ketika solenoid dialiri arus listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada solenoid sehingga kontak saklar akan menutup. Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang, tuas akan kembali pada posisi semula dan kontak saklar akan kembali terbuka.

Konfigurasi pada kontak relay ada tiga jenis, yaitu:

1. Normally close (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi close (tertutup).
2. Normally open (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi open (terbuka).
3. Change Over (CO), relay mempunyai kontak tengah yang normal tertutup, tetapi jika relay dicatu kontak tengah akan membuat hubungan dengan kontak-kontak yang lain.

III. Perencanaan

3.1. Perancangan Blok Diagram Sistem



Gambar 3 Blok Diagram Perencanaan Sistem

3.1.1. Blok Voice Recognition Module V3

1) Microphone

Microphone berfungsi sebagai transduser untuk menangkap gelombang suara berupa perintah suara yang akan dirubah menjadi sinyal listrik. Microphone Built-in yang digunakan adalah microphone electret yaitu Microphone jenis Condenser yang memiliki muatan listrik sendiri sehingga tidak memerlukan pencatutan daya dari luar.

2) ADC

Proses digitalisasi dengan merubah gelombang analog menjadi data digital, untuk melakukan hal tersebut

sistem melakukan sampling suara dengan cara mengambil ukuran yang pas dari gelombang.

3) Template Library

Template Library berfungsi sebagai tempat penyimpanan data masukan hasil perekaman suara yang dimana sekaligus pembuatan database untuk template, yang dimana library ini dapat menyimpan maksimum sampai 80 (0~79) suara dengan masing-masing suara 1500 ms dan Library ini sebagai pendukung untuk melatih suara

4) Recognizer

Recognizer berfungsi sebagai wadah dimana perintah suara dimuat dari template library, ini adalah bagian inti dari modul pengenalan suara. Recognizer hanya dapat mendukung 7 perintah suara (0~6).

5) Pattern Matching

Berfungsi sebagai proses perbandingan/ pencocokan yaitu tahap pencocokan data baru dengan data suara pada template yang telah disalin ke recognizer.

3.1.2. Blok Kontrol

Mikrokontroler utama berupa *Arduino UNO R3* bekerja sebagai kontrol yang mengatur inputan data perintah suara yang diterima dari Voice Recognition Module yang akan diolah oleh *Arduino UNO*. Jika inputan data dari Voice Recognition Module V3 sesuai dengan program yang telah dirancang pada *Arduino UNO*, maka *Arduino UNO* sebagai kontroler akan mengakses driver relay yang terdapat pada bagian blok panel kontrol.

3.1.3. Blok Panel Kontrol

1) Relay

Blok komponen relay merupakan relay DC 5V/10A yang difungsikan untuk menjalankan logic function sebagai penyaklaran otomatis untuk mengontrol relay AC 220V/10A dan kontaktor 220V/20A.

a) Relay DC SRD-05VDC-SL-C

Tabel 2 Spesifikasi Relay SRD- 05VDC

Coil	DC 5V
Struktur	Sealed type
Sensitivitas coil	0.36W
Tahanan coil	70-80 ohm
Kapasitas contact	10A/250VAC, 10A/125VAC, 10A/30VDC, 10A/28VDC
Ukuran	19.615.415.5 mm
Jumlah pin	5
Usia electrical	100,000x
Usia mekanikal	10,000,000x

b) Relay M2KP-I

Tabel 3 Spesifikasi Relay M2KP-I

Tegangan coil	AC 220V/240V
Arus max	10A
Jumlah pin	8

2. Kontaktor

Kontaktor digunakan untuk penghubung ke beban dengan daya yang besar

- Spesifikasi Kontaktor LC1E0610M5:

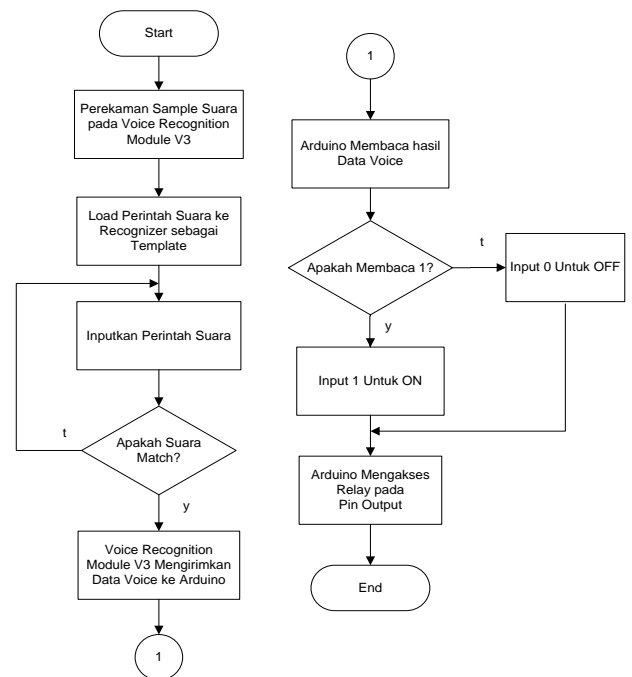
Tabel 4 Spesifikasi Kontaktor

Brand	Schneider
Model Number	LC1E0610M5
[Ue] operasional tegangan	<= 690 V AC 50/60 Hz for power circuit
[Ie] operasional arus	20 A (<= 60 °C) AC AC-1 for power circuit <= 440 V 6 A (<= 60 °C) AC AC-3 for power circuit <= 440 V
Komposisi kontak bantu	1 NO

3. Terminal Blok

Terminal Blok merupakan terminal kuningan yang dipasang pada luar box agar dapat disambungkan pada beban yang ditentukan (perangkat elektronik: Lampu, AC dan TV).

3.2. FlowChart Sistem



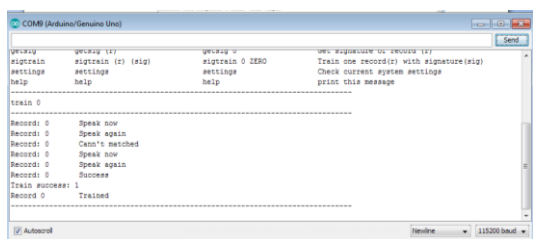
Gambar 4 Flowchart Sistem

IV. Implementasi

4.1.1. Implementasi sistem

4.1.2. Pembuatan Pengenalan Suara

Pembuatan pengenalan suara ini yaitu proses perekaman sample suara yang akan disimpan pada database Voice Recognition Module dan digunakan sebagai template untuk proses pencocokan dengan data baru. Proses pembuatan pengenalan suara ini dilakukan pengambilan suara sebanyak dua kali pengucapan setiap perintah.



Gambar 5 Tampilan Proses Perekaman Sample Suara

Proses pembuatan sample suara telah selesai, hasil sample suara tersebut yaitu:

- **Nyala** (untuk menghidupkan Lampu)
- **Padam** (Untuk mematikan Lampu)
- **Hidup** (Untuk menghidupkan TV)
- **Mati** (Untuk mematikan TV)
- **On** (Untuk menghidupkan AC)
- **Off** (Untuk mematikan AC)

V. Pengujian dan Analisa

5.1. Pengujian Hardware

5.1.1. Pengujian Relay

Tabel 5 Pengujian Relay

Perintah Suara	Output Arduino			Output Relay
	A2	A3	A4	
NYALA	4.87 V			4.8 V
PADAM	4 mV			4 mV
HIDUP		4.88 V		4.75 V
MATI		5 mV		4 mV
ON			4.87 V	4.8 V
OFF			4.2 mV	4 mV

Ketika logic Low dikirimkan tegangan pada relay terukur relatif kecil dan tidak dapat memberikan arus yang cukup kuat untuk mengaktifkan driver relay. Ketika logic High dikirimkan didapatkan hasil pengukuran yang berbeda dan dapat menjelaskan bahwa tegangan output yang dihasilkan dapat memberikan arus yang cukup dari arduino uno untuk mengaktifkan driver relay serta akan menswitch tegangan 220V pada Relay AC ataupun kontaktor.

5.1.2. Pengujian Output Terminal Blok

Tabel 6 Pengujian Output Terminal

Perintah Suara	Output Terminal
NYALA	216.6 V
PADAM	0.024 V
HIDUP	217.1 V
MATI	0.022 V
ON	219.4 V
OFF	0.021 V

Dari hasil pengujian didapatkan nilai ukur pada output terminal yaitu dengan nilai tegangan rata-rata 218 V ketika sistem sedang aktif, maka dari hasil pengukuran tersebut beban dapat bekerja dengan baik. Ketika sistem dalam kondisi tidak aktif, tegangan yang didapat pada output terminal dapat menjelaskan bahwa beban tidak akan mampu bekerja karena tidak mendapatkan tegangan yang cukup.

5.2. Pengujian Hasil Pembuatan Sample Suara

Tabel 7 Pengujian Sample Suara Nyala

Sample Suara	Pemberian Perintah Suara		
	Nya	La	Nyala
Nyala	6	5	10

Tabel 8 Pengujian Sample Suara Padam

Sample Suara	Pemberian Perintah Suara		
	Pa	Dam	Padam
Padam	0	0	10

Tabel 9 Pengujian Sample Suara Hidup

Sample Suara	Pemberian Perintah Suara		
	Hi	Dup	Hidup
Hidup	6	0	9

Tabel 10 Pengujian Sample Suara Mati

Sample Suara	Pemberian Perintah Suara		
	Ma	Ti	Mati
Mati	0	0	9

Tabel 11 Pengujian Sample Suara On dan Off

Sample Suara	Pemberian Perintah Suara	Sample Suara	Pemberian Perintah Suara
	On		Off
ON	10	Off	10

% Keberhasilan (keseluruhan) perintah suara tidak sesuai sample suara = 21,25 %

% Keberhasilan (keseluruhan) perintah suara sesuai sample suara = 96,6 %

Dari hasil yang didapat Tabel 7 sampai Tabel 11 dapat dilihat dari presentase keberhasilan keseluruhan perintah suara sesuai sample suara dengan 10 kali pengucapan didapat dengan hasil persentase yaitu 96,6 %. Persentase keberhasilan tersebut lebih baik dan lebih akurat daripada pengucapan perintah yang tidak sesuai dengan sample suara dengan hasil persentase yaitu 21,25 %. Dari hasil pengujian tersebut dapat menjelaskan, Voice Recognition Module V3 ini dapat bekerja dengan baik atau lebih akurat ketika pengucapan kata sesuai dengan sample suara

5.3. Pengujian Jarak Keberhasilan Perintah Suara

5.3.1. Pengujian Jarak Keberhasilan Perintah Suara Terhadap Ruang Tidak Berderau

Tabel 12 Pengujian Jarak Keberhasilan Pemberian Perintah Terhadap Ruang Tidak Berderau

Perintah Nyala	Jarak Pemberian Perintah						
	5 CM	10 CM	20 CM	30 CM	60 CM	1M	>1M
5 CM	10	10	10	9	10	8	4
10 CM	10	10	9	10	8	5	3
20 CM	10	10	9	9	8	2	2
30 CM	10	8	9	9	7	3	2
50 CM	2	1	1	0	0	0	0
60 CM	0	0	0	0	0	0	0

Dari hasil data pengujian jarak keberhasilan perintah suara pada tabel 12 menunjukkan ketika pemberian sample suara dengan jarak 5cm, Voice Recognition Module V3 memberikan responsif yang cukup konsisten saat menerima pemberian perintah suara dari jarak 5 CM - 1M dan ketika pemberian sample suara pada jarak ≥ 10 cm keberhasilan Voice recognition Module V3 menerima pemberian perintah suara pada jarak 1M tidak memberikan responsif yang konsisten.

5.3.2. Pengujian Jarak Keberhasilan Perintah Suara Terhadap Ruang Berderau

Tabel 13 Pengujian Jarak Keberhasilan Pemberian Perintah Terhadap Ruang Berderau

Noise (dB)	Jarak Pemberian Perintah Nyala						
	5 CM	10 CM	20 CM	30 CM	60 CM	1M	>1 M
34 – 42	9	7	8	8	6	3	0
44 – 49	8	7	7	6	4	0	0
47 – 59	4	5	3	3	0	0	0
61 – 72	2	1	0	0	0	0	0
75 - 81	0	0	0	0	0	0	0

Dari hasil pengujian jarak keberhasilan terhadap ruangan yang berderau pada tabel 3.4 dapat menjelaskan dengan pemberian perintah *Nyala*, kegagalan dalam menerima perintah disebabkan oleh besarnya noise (dB) pada tingkatan tertentu. Pada pengujian dengan tingkatan noise 34-42 dB sampai 71-81 dB, tingkat keberhasilan jarak pemberian perintah mengalami penurunan. Penurunan tingkat keberhasilan jarak pemberian perintah terlihat pada noise dengan tingkatan ≥ 47 dB, Voice Recognition Module tersebut mengalami kesulitan mendeteksi pemberian perintah suara sehingga keberhasilan pengenalan suara menjadi rendah dan tidak responsif. Itu dikarenakan perintah suara yang diterima microphone bercampur dengan noise dan

mengakibatkan perintah suara yang diterima menjadi tidak sesuai dengan sample suara.

5.4. Pengujian Tingkat Keberhasilan Pemberian Perintah Dari Orang Yang Berbeda

Tabel 14 Pengujian Tingkat Keberhasilan Pemberian Perintah Suara Dari Orang Yang Berbeda

Nama	Pemberian Perintah					
	Nyala	Padam	Hidup	Mati	On	Off
Anas Ardi F	10	10	9	10	10	10
Muh. Rizal A	10	9	10	8	10	7
Khairi Hafis	10	8	10	9	10	8
Dwi Definta	10	6	10	7	10	7
Tiara Nur F	10	8	10	8	10	6
Arif Widyawan	10	9	10	8	10	8
Nahar Fatchul	10	9	10	9	10	7
Dimas Arga	10	9	10	9	10	8
Choirul Huda	10	8	10	7	10	7
Atok H.	10	8	10	7	10	8
Presentase Tingkat Keberhasilan				81%		

Hasil pengujian pemberian perintah suara dari orang yang berbeda pada tabel 14 menunjukkan bahwa Voice Recognition Module V3 mampu mengenali perintah suara yang diberikan oleh orang yang berbeda. Itu dapat dilihat dari presentase keberhasilan dengan rata-rata presentase %. Untuk kegagalan pemberian perintah suara dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu pengucapan ketika pemberian perintah suara dengan artikulasi yang kurang jelas dan pengucapan dengan intonasi yang tidak sesuai dengan hasil sample suara seperti tinggi rendahnya tekanan pengucapan dan cepat lambatnya ketika penucapan perintah suara.

5.5. Pengujian Tingkat Keberhasilan Pemberian Perintah Suara Terhadap Microphone Berbeda

Tabel 15 Pengujian Terhadap Beberapa Microphone

Jenis Microphone	Perintah suara						(%)
	Nyala	Padam	Hidup	Mati	On	Off	
Microphone Mini Flexible	10	9	8	9	10	10	93 %
Electret Condenser CMA-4544PF-W	10	9	9	8	10	10	93 %
Electret Condenser EM9745P-382	10	10	8	9	10	10	95 %

Dari data hasil pengujian pada tabel 15 menjelaskan tingkat keberhasilan perintah suara terhadap microphone

yang berbeda, mempengaruhi tingkat keberhasilan pemberian perintah. Dapat dilihat pada perbedaan presentase keberhasilan ketika menggunakan microphone mini flexible yaitu 93 %, ketika menggunakan Electret Condenser CMA-4544PF-W yaitu 93% dan ketika menggunakan Electret Condenser EM9745P-382 yaitu 95%. Tingkat keberhasilan tersebut dapat dipengaruhi 2 faktor, yaitu sensitivity dan Impedansi pada masing-masing microphone. Semakin tinggi nilai sensitivitas suatu microphone, semakin tinggi pula kepekaan pada microphone tersebut dan semakin tinggi nilai impedansi akan semakin mempengaruhi pelemahan kinerja kepekaan microphone.

VI. Kesimpulan dan Saran

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan tujuan dan rumusan permasalahan yang telah disusun, perencanaan yang telah dirancang serta beberapa pengujian dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Voice Recogniton Module V3 memiliki tingkat keberhasilan 96% menerima perintah suara dengan baik dengan pengucapan sesuai dengan sample suara
- 2) Jarak keberhasilan pemberian perintah dipengaruhi oleh jarak pemberian sample suara. Pemberian perintah pada jarak $\geq 1M$ akan mengalami kesulitan pendeteksian perintah. Dan ketika pemberian perintah dengan noise ≥ 47 Db, tingkat keberhasilan mengalami penurunan signifikan, Itu disebabkan perintah suara yang diterima bercampur dengan noise dan mengakibatkan kesulitan untuk melakukan pengenalan perintah.
- 3) Voice Recognition Module V3 memiliki tingkat keberhasilan 81% ketika menerima perintah suara dari orang yang berbeda
- 4) Penggunaan microphone yang berbeda dapat mempengaruhi keakuratan pengenalan suara, itu dikarenakan sensitifitas tiap microphone berbeda

6.2. Saran

- 1) Penggunaan sistem ini lebih akurat ketika penggunaannya dalam kondisi yang kondusif dan tanpa derau
- 2) Agar sistem ini dapat digunakan untuk jarak yang lebih jauh, perlu digunakan microphone wireless agar pengguna dapat melakukan pengontrolan dari jarak lebih jauh.
- 3) Untuk memperoleh sensitifitas yang lebih baik, digunakan microphone dengan kualitas yang lebih baik lagi.

Daftar Pustaka

- [1] Voice Command Pengendali Perangkat Elektronik Rumah Tangga Dengan Menggunakan Raspberry Pi, UIN Sunan Kalijaga (Mohamad Amirudin Latief, 2015)

- [2] Aplikasi Pengenalan Suara Sebagai Pengendali Peralatan Listrik Berbasis *Arduino Uno*, Universitas Brawijaya (Zaratul Nisa Saputri, 2014)
- [3] Recognize a voice Wheel Chair with Enhanced Obstacle Detection Features, International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology (T. Bakkiya Lakshmi, S. Vijayalakshmi, S. Praveena, M. Purushothamandan V. Kayalvizhi, 2015)
- [4] Rancang bangun aplikasi voice recognition berbasis api google menggunakan smartphone android untuk sistem kontrol perangkat elektronik pada apartemen, Politeknik Negeri Malang (Firman pratamadewantara, 2015)
- [5] <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoboardunodias> kses 12 desember 2015
- [6] Pengenalan arduino (Feri Djuandi, 2011)
- [7] Introduction to Arduino (Alan G. Smith, 2011)
- [8] Arduino For Beginner (M. Bangun Agung, 2014)
- [9] <http://www.sebatekno.com/fungsifungsi-untuk-serial-komunikasi-di-arduinodias> akses 26 Maret 2016
- [10] Komunikasi Serial dan Port Serial (COM), Teknik Informatika UMS (Suyadi, 2012)
- [11] www.elehouse.com/elehouse/.../VR3_manual.pdf diakses 6 Januari 2016
- [12] www.teknikelektronika.com diakses 26 Maret 2016
- [13] Automatic Speech Recognition on Mobile Devices and over communication Networks, United Kingdom: Springer (Tan, Z.H., & Lindberg B., 2008)
- [14] Buku Ajar Teknik Pengolahan Suara Digital, Universitas Diponegoro Semarang (Achmad Hidayatno, S.T., M.T, 2007)