

Implementasi *Voice Recognition* pada Pengendalian Pergerakan Lengan Robot

Ary Anugrah Febriansyah¹, Henry Candra², Susan Sulaiman³

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti

³Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti

ary062001600023@std.trisakti.ac.id¹, henrycandra@trisakti.ac.id², *susan@trisakti.ac.id³

INTISARI

Di dalam kehidupan manusia yang semakin meningkat dari waktu ke waktu, robot sering digunakan untuk menangani berbagai tugas yang tidak dapat ditangani oleh manusia, seperti di bidang nuklir dan kimia berbahaya. Robot, khususnya jenis lengan robot juga memegang peranan penting dalam proses produksi di dunia industri. Pada penelitian ini, dibangun sebuah lengan robot yang pergerakannya dikendalikan menggunakan suara. Suara manusia memiliki karakter yang berbeda-beda pada setiap individu. Pengenalan suara adalah kemampuan mesin atau program untuk menerima dan memahami perintah lisan dengan cara membandingkan perintah suara dengan suara yang telah disimpan di dalam basis data, agar perintah suara tersebut dapat dikenali. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan *Voice Recognition* berbasis Arduino Uno menggunakan modul *voice recognition V3* pada lengan robot yang terdiri dari 4 servo SG90. Pada pengujian yang dilakukan oleh *user* dengan berbagai jarak pengujian yang bervariasi dari 5 cm sampai dengan 30cm, sistem berhasil mengenali suara dengan tingkat keberhasilan rata-rata sebesar 87% dan eror sebesar 13% . Pada pengujian yang dilakukan oleh 2 partisipan yang bukan *user* sistem menunjukkan kinerja yang cukup baik dan diperoleh rata-rata tingkat keberhasilan 9% dan eror 91%. Selisih waktu yang dibutuhkan oleh lengan robot untuk memindahkan *objek* seberat 16 gram dan 30 gram sesuai perintah suara adalah 0,4936 detik.

Kata kunci: Arduino, Lengan Robot, Modul *Voice Recognition V3*, Pengenalan Suara

ABSTRACT

In human life that is increasing from time to time, robots are often used to handle various tasks that cannot be handled by humans, such as in the fields of nuclear and hazardous chemicals. Robots, especially types of robot arms also play an important role in the production process in the industry. In this study, a robot arm was built which movements are controlled by using voice. Human voice has different characters for each individual. Voice recognition is the ability of a machine or program to receive and understand spoken commands by comparing voice commands with voices that have been stored in the database, so that the voice commands can be recognized. This study aims to implement Arduino Uno-based Voice Recognition using a V3 voice recognition module on a robot arm consisting of 4 SG90 servos. In tests conducted by user which distances varying from 5cm to 30cm the system succeeded in recognizing voices with an average success rate of 87% and 13% error. In tests conducted by 2 participants who are not in the data base, the performance was quite good with the average success rate of 9% and 91% error. The time difference required by the robot arm to move an object weighing 16 grams and 30 grams according to voice commands is 0.4936 seconds.

Keywords: Arduino, Robot Arm, Voice Recognition Module V3, Voice Recognition

I. PENDAHULUAN

Pengembangan teknologi robot di dalam kehidupan manusia semakin meningkat dari waktu ke waktu. Robot sering digunakan untuk menangani berbagai tugas yang tidak dapat ditangani oleh manusia, seperti di bidang nuklir, kimia, perjalanan ke luar angkasa dan tugas-tugas lain yang dilakukan di

lingkungan yang berbahaya. Saat ini robot juga merupakan bagian yang memegang peranan penting pada proses produksi dalam bidang industri. Robot memiliki banyak kelebihan, di antaranya biaya yang digunakan untuk mengoperasikan robot jauh lebih kecil dibandingkan tenaga manusia dengan fungsi yang sama dan setelah program di input, robot mampu bekerja berulang kali tanpa jenuh dengan akurasi yang tinggi

[1]. Lengan robot merupakan robot yang memiliki lengan seperti manusia, memiliki bentuk lengan-lengan kaku yang terhubung secara seri dan juga memiliki sendi yang dapat berputar, memanjang atau memendek. Tujuan dibuatnya lengan robot adalah untuk membantu pekerjaan manusia [2].

Suara manusia memiliki karakter yang berbeda-beda pada setiap individu, tetapi ada kasus di mana suara yang didengar secara langsung sama dengan individu yang lain [3]. Pengenalan suara (*Voice Recognition*) adalah suatu sistem yang dapat mengidentifikasi seseorang melalui suaranya, *voice recognition* dapat dikatakan sebagai proses di mana mesin atau program menerima, menafsirkan perintah dan menjalankan perintah tersebut [4].

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Indra Dwisaputra dkk. pada tahun 2019 dengan judul "Lampu Sein Helm Sepeda Berbasis *Voice Recognition*" diperoleh akurasi sebesar 80% dari 10 kali percobaan [5]. Adapun penelitian yang dilakukan oleh Anita Rahayu dan Henri pada tahun 2020 dengan judul "Sistem Kendali Rumah Pintar Menggunakan *Voice Recognition Module V3* Berbasis Mikrokontroler dan *IOT*" memiliki akurasi sebesar 100% pada jarak 5 cm, sebesar 61,5% pada jarak 20 cm dan sebesar 30,4 % pada jarak 100 cm [6].

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan di atas, penelitian ini bertujuan untuk membuat rancangan pengendalian lengan robot dengan pengenalan suara menggunakan *Voice Recognition Module V3* berbasis Arduino dengan menghitung tingkat keberhasilan dan eror pada jarak pengujian 5 cm, 15 cm, 25 cm, dan 30 cm. Selain itu akan dihitung pula waktu yang dibutuhkan untuk menjalankan perintah dengan memindahkan benda *objek* sesuai perintah suara bagi benda objek seberat 16 gram dan 30 gram.

II. LANDASAN TEORI

A. Lengan Robot

Lengan robot adalah robot mekanik yang gerakannya dibuat menyerupai anatomi lengan manusia. Lengan robot memiliki beberapa sendi pergerakan dan pencengkram (*gripper*) yang disesuaikan dengan kebutuhan [7]. Kinematika robot lengan terdiri atas pergerakan rotasi dan translasi. Pada gerakan rotasi yaitu gerakan berputar pada sebuah

sumbu yang tetap, gerakan tersebut dapat berputar pada sumbu x , y maupun z . Sedangkan pada gerakan translasi, artinya terdapat pergeseran sumbu koordinat pada jarak tertentu dari sumbu koordinat semula. Lengan robot dapat diprogram ulang secara fleksibel oleh pengguna dan pada umumnya dapat dikendalikan dengan menggunakan mikrokontroler yang terhubung ke tiap motor penggerakannya.

B. Suara

Suara merupakan alat komunikasi paling mendasar bagi manusia. Suara manusia memiliki karakter yang berbeda pada setiap individu [8]. Pengucapan kata yang sama dengan panjang waktu sama mungkin juga memiliki perbedaan di tengah pengucapan, karena adanya perbedaan dari kecepatan kata yang diucapkan. Sesuai batasan sinyal audio, rentang pendengaran manusia yaitu 20 Hz hingga 20.000 Hz. Karena pada dasarnya sinyal audio merupakan sinyal suara yang dapat diproses oleh pendengaran manusia, dimana 20 Hz adalah frekuensi terendahnya dan 20.000 Hz adalah frekuensi tertingginya. Saat ini, dengan adanya perkembangan teknologi, suara tidak hanya digunakan untuk melakukan komunikasi antar manusia tetapi juga dapat digunakan untuk berkomunikasi dengan perangkat teknologi untuk mempermudah manusia melakukan sesuatu. Pemanfaatan sinyal audio meliputi perekaman, manipulasi sinyal dan reproduksi gelombang suara [9]. Sinyal suara dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Sinyal waktu kontinu dan sinyal waktu diskrit.

Sinyal waktu kontinu terdefinisi untuk setiap nilai pada sumbu waktu t , t adalah bilangan riil dan sinyal waktu diskrit adalah sinyal yang terdefinisi hanya pada nilai waktu diskrit n , di mana n adalah bilangan bulat seperti diperlihatkan pada Gambar 1.

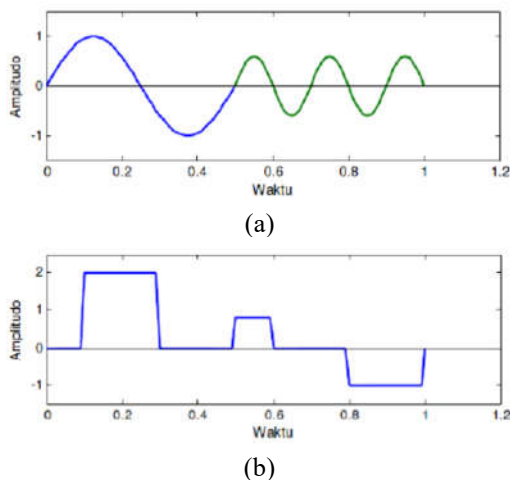


Gambar 1. (a) Sinyal kontinu; (b) Sinyal diskrit

2. Sinyal analog dan sinyal digital

Sinyal analog adalah apabila amplitudo dari data suatu sinyal terus menerus ada dalam rentang waktu tertentu dan mempunyai variasi nilai amplitudo yang tak terhingga. Sedangkan sinyal digital adalah apabila

amplitudo dari suatu sinyal tidak kontinu dan memiliki amplitudo yang terbatas dengan besaran 0 dan 1. Gambar 2 memperlihatkan sinyal analog dan sinyal digital.



Gambar 2. (a) Sinyal analog; (b) Sinyal digital

Discrete Fourier Transform (DFT) merupakan metode transformasi matematis untuk sinyal waktu diskrit ke dalam domain frekuensi, dapat didefinisikan dengan rumus berikut:

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{-j2\pi ft} dt \quad (1)$$

$S(f)$ = sinyal dalam domain frekuensi
 $s(t)$ = sinyal dalam domain waktu
 $e^{-j2\pi ft}$ = konstanta dari nilai sebuah sinyal
 f = frekuensi
 t = waktu

Penelitian ini digunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) yang merupakan suatu algoritma yang digunakan untuk merepresentasikan sinyal dalam domain waktu diskrit dan domain frekuensi. FFT dipergunakan untuk mengurangi kompleksitas transformasi yang dilakukan dengan DFT. Proses perekaman dalam FFT disimpan dalam bentuk gelombang digital berupa gelombang spektrum suara yang berbasis frekuensi sehingga lebih mudah menganalisa spektrum frekuensi suara yang telah direkam [10].

C. Pengenalan Suara

Pengenalan perintah suara adalah suatu pengendalian perangkat alat elektronik dengan menggunakan perintah suara. Dengan cara tersebut

maka perangkat elektronik dapat bergerak atau dikendalikan dengan perintah suara dari *user*. Tombol tidak diperlukan untuk mengoperasikan perangkat elektronik karena semua dapat dikendalikan oleh suara [11]. Modul pengenalan suara atau *voice recognition* ini dapat digunakan pada banyak aplikasi pengontrolan yang membutuhkan pendeteksian bukan hanya suara melainkan percakapan seperti *home automation* (di mana *user* dapat mengontrol nyala lampu, kunci pintu, televisi, atau perangkat lainnya) atau sebagai modul pelengkap sensor pendengaran pada robot [12].

D. Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor yang dirancang dengan sistem umpan balik tertutup, sehingga dapat diatur posisi perputaran motor. Umpan balik berfungsi untuk memberikan informasi pada rangkaian agar motor bergerak sesuai dengan yang diinginkan. Ada 2 jenis motor servo yaitu *standard* dan *continuous*. Motor servo *standard* hanya mampu berputar 180 derajat, sedangkan motor servo *continuous* dapat berputar 360 derajat [13].

E. Parameter Kerja Sistem

Pada penelitian ini akan dihitung tingkat keberhasilan dari *Voice Recognition Module V3* dalam mengenali perintah suara yang sudah disimpan ke dalam basis data. Tingkat keberhasilan merupakan ukuran yang digunakan untuk menilai seberapa baik kerja dari sistem [14]. Tingkat keberhasilan dapat dihitung dengan persamaan (2).

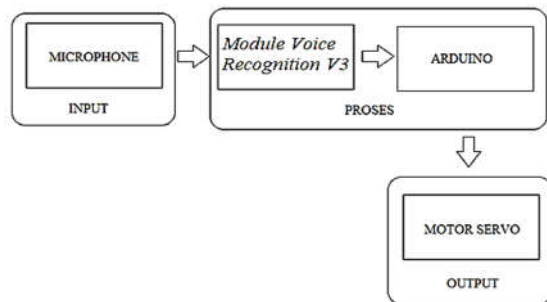
$$\% \text{Tingkat keberhasilan} = \frac{\text{Jumlah keberhasilan}}{\text{Jumlah percobaan}} \cdot 100\% \quad (2)$$

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, perancangan alat yang dibuat berupa pembuatan lengan robot yang bergerak mengikuti perintah suara. Proses pengenalan suara terjadi di modul *Voice Recognition V3* dan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3. Terdapat 5 (lima) perintah suara yang akan disimpan ke dalam basis data.

Pengujian akan dilakukan sebanyak 350 kali, terdiri dari masing-masing 10 kali pada setiap perintah suara oleh *user* yang ada dalam basis data dengan jarak pengujian 5 cm, 15 cm, 25 cm, dan 30 cm, 10 kali pada setiap perintah suara yang dilakukan oleh partisipan 1 (pria) yang tidak ada dalam basis data dan 10 kali pada

setiap perintah suara yang dilakukan oleh partisipan 2 (wanita) yang tidak ada dalam basis data, 5 kali pada setiap perintah suara dengan bobot objek seberat 12 gram dan 5 kali pada setiap perintah suara dengan bobot objek seberat 30 gram untuk mendapatkan berapa waktu yang diperlukan lengan robot untuk memindahkan benda dengan bobot yang berbeda. Diagram blok dari sistem yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 3.

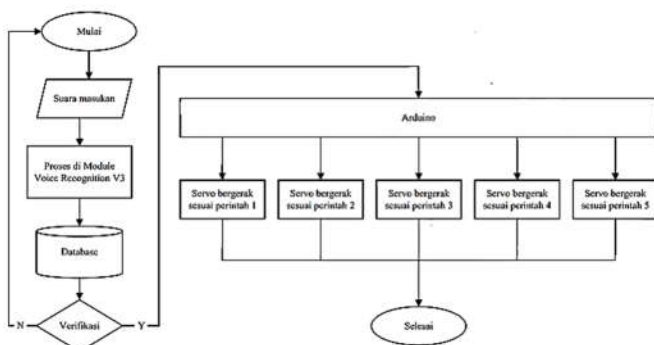


Gambar 3. Diagram blok sistem

Microphone berfungsi memberikan masukan untuk diproses di dalam modul *Voice Recognition V3* dan Arduino, jika perintah suara dikenali maka motor servo akan bergerak sesuai dengan perintah suara yang diberikan.

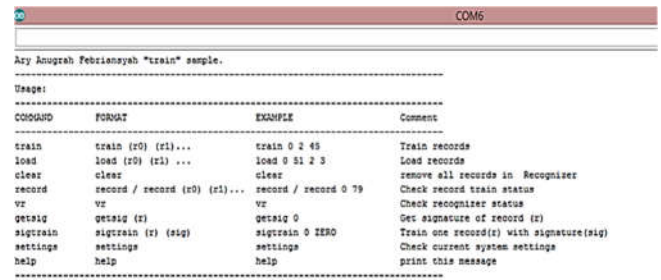
A. Prinsip Kerja Sistem

Diagram alir sistem yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir sistem

Penelitian ini mempunyai beberapa tahapan. Pertama, suara masukan akan diproses oleh modul *Voice Recognition V3*. Pada tahap ini perintah suara akan di-input dan disimpan kedalam modul *Voice Recognition V3* menggunakan *software* Arduino IDE seperti yang ditampilkan pada Gambar 5.

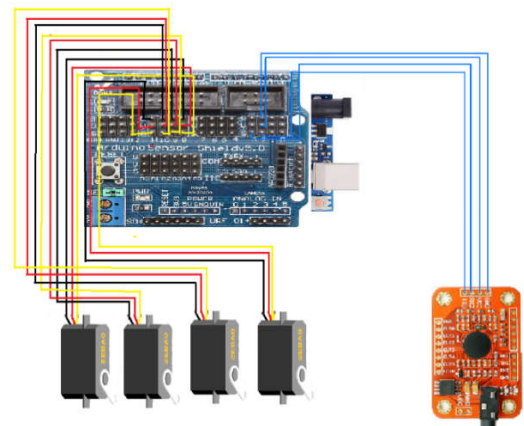


Gambar 5. Tampilan *software* Voice Recognition Module V3 di Arduino IDE

Setelah suara dicocokkan, jika sesuai dengan yang ada di basis data maka akan diterima *Arduino Uno* dan memberikan perintah kepada *Servo* untuk bergerak sesuai perintah suara.

B. Perancangan Rangkaian Alat

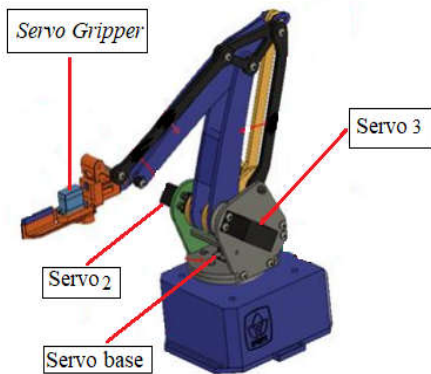
Perancangan rangkaian pada penelitian ini menggunakan *Arduino Uno* sebagai mikrokontroler dan modul *Voice Recognition V3* sebagai alat untuk menyimpan perintah suara. Lengan robot menggunakan 4 (empat) servo yang terdiri dari, servo base, servo 2, servo 3 dan servo *gripper*. Gambar 6 memperlihatkan gambar perancangan rangkaian alat.



Gambar 6. Rangkaian alat

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa pin *signal servo base* berada di pin 8 *Arduino*, pin *signal servo 2* berada di pin 9 *Arduino*, pin *signal servo 3* berada di pin 10 *Arduino*, pin *signal servo gripper* berada pada pin 11 *Arduino*, untuk modul *Voice Recognition V3*, RX berada di pin 3 *Arduino* dan TX berada di pin 2 *Arduino*. Setelah itu suara yang masuk akan dicocokkan oleh data suara yang ada di basis data. Jika

suara yang dicocokkan sesuai dengan yang ada di basis data maka akan diterima *Arduino Uno* dan memberikan perintah kepada *servo* untuk bergerak sesuai perintah suara. Penelitian ini, lengan robot menggunakan 4 buah motor servo SG90 seperti yang diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Lengan robot

1. Servo Base yang berfungsi untuk bergerak ke kanan, ke kiri, atau ke belakang sesuai perintah *user*.
2. Servo 2 yang berfungsi untuk pergerakan maju atau mundur pada lengan robot.
3. Servo 3 yang berfungsi untuk pergerakan naik atau turun pada lengan robot.
4. Servo pencengkram (*gripper*) yang berfungsi untuk mencengkram *objek*.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Pengambilan dan Pengujian Data Suara

Data suara adalah sekumpulan data yang dimasukkan ke sistem dan juga dimasukkan ke dalam basis data, digunakan untuk menggerakkan lengan robot. Data suara yang akan disimpan sebanyak 5 perintah suara.

Pada Gambar 8 terlihat proses pengambilan perintah suara yang telah berhasil. *Record 0* mewakili perintah “satu”, *Record 1* mewakili perintah “dua”, *Record 2* mewakili perintah “tiga”, *Record 3* mewakili perintah “empat” dan *Record 4* mewakili perintah “lima”.

```

COM6
tm01234
Ary Anugrah Febriansyah "train" sample.
-----
Usage:
-----
COMMAND    FORMAT    EXAMPLE    Comment
-----
train       train (r0) (r1)...    train 0 2 45    Train records
load        load (r0) (r1) ...    load 0 51 2 3    Load records
clear       clear                clear            remove all records in Recognizer
record      record / record (r0) (r1)...    record / record 0 79    Check record train status
vr          vr                  vr              Check recognizer status
getsig      getsig (r)          getsig 0        Get signature of record (r)
sigtrain    sigtrain (r) (sig)    sigtrain 0 ZERO    Train one record(r) with signature(sig)
settings    settings            settings        Check current system settings
help        help                help            print this message
-----

train 0 1 2 3 4
-----
Record: 0    Speak now
Record: 0    Speak again
Record: 0    Success
Record: 1    Speak now
Record: 1    Speak again
Record: 1    Success
Record: 2    Speak now
Record: 2    Speak again
Record: 2    Can't matched
Record: 2    Speak now
Record: 2    Speak again
Record: 2    Success
Record: 3    Speak now
Record: 3    Speak again
Record: 3    Success
Record: 4    Speak now
Record: 4    Speak again
Record: 4    Success
Train Success: 5
Record: 0    Trained
Record: 1    Trained
Record: 2    Trained
Record: 3    Trained
Record: 4    Trained

```

Gambar 8. Proses pengambilan perintah suara

Lima data suara yang sudah ada di basis data akan diuji di *software Arduino IDE*. Gambar 9 memperlihatkan contoh pengujian data suara untuk perintah suara “satu”.

```

COM5
Ary Anugrah Febriansyah "train" sample.
-----
Usage:
-----
COMMAND    FORMAT    EXAMPLE    Comment
-----
train       train (r0) (r1)...    train 0 2 45    Train records
load        load (r0) (r1) ...    load 0 51 2 3    Load records
clear       clear                clear            remove all records in Recognizer
record      record / record (r0) (r1)...    record / record 0 79    Check record train status
vr          vr                  vr              Check recognizer status
getsig      getsig (r)          getsig 0        Get signature of record (r)
sigtrain    sigtrain (r) (sig)    sigtrain 0 ZERO    Train one record(r) with signature(sig)
settings    settings            settings        Check current system settings
help        help                help            print this message
-----

VR Index    Group    RecordNum    Signature
0           NONE    0            NONE

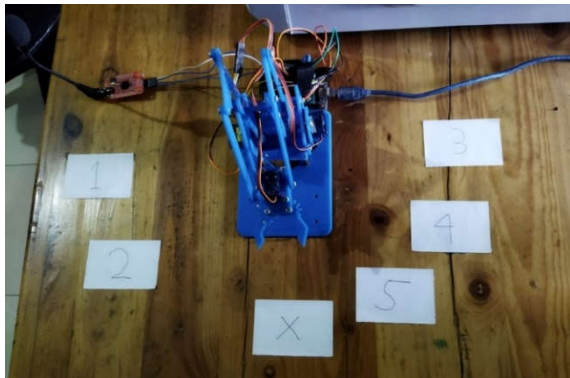
```

Gambar 9. Pengujian data suara perintah “satu”

Pada Gambar 9, terlihat telah dilakukan pengujian perintah suara “satu” dan yang ada di dalam kotak merah menunjukkan data suara sesuai dengan yang ada di basis data dimana angka 0 pada *VR Index* menunjukkan perintah suara “satu”.

B. Pengujian Lengan Robot

Dalam penelitian ini ada lima pergerakan lengan robot. Gambar 10 menunjukkan lengan robot akan bergerak sesuai perintah yang diberikan. Lengan robot akan bergerak mengambil *objek* yang ada pada lambang “X” dan *objek* akan diletakkan pada lambang sesuai perintah, misalkan *user* memberi perintah “satu” maka lengan robot akan memindahkan barang yang ada di lambang X ke lambang 1.



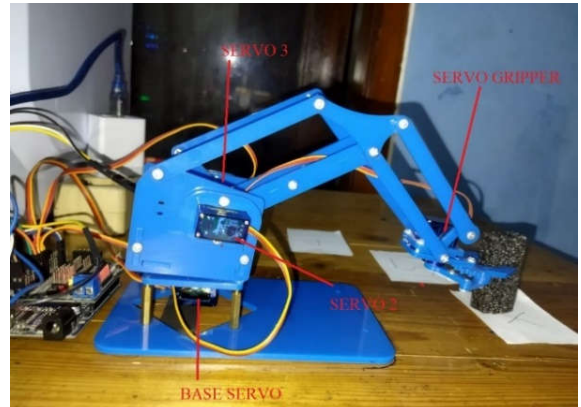
Gambar 10. Uji lengan robot

Tabel 1 memperlihatkan sudut (derajat) posisi awal atau posisi *standby* jika lengan robot tidak ada input perintah suara yang dikenali dari masing-masing servo pada lengan robot.

Tabel 1. Posisi awal lengan robot

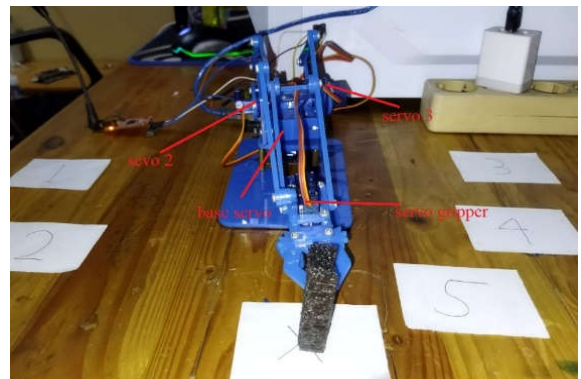
No	Nama servo	Derajat
1	Base servo	90°
2	Servo 2	45°
3	Servo 3	90°
4	Servo gripper	180°

Pada Gambar 11 diperlihatkan pergerakan awal lengan robot jika ada perintah suara yang dikenali dari arah samping. Jika *user* memberi perintah “satu”, “dua”, “tiga”, “empat” atau “lima” maka *servo 2* akan merubah sudut derajatnya untuk memanjang dan *servo gripper* juga merubah sudut derajatnya untuk mencengkram *objek* yang ada pada lambang X.

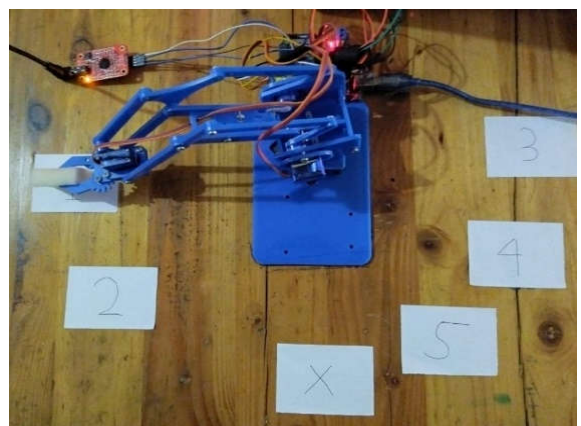


Gambar 11. Pergerakan awal dilihat dari samping

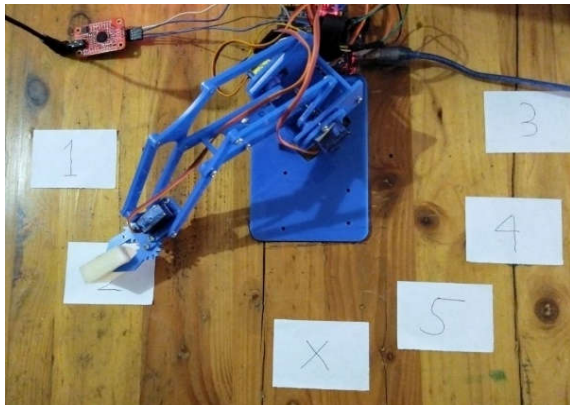
Pada tahap selanjutnya, robot akan bergerak tergantung dari perintah suara yang dikenali. Berikut adalah gambar pergerakan lengan robot sesuai dengan perintah yang diberikan. Gambar 12a, 12b, 12c, 12d, 12e, dan 12f memperlihatkan posisi awal dan pergerakan lengan robot untuk memindahkan *objek* ketika ada perintah “satu”, “dua”, “tiga”, “empat”, dan “lima”.



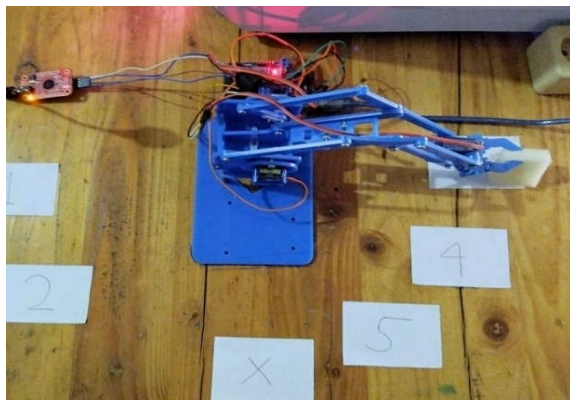
Gambar 12a. Posisi awal lengan robot



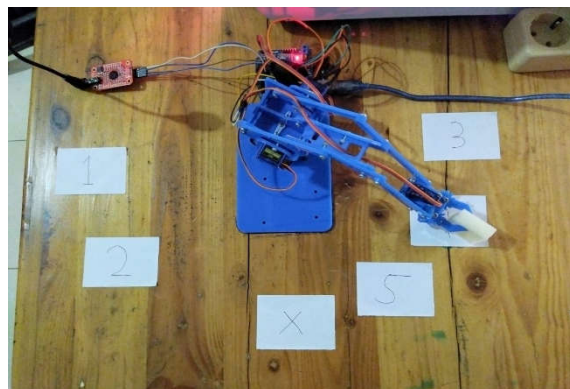
Gambar 12b. Pergerakan dengan perintah “satu”



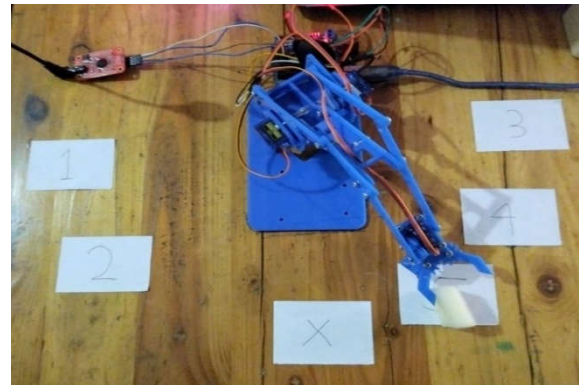
Gambar 12c. Pergerakan dengan perintah "dua"



Gambar 12d. Pergerakan dengan perintah "tiga"



Gambar 12e. Pergerakan dengan perintah "empat"



Gambar 12f. Pergerakan dengan perintah "lima"

Dari Gambar 12a, 12b, 12c, 12d, 12e, dan 12f dapat disimpulkan bahwa lengan robot telah bergerak sesuai dengan perintah suara yang diberikan.

Tabel 2 memperlihatkan pergerakan servo-servo yang bergerak sesuai perintah suara yang diberikan.

Tabel 2. Pergerakan lengan robot

No	Servo	Pergerakan				
		satu	dua	tiga	empat	lima
1	Servo2	110°	110°	110°	110°	110°
2	Servo gripper	0°	0°	0°	0°	0°
3	Servo 2	45°	45°	45°	45°	45°
4	Base servo	0°	30°	180°	150°	120°
5	Servo 2	110°	110°	110°	110°	110°
6	Servo gripper	180°	180°	180°	180°	180°
7	Servo 2	45°	45°	45°	45°	45°
8	Base servo	90°	90°	90°	90°	90°

C. Pengujian Voice Recognition

Tabel 3a, 3b, 3c menyajikan hasil pengujian yang dilakukan oleh *user* yang data suaranya sudah ada di dalam basis data dengan jarak pengetesan yang berubah-ubah, berturut-turut yakni 5 cm, 15 cm, 25 cm dan 30 cm.

Tabel 3a. Pengujian oleh *user* dengan jarak 5 cm

No	Jumlah Percobaan	Perintah	Sukses	Gagal	Tingkat Keberhasilan (%)	Error (%)
1	10	"satu"	10	0	100	0
2	10	"dua"	10	0	100	0
3	10	"tiga"	10	0	100	0
4	10	"empat"	10	0	100	0
5	10	"lima"	10	0	100	0
Rata-rata					100	0

Tabel 3b. Pengujian oleh *user* dengan jarak 5 cm, 15 cm, 25 cm, dan 30 cm

No	Jarak objek							
	5cm		15cm		25cm		30cm	
	B (%)	E (%)	B (%)	E (%)	B (%)	E (%)	B (%)	E (%)
1	100	0	100	0	70	30	60	40
2	100	0	100	0	100	0	90	10
3	100	0	100	0	80	20	80	20
4	100	0	100	0	90	10	70	30
5	100	0	100	0	60	40	40	60
R	100	0	100	0	80	20	68	32

B=tingkat keberhasilan E=Error R=rata-rata

Tabel 3c. Rata-rata tingkat keberhasilan dan eror dari *user*

No	Jarak (cm)	Tingkat keberhasilan (%)	Error (%)
1	5	100	0
2	15	100	0
3	25	80	20
4	30	68	32
Rata-rata		87	13

Terlihat bahwa pada jarak 5 cm dan 15 cm tingkat keberhasilan adalah 100%, kemudian pada jarak 25 cm tingkat keberhasilan turun menjadi 80%, dan pada jarak 30cm turun lagi menjadi 68%. Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa tingkat keberhasilan semakin menurun seiring dengan pertambahan jarak pengujian yang semakin jauh. Rata-rata tingkat keberhasilan yang diperoleh adalah sebesar 87 % dan eror sebesar 13%.

Tabel 4a dan 4b menyajikan hasil pengujian yang dilakukan oleh partisipan 1 (pria) dan partisipan 2 (wanita) yang data suaranya tidak ada di dalam basis data dengan jarak pengujian 5 cm.

Tabel 4a. Pengujian oleh partisipan 1 dan partisipan 2

No	Partisipan 1		Partisipan 2	
	B (%)	E (%)	B(%)	E (%)
1	0	100	0	100
2	20	80	20	80
3	10	90	0	0
4	20	80	0	0
5	20	80	0	0
R	14	86	4	96

Tabel 4b. Rata-rata tingkat keberhasilan dan eror dari partisipan

No	Partisipan	Tingkat keberhasilan (%)	Error (%)
1	Partisipan 1	14	86
2	Partisipan 2	4	96
Rata-rata		9	91

Dari Tabel 4b dapat dilihat bahwa nilai rata-rata akurasi dan eror dari pengujian yang dilakukan oleh Partisipan 1 dan Partisipan 2 sebagai bukan *user* yang perintah suaranya tidak berada di dalam basis data adalah sebesar 9% dan rata-rata eror 91%. Tingkat keberhasilan partisipan 1 adalah 14%, lebih besar daripada tingkat keberhasilan partisipan 2 yang hanya sebesar 4%, hal ini disebabkan oleh *user* dan partisipan 1 sama-sama pria yang karakter suaranya lebih mirip dibandingkan dengan suara wanita sebagai partisipan 2.

D. Pengujian Waktu yang Dibutuhkan Untuk Memindahkan Objek

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan berapa lama waktu yang dibutuhkan lengan robot untuk memindahkan objek dengan bobot yang berbeda. Bobot *objek* yang digunakan adalah 12 gram dan 30 gram. Pengujian ini dilakukan pada jarak 5cm sebanyak 50 kali, terdiri dari 5 kali pada setiap perintah suara pada berat *objek* 12 gram dan 5 kali pada setiap perintah suara dengan berat *objek* 30 gram, seperti diperlihatkan pada Tabel 5a dan 5b.

Tabel 5a. Pengujian waktu untuk berat objek 12 gram

No	Perintah	Pengujian					Rata-rata (s)
		1(s)	2(s)	3(s)	4(s)	5(s)	
1	“satu”	8,50	8,44	8,57	8,66	8,48	8,530
2	“dua”	8,35	8,30	8,40	8,46	8,39	8,380
3	“tiga”	8,44	8,46	8,44	8,39	8,43	8,432
4	“empat”	8,40	8,35	8,32	8,30	8,33	8,340
5	“lima”	8,20	8,29	8,27	8,31	8,26	8,266
Total							41,948
Rata-rata waktu keseluruhan							8,3896

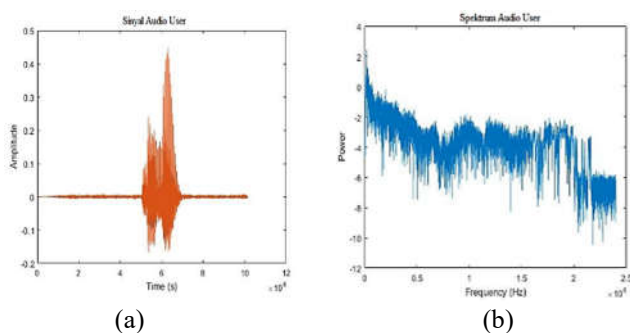
Tabel 5b. Pengujian waktu untuk berat objek 30 gram

No	Perintah	Pengujian					Rata-rata (s)
		1(s)	2(s)	3(s)	4(s)	5(s)	
1	"satu"	9,10	9,09	9,10	9,04	9,03	9,072
2	"dua"	8,97	9,00	8,98	9,09	8,98	9,004
3	"tiga"	8,97	8,89	8,92	8,90	8,84	8,904
4	"empat"	8,80	8,69	8,72	8,59	8,90	8,740
5	"lima"	8,38	8,80	8,71	8,85	8,74	8,696
Total							44,416
Rata-rata waktu keseluruhan							8,8832

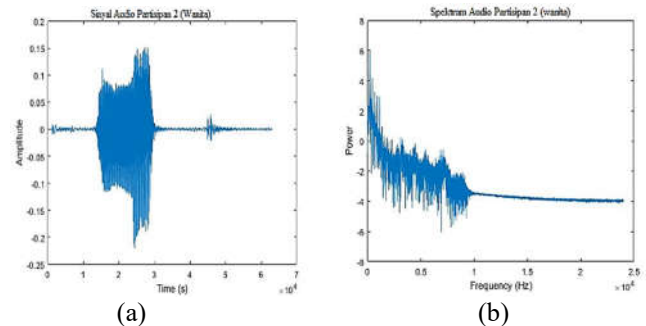
Tabel 5a dan 5b menunjukkan bahwa waktu rata-rata keseluruhan pergerakan lengan robot untuk memindahkan objek dengan berat 12 gram adalah 8,3896 detik sedangkan untuk memindahkan objek dengan berat 30 gram adalah 8,8832 detik, dengan demikian selisih waktu rata-rata yang dibutuhkan antara objek dengan berat 12 gram dan berat 30 gram adalah 0,4936 detik. Hal ini menunjukkan bahwa berat objek berpengaruh pada waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan objek, semakin berat objek, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan objek.

E. Pengujian Sinyal Audio dan Spektrum Audio

Pengujian ini dilakukan untuk melihat amplitudo dan spektrum suara dari user dan partisipan. Gambar 13a, 13b, 14a, dan 14b menampilkan contoh hasil sinyal audio dan spektrum audio dengan mengambil sampel dari data perintah suara "satu" user dan partisipan 2 menggunakan software Matlab.



Gambar 13. (a) Sinyal audio user; (b) Spektrum audio user



Gambar 14. (a) sinyal audio partisipan 2
(b) spektrum audio partisipan 2

Dari Gambar 13 dan 14 telah diperlihatkan sinyal audio dan spektrum audio dari user (pria) dan partisipan 2 (wanita). Hasilnya adalah untuk amplitudo tertinggi sinyal suara user adalah 0,45 sedangkan untuk partisipan 2 adalah 0,15. Spektrum sinyal dari user lebih lebar jika dibandingkan dengan spektrum sinyal dari partisipan 2.

V. KESIMPULAN

Perancangan lengan robot menggunakan 4 servo dengan lima perintah suara yaitu "satu", "dua", "tiga", "empat" dan "lima" telah berhasil baik. Lengan robot akan bergerak sesuai dengan perintah suara yang diberikan. Pengujian pertama dilakukan oleh user yang perintah suaranya ada di dalam basis data dengan jarak berturut-turut 5 cm, 15 cm, 25 cm dan 30 cm. Tingkat keberhasilan semakin menurun seiring dengan penambahan jarak pengujian yang semakin jauh. Pada jarak 5 cm dan 15 cm tingkat keberhasilan 100%, pada jarak 25 cm tingkat keberhasilan 80%, dan pada jarak 30 cm tingkat keberhasilan menjadi 68%, sehingga rata-rata tingkat keberhasilan adalah 87% dengan eror 13%. Pada pengujian yang dilakukan oleh 2 orang partisipan yang bukan user dan perintah suaranya tidak ada di dalam basis data diperoleh rata-rata tingkat keberhasilan 9% dan 91% eror. Tingkat keberhasilan dipengaruhi juga oleh kemiripan karakter suara. Hal ini terlihat dari tingkat keberhasilan partisipan 1 yang lebih besar daripada tingkat keberhasilan partisipan 2, hal ini disebabkan oleh user dan partisipan 1 sama-sama pria yang karakter suaranya lebih mirip dibandingkan dengan suara wanita sebagai partisipan 2. Berat objek berpengaruh kepada waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan objek, makin berat objek, makin lama waktu yang dibutuhkan untuk

memindahkannya. Hal ini terlihat dari rata-rata selisih waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan *objek* dengan berat 12 gram dan berat objek 30 gram sebesar 0,4936 detik.

REFERENSI

- [1] K. Kannan dan D. Selvakumar, "Arduino based voice controlled robot," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 49–55, 2015.
- [2] W. Muldayani, D. Purwanto, dan T. A. Sardjono, "Pergerakan robot lengan berbasis perintah suara menggunakan MFCC dan ANN," dalam *Proc. SENTIA 2015*, 2015, vol. 7, no. 1, p. A-46-A-51.
- [3] A. Apriansyah, Ilhamsyah, dan T. Rismawan, "Prototype kunci otomatis pada pintu berdasarkan suara pengguna menggunakan metode KNN (K-Nearest Neighbor)," *J. Coding Sist. Komput. Univ. Tanjungpura*, vol. 4, no. 1, pp. 45–56, 2016.
- [4] Q. Nada, C. Ridhuandi, P. Santoso, dan D. Apriyanto, "Speech recognition dengan hidden markov model untuk pengenalan dan pelafalan huruf hijaiyah," *J. Al-Azhar Indones. Seri Sains dan Teknol.*, vol. 5, no. 1, pp. 19–26, 2019.
- [5] I. Dwisaputra, P. Silalahi, B. Cahyawan, dan I. Akbar, "Lampu sein helm sepeda berbasis voice recognition," *MANUTECH J. Teknol. Manufaktur*, vol. 11, no. 1, pp. 20–25, 2019.
- [6] A. Rahayu dan Hendri, "Sistem kendali rumah pintar menggunakan voice recognition module v3 berbasis mikrokontroler dan IoT," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 2, pp. 19–32, 2020.
- [7] A. Uchrowi, Lasmadi, dan S. Soekarno, "Pemodelan dan simulasi robot lengan 3 DOF menggunakan V-REP," *AVITEC (Aviation Electron. Inf. Technol. Telecommun. Electr. Control.)*, vol. 1, no. 1, pp. 87–98, 2019.
- [8] N. Amalia, A. E. Fahrudin, dan A. V Nasrullah, "Pengenalan suara vokal bahasa indonesia dengan jaringan saraf tiruan menggunakan ciri transformasi wavelet diskrit," *J. Fis. FLUX*, vol. 9, no. 2, pp. 131–143, 2012.
- [9] R. A. L. Sibarani, "Identifikasi sinyal suara menggunakan metode fast fourrier transform (FFT) berbasis MATLAB," Universitas Sumatera Utara, 2018.
- [10] H. Sujadi, I. Sopiandi, dan A. Mutaqin, "Sistem pengolahan suara menggunakan algoritma FFT (Fast Fourier Transform)," dalam *Proc. SINTAK 2017*, 2017, pp. 101–107.
- [11] M. K. A. Putra, S. R. Akbar, dan G. E. Setyawan, "Perancangan sistem keamanan pada smart home menggunakan voice command dengan konektivitas bluetooth," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 12, pp. 7417–7426, 2018.
- [12] N. Fadillah dan I. Ahmad, "Smart bed using voice recognition for paralyzed patient," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 854, no. 1, pp. 1–6, 2020.
- [13] S. Yanto dan A. Maradi, "Pemanfaatan android untuk sistem kendali robot penembak dengan mikrokontroler," *Cyclotr. J. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 34–36, 2020.
- [14] A. B. Nugroho, H. Setyawan, dan L. A. Basuki, "Pembuatan prototype robot beroda berbasis mikrokontroller dan sensor easy voice recognition sebagai alat bantu penderita disabilitas," *J. Teknol. Proses dan Inov. Ind.*, vol. 2, no. 1, pp. 37–41, 2016.