

Rancang Bangun Pengendali Gerak Lengan Robot 4-Dof Dengan 5  
Mode Control



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
pendidikan diploma tiga (D-3) Program Studi Teknik Elektronika

Jurusan Teknik Elektro

Politeknik Negeri Ujung Pandang

Ahmad Rezky Nasruddin

323 20 035

Rayhan Mustamin

323 20 042

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK ELEKTRONIKA

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

MAKASSAR

2023

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini dengan judul **RANCANG BANGUN PENGENDALI GERAK LENGAN ROBOT 4-DOF DENGAN 5 MODE CONTROL** oleh Ahmad Rezky Naruddin NIM 323 20 035 dan Rayhan Mustamin NIM 323 20 042 dinyatakan layak untuk diujikan.

Makassar, September 2023

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Zainal Abidin, S.T., M.T.

NIP. 196503111990031001



Mohammad Adnan, S.T., M.T

NIP. 197607112010121001

Mengetahui

Koordinator Program Studi,



Muhi Chaerif Rijal, S.T., M.T.

NIP. 198110072008121004

## HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Senin tanggal 18 September 2023, Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir telah menerima dengan baik hasil Laporan Tugas Akhir oleh mahasiswa: Ahmad Rezky Naruddin NIM 323 20 035 dan Rayhan Mustamin NIM 323 20 042 dengan judul **RANCANG BANGUN PENGENDALI GERAK LENGAN ROBOT 4-DOF DENGAN 5 MODE CONTROL.**

Makassar, 18 September 2023

Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir:

1. Dharma Aryani, S.T.,M.T.,Ph.D.
2. Kartika Dewi, S.T.,M.T.
3. Sulaeman, S.T.,M.T.
4. Reski Praminasari, S.T.,M.T.
5. Zainal Abidin, S.T.,M.T.
6. Mohammad Adnan, S.T., M.T.

Ketua

Sekertaris

Anggota

Anggota

Pengarah 1

Pengarah 2



A circular stamp of Politeknik Negeri Makassar, featuring a gear design and the text "POLITEKNIK NEGERI MAKASSAR".

Handwritten signatures corresponding to the roles listed above, each followed by a dotted line for a signature.

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT berkat Rahmat dan karunia-Nya, penulis Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "**RANCANG BANGUN PENGENDALI GERAK LENGAN ROBOT 4-DOF DENGAN 5 MODE CONTROL**" dapat diselesaikan dengan baik. Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil kegiatan yang dilakukan mulai Januari 2023 sampai September 2023 bertempat di Politeknik Negeri Ujung Pandang. Kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua kami yang selalu setia mendidik kami dan memberikan dorongan dan motivasi baik moral maupun mental.
2. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. sebagai Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Ahmad Rizal Sultan, S.T., M.T., Ph.D. sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Muh. Chaerur Rijal, S.T., M.T. sebagai Koordinator Program Studi Teknik Elektronika.
5. Bapak Zainal Abidin, S.T., M.T. sebagai Pembimbing 1 dan Bapak Mohammad Adnan, S.T., M.T. sebagai Pembimbing 2 yang telah mencerahkan waktu dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
6. Ibu Fitriany Pangerang, S.T., M.T. sebagai Wali Kelas 3B D3 Teknik Elektronika.

7. Bapak/Ibu Dosen Teknik Elektronika Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah membekali ilmu kepada penulis selama mengikuti proses perkuliahan.
8. Teman-teman Kelas 3B Elektronika Angkatan 2020 yang telah membantu dalam penyelesaian Laporan Tugas Akhir.
9. Semua pihak yang terkait dalam penulisan Laporan Tugas Akhir. Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih kurang sempurna, sehingga kami mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga tulisan ini bermanfaat.

Makassar, September 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PENERIMAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL .....	ix
SURAT PERNYATAAN .....	x
RINGKASAN .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan.....	3
1.4 Tujuan Kegiatan .....	3
1.5 Manfaat Kegiatan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Lengan Robot.....	5
2.2 Studi Pendahuluan .....	6
2.3 Manfaat Lengan Robot .....	7
2.4 Robot.....	8
2.5 Robot industri .....	9
2.5.1 Robotika layanan professional.....	10
2.5.2 Robotika layanan pribadi .....	10
2.6 LGT8F328P .....	10
2.7 Motor Servo .....	13
2.8 Saklar .....	18
2.9 Module bluetooth.....	18
2.10 Arduino IDE .....	20
2.11 Arduino Bluetooth .....	21

BAB III METODE KEGIATAN .....	Error! Bookmark not defined.
3.1    Tempat dan Waktu Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2    Alat dan Bahan.....	Error! Bookmark not defined.
3.3    Tahap Kegiatan .....	Error! Bookmark not defined.
3.4    Langkah Pengujian .....	Error! Bookmark not defined.
3.5    Teknik Analisa Data .....	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN .....	Error! Bookmark not defined.
4.1    Hasil Perancangan dan Deskripsi Lengan Robot..	Error! Bookmark not defined.
4.1.1    Hasil Pembuatan dan Perakitan Mekanik Lengan Robot...	Error! Bookmark not defined.
4.1.2    Hasil Pembuatan Sistem Elektronik Robot ...	Error! Bookmark not defined.
4.1.3    Hasil Akhir Perancangan Keseluruhan .....	Error! Bookmark not defined.
4.2    Pengujian dan Analisis pada Alat .....	Error! Bookmark not defined.
4.2.1    Pengujian Menggunakan Mode Potensiometer .....	Error! Bookmark not defined.
4.2.2    Pengujian Menggunakan Mode Push Button .....	Error! Bookmark not defined.
4.2.3    Pengujian Menggunakan Mode Joystick .....	Error! Bookmark not defined.
4.2.4    Pengujian Menggunakan Mode Terminal.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.5    Pengujian Menggunakan Mode Voice .....	Error! Bookmark not defined.
4.2.6    Pengujian LGT8F328P .....	Error! Bookmark not defined.
4.2.7    Pengujian Motor Servo .....	Error! Bookmark not defined.
4.2.8    Pengujian Module Bluetooth HC-05 .....	Error! Bookmark not defined.
BAB V PENUTUP .....	23
DAFTAR PUSTAKA .....	25

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 LGT8F328P .....	11
Gambar 2. 2 Masukan Pulsa Motor Servo .....	15
Gambar 2. 3 Motor Servo .....	17
Gambar 2. 4 Saklar .....	18
Gambar 2. 5 Module Bluetooth HC-05.....	19
Gambar 2. 6 Logo Arduino IDE .....	20
Gambar 2. 7 Logo Arduino Bluetooth Controller.....	22

Gambar 3. 1 Diagram Blok sistem Control menggunakan Potensiometer**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 2 Diagram Blok sistem Control menggunakan Push Button...**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 3 Diagram Blok sistem Control menggunakan Joystick BTH **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 4 Diagram Blok sistem Control menggunakan Terminal BTH.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 5 Diagram Blok sistem Control menggunakan Voice BTH....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 6 Flowchart Sistem Control Menggunakan Potensiometer.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 7 Flowchart Sistem Control Menggunakan Push Button. **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 8 Flowchart Sistem Control Menggunakan Joystick BTH .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 9 Flowchart Sistem Control Menggunakan Terminal BTH ....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 10 Flowchart Sistem Control Menggunakan Voice BTH **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 1 Hasil Pembuatan Mekanik Lengan Robot.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 2 Perakitan mekanik.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 3 Rangkaian Pada Controller .....

**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 4 Bagian dalam Controller .....

**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 5 Tampak Atas Lengan Robot .....

**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 6 Tampak Depan Lengan Robot .....

**Error! Bookmark not defined.**

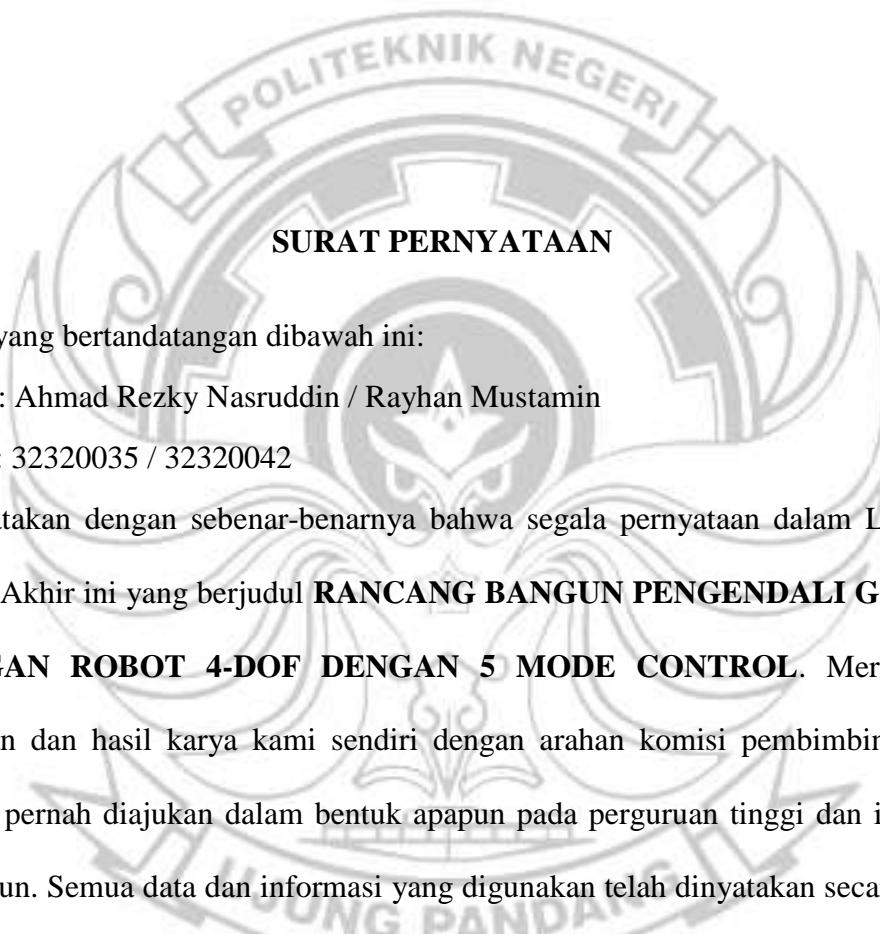
Gambar 4. 7 Tampak Samping Lengan Robot.....

**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 8 Tampak Belakang Lengan Robot.....Error! Bookmark not defined.  
Gambar 4. 9 Kotak Control Lengan Robot.....Error! Bookmark not defined.

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi LGT8F328P.....	13
Table 3. 1 Daftar Alat yang Digunakan .....	Error! Bookmark not defined.
Table 3. 2 Daftar Bahan Yang akan digunakan .....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 1 Pengujian batas sudut lengan robot menggunakan Potensiometer .....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 2 Pengujian batas sudut lengan robot menggunakan Push Button .....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 3 Pengujian mode Joystick .....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 4 Pengujian mode Terminal BT.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 5 Pengujian mode Voice BT.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 6 Pengujian Arduino .....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 7 Pengujian Motor Servo .....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 8 Pengujian pairing Module Bluetooth.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 9 Pengujian Jarak Konektivitas Bluetooth.....	Error! Bookmark not defined.



### SURAT PERNYATAAN

Kami yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Ahmad Rezky Nasruddin / Rayhan Mustamin

Nim : 32320035 / 32320042

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul **RANCANG BANGUN PENGENDALI GERAK LENGAN ROBOT 4-DOF DENGAN 5 MODE CONTROL**. Merupakan gagasan dan hasil karya kami sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun. Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam laporan tugas akhir ini. Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, kami siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar,

2023

Ahmad Rezky Nasruddin

Rayhan Mustamin

NIM 32320035

NIM 32320042

RANCANG BANGUN PENGENDALI GERAK LENGAN ROBOT 4-DOF  
DENGAN 5 MODE CONTROL

RINGKASAN

Rancangan robot sosial interaktif telah diperkenalkan dan menjadi salah satu topik terkini dalam penelitian di bidang interaksi manusia dan robot Bartneck dkk, 2004 Contoh robot yang banyak digunakan adalah Robot lengan yang merupakan sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dahulu untuk melakukan proses manipulasi dengan menggunakan lengan mekanis dengan tingkatan kebebasan dalam bergerak yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan.Tujuan tugas akhir ini yaitu merancang pengendali gerak lengan robot yang dapat menjadi media pembelajaran, dapat digerakkan menggunakan manual control, perintah suara, dan wireless yang dapat bergerak sesuai dengan perintah yang diberikan. Maka dari itu pada penelitian ini didesain dan dibuatlah alat peraga gerak Lengan Robot yang dapat dicontrol dengan manual control, perintah suara dan wireless. Pada tahap ini di lakukan pengujian rangkaian dan komponen yang digunakan untuk memastikan lengan robot bekerja dengan baik sesuai perintah yang di input dari sistem control. Diagram blok ini di buat dengan tujuan sebagai acuan pembuatan perangkat keras . Dalam pembuatan proyek tugas akhir ini tentunya terdapat masalah-masalah yang akan timbul. Berikut ini adalah kemungkinan masalah yang akan dihadapi dalam proses perancangan dan pembuatan. Perancangan dan pembuatan alat, Studi Program, dan Pengujian alat. Lengan robot akan menerima perintah suara yang telah diubah dan dikirim dari aplikasi Arduino Bluetooth ke robot, kemudian perintah yang diterima akan masuk ke mikrokontroler untuk menggerakkan servo yang diinginkan.

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Di zaman saat ini Teknologi mengalami suatu kemajuan yang sangat pesat. Teknologi yang canggih telah menggantikan peralatan manual yang membutuhkan banyak tenaga manusia untuk mengoperasikannya, salah satunya yaitu penggunaan robot. Perkembangan robotika telah membuat kualitas hidupan manusia semakin tinggi. Saat ini perkembangan robotika telah mampu meningkatkan kualitas maupun kuantitas produksi berbagai pabrik. Robotika juga telah masuk ke sisi hiburan dan pendidikan bagi manusia. Salah satu cara untuk menambah tingkat kecerdasan pada robot adalah dengan menambah sensor pada robot tersebut.

Hasil survai dari United Nations (UN, 2002) menghasilkan tiga kategori robotika yaitu : robot industry, robotika layanan professional, dan robotika layanan pribadi. Di mana Robot industri mewakili sebagai robot pembangun dan banyak digunakan di otomotif industri. Robotika layanan professional adalah Robot yang bekerja secara otomatis tanpa ada bantuan dari manusia seperti navigasi pada pertambangan dan pembersih limbah niklir. Robot layanan pribadi merupakan robot yang membantu secara interaksi langsung. Robot dapat berinteraksi dengan orang yang tidak memiliki *basic* khusus untuk mengoperasikan robot. Rancangan robot sosial interaktif telah diperkenalkan dan menjadi salah satu topik terkini dalam penelitian di bidang interaksi manusia dan robot (Bartneck dkk, 2004)

Contoh robot yang banyak digunakan adalah Robot lengan yang merupakan sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik menggunakan program yang

telah didefinisikan terlebih dahulu untuk melakukan proses manipulasi dengan menggunakan lengan mekanis dengan tingkatan kebebasan dalam bergerak yang dapat di sesuaikan dengan kebutuhan. Masalah dalam pembuatan lengan robot adalah mempelajari, menganalisa, serta menemukan persamaan kinematik dari lengan robot. Ada dua aspek kinematik yang ada pada lengan robot, yaitu forward kinematics dan inverse kinematics.

Forward kinematik adalah analisis kinematik untuk mencari posisi koordinat ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) jika diketahui sudut dari tiap sendi. Misalnya jika mempunyai robot n-DOF dan diketahui sudut dari setiap sendi, maka dapat digunakan analisis Forward kinematics untuk mencari koordinat posisi robot. Sedangkan Inverse kinematics adalah analisis kinematik untuk mendapatkan besar sudut dari masing - masing sendi jika diketahui koordinat posisi ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ).

Dengan menggunakan algoritma Inverse Kinematic, dapat menghasilkan sebuah kombinasi besar sudut - sudut yang menghasilkan posisi akhir tertentu dari robot lengan. Secara praktis algoritma Inverse Kinematic lebih banyak digunakan pada lengan robot yang akan digunakan dalam pembelajaran ini, dengan demikian programmer (manusia) tidak perlu lagi mengatur kombinasi besar sudut-sudut engsel pada robot, namun cukup memanipulasi posisi koordinat ujung lengan, atau bagian lain dari lengan robot, untuk mendapatkan suatu gerak tertentu dari lengan robot yang di inginkan. Hal ini dimungkinkan karena perangkat lunak lengan robot yang telah disuntikkan algoritma ini akan secara otomatis menghitung kombinasi nilai sudut - sudut engsel untuk setiap input berupa informasi letak koordinat titik yang diberikan.

Berdasarkan latar belakang diatas maka akan dilakukan penelitian dalam merancang alat pembelajaran dan untuk memenuhi tugas akhir dengan judul “RANCANG BANGUN PENGENDALI GERAK LENGAN ROBOT 4-DOF DENGAN 5 MODE CONTROL”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana merubah suara menjadi data masukan sebagai perintah suara untuk lengan robot ?
2. Bagaimana lengan robot dapat bergerak seperti, naik - turun, kanan – kiri, depan – belakang, dan Buka - Jepit dengan perintah suara ?
3. Bagaimana lengan robot dapat dikendalikan dengan sistem wireless ?

## **1.3 Ruang Lingkup Kegiatan**

Berdasarkan masalah di atas peneliti melakukan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian mengenai robot ini hanya sebagai alat peraga pembelajaran.
2. Robot ini hanya bisa dikendalikan dengan suara, sistem wireless, dan sistem analog.
3. Penelitian ini menggunakan Lengan Robot 4 – DOF yang dimana dapat bergerak seperti Buka - Jepit, Naik - Turun, Kanan – kiri, dan Maju - Mundur.
4. Suara lingkungan tidak terlalu bising.

## **1.4 Tujuan Kegiatan**

1. Menghasilkan lengan robot yang dapat menjadi modul pembelajaran.
2. Merubah suara menjadi perintah suara untuk menggerakan lengan robot.
3. Memandu lengan robot untuk bergerak sesuai dengan yang diperintahkan.
4. Mengontrol lengan robot dari jarak jauh.

### **1.5 Manfaat Kegiatan**

1. Sebagai sarana pembelajaran lengan robot dengan 4 DOF
2. Sebagai sarana pembelajaran komunikasi menggunakan Bluetooth.
3. Sebagai sarana pembelajaran tentang sistem Arduino dengan teknologi Android Open Accessories (AOA) yang berhubungan dengan robot.
4. Sebagai sarana pembelajaran tentang sistem pengubah gelombang Sinusoda suara menjadi gelombang sinus energi listrik (Alternating Sinusoda Electric Current).



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Lengan Robot

Lengan Robot atau biasa disebut Robotic Arm adalah jenis lengan mekanik yang kemudian di program dengan fungsi mirip dengan lengan manusia. Lengan merupakan jumlah total mekanisme atau bagian dari robot yang lebih kompleks. Dalam project ini kami membuat robotic arm yang berfungsi untuk memindahkan benda-benda yang berdiameter 3 cm dari tempat satu ke sisi tempat lain.

Lengan robot tersebut terdiri dari beberapa sendi yang berfungsi sebagai sumbu, yang memiliki tingkat fleksibilitas tinggi. Makin banyak sendi rotasi yang dimiliki lengan robot, makin besar kemampuan manuver yang dimilikinya. Sebagian besar lengan robot industri menggunakan 4 hingga 6 sambungan, masing-masing memberikan tingkat sumbu rotasi yang sama untuk setiap gerakan.

robotic arm atau lengan robot termasuk perangkat lunak, pengontrol, sistem penglihatan, sensor dan alat ujung lengan, sistem tenaga, dan aktuator. Lengan robot industri terus berkembang dalam hal keserbagunaan dengan setiap edisi. Kemajuan signifikan dalam *encoder* dan motor, serta kerangka kerja pemrograman yang disederhanakan, memungkinkan pengguna untuk melakukan manuver yang cepat.

## **2.2 Studi Pendahuluan**

Tinjauan Pustaka ini bertujuan untuk menerangkan beberapa hasil penelitian sebelumnya yang terkait dengan kendali lengan robot.

Penelitian yang dilakukan oleh Wahyu Muldayani (2016) dengan judul Robot Lengan pengambil benda untuk membantu pasien dengan perintah suara menggunakan metode MFCC dan Neural Network. Penelitian ini bertujuan untuk membantu pasien yang memiliki keterbatasan gerak dengan perintah suara. Dalam penelitian ini, menerapkan suara sebagai interaksi manusia terhadap robot lengan dalam rancangan penelitian ini terdiri dari tiga tahap, yaitu voice activity detection (VAD), Mel-Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC) dan Neural Network. VAD adalah sebuah metode untuk membedakan segmen suara informasi dan suara noise. VAD sebagian banyak diaplikasi pada pemrosesan audio dan secara luas digunakan dalam bidang komunikasi suara untuk mencapai tinggi efisiensi dan bit rate rendah transmisi (Mousazadeh dkk, 2006). MFCC merupakan metode yang paling dikenal dan paling populer. Suara direkam pada sampling rate diatas 10000 Hz. Frekuensi sampling ini dipilih untuk meminimalkan efek konversi di analog ke digital. Sinyal-sinyal sampel dapat menangkap semua frekuensi hingga 5 kHz, menutupi sebagian besar energi suara yang dihasilkan oleh manusia. Tujuan utama dari prosesor MFCC adalah untuk meniru perilaku telinga manusia. Neural network adalah elemen-elemen sederhana yang meniru sistem saraf biologis manusia. Neural network dapat dilatih untuk melakukan fungsi tertentu dengan cara mengatur nilai-nilai dari koneksi

(bobot) antar elemen. Secara umum, neural network dilatih agar input tertentu menghasilkan output target tertentu.

Dalam penelitian Yoel Anggun Wiratama Putra (2015) yang berjudul Kontrol Lengan Robot Berbasis Smarphone Android. Penelitian ini menghasilkan lengan robot yang dikendalikan dengan Smarphone Android menggunakan modul Bluetooth sebagai komunikasi RF (Radio Frequency). Umumnya peralatan – peralatan Bluetooth dapat berkomunikasi dalam jarak 1 hingga 100 meter, jarak maksimal dapat dihasilkan tergantung dari daya output yang digunakan dalam modul Bluetooth. Bluetooth juga mencegah perangkat asing untuk mengakses atau terhubung dengan perangkat secara ilegal. Dan pada android menyediakan komunikasi secara wireless menggunakan teknologi Bluetooth. API (*Application Programming Interface*) pada Android menyediakan pengaturan dan memonitoring perangkat Bluetooth. Dengan menginisiasi sebuah komunikasi menggunakan Bloutooth Socket, sebuah perangkat dapat mengirim dan menerima stream data dalam sebuah aplikasi.

### **2.3 Manfaat Lengan Robot**

- **Produktivitas dan efisiensi yang lebih tinggi:** Lengan robot dapat terus beroperasi selama 24 jam penuh, tujuh hari seminggu, tanpa merasa lelah, sehingga bisa membuat pabrik untuk meningkatkan output dengan terus menjalankan produksi, inspeksi, atau operasi lainnya.

- **Peningkatan akurasi:** Lengan robot dapat bekerja lebih konsisten dan benar dibandingkan dengan yang dilakukan manusia saat melakukan aktivitas yang membutuhkan akurasi atau konsistensi luar biasa.
- **Peningkatan kemampuan beradaptasi dan fleksibilitas:** Seiring dengan pergeseran tujuan perusahaan, lengan robot bisa melakukan dengan mudah dan cepat untuk tugas-tugas baru. Termasuk untuk mengintegrasikannya dengan berbagai platform dan perangkat lain.
- **Peningkatan keselamatan:** Lengan robot berkontribusi pada keselamatan pekerja dengan melakukan tugasnya di area yang berbahaya dan yang berisiko tinggi pada manusia.

## 2.4 Robot

Robot adalah seperangkat alat mekanik yang bisa melakukan tugas fisik, baik dengan pengawasan dan kontrol manusia, ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dahulu (kecerdasan buatan). Istilah robot berasal dari bahasa Ceko “*robota*” yang berarti pekerja atau kuli yang tidak mengenal lelah atau bosan. namun pengertian robot tidaklah dipahami secara sama oleh setiap orang. Sebagian membayangkan robot adalah suatu mesin tiruan manusia (humanoid), meski demikian humanoid bukanlah satu-satunya jenis robot.

Menurut Kamus Webster pengertian robot adalah sebuah alat otomatis yang melakukan fungsi berdasarkan kebutuhan manusia. Dan Menurut International Organization for Standardization (ISO 8373) Robot adalah sebuah manipulator yang terkendali, multifungsi, dan mampu diprogram

untuk bergerak dalam tiga axis atau lebih, yang tetap berada di tempat atau bergerak untuk digunakan dalam aplikasi otomasi industri.

Robot dapat bergerak dan berpindah tempat berdasarkan penglihatan dari sebuah sensor yang diperintah oleh program yang dibuat atau diberikan.

## 2.5 Robot industri

Robot industrial atau robot industri saja didefinisikan oleh ISO adalah suatu alat atau mesin otomatis terkendali, programmable, manipulator, serbaguna, terprogram dalam sumbu tiga atau lebih. Bidang robotika dapat lebih praktis didefinisikan sebagai studi, desain dan penggunaan sistem robot untuk manufaktur.

Khas aplikasi robot meliputi pengelasan, pengecatan, perakitan, memilih dan tempat (seperti kemasan, palletizing dan SMT), inspeksi produk, dan pengujian, semua dilakukan dengan daya tahan tinggi, kecepatan, dan ketepatan.

robot industri dapat memberikan kemudahan bagi pabrik untuk meningkatkan keunggulan kompetitif dan mengurangi biaya dengan mengotomatiskan prosedur penting yang menghasilkan peningkatan keselamatan pekerja, lebih cepat, dan peningkatan produktivitas. robot ini memiliki kemiripan dengan manusia karena dibungkus dengan material yang berkualitas sehingga identik dengan aslinya.

### **2.5.1 Robotika layanan professional**

Teknologi robotika digunakan oleh berbagai ukuran bisnis dan organisasi dengan beragam cara yang berbeda. Robot layanan paling umum digunakan untuk membantu pekerja manusia dalam menyelesaikan tugas harian, sehingga mereka dapat berfokus pada pelanggan yang paling berharga dan pekerjaan yang berhubungan langsung dengan pasien.

### **2.5.2 Robotika layanan pribadi**

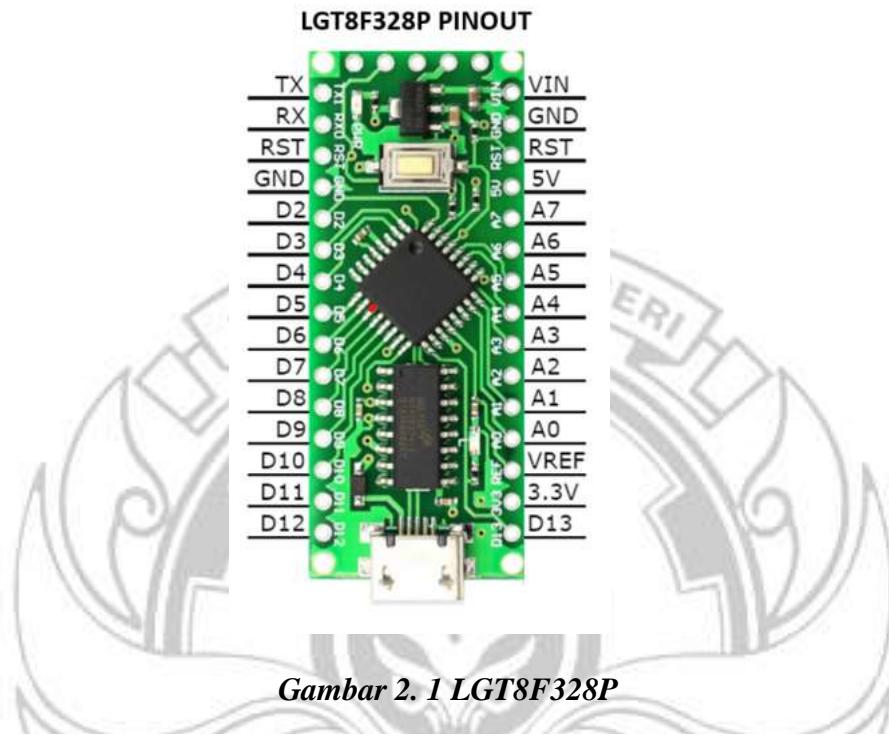
Gagasan tentang memiliki robot humanoid di rumah untuk memenuhi semua kebutuhan Anda masih menjadi fantasi. Namun, memiliki robot personal untuk membantu tugas kebersihan harian sudah menjadi kenyataan saat ini bagi banyak rumah tangga di seluruh dunia.

Samsung Electronics baru-baru ini meluncurkan robot penghisap debu pertama di dunia yang didukung oleh teknologi Intel® Movidius™ Vision Processing Unit. Dinamai Jet Bot AI+, Samsung Electronics menyampaikan robot penghisap debunya memiliki jumlah pengenalan objek tertinggi dibandingkan robot penghisap debu lain di pasar. Jet Bot AI+ dilengkapi sensor LiDAR dan sensor kamera 3D stereo aktif, yang memungkinkannya membuat peta dari lingkungan di sekitarnya dan mendeteksi serta menghindari rintangan.

## **2.6 LGT8F328P**

LGT8F328P merupakan board microcontroller sebagai pengganti alternatif dari Arduino Nano V3 dengan menggunakan usb driver IC HT42B534.

Dikarenakan dilihat dari fisik serta io yang hampir sama dengan Arduino Nano V3 serta untuk pemrogramannya menggunakan Arduino IDE.



*Gambar 2. 1 LGT8F328P*

Secara umum, arduino dengan sebuah mikrokontroler ini mampu menciptakan suatu program yang dapat digunakan untuk mengendalikan berbagai komponen elektronika. Sehingga cukup jelas, bila fungsi yang dimiliki arduino adalah untuk memudahkan pengguna dalam melakukan prototyping, memprogram mikrokontroller serta menciptakan berbagai alat canggih berbasis mikrokontroler. Mikrokontroller LGT8F328P adalah MCU 8F328P-U yang kompatibel dengan chip AVR ATMEGA328P, memiliki desain atau fitur lebih lengkap dibandingkan AVR ATMEGA328P terutama pada enkripsi program. Mikrokontroller LGT8F328P ini dapat menggunakan catudaya 3,3 V dan 5 V yang beroperasi pada frekuensi 16 MHz, dengan tingkat kompatibilitas yang sangat baik. Pada mikrokontroller ini sudah sudah

terdapat osilator internal RC tinggi sehingga tidak membutuhkan kristal eksternal karena sudah stabil.

Fitur yang terdapat pada LGT8F328P LQFP32 antara lain :

- A. Mikrokontroller yang digunakan LGT8F328P adalah MCU 8F328P-U yang dimana ini kompatibel dengan Atmel MEGA328P
- B. Desain arsitektur Mikrokontroller ini memiliki banyak fitur tambahan dibanding Atmel MEGA328. Terutama dalam hal kemampuan enkripsi program yang jauh lebih bagus dibanding dengan MEGA328
- C. Mikrokontroler ini dapat menggunakan catu daya 3V3 dan 5V yang beroperasi pada frekuensi 16MHz, dengan tingkat kompatibilitas yang sangat baik
- D. Memiliki Built-in RC dengan high presisi, yang membuat tidak membutuhkan kristal eksternal yang berefek pada operasi yang stabil
- E. Desain yang PCB yang lebih sederhana
- F. Terdapat ADC dengan resolusi 12-bit sebanyak 8 saluran dengan kecepatan 500Ksps
- G. Terdapat periperal DAC 8 bit 1 saluran
- H. Pin PWM pada pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11
- I. Built-in 1.024V / 2.048V / 4.096V  $\pm$  1% sumber tegangan referensi dikalibrasi internal
- J. Terdapat GUID dengan id unik yang digunakan sebagai enkripsi program

**Tabel 2. 1 Spesifikasi LGT8F328P**

Mikrokontroler	Atmega328
Tegangan pengoperasian	5V
Tegangan Input yang disarankan	7 – 12 V
Batas Tegangan Input	6 – 20 V
Jumlah pin I/O digital	14 pin
Jumlah Pin Input Analog	8 pin
Arus DC tiap Pin I/O	40mA
Arus DC untuk Pin 3,3V	50Ma
Memori Flash	32 KB
SRAM	2 KB (ATmega 328)
EPROM	0K - 8K
Clock Speed	16 MHz

## 2.7 Motor Servo

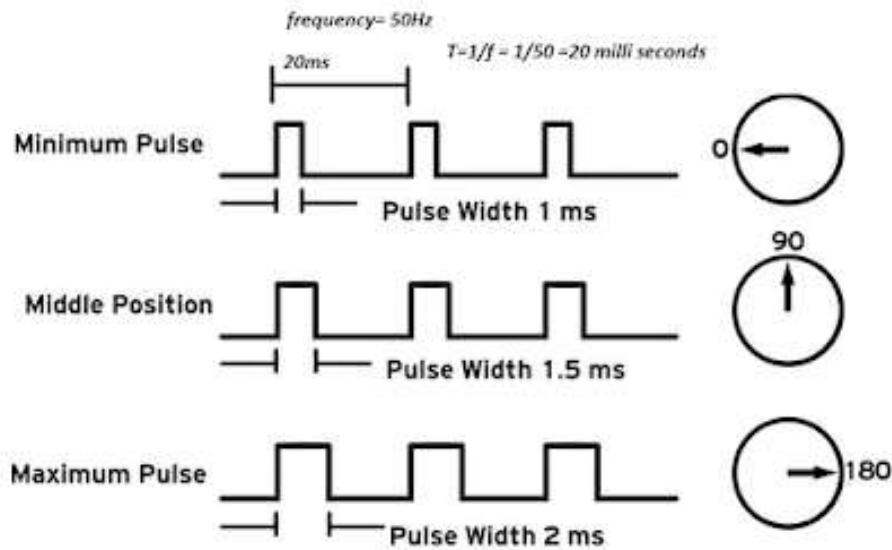
Motor servo adalah sebuah motor DC dengan rangkaian gir, potensiometer, dan rangkaian kontrol. Gir yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan merubah resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo. Sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor servo.

Motor servo MG946R merupakan motor servo yang mempunyai serangkaian gear yang terbuat dari besi sehingga lebih kuat dan awet untuk dipakai dengan waktu yang lebih lama. Motor ini dapat berputar sebesar 180 derajat

Rangkaian gear terhubung pada as motor DC yang memiliki RPM yang tinggi. Gear ini akan meningkatkan torsi motor dengan konsekuensi turunnya RPM atau kecepatannya. Potensiometer juga terhubung dengan gearbox. Putaran gearbox mempengaruhi resistansi pada potensiometer. Potensiometer ini dirangkai layaknya sebuah pembagi tegangan, sehingga ketika motor berputar, potensiometer akan menghasilkan output berupa tegangan pada level tertentu. Tegangan inilah yang menjadi informasi sudut putaran motor.

Untuk tetap mempertahankan posisinya, Rangkaian kontrol memerlukan sinyal PWM (Pulse Width Modulation). Lebar sinyal ini diatur diantara 1ms hingga 2ms (milidetik). Motor akan berputar dari titik  $0^\circ$  hingga maksimal ( $180^\circ$  atau  $360^\circ$ , tergantung tipenya) jika diberikan sinyal pada rentang waktu tersebut. Sinyal PWM ini harus terus diberikan setiap 20ms.

Perhatikan gambar dibawah ini. Pada lebar pulsa 1ms, motor akan tetap pada posisi  $0^\circ$ . Saat lebar pulsa diubah menjadi 1,5ms motor akan berputar  $90^\circ$ , dan apabila diberi sinyal 2ms maka putarannya menjadi  $180^\circ$ .



*Gambar 2. 2 Masukan Pulsa Motor Servo*

Apabila motor diberi beban yang dapat mengubah posisi sudut putaran, sistem umpan balik ini akan memberikan informasi sehingga motor DC tetap pada posisinya.

Berdasarkan putarannya, motor servo terdiri dari 3 jenis yaitu :

### 1. Positio Rotation

Motor jenis ini hanya memiliki sudut putaran  $180^\circ$  yang dapat diatur searah maupun berlawanan jarum jam. Istilah searah jarum jam disebut juga CW (Clock wise) dan berlawanan jarum jam disebut CCW (Counter clock wise).

Motor ini dilengkapi dengan mekanisme gearbox untuk mencegah sudut putaran yang melewati batas dan melindungi sensor putaran (potensiometer).

Pada penggunaannya, motor ini kerap dijumpai pada rangkaian lengan robot, baik pada bagian sendi maupun grippernya.

## 2. Countinios Rotation

Berbeda dengan positional rotation, jenis ini dapat diatur sudut putarannya hingga  $360^\circ$ . Artinya, motor ini dapat diatur untuk berputar secara kontinyu layaknya motor DC biasa, namun dengan torsi yang tinggi.

Motor ini juga dapat bergerak searah maupun berlawanan arah jarum jam. Untuk membedakan motor ini dengan positional rotation, tidak bisa dengan hanya melihat bodinya saja., melainkan melalui datasheet yang berasal dari tipe yang tertera pada bodi motor.

## 3. Linear Rotation

Motor ini mirip seperti positional rotation, namun dengan mekanisme gear yang berbeda. Pada Linear Rotation, gearbox tidak bergerak memutar, melainkan maju-mundur atau sebaliknya.

Gearbox pada jenis ini ditambahkan mekanisme rack and pinion, sehingga memungkinkan gerakan tersebut. Motor ini jarang ditemukan karena peruntukannya pada skala industri tertentu.

Spesifikasi motor servo MG946R :

- 1) Berat : 55g
- 2) Dimensi: 40,7mm X 19,7mm X 42,9mm
- 3) Torsi Kios: 10,5 kg-cm (4,8V); 13 kg-cm (6V)
- 4) Kecepatan Pengoperasian: 0,20 sec/60 degree (4,8V); 0,17 sec/60 degree (6,0 V)
- 5) Tegangan Operasional: 4.8V ~ 6.6V
- 6) Tipe Roda Gigi: Roda gigi logam
- 7) Kisaran Suhu: 0 °C - 55 °C
- 8) Lebar Pita Mati: 1us
- 9) Panjang Kabel Servo: 32cm
- 10) Draw saat ini saat idle: 10mA
- 11) Tidak Ada Beban Operasi Saat Ini: 170mA
- 12) Kios Saat Ini: 1.2A
- 13) Termasuk Lengan Servo dan Sekrup



**Gambar 2. 3 Motor Servo**

## **2.8 Saklar**

Saklar adalah perangkat/saklar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan unlock. Sistem kerja unlock disini berarti saklar akan bekerja sebagai device penghubung atau pemutus aliran arus listrik saat tombol ditekan, dan saat tombol tdk di tekan (dilepas), maka saklar akan kembali pada kondisi normal. Sebagai device penghubung atau pemutus, saklar hanya memiliki 2 kondisi, yaitu on dan off (1 dan 0). Istilah on dan off ini menjadi sangat penting karena semua perangkat listrik yang memerlukan sumber energi listrik pasti membutuhkan kondisi on dan off.



**Gambar 2. 4 Saklar**

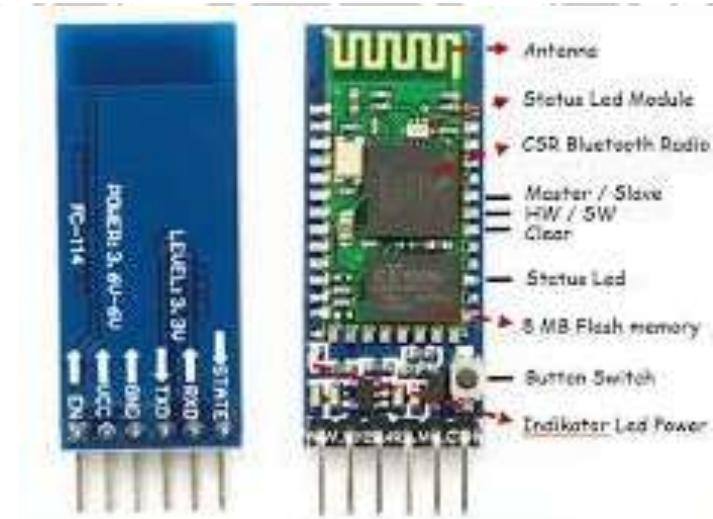
## **2.9 Module bluetooth**

Bluetooth HC-05 adalah sebuah modul Bluetooth SPP (Serial Port Protocol) yang mudah digunakan untuk komunikasi serial wireless (nirkabel) yang mengkonversi port serial ke Bluetooth. HC-05 menggunakan modulasi bluetooth V2.0 + EDR (Enhanced Data Rate) 3 Mbps dengan memanfaatkan gelombang radio berfrekuensi 2,4 GHz. Modul ini dapat digunakan sebagai

slave maupun master. HC-05 memiliki 2 mode konfigurasi, yaitu AT mode dan Communication mode. AT mode berfungsi untuk melakukan pengaturan konfigurasi dari HC-05. Sedangkan Communication mode berfungsi untuk melakukan komunikasi bluetooth dengan piranti lain. Dalam penggunaannya, HC-05 dapat beroperasi tanpa menggunakan driver khusus. Untuk berkomunikasi antar Bluetooth, minimal harus memenuhi dua kondisi berikut:

1. Komunikasi harus antara master dan slave.
2. Password harus benar (saat melakukan pairing)

Jarak sinyal dari HC-05 adalah 30 meter, dengan kondisi tanpa halangan



**Gambar 2. 5 Module Bluetooth HC-05**

Adapun spesifikasi dari HC-05 adalah :

1. Daya transmit RF sampai dengan +4dBm.
2. Sensitivitas -80dBm (Typical)
3. Operasi daya rendah 1,8V – 3,6V I/O

4. Kontrol PIO.
5. Antarmuka UART dengan baudrate yang dapat diprogram.
6. Dengan antena terintegrasi.

## 2.10 Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah software open source yang dikembangkan oleh Arduino untuk memprogram Arduino. Arduino IDE ini berguna sebagai text editor untuk membuat, mengedit, dan juga memvalidasi kode program. Bisa juga digunakan untuk meng-upload ke board Arduino. Kode program yang digunakan pada Arduino disebut dengan istilah Arduino “sketch” atau disebut juga source code arduino, dengan ekstensi file source code.ino



Gambar 2. 6 Logo Arduino IDE

Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA, yang dilengkapi dengan library C/C++ (wiring), yang membuat operasi input atau output lebih mudah. Software arduino IDE ini tidak hanya untuk memprogram

board arduino Uno, tetapi juga untuk memprogram board yang lain seperti arduino nano, arduino genio, mapi32, nodeMCU, dan sejenisnya arduino IDE adalah software yang digunakan untuk membuat sketsa pemrograman atau dengan kata lain Arduino IDE sebagai media untuk pemrograman pada board yang ingin di program . Arduino IDE ini berguna untuk mengedit, membuat, meng-upload ke board yang di tentukan, dan mengcoding program tertentu.

## 2.11 Arduino Bluetooth

Arduino Bluetooth Controller adalah aplikasi gratis yang dikembangkan oleh Giumig Apps. Aplikasi inovatif ini memungkinkan dengan mudah mengontrol proyek Arduino melalui Bluetooth, sehingga memungkinkan untuk menggunakan perangkat Android sebagai remote control untuk mikrokontroler apa pun dengan modul Bluetooth.

Penggunaan aplikasi ini sederhana, jalankan, cari modul Bluetooth, dan sambungkan. Setelah terhubung, Anda akan memiliki kemampuan untuk mengirimkan perintah khusus ke papan Arduino menggunakan aplikasi. Ini berarti dapat melakukan penyesuaian dan menguji fungsionalitas proyek kapan dan di mana saja. Arduino Bluetooth juga memungkinkan Anda mengontrol berbagai perangkat listrik dengan cara yang berbeda. Gunakan perangkat seluler Bluetooth Android untuk mengontrol perangkat Anda dari jarak jauh dengan Modul Bluetooth dan Papan Arduino.



*Gambar 2. 7 Logo Arduino Bluetooth Controller*

**FITUR UTAMA :**

1. TERMINAL yang digunakan untuk mengirimkan perintah menggunakan keyboard.
2. Tombol ON/OFF yang dapat Anda konfigurasi sesuai kebutuhan.
3. Pengontrol jarak jauh untuk mengontrol perangkat terkait mobil.
4. Pengontrol VOICE yang memungkinkan Anda mengontrol perangkat dengan suara Anda.
5. DIMMER digunakan untuk mengubah kecerahan LED atau kecepatan perangkat.
6. TIMER digunakan untuk mengatur durasi Waktu ke ON / OFF perangkat dan menampilkan penghitung waktu mundur.

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Setelah melakukan perancangan dan pengujian alat, dapat disimpulkan bahwa:

1. aplikasi Arduino Bluetooth dalam mengontrol pergerakan lengan robot dengan input perintah suara. Aplikasi dibuat dengan memanfaatkan Google Speech API didalam mengubah input perintah suara pengguna menjadi teks sebelum dikirimkan ke lengan robot, maka aplikasi membutuhkan sambungan ke Internet untuk dapat bekerja. Pengucapan perintah suara yang diterima kemudian diubah menjadi teks oleh Google Voice. Teks yang didapat ditampilkan pada edit text sebelum dikirim ke lengan robot.
2. Lengan robot akan menerima perintah suara yang telah diubah dan dikirim dari aplikasi Arduino Bluetooth ke robot, kemudian perintah yang diterima akan masuk ke mikrocontroler untuk menggerakkan servo yang diinginkan.
3. Lengan robot akan menerima perintah Buttons yang dikirim dari aplikasi Arduino Bluetooth yang telah terconfiguresi ke lengan robot, kemudian perintah yang diterima akan masuk ke mikrocontroler untuk menggerakkan servo yang diinginkan,

## 5.2 Saran

Pengendali Gerak Lengan Robot pada kegiatan ini sebatas sebagai alat peraga yang menggunakan system control perintah suara dan system control wireless yang dapat menerima perintah jarak jauh, namun pada kegiatan ini lengan robot dapat dikembangkan kedepannya untuk dapat dicontrol dan dapat menerima tugas seperti memindahkan barang ataupun mensortir barang.



## DAFTAR PUSTAKA

- Didi, Martinus., Marlindani, Dernian., & Elbani, Ade.2015. “Rancang Bangun Robot Lengan 4 DOF dengan GUI” Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura (hlm 7-9).
- Muldayani, Wahyudi.2016. “Robot Lengan Pengambil Benda Untuk Membantu Pasien Dengan Perintah Suara Menggunakan Metode MFCC dan Neural Network” Institut Teknologi Sepuluh November (hlm 8-12).
- Marita, Roni Andi., Verlandi, Lorendo., & Putra, yovie Febriansyah.2014. “Rancang Bangun Simulasi Lengan Robot Berbasis Mikrikontroler” Palembang: Sekolah Tinggi Manajemen Informatika Dan Komputer Palcomtech.
- Caysar, Dina.2014. “Pengaturan pergerakan robot lengan smart arm robotic AX-12A melalui pendekatan geometry based kinematic menggunakan arduino” Malang: Universitas Brawijaya.
- Siswaja, Hendry Djaya.2008. “Prinsip Kerja dan Kelarifikasi Robot” Media Informatika Vol. 7 No. 3. Bandung: Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer LIKMI.
- Satria, Muhammad.2021. “Disai dan Pengembangan Robot 3-DOF Penyortir Benda Berdasarkan Jenis Warna Berbasis Mikrokontroler” Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Putra, Yoel Anggun.2015. “Kontroler Lengan Robot Berbasis Smarthone Android” Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.

Warta Ekonomi.(27 Oktober 2021). “Penggunaan dan Manfaat Lengan Robot dalam Bidang Industri”. Warta Ekonomi.co.id

<https://www.google.com/amp/s/wartaekonomi.co.id/amp/read370153/penggunaan-dan-manfaat-lengan-robot-dalam-bidang-industri>

Wikipedia.(24 November 2022). “Robot”.wikipedia bahasa indonesia Ensiklopedia bebas.

Suar Wibawa, Kadek.(2 Agustus 2017). “Aplikasi Pengontrol Robot Mobil Menggunakan Suara Berbasis Android” Baki: Program Studi Teknologi informasi Universitas Udayana Bukit Jimbaran.



## LAMPIRAN

### Program Lengan Robot

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// Gunakan HC-05 dan Aplikasi Arduino Bluetooth Controller
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial BTM(2,4); //D2->TX_BT, D4->RX_BT

#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Servo.h>

int Pot[]={A0, A1, A2,A3};
int Btn[] ={8, 7, 6, 5};
int SW = 3;

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
Servo myservo[4];
byte sudut[]={45,0,30,90};
byte CsrX[]={2, 12, 2, 12};
byte CsrY[]={0, 0, 1, 1};
byte SdtMin[]={40, 0, 25, 0}; //Sudut_Maks
byte SdtMax[]={90,80,120,180}; //Sudut_Maks
bool Rot[4] = {0,0,0,0};
byte i, P, Pilih = 1;
String dataBTM;
word dataAnalog[4], lastAnalog[]={0,0,0,0};

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  BTM.begin(9600);
  pinMode(Btn[0],INPUT_PULLUP);
  pinMode(Btn[1],INPUT_PULLUP);
  pinMode(Btn[2],INPUT_PULLUP);
  pinMode(Btn[3],INPUT_PULLUP);
  pinMode(SW,INPUT_PULLUP);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0,0); lcd.print("Kontrol Melalui ");
  lcd.setCursor(0,1); lcd.print(" POTENSIOMETER ");

  myservo[0].attach(12); //shoulder (up-down)
  myservo[1].attach(11); //elbow (forwrd-back)
```

```

myservo[2].attach(10); //gripper (open-close)
myservo[3].attach(9); //base (right-left)
for(byte i=0; i<4; i++) myservo[i].write(sudut[i]);
delay(5000);
intro();
}

void loop() {
if(BTH.available()>0) {
    dataBTH="";
    delay(5); //Tunda sedikit supaya stabil
    dataBTH = BTH.readString();
    delay(2);
    Serial.println(dataBTH);
}

if(Pilih==1) mode1();
if(Pilih==2) mode2();
if(Pilih==3) mode3();
if(Pilih==4) mode4();
if(Pilih==5) mode5();
ubahMode();
}

```

Program control menggunakan Potensiometer (Mode 1)

```

void mode1() {
    for(i=0; i<4; i++) {
        dataAnalog[i]= analogRead(Pot[i]);
        if(dataAnalog[i]!=lastAnalog[i]) {
            Serial.print("Data A["); Serial.print(i);
            Serial.print("] = "); Serial.println(dataAnalog[i]);
            lastAnalog[i]=dataAnalog[i];
        }
        sudut[i] = map(dataAnalog[i], 0, 1016, SdtMin[i],
SdtMax[i]);
        tampilan(i); myservo[i].write(sudut[i]);
    }
    delay(100);
}

```

## Program control menggunakan Push Button (Mode 2)

```
void mode2() {
    for(i=0; i<4; i++) {
        if(!digitalRead(Btn[i])) {
            if(sudut[i]<SdtMax[i] && !Rot[i]) sudut[i]++;
            if(sudut[i]>SdtMin[i] && Rot[i]) sudut[i]--;
            if(sudut[i]==SdtMax[i] || sudut[i]==SdtMin[i]) {
                Rot[i]=!Rot[i];
                tampilkan(i);
                myservo[i].write(sudut[i]); delay(1000);
            }
        }
        tampilkan(i); myservo[i].write(sudut[i]);
    }
}
```

## Program control menggunakan Joy Stick (Mode 3)

```
void mode5() {
    if(dataBTH=="U" && sudut[0]<SdtMax[0]) sudut[0]++; //up
    if(dataBTH=="F" && sudut[1]<SdtMax[1]) sudut[1]++; //forward
    if(dataBTH=="O" && sudut[2]<SdtMax[2]) sudut[2]++; //open
    if(dataBTH=="R" && sudut[3]<SdtMax[3]) sudut[3]++;

    //right
    if(dataBTH=="D" && sudut[0]>SdtMin[0]) sudut[0]--; //down
    if(dataBTH=="B" && sudut[1]>SdtMin[1]) sudut[1]--; //back
    if(dataBTH=="C" && sudut[2]>SdtMin[2]) sudut[2]--; //close
    if(dataBTH=="L" && sudut[3]>SdtMin[3]) sudut[3]--; //left
    if(dataBTH=="0"|| dataBTH=="o") dataBTH="";
    //Reset variable
    for(i=0; i<4; i++) {
        myservo[i].write(sudut[i]); tampilkan(i); delay(10);
    }
}
```

Program control menggunakan Voice BTH (Mode 3)

```
void mode3() {
    if(dataBTH.length()>0) {
        if(dataBTH == "naik"      && sudut[0]<SdtMax[0]) sudut[0]++;
        else if(dataBTH == "maju"    && sudut[1]<SdtMax[1]) sudut[1]++;
        else if(dataBTH == "buka"    && sudut[2]<SdtMax[2]) sudut[2]++;
        else if(dataBTH == "kanan"   && sudut[3]<SdtMax[3]) sudut[3]++;
        else if(dataBTH == "turun"   && sudut[0]>SdtMin[0]) sudut[0]--;
        else if(dataBTH == "mundur"  && sudut[1]>SdtMin[1]) sudut[1]--;
    ;
        else if(dataBTH == "jepit"   && sudut[2]>SdtMin[2]) sudut[2]--;
        else if(dataBTH == "kiri"    && sudut[3]>SdtMin[3]) sudut[3]--;
        else if(dataBTH == "tahan") dataBTH="";
    }
    for(i=0; i<4; i++) {
        myservo[i].write(sudut[i]); tampilkan(i); delay(50);
    }
}
```

Program control menggunakan Terminal BTH (Mode 4)

```
void mode4() {
    if(dataBTH=="u" && sudut[0]<SdtMax[0]) sudut[0]++; //up
    if(dataBTH=="f" && sudut[1]<SdtMax[1]) sudut[1]++; //forwad
    if(dataBTH=="o" && sudut[2]<SdtMax[2]) sudut[2]++; //open
    if(dataBTH=="r" && sudut[3]<SdtMax[3]) sudut[3]++;
    //right
    if(dataBTH=="d" && sudut[0]>SdtMin[0]) sudut[0]--; //down
    if(dataBTH=="b" && sudut[1]>SdtMin[1]) sudut[1]--; //back
    if(dataBTH=="c" && sudut[2]>SdtMin[2]) sudut[2]--; //close
    if(dataBTH=="l" && sudut[3]>SdtMin[3]) sudut[3]--; //left
    if(dataBTH=="s") dataBTH=""; //Reset variable
    for(i=0; i<4; i++) {
        myservo[i].write(sudut[i]); tampilkan(i); delay(10);
    }
}
```

Program control menggunakan Voice BTH (Mode 5)

```
void mode3() {
    if(dataBTH.length()>0) {
        if(dataBTH == "naik"      && sudut[0]<SdtMax[0])
            sudut[0]++;
        else if(dataBTH == "maju"    && sudut[1]<SdtMax[1]) sudut[1]++;
        else if(dataBTH == "buka"    && sudut[2]<SdtMax[2]) sudut[2]++;
        else if(dataBTH == "kanan"   && sudut[3]<SdtMax[3]) sudut[3]++;
        else if(dataBTH == "turun"   && sudut[0]>SdtMin[0]) sudut[0]--;
        else if(dataBTH == "mundur"  && sudut[1]>SdtMin[1]) sudut[1]--;
    ;
        else if(dataBTH == "jepit"   && sudut[2]>SdtMin[2]) sudut[2]--;
        else if(dataBTH == "kiri"    && sudut[3]>SdtMin[3]) sudut[3]--;
        else if(dataBTH == "tahan") dataBTH="";
    }
    for(i=0; i<4; i++) {
        myservo[i].write(sudut[i]); tampilkan(i); delay(50);
    }
}
```

