

**PROTOTIPE ROBOT LENGAN OTOMATIS
PENGANGKAT ANAK TIMBANGAN BERBASIS
MIKROKONTROLLER ARDUINO UNO**

PROYEK AKHIR



Oleh :

Endang Priyatna / A018025

Dati Ratnasari / A018038

**PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
AKADEMI METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
KEMENTERIAN PERDAGANGAN**

2021

**PROTOTIPE ROBOT LENGAN OTOMATIS
PENGANGKAT ANAK TIMBANGAN BERBASIS
MIKROKONTROLLER ARDUINO UNO**

PROYEK AKHIR



Oleh :

Endang Priyatna / A018025

Dati Ratnasari / A018038

**PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
AKADEMI METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
KEMENTERIAN PERDAGANGAN**

2021

PROTOTIPE ROBOT LENGAN OTOMATIS PENGANGKAT ANAK TIMBANGAN BERBASIS MIKROKONTROLLER ARDUINO UNO

PROYEK AKHIR

Diajukan untuk memenuhi syarat kelulusan tahap pendidikan D3 pada
Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi
Akademi Metrologi dan Instrumentasi

Oleh :

Endang Priyatna / A018025

Dati Ratnasari / A018038

AKMET | Akademi
Metrologi dan
Instrumentasi

PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI

AKADEMI METROLOGI DAN INSTRUMENTASI

KEMENTERIAN PERDAGANGAN

2021

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Proyek Akhir yang berjudul “Prototipe Robot Lengan Otomatis Pengangkat Anak Timbangan Berbasis Mikrokontroller Arduino UNO”. Penyusunan Laporan Proyek Akhir ini tidak lepas dari dorongan, arahan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kementerian Perdagangan Republik Indonesia yang telah memberikan beasiswa pendidikan selama mengikuti masa perkuliahan di Akademi Metrologi dan Instrumentasi;
2. Ibu Dr. Ir. Endang Juliastuti, M.S., selaku Direktur Akademi Metrologi dan Instrumentasi;
3. Bapak Vera Firmansyah, M. Si., selaku Kepala Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi;
4. Ibu Irawati Dewi Syahwir, M. T. selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan serta arahan dalam penyusunan proyek akhir ini hingga selesai;
5. Bapak Dr. Ir. Sutanto Hadisupadmo, M.T., selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan serta arahan dalam penyusunan proyek akhir ini hingga selesai;
6. Orang tua serta keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan kepada penulis secara moril maupun materil hingga proyek akhir ini dapat selesai;
7. Seluruh sahabat dan rekan seperjuangan terbaik yang tiada henti memberi dukungan dan motivasi kepada penulis;
8. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan proyek akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan semuanya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan proyek akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan, oleh karena itu penulis mengharap adanya kritik dan saran yang bersifat membangun demi sempurnanya laporan ini. Pada akhirnya, penulis berharap laporan proyek akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Penulis

ABSTRAK

Prototipe robot lengan otomatis pengangkat anak timbangan (AT) berbasis mikrokontroler arduino uno merupakan suatu alat yang digunakan untuk dapat membantu operator maupun penera, dalam pengangkatan AT yang diletakkan pada timbangan elektronik (TE) di bidang kemetrolgian. Prototipe robot lengan ini akan menjalankan fungsinya dengan cara mengangkat serta memindahkan AT dari suatu titik yang telah ditentukan ke tujuan akhir yaitu TE. Untuk dapat merealisasikan tujuan tersebut, maka diperlukan perancangan, baik itu perangkat keras berupa konstruksi dan rangkaian, maupun perangkat lunak berupa program yang akan menjalankan pergerakan robot. Berdasarkan sistem yang telah dirancang, robot lengan bergerak dengan 5 motor servo MG90S yang diletakkan dibagian *base, shoulder, elbow, wrist* dan *gripper* pada konstruksi. Robot lengan pada bagian *gripper* dilapisi oleh karet halus *nitrille rubber*, sehingga AT dapat terjaga kebersihannya. Sistem pergerakan dikendalikan oleh arduino uno melalui suatu program dengan sumber tegangan yang berasal dari *power supply* 5 volt. Robot lengan dapat mengangkat AT dengan kapasitas 100 gram secara otomatis, dengan pergerakan 180° dari titik penempatan AT sampai posisi TE. Berdasarkan hasil pengujian waktu tempuh dan *delay* pemindahan AT 100 gram, disimpulkan bahwa pelaksanaan yang efektif untuk pergerakan penuh (satu siklus gerakan) yaitu dalam waktu 55 sekon 98 milisekon, dengan pengaturan *delay* 3000 ms untuk setiap satu motor servo dalam pergerakan sudut satu ke sudut berikutnya.

Kata Kunci : Robot lengan, Motor servo, Anak Timbangan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Prototipe	6
2.2 Robot Lengan	6
2.2.1 Definisi.....	6
2.2.2 Konsep Dasar	7
2.2.3 Sistem Dasar.....	8
2.3 Jenis Robot	8
2.3.1 Robot Artikulasi.....	8
2.3.2 <i>Gripper</i>	9
2.4 <i>Degree of Freedom</i> (DOF).....	10
2.5 Kinematika Robot.....	10
2.6 Motor Servo.....	11
2.6.1 Konstruksi Motor Servo.....	12
2.6.2 Prinsip Kerja Motor Servo	14
2.7 Anak Timbangan	15
2.8 Arduino UNO	15

2.8.1	Arduino IDE (<i>Integrated Development Environment</i>).....	18
2.8.2	Sinyal PWM Pada Arduino.....	19
2.9	<i>Power Supply</i>	20
2.9.1	<i>Switch-Mode Power Supply</i>	20
2.10	<i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	22
2.11	Saklar <i>On-Off</i>	23
BAB III	RANCANG BANGUN	25
3.1	Lokasi Penelitian	25
3.2	Metode Perancangan Prototipe Robot Lengan.....	25
3.2.1	Perancangan Sistem	25
3.2.2	Perancangan Komponen Elektronik.....	27
3.2.3	Perancangan Mekanik.....	28
3.2.4	Perancangan Program Arduino	32
3.3	Cara Kerja Alat.....	32
3.4	Metode Pengujian Prototipe	33
3.4.1	Pengujian Awal	33
3.4.2	Pengujian Utama	34
3.5	Metode Pengambilan Data	34
3.6	Prosedur Pengujian.....	34
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1	Hasil Konstruksi Prototipe	37
4.2	Perhitungan Daya Angkat Beban	38
4.3	Hasil Pengujian Prototipe.....	39
4.3.1	Pengujian Waktu Tempuh Aktuator Motor Servo	39
4.3.2	Pengujian Arah Terhadap Sudut Motor Servo.....	40
4.3.3	Pengujian Satu Siklus Terhadap Sudut Lengan	40
4.3.4	Pengujian Waktu Tempuh dan <i>Delay</i> Pemindahan AT	41
4.4	Efektifitas Penggunaan Robot Lengan.....	43
BAB V	PENUTUP	45
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA		47
LAMPIRAN.....		49

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Motor Servo MG90S	12
Tabel 2. 2 Fungsi bagian Motor Servo	13
Tabel 2. 3 Spesifikasi Arduino UNO	16
Tabel 2. 4 Keterangan Tampilan IDE	19
Tabel 2. 5 Spesifikasi <i>Power Supply</i>	22
Tabel 2. 6 Konfigurasi Pin LCD 16X2	23
Tabel 3. 1 Komponen Penyusun Prototipe	27
Tabel 3. 2 Konstruksi Robot Lengan	29
Tabel 4. 1 Hasil Akhir Prototipe	37
Tabel 4. 2 Perhitungan Daya Angkat Beban	38
Tabel 4. 3 Pengujian Waktu Tempuh Aktuator Motor Servo	39
Tabel 4. 4 Pengujian Arah Terhadap Sudut Motor Servo	40
Tabel 4. 5 Pengujian Satu Siklus Terhadap Sudut Lengan	40
Tabel 4. 6 Pengujian Waktu Tempuh dan <i>Delay</i> Pemindahan AT	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Robot Lengan Artikulasi	9
Gambar 2. 2 Motor Servo MG90S	12
Gambar 2. 3 Konstruksi Motor Servo	13
Gambar 2. 4 <i>Pin Out</i> Motor Servo	13
Gambar 2. 5 Pulsa Kendali Motor Servo	13
Gambar 2. 6 Arah Putaran Motor Servo	14
Gambar 2. 7 Anak Timbangan	15
Gambar 2. 8 Arduino UNO	16
Gambar 2. 9 Tampilan Awal IDE Pada Arduino	18
Gambar 2. 10 Gambar Rangkaian <i>Switch Mode Power Supply</i>	21
Gambar 2. 11 <i>Power Supply</i>	22
Gambar 2. 12 <i>Liquid Crystal Display</i>	22
Gambar 2. 13 <i>Switch On-Off</i>	24
Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem	25
Gambar 3. 2 Skema Rangkaian Elektronik	28
Gambar 3. 3 Robot Lengan	29
Gambar 3. 4 Pandangan Atas	29
Gambar 3. 5 Bagian Konstruksi robot lengan	30
Gambar 3. 6 Bagian Box Penyangga	30
Gambar 3. 7 Box Lokasi AT	31
Gambar 3. 8 Area Kerja	31
Gambar 4. 2 Robot Lengan Pandangan Depan	37
Gambar 4. 3 Robot Lengan Pandangan Samping	37
Gambar 4. 4 Area Kerja	38
Gambar 4. 5 Area Kerja Pandangan Depan	38
Gambar 4. 6 <i>Delay</i> Pada Arduino IDE	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Design</i> Keseluruhan Prototipe	50
Lampiran 2 Foto Prototipe	52
Lampiran 3 Kodingan Proyek Akhir	55
Lampiran 4 Kodingan Uji Manual Cek Alat	59
Lampiran 5 Kodingan Program Cek Servo	61
Lampiran 6 <i>Datasheet</i> Motor Servo	65
Lampiran 7 <i>Datasheet</i> Arduino UNO	66
Lampiran 8 <i>Datasheet</i> LCD 16X2	68
Lampiran 9 <i>Datasheet</i> Power Supply 5V 5A	69
Lampiran 10 Video Prototipe Robot Lengan	71

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini teknologi robot sudah sangat berkembang dalam berbagai aspek kehidupan, sebagaimana tujuannya yaitu untuk mempermudah aktivitas serta pekerjaan manusia. Robot yang telah berkembang saat ini, memiliki banyak sekali ragam bentuk dan sistem (Utomo, Dwi Setyaningsih *and* Iqbal, 2020). Salah satu jenis robot yang banyak digunakan serta memiliki manfaat yang besar adalah robot lengan. Adapun salah satu keunggulan dari penggunaan robot lengan yaitu meningkatkan efisiensi pekerjaan manusia dalam kehidupan sehari-hari. Hal yang utama dari sebuah robot khususnya robot lengan yaitu sistem kendalinya, banyak robot yang dibuat dengan sistem kendali yang berbeda serta kelebihan maupun kekurangannya masing-masing. Pada umumnya proses kendali robot lengan dilakukan dengan cara pemrograman terhadap sistem sehingga dapat beroperasi lebih praktis dan otomatis. Teknologi robot tersebut sudah merambah ke berbagai bidang mulai dari bidang militer, perkantoran, industri serta kesehatan. Dalam dunia industri misalnya, robot lengan digunakan dalam berbagai kebutuhan, salah satunya yaitu untuk memindah serta mengangkat barang, memasang komponen pada peralatan elektronik dan lain sebagainya (Marita *and* Verlandi, 2014). Proses pemindahan barang banyak dilakukan untuk komponen yang memerlukan penjagaan kualitas yang lebih, sehingga barang tersebut dalam kondisi yang baik seperti anak timbangan (AT) pada proses tera/tera ulang timbangan elektronik (TE) di bidang kemetrolgian.

Menurut Syarat Teknis Direktur Jenderal Dinas Perdagangan Nomor 40/PDN/KEP/3/2010 Tentang Syarat Teknis AT Ketelitian Biasa Dan Khusus, AT adalah benda ukur massa yang diatur berdasarkan karakteristik fisik dan kemetrolgiannya yang meliputi harga nominal, bahan, konstruksi, dimensi, massa jenis, kondisi permukaan, penandaan dan kesalahan maksimumnya. AT biasanya digunakan sebagai standar alat ukur massa dan juga pelengkap pada beberapa alat ukur yang menentukan suatu nilai atau hasil berdasarkan proses penimbangan (ST Nomor 40/PDN/KEP/3/2010 Tentang Syarat Teknis Anak Timbangan, 2010). AT digunakan secara terus-menerus dalam kegiatan peneraan, proses pengangkatan yang berulang dapat mempersulit operator maupun penera. Sehingga diperlukan suatu alat ataupun

media yang dapat mempermudah pengangkatan AT pada proses peneraan, dan alat yang dapat menunjang hal tersebut yaitu robot lengan. Robot lengan akan membantu proses pemindahan AT dengan massa tertentu dari satu titik ke titik yang lain, yang sudah ditentukan sebelumnya. Oleh sebab itu, akan dirancang suatu prototipe robot lengan yang dapat mengangkat AT berbasis mikrokontroller, dengan tujuan untuk mempermudah proses peneraan di bidang kemetrolgian.

Pembuatan proyek akhir dengan judul “Prototipe Robot Lengan Otomatis Pengangkat Anak Timbangan Berbasis Mikrokontroller Arduino UNO” diketahui bahwa belum pernah dibuat pada bidang kemetrolgian di Indonesia serta oleh mahasiswa Akademi Metrologi dan Instrumentasi (AKMET). Maka dari itu, dilakukan terobosan baru dengan inovasi baru di bidang kemetrolgian. Karya-karya sejenis yang berkaitan dengan proyek akhir ini, salah satunya yaitu pada penelitian “Perancangan Robot Lengan Pemindah Barang Berdasarkan Jarak” oleh Hendrik Siagian (Universitas Prima Indonesia). Yang menjadi hal yang serupa pada judul tersebut yaitu jarak yang telah ditentukan. Meskipun kemungkinan terdapat beberapa kesamaan dengan tugas akhir yang sudah ada, namun diyakini bahwa banyak perbedaan mendasar baik secara teknik maupun konsep pada rancangan “Prototipe Robot lengan Otomatis Pengangkat Anak Timbangan Berbasis Mikrokontroller Arduino UNO”. Pada prototipe ini jarak pengambilan objek telah ditentukan berdasarkan sudut pada setiap bagian robot lengan dengan total lima motor servo, sehingga dapat mengangkat AT dan memindahkannya ke atas timbangan elektronik secara otomatis berdasarkan program yang telah dibuat. Selanjutnya, bagian *gripper* (pencengkram) akan dilapisi karet berbahan halus dengan tipe *Nitrille Rubber* yang dapat menjaga kondisi AT agar tetap bersih dan dalam kondisi yang baik, sehingga meminimalisir kesalahan apabila diambil dengan sentuhan fisik oleh tangan manusia secara langsung. Berdasarkan pertimbangan serta latar belakang tersebut, maka dalam proyek akhir ini akan dibuat prototipe robot lengan yang dapat mengangkat AT. Dengan adanya prototipe ini, penulis berharap dapat bermanfaat bagi kemajuan dunia sistem kendali dan robotika khususnya proses di bidang kemetrolgian. Sehingga dapat tercipta suatu inovasi baru yang akan terus berkembang seiring berjalannya waktu, salah satunya yaitu dengan “Prototipe Robot lengan Otomatis Pengangkat Anak Timbangan Berbasis Mikrokontroller Arduino UNO” ini.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang ada, maka rumusan masalah yang akan dibahas pada proyek akhir ini adalah:

- a. Bagaimana membuat serta merealisasikan prototipe robot lengan yang dapat mengangkat AT?
- b. Bagaimana membangun *hardware* dan membuat *software* dalam perancangan prototipe robot lengan otomatis pengangkat AT?
- c. Bagaimana mengidentifikasi sistem kerja dari robot lengan otomatis pengangkat AT?
- d. Bagaimana unjuk kerja prototipe robot lengan yang dapat mengangkat AT?

1.3 Pembatasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam proyek akhir ini sesuai dengan latar belakang dan tujuan adalah sebagai berikut:

- a. Menggunakan 5 buah motor servo MG90S;
- b. Menggunakan satu buah AT kelas F2 dengan muatan 100 gram;
- c. Pergerakan sudut pada motor servo memiliki batas maksimal yaitu 180°;
- d. Proses pengangkatan dan pemindahan AT dilakukan pada timbangan elektronik dan box peletak AT;
- e. Keberjalan prototipe dilakukan saat AT diangkat dari posisi semula sampai diletakkan ke piringan TE;
- f. Proses keberjalanan prototipe hanya dilakukan dengan AT dan TE yang berada pada posisi yang tetap;
- g. Media penampil menggunakan *Light Crystal Display* (LCD) 16X2 untuk menampilkan informasi bahwa AT telah terangkat, dipindahkan, dan diletakkan pada TE;
- h. Bagian pencengkram (*Gripper*) dilapisi oleh karet halus dengan bahan *Nitrille Rubber*;
- i. Power supply 5 V dan 5 A digunakan untuk memberikan input tegangan pada arduino uno dan motor servo MG90S;
- j. Bahan utama konstruksi robot lengan merupakan akrilik;
- k. Media penghubung antar komponen menggunakan protoboard yang proses pengkabelannya dikuatkan pemasangannya.

1.4 Tujuan

Tujuan dari proyek akhir ini berdasarkan penulisan latar belakang serta rumusan masalah yaitu:

- a. Membuat serta merealisasikan prototipe robot lengan yang dapat mengangkat AT
- b. Merealisasikan pembangunan *hardware* dan membuat *software* dalam perancangan prototipe robot lengan otomatis pengangkat AT
- c. Mengidentifikasi sistem kerja dari robot lengan otomatis pengangkat AT
- d. Mengetahui unjuk kerja dari prototipe robot lengan yang dapat mengangkat AT

1.5 Manfaat

Dari penelitian yang dilakukan, diharapkan dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak, diantaranya:

- a. Bagi Penulis
Sebagai salah satu syarat kelulusan AKMET pada program studi D3 metrologi dan instrumentasi. Serta sebagai sarana penerapan pengetahuan yang telah diperoleh selama menjalani pendidikan.
- b. Bagi Civitas Akademika.
Sebagai sarana referensi tambahan untuk kegiatan atau proses pembelajaran untuk menambah ilmu pengetahuan mengenai robotika khususnya dalam pengangkatan AT.
- c. Civitas Kemetrolgian
Penelitian yang dilakukan dapat digunakan sebagai referensi proses pengangkatan AT pada kegiatan tera/tera ulang untuk TE, sehingga dapat digunakan sebagai alat bantu untuk proses yang lebih praktis dan efisien.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan proyek akhir ini dibagi menjadi lima. Adapun rincian sistematika penulisannya disajikan sebagai berikut:

- a. Bab I
Bab I berisi pendahuluan yang terdiri atas latar belakang, rumusan masalah, tujuan proyek akhir, batasan masalah, manfaat dan sistematika penulisan laporan proyek akhir.

b. Bab II

Bab II memuat tinjauan pustaka yang membahas tentang teori umum serta konsep dasar mengenai perangkat dan sistem yang digunakan dalam pengerjaan proyek akhir robot lengan otomatis ini.

c. Bab III

Bab III merupakan bab perancangan dan pembuatan alat yang berisi tentang desain alat, komponen-komponen yang digunakan, prinsip kerja setiap komponen sistem serta metode pengujian alat.

d. Bab IV

Bab IV adalah hasil dan pembahasan. Bagian ini berisi hasil pembuatan alat berupa bentuk fisik dan konstruksi, data hasil pengujian yang dilakukan serta analisis hasil pengujian.

e. Bab V

Bab V adalah penutup, yang meliputi kesimpulan dan saran. Pada bab ini berisikan kesimpulan berdasarkan tujuan serta rumusan masalah dalam proyek akhir ini serta saran yang digunakan sebagai salah satu acuan serta perbaikan untuk penelitian berikutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam Tinjauan Pustaka ini, dibahas mengenai beberapa teori yang menunjang pembuatan prototipe robot lengan otomatis pengangkat AT berbasis mikrokontroller Arduino.

2.1 Prototipe

Menurut Simarmata (2010:64), prototipe adalah perubahan cepat di dalam perancangan dan pembangunan prototipe. Menurut Mall (2009:43), "*Prototype is toy implementation of the system*" yang artinya bahwa prototipe adalah sebuah implementasi tiruan dari sistem. Menurut Darmawan (2013:229), prototipe adalah satu versi dari sebuah sistem potensial yang memberikan ide dari para pengembang dan calon pengguna, bagaimana sistem akan berfungsi dalam bentuk yang telah selesai. Berdasarkan pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa prototipe merupakan suatu perubahan cepat dalam perancangan serta implementasi dari suatu sistem yang didalamnya terdapat sebuah ide dari pengembang serta calon pengguna, tentang bagaimana sistem akan berguna dalam bentuk yang telah selesai. Prototipe juga dapat diartikan gambaran tentang sistem dalam bentuk sempurna dan bentuk awal dari objek yang dibuat dengan skala tertentu yang mewakili dimensi objek yang sesungguhnya.

2.2 Robot Lengan

Menurut Jatmika (2011:9-11), kata robot pertama kali diperkenalkan oleh seorang Peneliti dari Czech yang bernama Karel pada tahun 1921. Robot berasal dari kata "*robot*" yang dalam bahasa ceko (chech) berarti budak atau pekerja. Robot merupakan sebuah perangkat mekanik yang mampu menjalankan tugas-tugas fisik, baik yang masih dikendalikan oleh manusia maupun yang telah dikendalikan secara terprogram terlebih dahulu (Prayuda, Hartono and Sutoyo, 2018).

2.2.1 Definisi

Robot merupakan sebuah manipulator yang dapat di program ulang untuk memindahkan suatu peralatan maupun benda tertentu dengan melakukan program pergerakan dalam berbagai tugas dan juga untuk mengendalikan serta mensinkronkan

peralatan dengan pekerjaan yang akan dilakukan, oleh *Robot Institute of America* (Gonzalez, 1987). Menurut Eugene, robot merupakan sebuah sistem mekanik yang memiliki fungsi untuk gerak dalam misi tertentu, atau kombinasi dari banyak gerak yang di implemetasikan menjadi satu kesatuan sistem yang padu (Eugene,1976).

2.2.2 Konsep Dasar

Pada umumnya, robot lengan digunakan untuk mengambil suatu benda maupun objek, dan meletakkan benda tersebut ke suatu tempat secara manual maupun otomatis yang disesuaikan dengan kondisi yang diinginkan. Pada prosesnya, robot lengan memiliki komponen-komponen pembentuk yang digunakan seperti rangka dan sendi, juga memiliki beberapa istilah dalam pengukurannya. Beberapa istilah dan definisi yang banyak digunakan pada robot lengan adalah (Maulana *et al.*, 2019):

- a. *Link* merupakan bagian robot lengan yang dihubungkan secara bersamaan dengan tujuan untuk membentuk sebuah rangkaian kinematik.
- b. *Joint* (Sendi) merupakan penghubung antar link yang dapat menentukan suatu pergerakan relatif yang terbatas.
- c. *End-effector* merupakan salah satu bagian yang berada di ujung robot lengan yang berfungsi untuk menghubungkan robot lengan dengan objek yang dituju dari pembuatan robot lengan tersebut. Contohnya, *End-Effector* diantaranya yaitu *Gripper* dan *Tools*. Pada proyek akhir ini menggunakan *Gripper*.
- d. *Work Space* merupakan luas total area kerja yang akan dijangkau oleh *End-Effector* ketika robot lengan melakukan pergerakan yang diinginkan.
- e. *Drive System* merupakan jenis dari dasar penggerak pada robot lengan, jenis-jenisnya yaitu hidrolis yang menggunakan fluida atau *oil*, *pneumatik* yang menggunakan tekanan udara dan elektrik yang menggunakan motor listrik.
- f. Akurasi merupakan suatu proses pengukuran, dengan seberapa dekat sebuah manipulator dapat mencapai suatu titik tujuan yang diinginkan.
- g. *Repeatability* merupakan proses pengukuran, seberapa dekat sebuah manipulator dapat kembali mencapai titik tujuan sebelumnya.
- h. Derajat kebebasan merupakan suatu jumlah gerakan yang dapat dibuat oleh suatu objek terhadap sistem koordinat yang dapat menyebabkan perubahan posisi.
- i. Poros Gerakan merupakan suatu mekanisme yang memungkinkan robot untuk dapat bergerak secara lurus atau berotasi.

2.2.3 Sistem Dasar

Sistem dasar dari robot lengan (yang termasuk induatri robot), dibangun atas tiga dasar sistem (Eugene,1976), yaitu:

- a. Struktur mekanik yang merupakan sebuah bentuk yang terdiri dari sambungan-sambungan mekanik (*link*) dan pasangan-pasangan (*joint*) yang memungkinkan untuk membuat berbagai macam variasi gerak pada robot lengan sehingga dapat disusun sesuai dengan kebutuhan.
- b. Sistem kendali merupakan sebuah sistem yang dapat berupa kendali tetap (*fixed*) ataupun servo, yang dimaksud dengan kendali tetap yaitu suatu kendali robot yang pengaturan gerakannya mengikuti lintasan (*path*), sedangkan kendali servo merupakan suatu kendali robot yang pengaturan gerakannya dilakukan secara *point to point* (PTP) ataupun perbagian titik servo pada robot lengan yang telah dirancangan.
- c. Unit pergerakan (aktuator) merupakan suatu penggerak pada robot yang dapat berupa sebuah hidrolis, pneumatik, elektronik, maupun menggabungkan ketiganya dengan transmisi atau tanpa transmisi. Torsi dan kecepatan yang tersedia pada aktuator digunakan untuk mengendalikan posisi gerak dan kecepatan gerak pada robot lengan. Mengurangi berat titik pada robot lengan diperlukan aktuator yang ditempatkan tidak pada bagian yang akan digerakkan, tetapi pada sambungan mekanik sebelumnya.

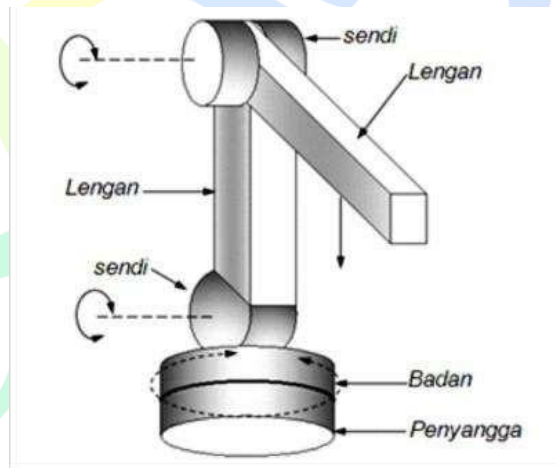
2.3 Jenis Robot

Robot Manipulator (Robot lengan) merupakan salah satu jenis Robot Industri yang banyak digunakan sebagai pemindah barang atau objek. Berdasarkan konfigurasi mekanis, robot lengan dapat diklasifikasikan ke dalam enam jenis utama yaitu: robot artikulasi, robot kartesius, robot SCARA, robot delta, robot kutub dan robot silinder. Selain konfigurasi mekanis, robot industri juga dapat dikategorikan berdasarkan kontrol gerak, kontrol catu daya dan karakteristik fisik. Berdasarkan proyek akhir, digunakan jenis robot artikulasi.

2.3.1 Robot Artikulasi

Robot artikulasi merupakan jenis robot industri yang menyerupai lengan manusia dalam konfigurasi mekanisnya. Lengan terhubung ke pangkalan dengan sambungan memutar. Jumlah sambungan putar yang menghubungkan tautan di lengan

dapat berkisar dari dua sambungan hingga sepuluh sambungan dan masing-masing sambungan memberikan tingkat kebebasan tambahan. Sendi bisa paralel atau ortogonal satu sama lain. Robot artikulasi yang memiliki enam derajat kebebasan adalah robot industri yang paling umum digunakan karena desainnya menawarkan fleksibilitas maksimum. Robot ini memiliki keuntungan yaitu kecepatan yang tinggi, jangkauan kerja yang luas dengan penempatan ruang yang sedikit. Sementara kekurangannya yaitu membutuhkan suatu pengontrol robot khusus, pemrograman yang rumit serta kinematika rumit. Aplikasi robot ini adalah untuk aplikasi kemasan makanan, pengelasan busur, *spot welding*, penanganan material, perawatan mesin, perakitan otomotif, pembuatan jembatan baja, pemotongan baja, penanganan gelas, aplikasi pengecoran dan penempaan. Berikut bentuk ilustrasi dari robot artikulasi:



Gambar 2. 1 Robot Lengan Artikulasi
 Sumber : <https://muhnabil.wordpress.com/> (2006)

2.3.2 Gripper

Gripper adalah sebuah efektor yang berfungsi untuk menggenggam dan menahan objek. Objek ini merupakan sebuah komponen yang akan dipindahkan oleh robot dapat berupa kertas, botol, bahan mentah, alat-alat berat dan peralatan-peralatan lain. Menurut jumlah peralatan penggenggam dan penahan, *gripper* dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu *gripper* tunggal dan ganda, masing masing memiliki kelebihan dan kekurangan sesuai dengan tujuan dari sistem robot. *Gripper* tunggal diartikan bahwa hanya ada satu peralatan untuk menggenggam dan menahan yang dipasang pada *wrist*. Pada umumnya, jenis gripper ini banyak diaplikasikan untuk sistem pneumatik maupun *acting*. *Gripper* ganda diartikan bahwa ada dua peralatan yang berfungsi sebagai penggenggam dan penahan objek yang dipasang

pada *wrist*. Ada 3 jenis *gripper* yang dikenal seperti *gripper* mekanik, *vacuum* dan *magnetic*. *Mechanical gripper* didesain untuk menggenggam dan menahan objek dengan memberikan kontak pada objek. Biasanya menggunakan *finger*/jari mekanik yang disebut dengan *jaws*. *Gripper* mekanik ini merupakan jenis yang paling sering diaplikasikan dalam pembuatan serta pengaplikasian robot lengan. *Finger* ini dapat dilepas dan dipasang sehingga sangat fleksibel pemakaiannya. Sumber tenaga yang diberikan pada *gripper* ini bisa berupa pneumatik, hidrolik dan elektrik.

2.4 Degree of Freedom (DOF)

Dalam proses pengaplikasian serta penggunaan robot lengan yang digunakan sebagai alat bantu untuk manusia, terdapat istilah penting yang digunakan yaitu derajat kebebasan atau biasa disebut dengan *Degree of Freedom (DOF)*. DOF merupakan suatu titik sumbu gerakan mekanik pada sebuah robot lengan. Robot lengan dapat digambarkan dengan jumlah derajat kebebasannya. Jumlah DOF pada umumnya mengacu pada jumlah sendi yang digunakan dalam robot lengan. Sehingga, apabila jumlah DOF yang digunakan semakin banyak, maka dapat mengindikasikan peningkatan fleksibilitas dalam memposisikan alat. Setiap sendi dihubungkan dengan dua bagian dari batang hubung dalam suatu konstruksi, yaitu batang hubung masukan serta keluaran (Ardhi *et al.*, 2020).

2.5 Kinematika Robot

Kinematika robot didefinisikan sebagai suatu pergerakan robot terhadap sistem kerangka koordinat acuan yang diam maupun bergerak, tanpa memperhatikan gaya serta faktor lain yang dapat memengaruhi gerakan robot tersebut. Model kinematika merepresentasikan suatu hubungan *end-effector* dalam ruang tiga dimensi dengan variabel sendi dalam sebuah ruang sendi. Kinematika robot khususnya robot lengan secara umum terbagi menjadi dua yaitu *forward kinematic* dan *inverse kinematic*. *Forward kinematic* merupakan suatu metode penentuan dari posisi akhir dari ujung robot lengan, sehingga telah diketahui sudut dari masing-masing *joint* dan akan dicari koordinat kartesius dari ujung robot lengan. Contohnya, pada sebuah robot n-DOF yang telah diketahui sudut dari setiap *joint*, maka dapat menggunakan metode *forward kinematic* untuk memperoleh kordinat posisi robot (x, y, z). Sedangkan, *inverse kinematic* merupakan suatu metode untuk menentukan posisi akhir dari ujung robot lengan dengan diketahui koordinat posisinya (x, y, z), dan yang akan dicari

informasinya yaitu sudut dari masing-masing *joint*. Berkebalikan dari *forward kinematik*, sehingga dapat didefinisikan persamaan dari kinematika terbalik atau *inverse kinematic* (Vivek Deshpande & P M George, 2014). Pada suatu proses pembuatan robot lengan pengangkat AT ini menggunakan algoritma *forward kinematic* sehingga perlu untuk mengatur kombinasi besar sudut-sudut engsel pada robot, dan tidak perlu dengan memanipulasi posisi koordinat ujung lengan maupun bagian lain dari robot lengan untuk mencapai suatu gerak tertentu dari robot lengan .

2.6 Motor Servo

Motor servo merupakan jenis motor DC yang dilengkapi dengan rangkaian pengendali dengan prinsip sistem *closed feedback* yang terintegrasi didalam motor. Posisi putaran sumbu (*axis*) dari motor servo selanjutnya akan dinformasikan kembali ke dalam rangkaian pengontrol yang ada. Komponen penyusun motor servo yaitu motor DC, rangkaian kontrol dan potensiometer. Penggunaan potensiometer pada motor servo bertujuan untuk membatasi gerak maksimum putaran sumbu (*axis*), untuk pengaturan sudut pada motor servo menggunakan lebar dan kecilnya pulsa yang diberikan. Motor servo adalah motor yang dapat bekerja dua arah (*Clock Wise* dan *Counter Clock Wise*) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan dengan memberi variasi lebar pulsa (*duty cycle*) sinyal PWM pada tiap bagian pin kontrolnya. Jenis motor servo dibagi menjadi dua (Dewantoro. D. W, 2020).

Jenis-jenis motor tersebut, yaitu yang pertama, motor servo standar 180° merupakan jenis motor servo yang hanya mampu bergerak dua arah (*Clock Wise* dan *Counter Clock Wise*) dengan mempunyai defleksi masing-masing sudah mencapai 90° sehingga defleksi sudut dari kanan-tengah-kiri adalah 180°. Kedua, motor servo *continuous* merupakan jenis motor servo yang mampu bergerak dua arah (*Clock Wise* dan *Counter Clock Wise*) tanpa mempunyai batasan defleksi sudut putar (motor servo dapat berputar secara kontinyu). Pulsa yang digunakan untuk mengendalikan motor servo selebar $\pm 20\text{ms}$, dimana pulsa dengan lebar antara 0.5ms dan 2ms merupakan akhir dari range sudut maksimum. Pemberian pulsa pada motor servo sebesar 1,5ms, maka akan mencapai sudut gerakan 90°, jika diberikan pulsa kurang dari 1,5 ms, maka hasil yang didapat yaitu mendekati posisi 0°, dan jika pulsa yang diberikan lebih dari 1,5ms, maka posisi servo mendekati batasan maksimum yaitu 180°.

Pada pembuatan robot lengan pengangkat AT ini menggunakan motor servo standar 180°. Motor servo jenis ini merupakan motor yang hanya mampu bergerak dua arah dan mempunyai defleksi masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total defleksi sudut dari kanan, tengah dan kiri adalah 180°. Robot lengan pengangkat AT ini menggunakan 5 buah motor servo dengan spesifikasi yang sama. Seluruh motor servo yang digunakan yaitu memiliki bentuk fisik yang dapat dilihat pada Gambar 2.1 serta spesifikasinya yang terdapat pada Tabel 2.1.



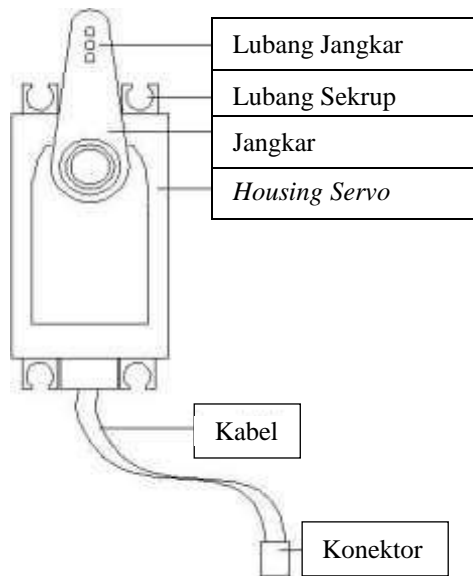
Gambar 2. 2 Motor Servo MG90S
Sumber : m.media-amazon.com/ (2019)

Tabel 2. 1 Spesifikasi Motor Servo MG90S

No.	Variabel	Keterangan
1.	<i>Type</i>	<i>Tower Pro MG-90S Metal gear Microservo</i>
2.	V suplai	4.8V- 6V (Tegangan sumber dari motor servo)
3.	<i>Speed</i>	sec/60 degree (4.8V) - 0.08 sec/60 degree (6V) kecepatan servo untuk bergerak menuju sudut tertentu
4.	Torsi	1.8kg/cm (4.8V) – 2.2 kg/cm (6V), contoh: Menarik beban 2.2 kg dengan jangkar sepanjang 1 cm
5.	<i>Dead Band Width</i>	5 usec akurasi servo dalam bergerak. Gerakan servo baru terjadi apabila perubahan pulsa lebih besar dari 5 uS
6.	Dimensi	23x12x29 mm
7.	<i>Temperature Range</i>	-30 to +60 Degree °C
8.	Berat	14 gram

2.6.1 Konstruksi Motor Servo

Secara konstruksi, motor servo memiliki bagian-bagian yang memiliki fungsinya masing-masing. Pada bagian terujung dari motor servo dapat diletakkan suatu media, seperti baling-baling maupun *gear* yang dapat berputar dengan sudut tertentu. Keseluruhan dari bagian-bagian di motor servo dapat dilihat pada gambar 2.3 dengan fungsi yang dijelaskan pada tabel 2.2.

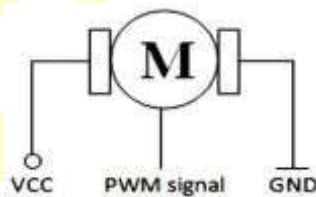


Gambar 2. 3 Konstruksi Motor Servo
Sumber: delta-electronic.com/ (2014)

Tabel 2. 2 Fungsi bagian Motor Servo

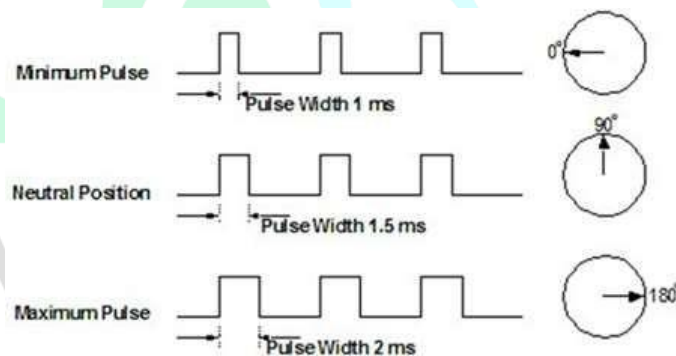
Bagian	Fungsi
Lubang Jangkar	Menempatkan sekrup yang mengaitkan jangkar ke obyek-obyek yang akan digerakkan
Lubang Sekrup	Mengaitkan motor servo dengan tubuh robot
Housing Servo	Lokasi motor DC, gearbox dan rangkaian pengatur sudut servo
Kabel	Kabel yang menghubungkan rangkaian servo dengan pengendali servo
Konektor	Konektor 3 pin yang terdiri dari input tegangan positif (+), input tegangan negatif (GND) dan input pulsa (Signal)

Motor Servo memiliki 3 buah kabel, diantaranya yaitu *orange* (I/O pin), merah (Vcc) dan coklat (*ground*). Representasi pin-pin dapat terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Pin Out Motor Servo
Sumber: delta-electronic.com/ (2014)

Operasional motor servo dikendalikan oleh sebuah sinyal berperiode ± 20 ms, dengan lebar pulsa antara 1 ms dan 2 ms menyatakan akhir dari jangkauan sudut maksimum. Apabila motor servo diberikan pulsa dengan lebar 1,5 ms maka posisi yang dihasilkan adalah 90° . Apabila diberikan pulsa kurang dari 1,5 ms maka posisi mendekati 0° . Jika diberikan pulsa lebih dari 1,5 ms maka posisi mendekati 180° .

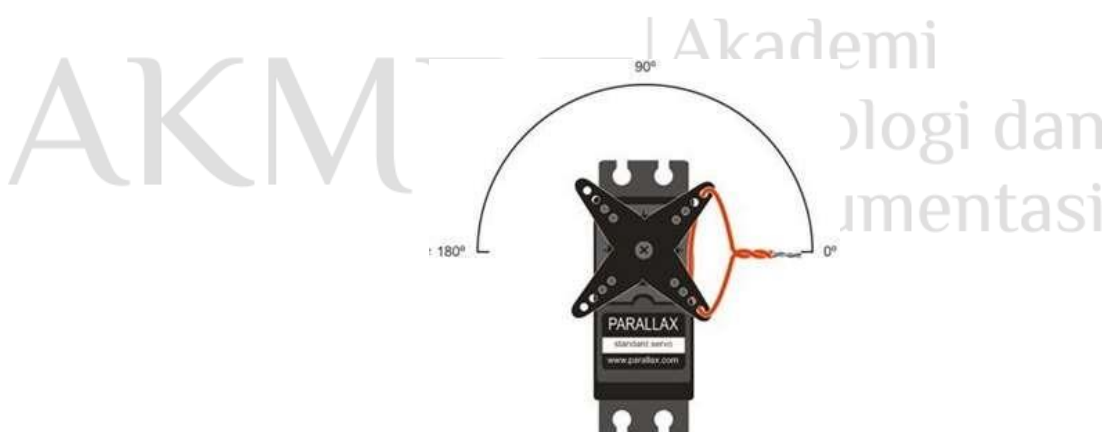


Gambar 2. 5 Pulsa Kendali Motor Servo
Sumber : liyuindonesia.com (2017)

2.6.2 Prinsip Kerja Motor Servo

Seperti yang sudah diketahui pada karakteristik motor servo, pemberian besar pulsa dari mikrokontroler menentukan besar sudut yang harus dilakukan oleh motor servo. Pemberian pulsa dari mikrokontroler ke motor servo tersebut tidak memerlukan rangkaian *driver* tambahan, karena di dalam sebuah motor servo sudah terdapat *internal gear* dan rangkaian driver yang memungkinkan motor servo dapat langsung dihubungkan ke mikrokontroler. Pengaturan sudut motor servo diperlukan untuk mengetahui gerakan dari motor servo dan pulsa yang harus diberikan ke motor servo dalam pergerakkan ke kanan atau ke kiri. Dari pulsa yang diberikan, dapat dilihat suatu gerakan dari motor servo. Motor servo dikendalikan dengan cara mengirimkan sebuah pulsa yang lebar pulsanya bervariasi. Pulsa tersebut dimasukkan melalui kabel kontrol motor servo. Sudut atau posisi motor servo akan diperoleh dari lebar pulsa. Biasanya lebar pulsanya antara $20\mu\text{s}$ sampai $100\mu\text{s}$ dengan periode pulsa sebesar 20ms. Lebar pulsa akan mengakibatkan perubahan posisi pada servo. Misalnya sebuah pulsa $50\mu\text{s}$ akan memutar motor pada posisi 90 derajat (posisi netral). Agar posisi servo tetap pada posisi ini, maka pulsa harus terus diberikan pada servo.

Ketika sebuah pulsa yang dikirim ke servo kurang dari $50\mu\text{s}$, servo akan berputar *counter clock wise* menuju ke posisi tertentu dari posisi netral. Jika pulsa yang dikirim lebih dari $50\mu\text{s}$, servo akan berputar *clock wise* menuju ke posisi tertentu dari posisi netral. Arah putaran motor servo dapat dilihat pada Gambar 2.6. Setiap servo memiliki spesifikasi lebar pulsa minimum dan maksimum sendiri-sendiri, tergantung jenis dan merk servo, umumnya berada diantara $20\mu\text{s}$ sampai $100\mu\text{s}$.



Gambar 2. 6 Arah Putaran Motor Servo
Sumber: andalanelektro.id/ (2020)

2.7 Anak Timbangan

Anak Timbangan (AT) adalah benda ukur massa yang diatur berdasarkan karakteristik fisik dan metrologisnya yaitu meliputi harga nominal, bahan, konstruksi, dimensi, massa jenis, kondisi permukaan, penandaan dan kesalahan maksimumnya. Dalam pengukuran massa dikenal massa sebenarnya, massa konvensional, dan massa nominal. Massa sebenarnya adalah massa yang mencerminkan suatu massa yang terdefinisi secara sempurna dalam kondisi dimana massa tersebut ditentukan. Massa konvensional adalah hasil penimbangan diudara antara suatu benda dengan massa standar dengan massa jenis konvensional dan pada temperature konvensional, yang nilai konvensionalya yaitu pada temperatur referensi 20°C, massa jenis massa standarnya pada 20° adalah 8000 kg/m³, dan massa jenis udara (ρ) = 1,2 kg/m³. Sedangkan massa nominal adalah nilai yang dipergunakan untuk menandai karakteristik atau sebagai petunjuk massa suatu benda. Selain itu, pada anak timbangan dikenal kelas ketelitian (akurasi) anak timbangan, yaitu kelas anak timbangan yang memenuhi syarat-syarat metrologis tertentu agar kesalahannya masih dalam batas yang diijinkan (BKD) (ST Nomor 40/PDN/KEP/3/2010 Tentang Syarat Teknis Anak Timbangan, 2010)..



Gambar 2. 7 Anak Timbangan

Sumber: <https://indodacin.com/> (2020)

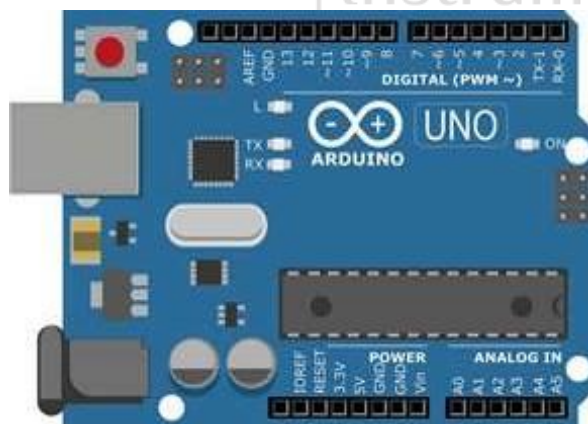
2.8 Arduino UNO

Arduino Uno merupakan *board* berbasis mikrokontroler pada ATmega 328. Board ini memiliki 14 digital *input / output* pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input analog*, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack* listrik dan tombol *reset*. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tekanan bisa didapat dari adaptor AC – DC atau baterai untuk menggunakannya (Arduino, Inc., 2009). Menurut Sulaiman (2012:1), arduino merupakan *platform* yang terdiri dari

software dan *hardware*. *Hardware* Arduino sama dengan mikrocontroller pada umumnya hanya pada arduino ditambahkan penamaan pin agar mudah diingat. *Software* Arduino merupakan *software open source* sehingga dapat di *download* secara gratis. *Software* ini digunakan untuk membuat dan memasukkan program ke dalam Arduino. Pemrograman Arduino tidak sebanyak tahapan mikrocontroller konvensional karena Arduino sudah didesain mudah untuk dipelajari, sehingga para pemula dapat mulai belajar mikrocontroller dengan Arduino. Pengaplikasian penggunaan dari Arduino ini sendiri banyak dilakukan pada sistem sederhana sampai mikrocontroller dalam sebuah prototipe seperti robot lengan. Bentuk fisik serta spesifikasi dari arduino dapat terlihat pada gambar 2.8 serta tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Spesifikasi Arduino UNO

No.	Variabel	Keterangan
1.	<i>Microcontroller</i>	<i>ATmega328P – 8 bit AVR family microcontroller</i>
2.	<i>Operating Voltage</i>	5V
3.	<i>Recommended Input Voltage</i>	7-12V
4.	<i>Input Voltage Limits</i>	6-20V
5.	<i>Analog Input Pins</i>	6 (A0 – A5)
6.	<i>Digital I/O Pins</i>	14 (<i>Out of which 6 provide PWM output</i>)
7.	<i>DC Current on I/O Pins</i>	40 mA
8.	<i>DC Current on 3.3 V Pin</i>	50 mA
9.	<i>Flash Memory</i>	32 KB (<i>0.5 KB is used for Bootloader</i>)
10.	SRAM	2 KB
12.	<i>Frequency (Clock Speed)</i>	16 MHz



Gambar 2. 8 Arduino UNO

Sumber: <https://pixabay.com/illustration> (2017)

a. Digital Pin

Arduino memiliki blok digital pin sebanyak 14 buah, diberi nama D0 - D13. Masing masing digital pin ini bisa bekerja dengan dua level sinyal yaitu *HIGH* (sekitar 3–5 Volt) atau *LOW* (sekitar 0 - 2 Volt), Pin ke-14 bisa dikonfigurasi untuk berbagai mode:

1. Digital *input*, dapat menerima masukan dari tombol.
2. Digital *output*, bisa sebagai keluaran.
3. PWM (*pulse width modulation*) *output*, adalah luaran berupa pulsa periodik dengan lebar pulsa yang bisa diatur. Hanya ada 6 pin yang sanggup untuk PWM yaitu D3, D5, D6, D8, D9 dan D11.
4. *Interrupt*, adalah masukan yang dapat memicu perubahan jalannya program secara langsung, berguna untuk masukan yang sifatnya penting dan mendesak, misalnya sinyal alarm. Pin yang bisa menerima interupsi adalah pin D2 dan D3.
5. UART (*serial interface*) untuk komunikasi serial, khusus pin D0 dan D1.
6. SPI (*Serial Parallel Interface*) pada pin D10 – D13, untuk komunikasi dengan piranti serial.

b. Analog Pin

Arduino juga memiliki 6 analog pin, diberi nama A0 – A5. Mode yang bisa dilakukan melalui pin tersebut adalah:

1. Digital Output.
2. Digital Input.
3. Analog Input, untuk menerima masukan sinyal yang harganya antara 0 – 5 Volt, dan akan dikonversi menjadi angka 0 – 1023 (10 bit).
4. I2C pada pin A4 dan A5, bisa digunakan untuk komunikasi antar Arduino.

c. Catu Daya

Ada empat jalan memberi daya listrik pada arduino, yaitu:

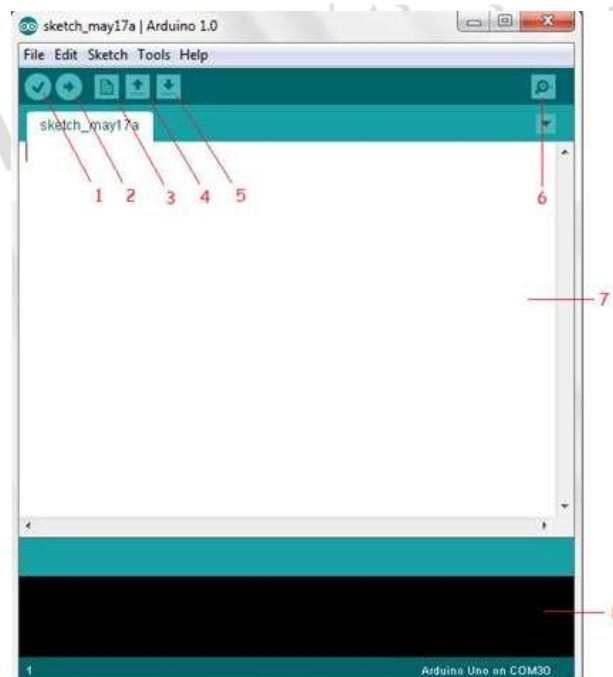
1. Melalui konektor USB. Dengan jalan ini Arduino dan seluruh piranti yang terhubung akan mengambil daya dari komputer.
2. Melalui konektor *Jack-DC* pada Arduino, dengan tegangan masukan 7-12 Volt, yang akan diregulasi menjadi 5V.
3. Pin daya Vin. Sama seperti melalui *Jack-DC*, hanya lewat pin.
4. Pin daya 5V. Untuk memberi daya eksternal langsung ke prosesor Arduino tanpa melalui regulator.

2.8.1 Arduino IDE (*Integrated Development Environment*)

Pemrograman board Arduino Nano dilakukan dengan menggunakan Arduino *Software* (IDE). Chip ATmega328 yang terdapat pada Arduino Nano telah diisi program awal yang sering disebut *bootloader*. *Bootloader* tersebut yang bertugas untuk memudahkan melakukan pemrograman lebih sederhana menggunakan Arduino *Software* tanpa harus menggunakan tambahan *hardware* lain.

IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan *software* pemrograman yang beroperasi di komputer untuk menghasilkan sebuah file berformat *hex* yang akan di-*download* pada papan arduino atau papan sistem mikrokontroler lainnya. Pemrograman ini tergolong mudah dan mampu membuat pengguna lebih cepat dalam menguasai dan mempelajarinya dengan berbagai fungsi di dalamnya. Salah satu fungsi yang sering digunakan yaitu *delay*. Fungsi *delay()* digunakan untuk waktu tunda sebelum mengeksekusi kode program yang selanjutnya atau kode program yang dibawahnya, satuan yang digunakan adalah milisecond, jadi untuk menunda 1 detik maka di setting *delay(1000)* karena 1 detik = 1000 milidetik.







Tampilan awal pada IDE terdapat pada Gambar 2.9 Tampilan ini berupa workspace awal dari Arduino IDE. Dan akan dijelaskan juga fungsi-fungsi yang ada pada tampilan awal IDE ini. Seperti yang ada pada tampilan awal tersebut terdapat *verify*, *upload*, *new*, *open*, *save*, *serial monitor*, *sketch page*, *status page*.



Gambar 2. 9 Tampilan Awal IDE Pada Arduino

Keterangan mengenai tampilan IDE pada Gambar 2.9 adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 4 Keterangan Tampilan IDE

No	Gambar	Keterangan
1.		Adalah Ikon Menu <i>Verify</i> yang bergambar ceklis. <i>Verify</i> , berfungsi untuk melakukan pengujian pada program atau <i>sketch</i> yang telah dibuat. Apabila <i>sketch</i> sudah benar, maka <i>sketch</i> tersebut akan dikompilasi. Kompilasi adalah proses mengubah kode program kedalam kode mesin.
2.		Adalah Ikon Menu <i>Upload</i> yang bergambar panah ke arah kanan. <i>Upload</i> , berfungsi mengirimkan kode mesin hasil kompilasi ke <i>board</i> Arduino.
3.		Merupakan ikon <i>create new project</i> , berfungsi membuka <i>sketch</i> baru.
4.		Adalah Ikon Menu <i>Open</i> yang bergambar panah ke arah atas. <i>Open</i> , berfungsi membka <i>sketch</i> yang pernah dibuat dan membuka kembali untuk di-edit ataupun di- <i>upload</i> ulang.
5.		Adalah ikon <i>Save</i> yang bergambar panah ke arah bawah. <i>Save</i> , berfungsi menyimpan program yang ditulis di <i>sketch</i> .
6.		Adalah Ikon Menu <i>Serial Monitor</i> yang bergambar kaca pembesar (<i>loop</i>). <i>Serial Monitor</i> , berfungsi menampilkan data yang dikirim dan diterima melalui komunikasi serial.
7.	<i>Sketch Page</i>	Berfungsi sebagai tempat untuk menulis program.
8.	<i>Status Page</i>	Berfungsi mengetahui status proses ketika program telah dikompilasi atau di- <i>upload</i>

2.8.2 Sinyal PWM Pada Arduino

PWM (*Pulse Width Modulation*) pada Arduino adalah metode untuk mendapatkan bentuk sinyal analog dari sinyal digital dengan frekuensi tertentu. PWM pada Arduino bekerja pada frekuensi 500 Hz, artinya terdapat 500 ketukan dalam satu detik. PWM pada Arduino dituliskan dalam bentuk desimal dengan jangkauan angka biner 8 bit. Jadi, jika ditulis dalam desimal, maka bernilai 0 untuk minimum atau 255 pada keluaran maksimum. Ketika suatu pin keluaran PWM diberi nilai 0, maka pin tersebut akan memberikan keluaran 0 volt sebanyak 0 ketukan dalam 1 detik atau setara dengan GND.

Jika suatu pin PWM diberi nilai 255, maka pin tersebut akan memberikan keluaran 5 volt sebanyak 500 ketukan dalam 1 detik. Salah satu contoh penggunaan sinyal PWM adalah untuk memberikan sinyal aksi kepada motor servo. Gambar 2.13 mengilustrasikan sinyal keluaran yang dibangkitkan oleh suatu pin PWM. Pada Arduino IDE, ATmega328 dapat membangkitkan sinyal PWM dengan menuliskan *analogWrite* (bilangan PWM) dengan terlebih dahulu mendefinisikan pin yang dimaksud. Pin yang bisa dimanfaatkan untuk PWM pada Arduino nano diantaranya adalah Pin D4, pin D5, pin D6, pin D9, pin D10 dan pin D11.

2.9 Power Supply

Catu daya merupakan suatu Rangkaian yang paling penting bagi sistem elektronika. *Power supply* atau catu daya adalah suatu alat atau perangkat elektronik yang berfungsi untuk merubah arus AC menjadi arus DC untuk memberi daya suatu perangkat keras lainnya. Sumber AC yaitu sumber tegangan bolak-balik, sedangkan sumber tegangan DC merupakan sumber tegangan searah.

Power supply/unit catu daya secara efektif harus mengisolasi rangkaian internal dari jaringan utama, dan biasanya harus dilengkapi dengan pembatas arus otomatis atau pemutus bila terjadi beban lebih atau hubung singkat. Bila pada saat terjadinya kesalahan catu daya, tegangan keluaran DC meningkat di atas suatu nilai aman maksimum untuk rangkaian internal, maka daya secara otomatis harus diputuskan.

Power Supply sendiri berfungsi sebagai pengubah dari tegangan listrik AC (*Alternating Current*) menjadi tegangan (*Direct Current*), karena *hardware* komputer hanya dapat beroperasi dengan arus DC. *Power supply* pada umumnya berupa kotak yang diletakan dibagian belakang atas *casing*. Besarnya listrik yang mampu ditangani *power supply* ditentukan oleh dayanya dan dihitung dengan satuan Watt.

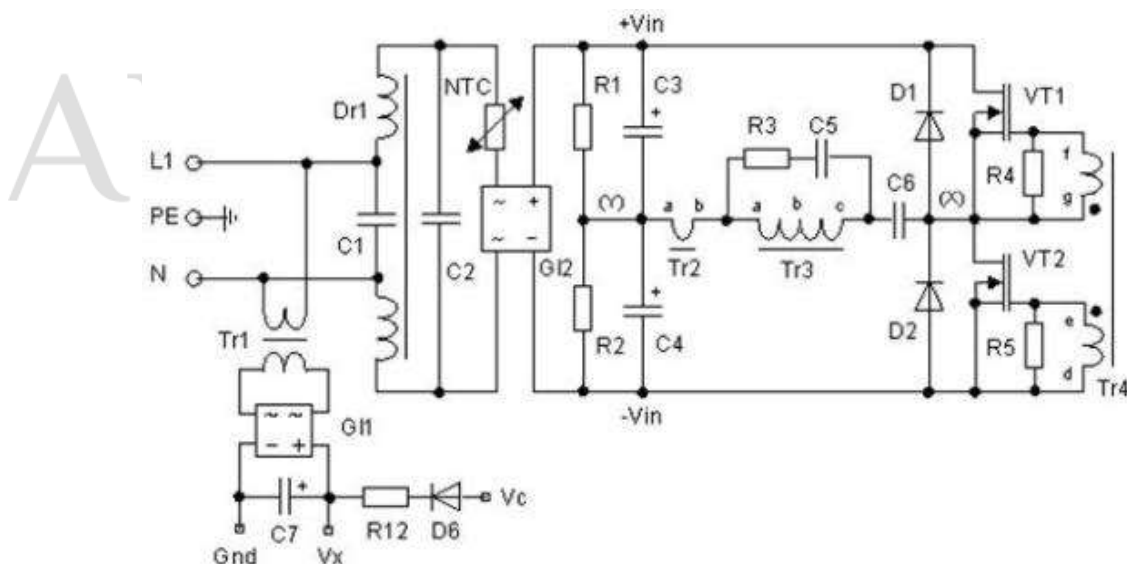
2.9.1 Switch-Mode Power Supply

Switch-Mode Power Supply (SMPS) merupakan suatu jenis *Power Supply* yang langsung menyearahkan (*rectify*) dan menyaring (*filter*) tegangan Input AC untuk mendapatkan tegangan DC. Tegangan DC tersebut kemudian di-switch ON dan OFF pada frekuensi tinggi dengan sirkuit frekuensi tinggi sehingga menghasilkan arus AC yang dapat melewati transformator frekuensi tinggi.

Power Supply dengan *regulator switching* ini lebih dikenal sebagai *power supply switching*. Kelebihan *power supply switching* adalah efisiensi daya yang besar dibandingkan dengan *power supply* dengan regulasi biasa. Selain itu berat lebih ringan dan ukuran lebih kecil karena menggunakan frekwensi diatas 20Khz. Semakin tinggi frekwensi *switching*, maka ukuran trafo dan kapasitor filter semakin kecil (Anandya, 2017). Gambar rangkaian *power supply switching* dapat dilihat pada Gambar 2.10.

Prinsip kerja *power supply switching* ini yaitu tegangan masukan dari listrik AC 220V disearahkan menjadi tegangan DC menggunakan *diode bridge* dan 3 buah *elco filter* besar. Tegangan masukan DC dicacah dengan menggunakan “*power switch on-off*” sehingga menghasilkan tegangan pulsa-pulsa DC dengan frekwensi tinggi. Tegangan DC yang telah dicacah mempunyai karakteristik seperti tegangan AC sehingga dapat dilewatkan sebuah trafo atau induktor untuk dinaikkan ataupun diturunkan tegangannya. Tegangan keluaran dari trafo masih berupa pulsa-pulsa frekwensi tinggi dan kemudian dirubah menjadi tegangan dc menggunakan dioda penyearah dan filter elco lalu diberi loop umpan balik agar tegangan keluaran stabil.

Berdasarkan pengaplikasiannya, banyak peralatan elektronik saat ini menggunakan *power supply* dengan teknologi *switching* ini karena memiliki beberapa keuntungan seperti memiliki ukuran yang jauh lebih kecil, *power supply switching* juga memiliki efisiensi daya listrik hingga 83%.




Gambar 2. 10 Gambar Rangkaian *Switch Mode Power Supply*

Sumber: <https://fariztfarizt.wordpress.com/> (2013)

Berdasarkan pengalikasiannya, digunakan *power supply* dengan spesifikasi dan ilustrasi sebagai berikut:

Tabel 2. 5 Spesifikasi *Power Supply*

No.	Variabel	Keterangan	Ilustrasi
1.	Model	S-50-5	 <p>Gambar 2. 11 <i>Power Supply</i> Sumber: aruba.deseertcart.com (2020)</p>
2.	Mode	Jaring / Rongga Besi	
3.	<i>Input</i>	220 volt AC	
4.	<i>Output</i>	5 volt DC	
5.	Daya max.	10 A (120W)	
6.	Dimensi	16x10x4 cm	
7.	Sertifikasi	ISO 9001	

2.10 *Liquid Crystal Display (LCD)*

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan salah satu jenis komponen elektronika yang difungsikan sebagai penampil suatu data, baik huruf, karakter maupun grafik yang cara pengoperasiannya menggunakan sistem dot matriks. Tampilan LCD yang telah tersedia dalam suatu bentuk modul yaitu tampilan LCD beserta dengan rangkaian yang ada didalamnya LCD mempunyai pin data, kontrol, catu daya dan pengatur kontras tampilan (Andrianto,2008:69). Dalam pemrograman tampilan LCD menggunakan mikrokontroler yang telah diberikan suatu program sesuai dengan kebutuhan. Teknologi pembuat LCD yaitu CMOS logic yang mempunyai prinsip kerja memantulkan cahaya yang berada disekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*) (Garage, 2017). Bentuk fisik dari konstruksi LCD 16X2 ini dapat terlihat pada gambar 2.12.



Gambar 2. 12 *Liquid Crystal Display*
Sumber: <https://www.thingbits.net> (2020)

Tabel 2. 6 Konfigurasi Pin LCD 16X2

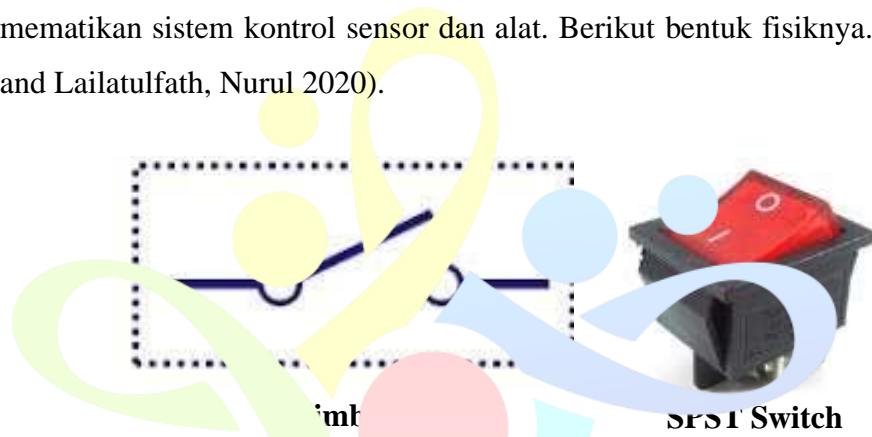
No.	Symbol	Level	Description
1	VSS	0V	Ground
2	VDD	5V	Supply Voltage for logic
3	VO	(Variable)	Operating Voltage for LCD
4	RS	H/L	H:DATA, L: instruction code
5	R/W	H/L	H:Read(MPU←Module)L:Write(MPU→Module)
6	E	H,H/L	Chip enable signal
7	D0	H/L	Data bus 0
8	D1	H/L	Data bus 1
9	D2	H/L	Data bus 2
10	D3	H/L	Data bus 3
11	D4	H/L	Data bus 4
12	D5	H/L	Data bus 5
13	D6	H/L	Data bus 6
14	D7	H/L	Data bus 7
15	A	4.2-4.6V	Anoda Backlight LED
16	K	0V	Katoda Backlight LED

Tabel 2.6 merupakan fungsi dari kaki-kaki LCD 16x2. pada praktik secara nyata RW biasanya diberi logika rendah “0” atau disambungkan langsung ke *ground*. Bus data yang digunakan terdiri dari 4 bit dan 8 bit. Jika jalur data yang digunakan 4 bit, maka pin yang digunakan yaitu pin D4 sampai dengan D7. Fungsi kontrol EN pada LCD sebagai media informasi yang menginformasikan LCD tersebut bahwa mikrokontroler yang digunakan mengirimkan data ke LCD. Pengaturan pada kondisi *high* berfungsi untuk mengirimkan data ke LCD program dalam mikrokontroler dan mengatur dua jalur kontrol yaitu RS dan R/W untuk mengirimkan data ke jalur bus.

2.11 Saklar On-Off

Saklar digunakan untuk mengalirkan atau memutuskan aliran listrik ke beban listrik seperti lampu, motor DC, dan sebagainya. Saklar mekanik bekerja ketika dilakukan kontak fisik seperti sentuhan, tekanan dan pergeseran. Pada saklar mekanik terdapat istilah *pole* dan *throw*. *Pole* menunjukkan jumlah jalur input yang menjadi sumber listrik. *Throw* menunjukkan jumlah koneksi yang ditunjukkan oleh saklar. Saklar *on-off* yang digunakan adalah saklar *on-off rocker switch round 3 pin* sesuai pada Gambar 2.29. Saklar ini termasuk jenis saklar *single pole single throw (SPST)* yang terdiri dari satu terminal dan satu terminal *output*. Saklar *on-off rocker switch round 3 pin* dapat digunakan untuk beban kerja 16A 250V AC/20A 125 V AC dan

untuk tegangan 5-12 V DC. Saklar *on-off* digunakan untuk menghidupkan dan mematikan sistem kontrol sensor dan alat. Berikut bentuk fisiknya. (Maila, Rahmah and Lailatulfath, Nurul 2020).



Gambar 2. 13 Switch On-Off

Sumber: <https://www.webstudi.site/2019/10/Jenis-Saklar.html> (2020)

BAB III RANCANG BANGUN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan data dan penulisan laporan proyek akhir dilakukan di Laboratorium Massa Pusat Pengembangan Sumber Daya Kemetrollogian (PPSDK) yang berlokasi di Jl. Daeng M. Ardiwinata KM 3,4 Cihanjuang, Bandung.

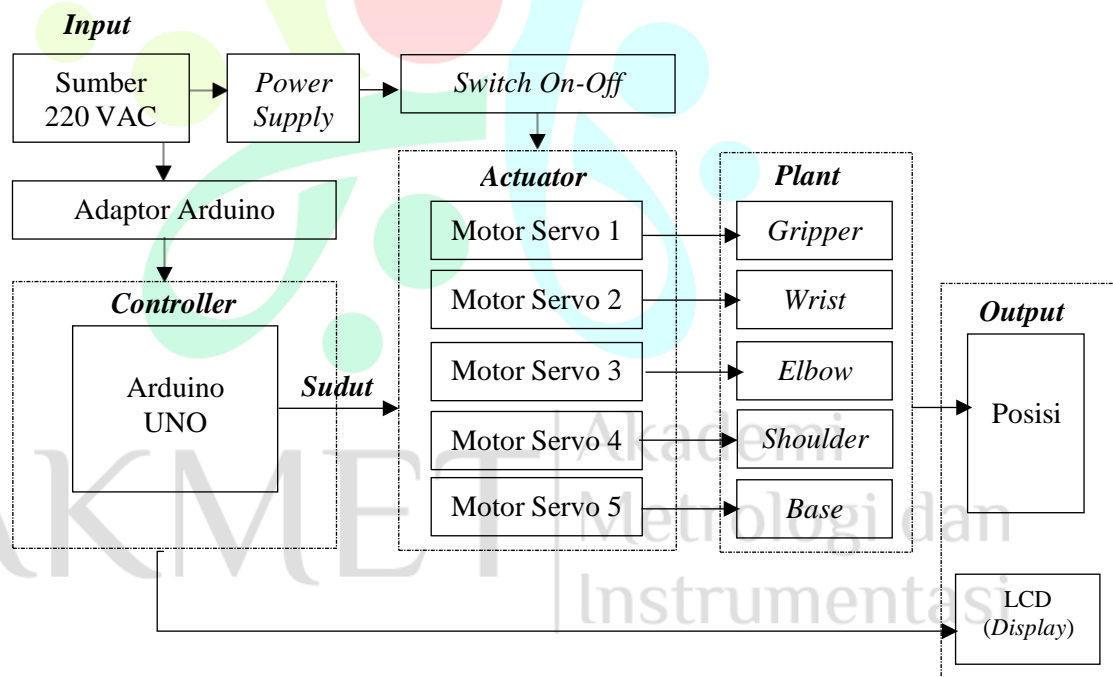
3.2 Metode Perancangan Prototipe Robot Lengan

Metode perancangan keseluruhan bagian dari pembuatan protoipe robot lengan ini memiliki beberapa sistem, diantaranya:

3.2.1 Perancangan Sistem

a. Sistem Robot lengan

Sistem pelaksanaan proses kerja dari robot lengan 4 DOF berbasis Arduino UNO menggunakan 5 buah motor servo MG90S dengan sistem pelaksanaannya terlihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem

Diagram blok terdiri dari beberapa bagian, seperti *input*, *controller*, *actuator*, *plant* dan *output*. Pada proses awal, terdapat *power supply* 5 VDC yang dihubungkan dengan jala-jala listrik 220 VAC. Selain dihubungkan ke *power supply*, jala-jala listrik juga dihubungkan ke adaptor arduino uno. Selanjutnya, pengendali kerja berproses berdasarkan program yang telah dibuat di arduino UNO. Blok *controller* terdiri dari sebuah mikrokontroler sebagai pengolah data serta mengendalikan keseluruhan rangkaian, setelah berkomunikasi dengan program pada *personal computer*, data yang diperoleh akan diolah untuk mengendalikan perangkat pada bagian *output*. Mikrokontroler akan mengatur komponen yang digunakan untuk menghasilkan *output* yang sesuai dengan harapan. Langkah berikutnya, di bagian *controller* terdapat pin yang akan dihubungkan ke LCD serta motor servo. Pin digital arduino D2 sampai D6 akan dihubungkan ke motor servo (pin untuk sinyal) dengan memberikan informasi berupa nilai sudut, serta diberikan sumber tegangan sesuai area kerja yaitu ± 5 volt. Untuk dapat mengendalikan aktivitas pergerakan komponen, maka digunakan sebuah *switch on-off* pada bagian *power supply*, sehingga apabila prototipe tidak digunakan dapat dimatikan terlebih dahulu dan apabila akan menjalankan aktivitasnya maka cukup dengan menekan tombol *on*. Aktuator berperan penting sebagai penggerak dengan gerakan rotasi berupa sudut-sudut tertentu sesuai dengan besarnya pulsa digital yang telah diterima (Nugroho : 2015). Putaran dari aktuator inilah yang dimanfaatkan untuk sendi-sendi (*joint*) yang menghubungkan lengan satu dengan lainnya. Pengendali digunakan untuk mengaktifkan lima buah aktuator (motor servo). Kelima putaran sendi tersebut adalah pada bagian dasar atau bawah (*base*), bagian bahu (*shoulder*), bagian siku (*elbow*), bagian pergelangan (*wrist*) dan bagian pencengkeram (*gripper*). Bagian *base* akan berputar 0-180° untuk menjangkau area peletakan AT serta area akhir yaitu TE. Bagian *gripper* berfungsi untuk mencapit AT, yang akan diangkat serta dipindahkan dari lokasi penempatan AT ke piringan TE. Blok *output* yang terdiri dari dua buah jenis komponen yaitu posisi serta tampilan LCD. Posisi yang dimaksud yaitu perpindahan robot dari posisi awal (sudut awal) ke posisi tujuan (sudut yang telah diatur pada program). Sehingga, proses akan berjalan sesuai tujuan dengan setiap bagian robot dapat bergerak untuk dapat membawa AT. Selain itu, proses yang berjalan akan ditampilkan pada *display* berupa LCD 16x2 dengan berbagai informasi seputar aktivitas pergerakan robot lengan. Informasi yang disampaikan meliputi persiapan, proses dimulai, AT diangkat, AT dipindahkan, AT diletakkan serta proses selesai.

3.2.2 Perancangan Komponen Elektronik

a. Komponen Penyusun Prototipe

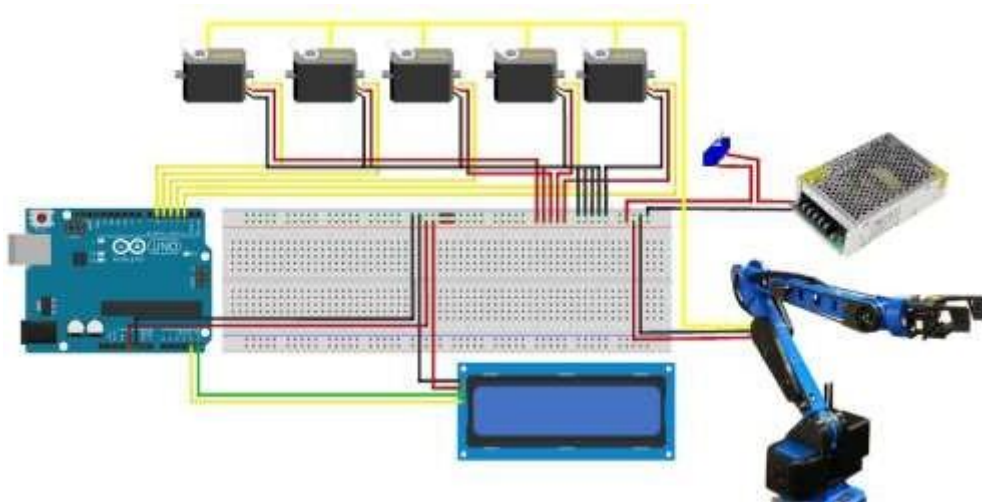
Tabel 3. 1 Komponen Penyusun Prototipe

No	Komponen	Spesifikasi	Proses Penghubungan
1.	<i>Power Suppy</i>	<i>Input 220 VAC Output 5 VDC</i>	Jala-jala listrik dihubungkan ke <i>power supply</i> melalui kabel AC dan menghasilkan tegangan keluaran 5 VDC dan dihubungkan ke <i>switch on-off</i> melalui kabel DC.
2.	<i>Switch On-Off</i>	Area Kerja 5-12 VDC	<i>Switch on-off</i> akan dipasang di tengah-tengah kabel DC dengan memutus kabel VCC. Putusan kabel tersebut akan dipasang ke <i>switch on-off</i> .
3.	Adaptor Arduino UNO	-	Adaptor arduino uno akan dihubungkan ke jala-jala listrik 220 VAC untuk dapat memberikan supply ke arduino UNO.
4.	Arduino UNO	ATmega328P 5 VDC	Arduino uno akan dihubungkan ke beberapa komponen, seperti: 1. Pin A4 ke SDA LCD 16X2; 2. Pin A5 ke SCL LCD 16X2; 3. Pin 5V dan GND ke LCD 16X2; 4. Pin D2 ke motor servo untuk <i>base</i> ; 5. Pin D3 ke motor servo untuk <i>wirst</i> ; 6. Pin D4 ke motor servo untuk <i>elbow</i> ; 7. Pin D5 ke motor servo untuk <i>shoulder</i> ; 8. Pin D6 ke motor servo unuk <i>base</i> ; 9. <i>Supply</i> tegangan dari adaptor yang akan dihubungkan melalui konektor <i>Jack-DC</i> arduino uno.
5.	Motor Servo	MG90S 4-6 VDC	Pin VCC dan GND ke <i>power supply</i> 5VDC Pin sinyal ke D2-D6 Arduino uno.
6.	LCD	16X2	Dihubungkan ke arduino uno.

Komponen elektronik tersebut, diintegrasikan juga dengan komponen-komponen utama lainnya, seperti:

1. AT 100 gram Kelas F2, diletakkan di box penyimpanan awal (arah 180° dari pergerakan robot lengan).
2. TE kapasitas max. 30 kg, diletakkan di sebelah robot lengan (arah 0° dari pergerakan robot lengan).

b. Rangkaian Elektronik



Gambar 3. 2 Skema Rangkaian Elektronik

Pada penyusunan rangkaian elektronik, digunakan *protoboard* sebagai media penghubung antar kable *jumper*. Pada arduino UNO akan dihubungkan dengan LCD i2c 16X2 dengan total empat buah pin, dua diantaranya yaitu SDA SCL serta GND VCC. Kemudian, motor servo 1 sampai 5 akan dihubungkan dengan pin digital arduino uno D2 sampai D6 dengan representasi menggunakan kabel jumper berwarna kuning. Untuk *supply* tegangan, akan digunakan satu buah *power supply* 5 volt yang disambung menggunakan *switch on-off* yang berfungsi untuk menghidupkan serta mematikan sistem. Pin sinyal serta tegangan dan *ground* pada motor servo MG90S akan dihubungkan ke robot lengan, dengan tambahan fitur berupa informasi yang dapat ditampilkan di LCD seperti kondisi “AT dipindahkan”.

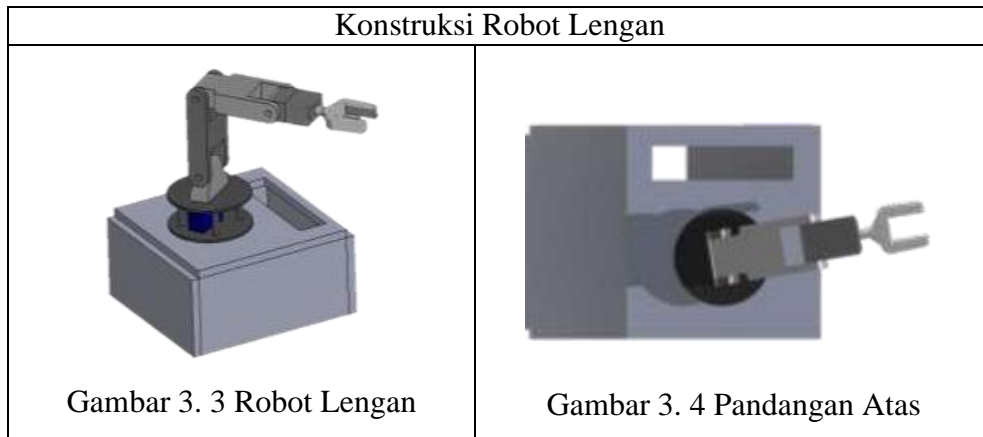
3.2.3 Perancangan Mekanik

a. Perancangan Desain

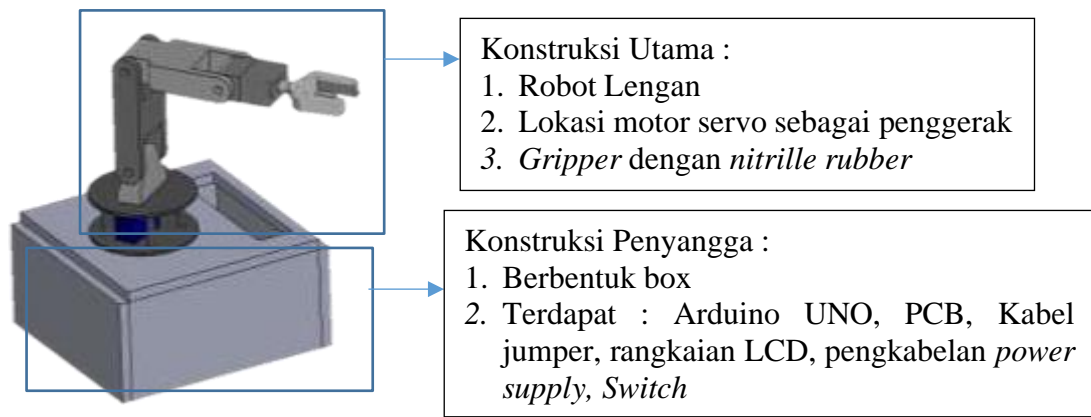
Perancangan desain dilakukan dengan aplikasi *SolidWork* 2019 untuk melakukan pemodelan 3D dengan mudah khususnya untuk robot lengan. *Software* ini dapat digunakan sebagai alat bantu dalam menuangkan gagasan/ide menjadi model protitpe robot lengan. Pemasangan program *SolidWork* ke dalam *hard disk* komputer pribadi atau PC (*Personal Computer*) yang akan digunakan untuk menjalankan program tersebut harus memenuhi persyaratan tertentu, dalam hal ini diperlukan persiapan dengan memeriksa terlebih dahulu sistem perangkat keras (*hardware*) maupun lunak (*software*) yang akan terpasang pada komputer atau laptop sehingga memungkinkan untuk digunakan *SolidWork*.

b. Desain Robot Lengan

Tabel 3. 2 Konstruksi Robot Lengan



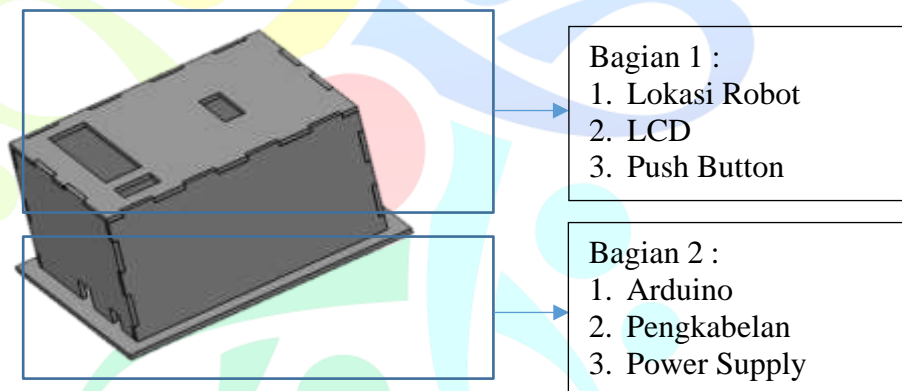
Robot lengan terdiri dari beberapa bagian utama yaitu konstruksi dan pondasi dasar berupa box penyangga. Pada bagian konstruksi utama berbentuk lengan yang terdiri dari beberapa bagian yang terlihat pada gambar 3.3. Terlihat bahwa terdapat motor servo pada bagian *base* yang akan berfungsi untuk memutar pergerakan dasar robot sehingga dapat menjangkau AT dari posisi yang berbeda. Kemudian terdapat beberapa servo di bagian lengan yang diletakkan di setiap bagian sehingga dapat melakukan pergerakan untuk dapat mengambil serta meletakkan AT. Kemudian, motor servo pada bagian *gripper* akan mencengkram serta melepaskan AT sampai sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan. Konstruksi robot berasal dari bahan akrilik yang memiliki penyangga dasar berbentuk kubus di bagian bawah. Penyangga dasar kubus tersebut berfungsi untuk dapat menyeimbangkan posisi AT sebagai penahan, lalu akan digunakan sebagai tempat untuk meletakkan berbagai komponen yang dibutuhkan. Komponen tersebut yaitu LCD yang diletakkan di bagian atas sebagai tampilan *running text* bahwa AT berhasil di angkat maupun berhasil diletakkan. Selanjutnya kabel *jumper* dari setiap motor servo maupun arduino akan diletakkan di bagian dalam kubus berserta *protoboard* untuk menyambungkannya. Arduino UNO akan diposisikan di dalam kubus sehingga berada pada posisi yang tetap. *Power supply* digunakan sebagai sumber tegangan untuk keberjalanan prototipe. Keseluruhan konstruksi tersebut akan dihubungkan dengan bagian berupa *switch on-off* yang terhubung dengan *power supply* untuk menghidupkan/mematikan jalannya sistem. Konstruksi robot lengan akan dibuat dengan material akrilik yang padat dan kokoh, serta box penyangga yang akan memiliki tekstur transparan sehingga seluruh komponen yang berada di dalam dapat terlihat apabila terjadi suatu permasalahan sistem maupun rangkaian elektronik.



Gambar 3. 5 Bagian Konstruksi robot lengan

Konstruksi robot lengan terdiri dari bagian dengan tiga buah komponen utama, pada bagian utamanya yaitu berupa tiga buah *link* yang dihubungkan dengan empat buah *joint* berbahan dasar akrilik. Selanjutnya, motor servo yang diletakkan di *joint* dan *base*, serta karet halus *nitrille rubber* yang dilapisi di *gripper*.

c. Desain Box Penampung



Gambar 3. 6 Bagian Box Penyangga

Box penampung robot lengan memiliki bentuk kubus dengan sistem bentuk menyerupai *puzzle*, tujuannya yaitu agar pada saat proses pemasangan serta pelepasan antar bagian, dapat lebih mudah dilakukan. Kemudian terdapat beberapa lubang yang berlokasi di sisi atas serta sisi belakang box penampung. Sisi atas memiliki lubang yang akan dipasang LCD, *switch on-off*, serta motor servo 1 pada robot lengan. Selanjutnya untuk sisi bawah akan dihubungkan dengan kabel AC pada *power supply* serta *port* arduino uno. Bahan yang digunakan untuk pembuatan box ini yaitu akrilik dengan ketebalan 3 mm dan memiliki warna putih transparan, sehingga komponen di dalamnya dapat di awasi dari sisi luar apabila terdapat kendala..

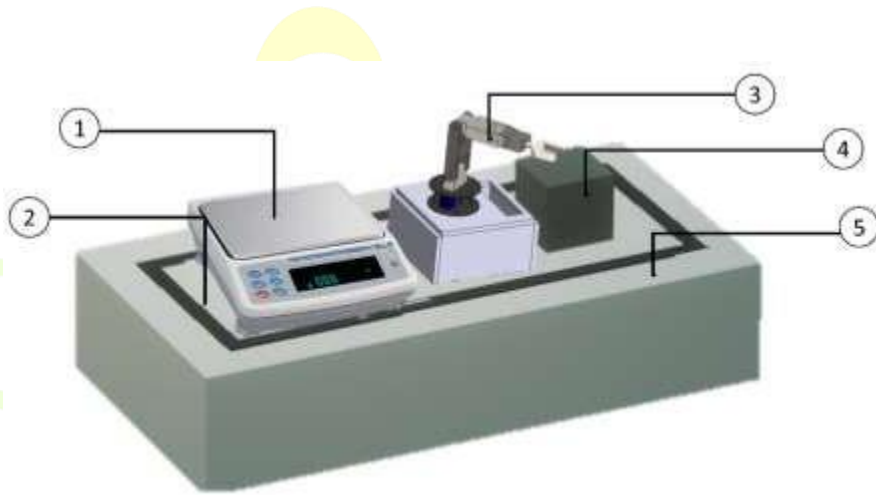
d. Desain Box Lokasi AT



Gambar 3. 7 Box Lokasi AT

Box lokasi penempatan AT berbentuk kubus dengan sistem yang solid. Box ini memiliki batasan yang melintang di setiap ujung dari sisi box. Sehingga, AT dapat diletakkan tepat di tengah box. Kuantitas AT yang dapat diletakkan yaitu berjumlah satu buah yang diprioritaskan untuk AT 100 gram

e. Desain Area Kerja



Gambar 3. 8 Area Kerja

Prototipe, timbangan elektronik serta objek (AT) akan diletakkan pada suatu area tertentu. Area tersebut berada pada meja tahan getar (nomor 5) di laboratorium massa, untuk pengujian tera/tera ulang TE. Area pada meja getar memiliki jarak serta lokasi tertentu yang telah ditentukan atau tetap (nomor 2). Pengoperasian prototipe akan dilakukan dengan posisi objek yaitu AT yang berada di sisi kanan (nomor 4) serta timbangan elektronik yang berada di sisi kiri (nomor 1), sehingga prototipe (nomor 3) berada di tengah dan dapat menjangkau AT untuk diangkat ke titik akhir. AT akan diletakkan pada sebuah box tepat pada posisi tengah, sehingga tidak mengalami perubahan posisi semula. Keseluruhan komponen yang diletakkan serta bagian-bagian dari pelaksanaan percobaan prototipe, memiliki posisi yang tetap dengan jarak yang tidak berubah.

3.2.4 Perancangan Program Arduino

Software yang digunakan dalam pemrograman *board* Arduino uno ini adalah Arduino IDE, dalam perancangan program pada robot lengan 4 DOF ini, *board* Arduino uno akan diprogram berdasarkan deskripsi kerja dari sistem robot lengan 4 DOF yang dirancang. Melalui pendeskripsian, akan di deklarasikan motor servo dan LCD secara bersamaan pada *software* Arduino IDE, pendeklarasian LCD (`LiquidCrystal_I2C.h`) disesuaikan dengan jenis 16x2. Kemudian, setiap servo mulai dari yang pertama sampai kelima, diinformasikan pin yang digunakan mulai dari D2 sampai dengan D6. Secara sistem, program yang digunakan cukup sederhana dengan menginformasikan sudut mana yang bergerak dan *delay* berupa servo *speed* berapa yang digunakan “`servo1.write(nilai sudut), delay(servo_speed)`”. Selain itu, setiap proses akan diidentifikasi sesuai dengan tampilan yang akan muncul pada LCD mulai dari persiapan hingga proses selesai dilaksanakan.

3.3 Cara Kerja Alat

Robot lengan otomatis digerakan oleh *hardware* yang terdiri dari 5 buah motor servo yang disambungkan ke beberapa pin arduino uno yaitu pin digital dengan pasangan pin 2 ke *base*, pin 3 ke *shoulder*, pin 4 ke *elbow*, pin 5 ke *wrist* dan pin 6 ke *gripper* yang disambungkan dengan kabel *jumper*. Selain ke pin Motor servo juga disambungkan ke tegangan dan *ground* yang ada di arduino Uno serta *power supply*. Selain *hardware*, robot lengan otomatis juga digerakkan oleh *software* Arduino IDE dengan menggunakan program yang dapat mengatur pergerakan robot lengan otomatis. Sumber tegangan yang digunakan robot lengan otomatis adalah *power supply* dengan nilai tegangan yaitu 5 volt sesuai dengan area kerja tegangan yang dibutuhkan, sehingga robot lengan dapat bergerak untuk mengangkat AT dengan bagian *gripper* untuk diletakkan ke penampang TE.

Selanjutnya, pergerakan robot akan dimulai ketika *power supply* dihubungkan ke jala-jala listrik dan *switch* diposisikan ke sisi *on*. Kemudian, sistem akan bergerak secara otomatis. Robot lengan akan bergerak sesuai dengan fungsinya dan mulai menjepit AT di pada pergerakan awal ke arah posisi awal AT. Lalu AT diangkat secara perlahan dan mulai dipindahkan dengan dua periode sudut yaitu 180° ke 90° dan 90° ke 0°. Proses pemindahan dua kali tersebut bertujuan agar kecepatan pada saat memindahkan normal hingga dibawa ke TE dan diletakkan secara perlahan.

3.4 Metode Pengujian Prototipe

Secara keseluruhan, pengujian yang dilakukan hanyalah satu yaitu pemindahan AT. Tetapi, sebelum dilakukannya proses pemindahan AT. Perlu juga diketahui aspek-aspek pendukung lainnya, seperti dengan melakukan pengujian terhadap waktu dari setiap pergerakan sudut, pengujian arah dari setiap nilai sudut di motor servo serta pengujian nilai sudut yang digunakan secara berurutan.

3.4.1 Pengujian Awal

a. Pengujian Waktu Tempuh Aktuator Motor Servo

Pengujian ini dilakukan untuk dapat memperoleh informasi mengenai pergerakan antar sudut pada kondisi normal motor servo akan memakan waktu berapa lama. Berdasarkan informasi waktu yang telah diketahui, dapat diperoleh informasi kembali berapa kecepatan yang digunakan dalam pergerakan antar sudut motor servo. Kecepatan dapat diketahui melalui suatu proses konversi dari waktu serta sudut yang digunakan. Metode yang dilakukan yaitu melakukan penelitian secara langsung dengan mencoba melakukan gerakan pada setiap motor servo secara bergantian.

b. Pengujian Arah Terhadap Sudut Motor Servo

Pengujian arah terhadap sudut motor servo menjadi parameter penting untuk melakukan uji coba nilai sudut dalam pergerakan penuh (pemindah AT). Dilakukan uji coba terhadap masing-masing motor servo yang digunakan. Hasil uji coba tersebut, akan diperoleh informasi mengenai setiap servo akan bergerak ke arah mana dan sisi apa. Informasi tersebut akan membantu dalam proses pergerakan secara keseluruhan saat memindahkan AT.

c. Pengujian Satu Siklus Terhadap Sudut Lengan

Pengujian satu siklus terhadap sudut lengan dilakukan untuk menyesuaikan dalam suatu pergerakan penuh, akan dilakukan variasi nilai terhadap sudut apa saja dengan nilai yang disesuaikan terhadap kebutuhan. Apabila seluruh nilai sudut tersebut diurutkan dan dilakukan secara bergantian, maka akan diperoleh output berupa gerakan penuh dalam satu proses.

3.4.2 Pengujian Utama

a. Pengujian Waktu Tempuh dan *Delay* Pemindahan AT

Pengujian waktu tempuh dan *delay* pemindahan AT dapat direpresentasikan sebagai pengujian final dari prototipe robot lengan ini. Akan diuji kemampuan robot dalam mengangkat serta membawa AT pada lokasi-lokasi yang telah ditetapkan pada area kerja. Keberhasilan protipe ini dapat dibuktikan dengan AT 100 gram yang dapat terangkat dengan baik dan dapat diletakkan dengan baik pula di TE.

3.5 Metode Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan pengamatan secara langsung terhadap sistem yang bekerja. Pada pelaksanaannya, pengambilan data dilakukan dengan menulis secara manual waktu yang diperlukan terhadap suatu gerakan robot lengan. Standar waktu yang digunakan yaitu *stopwatch* yang disinkronisasi saat sistem akan dimulai dan waktu akan mulai terhitung. Hasil data yang diperoleh dituliskan di tabel dengan jumlah data disesuaikan terhadap kebutuhan. Selain waktu, nilai sudut serta penggabungannya akan dicatat secara langsung saat proses pergerakan robot lengan oleh operator.

3.6 Prosedur Pengujian

a. Ruang Lingkup Pengujian

1. Pedoman pengujian ini menguraikan tentang proses pengoperasian robot lengan pada saat mengangkat AT yang diletakkan ke TE
2. AT yang dipakai merupakan kelas F2 dengan kapasitas 100 gram
3. Hasil pengujian berupa parameter apakah AT terangkat dan diletakkan dengan baik, serta beberapa nilai kuantitatif yang diperoleh seperti waktu tempuh
4. Timbangan yang digunakan yaitu TE, yang disesuaikan dengan kemampuannya sehingga tetap dapat membaca AT berukuran 100 gram dengan penunjukan *display* yaitu 0,1 kg

b. Persiapan

1. Periksa kembali sambungan kabel motor, *power supply*, arduino uno, dan LCD telah terpasangan dengan baik dan benar;

2. Pastikan seluruh konstruksi telah kokoh dengan memeriksa setiap sisi dari box penyangga;
 3. Periksa *gripper* dengan menggerakkan memutar ke luar dan dalam, sehingga saat proses dimulai akan berfungsi dengan maksimal;
 4. Periksa bahwa karet *gripper* telah terpasangan dengan baik;
 5. Saat sistem belum dimulai, cek *switch* pada box untuk berada pada posisi *off*;
 6. Periksa AT dan TE dalam kondisi yang bersih;
 7. Cek *drive* dengan memeriksa apakah *power supply* dapat dihidupkan atau tidak
 8. Periksa semua pengkabelan sisi luar dan *stop* kontak, bahwa siap untuk digunakan;
 9. Periksa bahwa AT telah tepat berada di posisi tengah box;
 10. Setelah seluruh pemeriksaan berhasil dilakukan, maka siap untuk melakukan pergerakan.
- c. Prosedur Pengujian Waktu Tempuh Aktuator Motor Servo
1. Sambungkan *wiring* dari masing-masing servo sesuai dengan fungsi setiap pin;
 2. Lakukan pengaturan nilai pada program di serial monitor, untuk menggerakkan servo dari sudut awal (0°) ke sudut tujuan (90° maupun 180°);
 3. Atur pembacaan waktu sesuai dengan waktu program di mulai;
 4. Catat nilai yang diperoleh, dan lakukan masing-masing 3 kali pengulangan pada satu variasi nilai;
 5. Lakukan 4 kali variasi yaitu 0° - 90° : 0° - 180° : 90° - 0° : dan 180° - 0° , dan ulang kembali langkah (4).
- d. Pengujian Arah Terhadap Sudut Motor Servo
1. Sambungkan *wiring* dari masing-masing servo sesuai dengan fungsi setiap pin;
 2. Lakukan pengaturan nilai pada program di serial monitor, untuk menggerakkan servo dari sudut awal (0°) ke sudut tujuan (180°) atau disebut dengan kondisi 1 dan sebaliknya (kondisi 2);
 3. Kemudian, catat ke arah mana maupun sisi mana servo berputar apabila pada kondisi 1 maupun 2.
- e. Pengujian Satu Siklus Terhadap Sudut Lengan
1. Sambungkan *wiring* dari masing-masing servo sesuai dengan fungsi setiap pin;
 2. Integrasikan juga sambungan kabel pada *power supply*;

3. Lakukan uji coba secara manual, nilai sudut apa saja yang akan digunakan apabila ingin mengangkat AT, memindahkannya, serta meletakkannya di TE;
 4. Lakukan uji coba tersebut di serial monitor pada program arduino;
 5. Apabila telah diperoleh nilai sudut yang akan digunakan, integrasikan nilai-nilai tersebut ke kodingan (program) untuk pergerakan otomatis.
- f. Pengujian Waktu Tempuh dan *Delay* Pemindahan AT
1. Pastikan seluruh sambungan tepat dan sesuai;
 2. Hubungkan kabel AC pada *power supply* ke jala-jala listrik 220 volt;
 3. Hubungkan juga arduino uno dengan jala-jala listrik melalui adaptor khusus;
 4. Selanjutnya tekan *push button* pada box robot lengan ke sisi on yang semula berada pada posisi *off*;
 5. Kemudian robot lengan akan melakukan pergerakan otomatis sesuai dengan program yang telah disimpan di arduino uno;
 6. Pergerakan robot dari awal (saat mengambil AT) sampai terakhir (meletakkan AT kembali) akan dilakukan langsung secara otomatis saat sistem dihidupkan. Proses detail yang terjadi:
 - a) Robot akan berada di posisi awal yaitu seluruh motor berada di posisi 90° , sehingga secara fisik akan menghadap ke depan;
 - b) Saat sistem dihidupkan, robot bergerak memutar 90° ke arah box tempat AT diletakkan. Motor servo 2, 3 dan 4 akan bergerak secara bergantian;
 - c) Setelah robot lengan sudah berada di dekat AT, maka *gripper* akan membuka dan menjepit AT tepat di posisi tengah (badan AT). *Gripper* telah dilapisi karet halus sehingga AT terjaga kebersihannya. Pada kondisi ini LCD akan menampilkan *display*-nya dengan tulisan “AT terangkat”;
 - d) Kemudian, robot akan bergerak 180° ke arah TE dan meletakkan AT sesuai dengan urutan dari perintah sudut di setiap motor. Pada kondisi ini LCD akan menampilkan *display*-nya dengan tulisan “AT dipindahkan”;
 - e) AT akan diletakkan di piringan TE, pada kondisi ini LCD akan menampilkan *display*-nya dengan tulisan “AT diletakkan”;
 - f) Saat AT telah diletakkan, akan terjadi *delay* setelahnya dan robot akan kembali ke posisi awal dengan indikasi bahwa proses selesai dilaksanakan, dan LCD akan menampilkan tulisan “Proses Selesai”.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN



4.1 Hasil Konstruksi Prototipe

Hasil akhir dari konstruksi prototipe diselesaikan dengan tiga fokus pengerjaan. Dua bagian utama diantaranya yaitu robot lengan dan box penampung, serta area kerja di perencanaan keseluruhan.

4.1.1 Prototipe Robot lengan

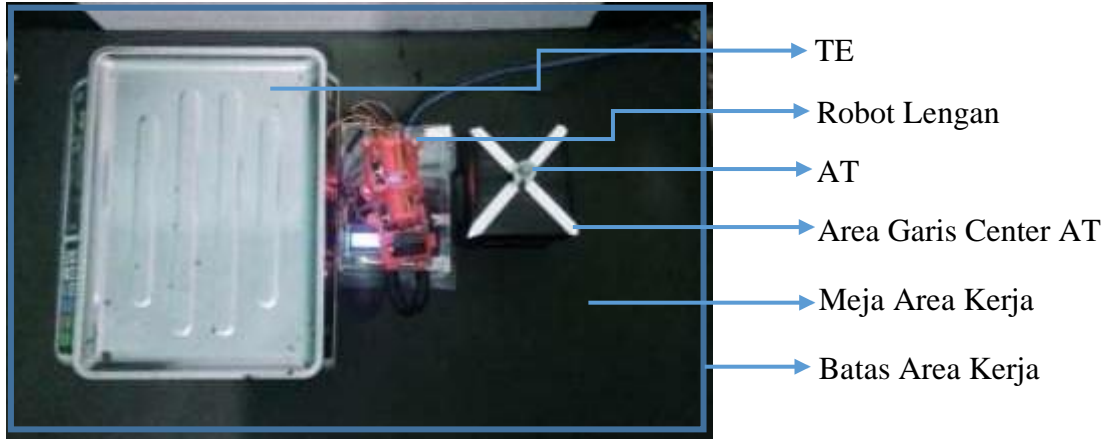
Prototipe robot lengan otomatis telah diselesaikan secara konstruksi dengan bahan utama yaitu akrilik. Akrilik robot lengan berwarna merah secara solid dan box penyangga berwarna putih transparan. Hal tersebut dapat terlihat pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil Akhir Prototipe

No.	Ilustrasi	Keterangan
1.	 <p style="text-align: center;">Gambar 4. 1 Robot Lengan Pandangan Depan</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Konstruksi robot lengan atas berwarna merah dengan kode #FF0000 atau <i>Cyan Magenta Yellow Key</i> / CMYK (0, 255, 255, 0) 2. Konstruksi box penyangga terbentuk dengan 6 sisi yaitu : atas, 4 sisi samping, dan bawah yang berwarna putih transparan 3. Perekat atau lem robot lengan menggunakan Lem Akrilik <i>Crystal Glue</i>
2.	 <p style="text-align: center;">Gambar 4. 2 Robot Lengan Pandangan Samping</p>	<ol style="list-style-type: none"> 4. Karet <i>gripper</i> menggunakan <i>nitrille rubber</i> berwarna hitam dengan bahan yang halus dan kuat 5. Warna kabel jumper yang digunakan : sinyal (biru), tegangan (merah), hitam (<i>ground</i>), hijau (SDA) dan kuning (SCL) 6. Menggunakan total 52 baut ukuran M3 dan 4 baut ukuran M5 7. Menggunakan 5 buah motor servo MG90S berwarna hitam dan ungu

4.1.2 Area Kerja Untuk Prototipe Robot lengan

Area kerja dilakukan pada media sebuah meja besar yang mencakup konstruksi robot lengan, timbangan elektronik, dan box AT. Ilustrasi dapat terlihat pada gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Area Kerja



Gambar 4. 4 Area Kerja Pandangan Depan

Area Kerja:

1. Luas meja 85x50 cm

Luas bagian bawah:

1. TE : 33,5x33,5 cm

2. Box AT : 10,5x8,5 cm

3. Box Penyangga :
15x19 cm

4.2 Perhitungan Daya Angkat Beban

Diketahui, motor servo MG90S memiliki torsi 1.8 kgf·cm (4.8V), 2.2 kgf·cm (6 V). Sehingga, untuk **area kerja 5V diperoleh torsi 1.87 kgf·cm.**

Tabel 4. 2 Perhitungan Daya Angkat Beban

Gripper	Wrist	Elbow	Shoulder	Base
Dik: r = 6 cm	Dik: r = 10 cm	Dik: r = 7 cm	Dik: r = 5 cm	Dik: r = 6 cm
$F = m \cdot g = 0,1 \text{ kg (massa yang diharapkan)} \times 10 \text{ m/s}^2 = 0,1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 0,1 \text{ N}$				
$\text{Konversi : } 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 1 \text{ N} = 0,10197 \text{ kg} \approx 0,1 \text{ kg}$				
$r = F \times r$ = 0,1 kgx6 cm = 0,6 kgf.cm	$r = F \times r$ = 0,1 kgx10 cm = 1,0 kgf.cm	$r = F \times r$ = 0,1 kgx7 cm = 0,7 kgf.cm	$r = F \times r$ = 0,1 kgx5 cm = 0,5 kgf.cm	$r = F \times r$ = 0,1 kgx6 cm = 0,6 kgf.cm

Berdasarkan hasil di tabel 4.2, diperoleh nilai torsi yang bervariasi dari 0,5 sampai 1,0 kgf.cm, sehingga dapat disimpulkan bahwa spesifikasi motor servo masih memenuhi dari kapasitas yang diperlukan.

4.3 Hasil Pengujian Prototipe

4.3.1 Pengujian Waktu Tempuh Aktuator Motor Servo

Tabel 4. 3 Pengujian Waktu Tempuh Aktuator Motor Servo

No,	Servo-n	Waktu tempuh (Menit.Detik.Milidetik)			
		0°-90°	0°-180°	90°-0°	180°-0°
1.	Servo 1	00.00.4	00.00.4	00.00.4	00.00.4
		00.00.4	00.00.4	00.00.4	00.00.4
		00.00.4	00.00.4	00.00.4	00.00.4
Rata-Rata		00.00.4	00.00.4	00.00.4	00.00.4
2.	Servo 2	00.00.4	00.00.4	00.00.4	00.00.4
		00.00.4	00.00.4	00.00.4	00.00.4
		00.00.4	00.00.4	00.00.4	00.00.4
Rata-Rata		00.00.4	00.00.4	00.00.4	00.00.4
3.	Servo 3	00.00.4	00.00.4	00.00.4	00.00.4
		00.00.4	00.00.4	00.00.4	00.00.4
		00.00.4	00.00.4	00.00.4	00.00.4
Rata-Rata		00.00.4	00.00.4	00.00.4	00.00.4
4.	Servo 4	00.00.4	00.00.4	00.00.4	00.00.4
		00.00.4	00.00.4	00.00.4	00.00.4
		00.00.4	00.00.4	00.00.4	00.00.4
Rata-Rata		00.00.4	00.00.4	00.00.4	00.00.4
5.	Servo 5	00.00.4	00.00.4	00.00.4	00.00.4
		00.00.4	00.00.4	00.00.4	00.00.4
		00.00.4	00.00.4	00.00.4	00.00.4
Rata-Rata		00.00.4	00.00.4	00.00.4	00.00.4

Motor servo MG90S yang bekerja di *supply* 4 volt, memiliki kecepatan normal sesuai dengan spesifikasi yaitu 0.12 *seconds/60 degrees* atau 0,72 RPS (*Rotation per second*) atau 43 RPM (*Rotation per minutes*). Tetapi saat diaplikasikan secara langsung seluruh pergerakan dari 0° sampai batas akhir 180° serta setengah dari itu diperoleh kecepatan servo yaitu 0.4 *seconds/satu* pergerakan. Hal tersebut dapat dibuktikan pada tabel 4.2, sehingga operating speed yang digunakan disesuaikan dengan seberapa jauh jarak antar sudutnya. Untuk 0.4 *seconds/90°* memiliki nilai yang sama dengan 1 *seconds/225°*, sehingga apabila di konversikan ke RPM diperoleh nilai 37,4 RPM. Sedangkan, untuk 0.4 *seconds/180°* memiliki nilai yang sama dengan 1 *seconds/450°*, sehingga apabila dikonversikan menjadi RPM, akan diperoleh nilai 75 RPM. Sehingga, apabila jarak sudut yang diberikan semakin besar dengan waktu yang sama, maka akan semakin besar juga RPM motor servo yang dihasilkan. Selain itu, dapat terbukti pula bahwa setiap pergerakan memiliki waktu yang konstan dan stabil.

4.3.2 Pengujian Arah Terhadap Sudut Motor Servo

Tabel 4. 4 Pengujian Arah Terhadap Sudut Motor Servo

No.	Motor Servo	Sudut	Pergerakan
1.	1 (<i>Base</i>)	0°-180°	Berputar ke arah kiri (Ke arah sisi TE)
2.	1 (<i>Base</i>)	180°-0°	Berputar ke arah kanan (Ke arah sisi AT)
3.	2 (<i>Shoulder</i>)	0°-180°	Berputar ke arah depan (ke arah gripper)
4.	2 (<i>Shoulder</i>)	180°-0°	Berputar ke arah belakang
5.	3 (<i>Elbow</i>)	0°-180°	Berputar ke bawah (ke box)
6.	3 (<i>Elbow</i>)	180°-0°	Berputar ke atas (ke udara)
7.	4 (<i>Wirst</i>)	0°-180°	Berputar ke bawah (ke box)
8.	4 (<i>Wirst</i>)	180°-0°	Berputar ke atas (ke udara)
9.	5 (<i>Gripper</i>)	0°-180°	<i>Gripper</i> membuka
10.	5 (<i>Gripper</i>)	180°-0°	<i>Gripper</i> menjepit

Pengujian arah terhadap sudut motor servo dilakukan dengan tujuan untuk dapat mengetahui arah pergerakan motor apabila telah diintegrasikan dengan konstruksi robot lengan. Terlihat bahwa, dari rentang nilai sudut 0° sampai 180° dan sebaliknya, memiliki arah yang berlawanan. Arah ini dapat dimanfaatkan sebagai acuan dalam menentukan proses pergerakan robot untuk pergerakan penuh pada saat akan mengangkat serta meletakkan AT.

4.3.3 Pengujian Satu Siklus Terhadap Sudut Lengan

Tabel 4. 5 Pengujian Satu Siklus Terhadap Sudut Lengan

No	Motor Servo	Sudut	Keterangan
1.	3 (<i>Elbow</i>)	120°	Posisi robot lengan naik dari kondisi awal
2.	5 (<i>Gripper</i>)	45°	Gripper membuka bagian penjepit AT
3.	1 (<i>Base</i>)	180°	Base memutar, dari kondisi awal ke arah box AT
4.	3 (<i>Elbow</i>)	90°	Posisi robot lengan ke arah bawah mendekati AT
5.	3 (<i>Elbow</i>)	85°	Posisi robot lengan siap untuk menjepit AT
6.	5 (<i>Gripper</i>)	110°	Gripper mencengkram AT
7.	3 (<i>Elbow</i>)	100°	Robot lengan mulai naik kembali
8.	3 (<i>Elbow</i>)	120°	Robot lengan berada di posisi yang lebih tinggi
9.	2 (<i>Shoulder</i>)	80°	Posisi semakin tinggi (AT dapat dipindahkan)
10.	4 (<i>Wirst</i>)	80°	Posisi aman untuk memindahkan AT
11.	1 (<i>Base</i>)	90°	Robot lengan memutar setengah jarak ke TE
12.	1 (<i>Base</i>)	0°	Robot lengan memutar arah ke TE
13.	3 (<i>Elbow</i>)	80°	Robot lengan turun dari kondisi di atas
14.	2 (<i>Shoulder</i>)	90°	Menurunkan AT secara perlahan
15.	4 (<i>Wirst</i>)	110°	Menurunkan AT tepat di piringan TE
16.	5 (<i>Gripper</i>)	45°	Pencengkram AT membuka cengkramannya
17.	3 (<i>Elbow</i>)	120°	Robot lengan kembali naik ke atas
18.	5 (<i>Gripper</i>)	100°	Gripper menutup cengkramannya
19.	1 (<i>Base</i>)	90°	Robot lengan memutar arah ke kondisi awal
20.	3 (<i>Elbow</i>)	100°	Robot lengan menurunkan bagian tengahnya tepat di posisi awal (semula)

Nilai-nilai sudut ini digunakan sebagai acuan nilai yang akan digunakan sebagai gerakan dalam satu kali proses dari pengambilan sampai peletakan AT. Nilai-nilai ini akan disimpan dalam program arduino IDE dan dijalankan sehingga robot lengan akan bergerak secara berurutan sesuai dengan nilai-nilai yang telah diinput. Pada kondisi awal, seluruh motor servo berada di posisi 90°. Setelah itu, langsung melakukan gerakan sesuai tabel 4.5.

4.3.4 Pengujian Waktu Tempuh dan *Delay* Pemindahan AT

Tabel 4. 6 Pengujian Waktu Tempuh dan *Delay* Pemindahan AT

No.	Benda	Berat	Delay (ms)	Waktu Tempuh (Menit.Detik.Milidetik)	Status Perpindahan
1.	AT	100 gram	1000	00.21.1	Berhasil
2.	AT	100 gram	1000	00.21.2	Berhasil
3.	AT	100 gram	1000	00.20.9	Gagal
4.	AT	100 gram	1000	00.21.1	Gagal
5.	AT	100 gram	1000	00.21.4	Gagal
Rata-Rata			1000	00.21.14	Berhasil 40%
6.	AT	100 gram	2000	00.38.2	Berhasil
7.	AT	100 gram	2000	00.37.6	Gagal
8.	AT	100 gram	2000	00.37.9	Berhasil
9.	AT	100 gram	2000	00.38.3	Berhasil
10.	AT	100 gram	2000	00.38.3	Berhasil
Rata-Rata			2000	00.38.06	Berhasil 80%
11.	AT	100 gram	3000	00.55.9	Berhasil
12.	AT	100 gram	3000	00.55.8	Berhasil
13.	AT	100 gram	3000	00.56.2	Berhasil
14.	AT	100 gram	3000	00.55.8	Berhasil
15.	AT	100 gram	3000	00.56.2	Berhasil
Rata-Rata			3000	00.55.98	Berhasil 100%
16.	AT	100 gram	4000	01.24.2	Berhasil
17.	AT	100 gram	4000	01.24.4	Berhasil
18.	AT	100 gram	4000	01.23.7	Berhasil
19.	AT	100 gram	4000	01.23.9	Berhasil
20.	AT	100 gram	4000	01.23.9	Berhasil
Rata-Rata			4000	01.24.02	Berhasil 100%
21.	AT	100 gram	5000	01.45.6	Berhasil
22.	AT	100 gram	5000	01.45.7	Berhasil
23.	AT	100 gram	5000	01.46.1	Berhasil
24.	AT	100 gram	5000	01.45.6	Berhasil
25.	AT	100 gram	5000	01.45.8	Gagal
Rata-Rata			5000	01.45.76	Berhasil 80%

Pada proses pemindahan AT, dilakukan uji coba terhadap lima kondisi *delay* pada arduino IDE, pada objek ukuran yang sesuai dengan batasan masalah yaitu 100 gram.

The image shows two side-by-side screenshots of the Arduino IDE interface. The left screenshot shows the 'setup()' function where five servo motors are attached to pins 2 through 6. A variable 'servo_speed' is defined as 3000. The right screenshot shows the 'loop()' function where each servo motor is moved to a specific angle (120, 45, 180, 90, 85, 110 degrees) and then a 'delay(servo_speed)' is called to pause the movement.

```

File Edit Sketch Tools Help
sketch_may17b_gabungan $
int pos = 0;
int servo_speed = 3000;
void setup()
{
  servo1.attach(2);
  servo2.attach(3);
  servo3.attach(4);
  servo4.attach(5);
  servo5.attach(6);
}

File Edit Sketch Tools Help
sketch_may17b_gabungan $
servo3.write(120);
delay(servo_speed);
servo5.write(45);
delay(servo_speed);
servo1.write(180);
delay(servo_speed);
servo3.write(90);
delay(servo_speed);
servo5.write(85);
delay(servo_speed);
servo5.write(110);
delay(servo_speed);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("AT diangkat");

```

Gambar 4. 5 *Delay* Pada Arduino IDE

Pembuatan variasi *delay* pada tabel 4.6 dilakukan untuk mengetahui perbedaan operasi, baik dari segi waktu tempuh maupun kecepatan. Secara sistem, motor servo tidak dapat diatur kecepatannya secara langsung, tetapi dapat dilakukan dengan beberapa metode yang akan memengaruhi kecepatan dari motor servo, salah satunya yaitu variasi *delay*. Dengan variasi *delay*, selain membuat jeda waktu antar gerakan, tetapi juga akan memengaruhi seberapa cepat servo bergerak dari sudut satu ke sudut lainnya. Pada gambar 4.5 terlihat proses penginputan *delay* untuk motor servo, dengan *int servo_speed* yang diberikan dengan nilai tertentu. Dalam pengaplikasiannya, *delay* ini bermaksud bahwa, dalam satu buah motor untuk pergerakan satu ke pergerakan lainnya terdapat jeda diantaranya. Selain itu, *delay* juga berpengaruh terhadap kecepatan motor dalam sebuah gerakan, yang dapat dibuktikan dari hasil yang diperoleh pada tabel 4.6. Variasi *delay* yang diberikan yaitu 1000 sampai 5000 ms (milisekon). Berdasarkan hasil yang telah diperoleh, diketahui bahwa pada saat penginputan *delay* 1000 ms, proses berlangsung sangat cepat sehingga kestabilan yang dihasilkan kurang baik karena terlalu cepatnya proses pergerakan. Karena hal tersebut, beberapa kali AT tidak berhasil diangkat bahkan sempat terjatuh saat proses pemindahan (pada saat terjatuh, diberikan bantalan halus di sekitar prototipe, sehingga AT tetap dalam kondisi baik dan aman), sehingga tingkat keberhasilannya yaitu 40%. Selanjutnya, pada saat penginputan *delay* 2000 ms, proses mulai stabil tetapi terhitung masih cukup cepat sehingga terdapat kondisi dimana AT tidak terangkat dengan baik,

sehingga tingkat keberhasilannya yaitu 80%. Kemudian, pada saat penginputan delay 3000 ms dilakukan, proses terjadi dengan stabil dan baik, serta AT terangkat dengan tepat, sesuai dengan tujuan. Proses 3000 ms berlangsung dengan waktu yang pas, baik dari segi keamanan dan keberhasilan pengangkatan AT maupun efisiensi proses di bidang kemetrolgion dalam proses pengangkatan AT ke TE dan diperoleh tingkat keberhasilan dengan nilai 100%. Kemudian, untuk *delay* 4000 ms berlangsung dengan baik, tetapi proses berjalan cukup lama sehingga operator akan memakan waktu yang lebih hanya untuk mengangkat AT ke TE menggunakan robot lengan dan diperoleh tingkat keberhasilan terhadap pengangkatan AT sebesar 100%. Delay 5000 ms, berlangsung dengan waktu terlama dan mengakibatkan terdapat AT yang tidak terangkat dengan baik karena lamanya proses robot lengan mengangkat AT pada saat di udara dan tingkat keberhasilan yang diperoleh bernilai 80%. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa penginputan yang stabil dapat dilakukan dengan *delay* yang bernilai 3000 ms (tingkat keberhasilan 100%). *Delay* tersebut, memberikan keluaran berupa AT yang terangkat dengan baik, serta waktu tempuh pelaksanaan yang tidak terlalu lama sehingga tetap efisien untuk digunakan di laboratorium sebagai alat bantu pengangkat AT, dengan waktu 00.55.98 (menit.sekon.milisekon).

4.4 Efektifitas Penggunaan Robot Lengan

Berdasarkan rangkaian percobaan yang telah dilaksanakan, proses pengangkatan AT dengan robot lengan dapat diaplikasikan secara nyata pada dunia kemetrolgion dengan beberapa pertimbangan. Terdapat beberapa faktor yang dapat menjadi kelebihan secara teknis dari penggunaan robot lengan ini. Pertama, waktu pengerjaan yang dilakukan oleh robot lengan konsisten untuk setiap gerakannya, keseluruhan proses dari pengangkatan sampai peletakan AT menghabiskan waktu yang sama. Sehingga, apabila diaplikasikan dalam bidang kemetrolgion, dalam satu buah proses dapat diperhitungkan waktu yang akan digunakan secara jelas dan terstruktur. Kedua, gaya yang diberikan oleh robot lengan dalam satu buah proses pengangkatan sampai peletakan AT yaitu sama. Sehingga, seluruh variasi yang dilakukan stabil pergerakannya dan berpeluang meminimalisir kesalahan dalam proses peletakan AT khususnya pada piringan TE. Ketiga, robot lengan pada bagian *gripper* dilapisi oleh karet halus berbahan *nitrille rubber*. Hal ini menjadi salah satu kelebihan, karena karet halus dapat menjaga kebersihan dari AT pada proses pengangkatan dan peletakannya. Karet halus ini, dapat meminimalisir kesalahan apabila diambil oleh

sentuhan fisik tangan manusia secara langsung, seperti keringat manusia dan juga sidik jari. Dalam pengaplikasian pengangkatan AT dengan sarung tangan oleh manusia, tetap akan menghasilkan efek-efek seperti lembap dan keringat pada tangan manusia. Setiap kotoran atau sesuatu yang membekas pada permukaan AT, dapat memengaruhi kuantitas serta kualitas dari AT itu sendiri. Hal ini dapat memengaruhi hasil dari pengukuran yang dilaksanakan. Keempat, meminimalisir gangguan kotoran lainnya, seperti pernapasan manusia. Hembusan napas manusia mengandung partikel-partikel yang dapat memengaruhi kebersihan AT apabila tidak memakai masker yang mencegah timbulnya droplet di udara. Apabila menggunakan robot lengan, hal tersebut dapat diminimalisir sehingga kualitas AT tetap terjaga. Kelima, sistem yang otomatis dapat digunakan untuk memaksimalkan jam kerja pada proses pengangkatan AT. Hanya cukup pengaturan sudut di awal, maka robot lengan dapat bergerak otomatis secara langsung dan proses pekerjaan akan berjalan cepat, tepat dan tidak menggunakan banyak tenaga, sehingga pembacaan hasil pengukuran dapat langsung tercatat dengan baik pada cerapan yang tersedia. Secara teknis, hal tersebut dapat dijadikan faktor-faktor yang menjadi kelebihan dari penggunaan robot lengan pada proses pengangkatan serta peletakan AT. Sehingga, robot lengan efektif untuk dapat digunakan serta diaplikasikan secara langsung dalam bidang kemetrolgian.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- a. Prototipe robot lengan pengangkat AT dibuat serta direalisasikan dengan tipe robot lengan artikulasi, dengan *gripper* yang dilapisi karet halus *nitrille rubber*. Menggunakan lima buah motor servo MG90S untuk kapasitas objek yaitu AT yang bernilai 100 gram.
- b. Dilakukan perancangan *hardware* seperti proses desain sampai merealisasikan konstruksi dari robot lengan, serta penyusunan komponen elektronik yang saling terintegrasi. Kemudian, perancangan *software* berupa program di Arduino IDE yang akan mengatur sudut pergerakan serta mengintegrasikan seluruh proses yang berjalan.
- c. Sistem kerja robot lengan dilakukan dengan proses yang terjadi secara otomatis. Proses pergerakan dimulai dari robot lengan yang bergerak ke arah box peletak AT dan AT diangkat, serta memindahkannya ke piringan TE.
- d. Secara unjuk kerja, robot lengan otomatis pengangkat AT berhasil dilakukan baik dari segi prototipe maupun pengujiannya. Perlu penyesuaian terhadap nilai *delay* serta posisi dan lokasi objek-objek yang digunakan. Berdasarkan hasil pengujian waktu tempuh dan *delay* pemindahan AT 100 gram, disimpulkan bahwa pelaksanaan yang efektif untuk pergerakan penuh (satu siklus gerakan) yaitu dalam waktu 55 sekon 98 milisekon, dengan pengaturan *delay* 3000 ms untuk setiap satu motor servo dalam pergerakan sudut satu ke sudut berikutnya.

5.2 Saran

Pada pengerjaan prototipe robot lengan otomatis pengangkat AT berbasis mikrokontroler Arduino UNO ini, masih banyak hal yang dapat diperbaiki dan dikembangkan. Berikut beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan prototipe ini, antara lain:

- a. Menggunakan motor servo dengan kapasitas torsi yang lebih besar, sehingga konstruksi serta kemampuan AT yang diangkat akan lebih besar.

- b. Menggunakan motor servo dengan spesifikasi yang berbeda seperti motor servo *continuous* 360°, sehingga dapat memenuhi pelaksanaan pengujian eksentrisitas dengan lima posisi titik uji pada TE.
- c. Melakukan variasi kapasitas AT untuk pengujian kebenaran pada tera/tera ulang TE yaitu kapasitas maksimum, minimum, dan tiga perubahan batas kesalahan yang diizinkan.
- d. Melakukan perkembangan sistem pergerakan robot lengan dengan menggunakan sensor-sensor yang dapat meningkatkan kemampuan dalam pengoperasian, seperti sensor posisi dan kamera.
- e. Dapat melakukan integrasi pengaturan sudut berbasis *internet of things* yang terintegrasi dengan *smartphone*.

DAFTAR PUSTAKA

Anandya, G. R. (2017) '*Rancang Bangun Robot lengan Penjepit PCB 3 Dof Berbasis Arduino Untuk Proses Etching PCB Otomatis*', p. 110. Available at: <http://repository.its.ac.id/47867/>. (Diakses pada Jumat, 09 April 2021 Pukul 20.00 WIB)

Ardhi, S. dkk. (2020) '*Implementasi Kinematika Robot Lengan Pemindah Barang Dua Sendi (2 DOF) dengan Metode Kinematika Maju Untuk Menentukan Koordinat dalam Pemindahan Sebuah Object*', *Journal of Information System, Graphics, Hospitality and Technology*, 2(01), pp. 35–42. doi: 10.37823/insight.v2i01.75. (Diakses pada Kamis, 25 Februari 2021 Pukul 19.30 WIB)

Dewantoro. D. W (2020) '*Rancang Bangun Robot lengan Pemilah Barang Berdasarkan Berat Dengan Pemanfaatan Internet Of Things (IoT) Sebagai Kontrol Dan Monitoring Jarak Jauh*', Seminar Hasil Elektro S1 ITN Malang, 21(1), pp. 1–9.

Garage, E. (2017) '*16 x 2 LCD Datasheet*', 32, pp. 2–6. <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/571342/LCD.html> (Diakses pada Sabtu, 01 Mei 2021 Pukul 21.30 WIB)

Marita, R. A. and Verlandi, L. (2014) '*Rancang Bangun Simulasi Robot lengan*'. <http://library.palcomtech.com/pdf/6279.pdf> (Diakses pada Sabtu, 13 Maret 2021 Pukul 21.15 WIB)

Maulana, S. et al. (2019) '*Rancang Bangun Prototype Robot Follow Me Untuk Membantu Mengangkat Beban Barang Berbasis Mikrokontroller* Skripsi .Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.

Prayuda, I. V., Hartono, B. and Sutoyo, E. (2018) '*Perancangan Struktur Rangka Robot lengan Mekanik Pemindah Bahan Tipe Cartesian Coordinate*', *AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(1), p. 38. Bogor: UIKA. <http://ejournal.uika-bogor.ac.id/index.php/ame/article/view/990> (Diakses pada Minggu, 14 Maret 2021 Pukul 09.15 WIB)

ST Nomor 40/PDN/KEP/3/2010 Tentang Syarat Teknis Anak Timbangan (2010).

Utomo, B., Dwi Setyaningsih, N. Y. and Iqbal, M. (2020) 'Kendali Robot Lengan 4 Dof Berbasis Arduino Uno Dan Sensor Mpu-6050', *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 11(1), pp. 89–96. doi: 10.24176/simet.v11i1.3699. (Diakses pada Minggu, 14 Maret 2021 Pukul 11.00 WIB)

Vivek Deshpande & P M George (2014) 'Kinematic Modelling and Analysis of 5 DOF Robotic Arm', *International Journal of Robotics Research and Development (IJRRD)*, 4(2), pp. 1–8. Available at: <http://www.tjprc.org/view-archives.php?year=2014&jtype=2&id=67&details=archives>. (Diakses pada Sabtu, 27 Februari 2021 Pukul 19.00 WIB)