

Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering
Universitas Aisyah Pringsewu



Journal Homepage

<http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>



**RANCANG BANGUN TRAINABLE ROBOT ARM BERBASIS ARDUINO MEGA 2560
SEBAGAI MEDIA PRAKTIKUM DI LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCABUDI MEDAN**

Marshal Warisman Hutapea¹, Mhd Erpandi Dalimunthe², Yuliarman Saragih³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro

^{1,2}Universitas Pembangunan Pancabudi

³Universitas Singaperbangsa Karawang

marshalwh.unpab@gmail.com¹, erpandidalimunthe.unpab@gmail.com², yuliarman@staff.unsika.ac.id³

ABSTRACT

The design of the Trainable Robot Arm is carried out as a learning medium in the lab. Electrical Engineering University of Development Pancabudi Medan. Trainable Robot Arm is a robotic arm designed to facilitate the process of robot applications in carrying out object transfer tasks without the need to do complex programming every time you want to change the robot's movements. The design of this arm robot is divided into 3 parts, the first is the design and manufacture of robot mechanics, the second is the design and manufacture of robot control/electricity and the third is the manufacture of robot software/programs. The mechanical design of the robot begins with making a 3D design of the robot frame utilizing the non-commercial version of the Fusion360 CAD software, then the 3D design is printed using a 3D Printing machine with PETG (Polyethylene Terephthalate) plastic material. The robot arm is designed to have a 5-DOF (Degree of Freedom) system, namely Base, Shoulder, Elbow, Wrist and Gripper. As a drive, 5 servo motors with torque are used each, 25 kg/cm for Base and Shoulder, 11kg/cm for Elbow and Wrist, and 1.8 kg/cm for Gripper. From the test results, the Trainable robot arm successfully stores and repeats movements that have been trained to move objects with a mass of 100 grams at a position of 23cm from the axis of the robot arm to the x-axis to a position of 20cm from the axis of the robot to the y-axis as many as 8 repetitions without failure.

Keywords: *Arduino; Trainable Robot; Robot Arm*

ABSTRAK

Rancang bangun Trainable Robot Arm ini dilakukan sebagai media pembelajaran di lab. Teknik Elektro Universitas Pembangunan Pancabudi Medan. Trainable Robot Arm ini merupakan lengan robot yang dirancang dengan tujuan mempermudah proses aplikasi robot di dalam melakukan tugas pemindahan objek tanpa perlu melakukan pemrograman yang kompleks setiap kali ingin merubah gerakan robot. Rancang bangun robot arm ini terbagi menjadi 3 bagian, yang pertama adalah desain dan pembuatan mekanik robot, yang kedua adalah desain dan pembuatan kontrol/kelistrikan robot dan yang ketiga pembuatan software/program robot. Rancang bangun mekanik robot diawali dengan membuat desain 3D rangka robot memanfaatkan software CAD Fusion360 versi non-commercial, selanjutnya desain 3D di cetak menggunakan mesin Printing 3D dengan material plastik PETG (Polyethylene Terephthalate). Robot arm dirancang memiliki sistem 5-DOF (Degree of Freedom), yaitu Base, Shoulder, Elbow, Wrist dan Gripper. Sebagai penggerak digunakan 5 unit motor servo dengan torsi masing-masing, 25 kg/cm untuk Base dan Shoulder, 11kg/cm untuk Elbow dan Wrist, serta 1,8 kg/cm untuk Gripper. Dari hasil pengujian Trainable robot arm sukses menyimpan dan mengulangi gerakan yang telah dilatih untuk memindahkan objek dengan massa 100 gram pada posisi 23cm dari sumbu robot arm terhadap sumbu-x ke posisi 20cm dari sumbu robot terhadap sumbu y sebanyak 8 kali pengulangan tanpa terjadi kegagalan.

Kata Kunci: *Arduino; Trainable Robot; Robot Arm*

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini kemajuan teknologi robot sudah banyak dikembangkan dan diaplikasikan dalam berbagai kebutuhan. Hal ini berdampak positif dalam mempermudah segala aktifitas, baik itu menyangkut kebutuhan perseorangan maupun kepentingan sebuah instansi ataupun perusahaan. Robot yang populer digunakan terutama dalam industri adalah lengan robot (Robot Arm) [1]. Lengan robot adalah robot manipulator yang menyerupai tangan manusia yang fungsi utamanya adalah memindahkan objek dari satu posisi ke posisi lain [2].

Dengan begitu pesatnya kemajuan teknologi dibidang robotika, mahasiswa maupun lulusan dibidang Teknik yang berhubungan dengan kelistrikan dan komputerisasi diharapkan mampu mengoperasikan proses proses di industri yang saat ini sebagian besar telah menggunakan robot [3]. Namun pemrograman robot yang secara umum bersifat kompleks membuat pembelajaran mengenai robotika khususnya lengan robot relatif sulit [4]. Dari permasalahan tersebut lahirlah sebuah keinginan penulis untuk merancang suatu lengan robot yang dapat dilatih (Train) didalam menjalankan fungsi pokoknya dalam memindahkan objek dari satu posisi ke posisi lain tanpa harus melakukan pemrograman berulang, sehingga mempermudah dalam mempelajari dan pengoperasian lengan robot tersebut.

II. METODOLOGI

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian untuk merancang robot arm trainable berbasis Arduino Mega 2560 melibatkan beberapa tahapan yang harus dilalui dengan teliti. Diagram alir penelitian dapat anda lihat pada Gambar 1.



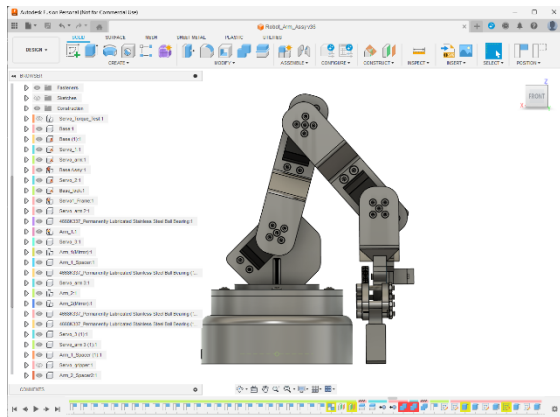
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada tahapan pertama, peneliti harus mengidentifikasi masalah dengan merumuskan latar belakang penelitian, mengapa penelitian ini penting, dan tujuan dari penelitian tersebut. Selanjutnya, tahap studi pustaka dilakukan untuk mengumpulkan data dari berbagai sumber seperti buku referensi, jurnal, dan halaman web yang berkaitan dengan topik penelitian. Hal ini bertujuan untuk memahami pengetahuan yang telah ada dan menerapkannya dalam penelitian. Setelah itu, peneliti melakukan perancangan hardware dengan merancang mekanik robot arm dan sistem kontrol kelistrikan yang akan dibuat. Perancangan ini penting untuk memastikan robot arm dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan kebutuhan penelitian [5]. Selanjutnya, pada tahap perancangan software, peneliti membuat software atau program yang akan ditanamkan ke mikrokontroler pada sistem kontrol robot. Perancangan software dilakukan dengan bantuan Integrated Development Environment (IDE) Arduino [6]. Setelah perancangan hardware dan software selesai, dilakukan uji coba dan evaluasi untuk memastikan bahwa robot arm berfungsi dengan baik dan sesuai dengan yang diinginkan. Tahap terakhir adalah membuat laporan penelitian yang berisi tentang proses rancang bangun robot arm, hasil dari uji coba dan evaluasi, serta kesimpulan dari penelitian tersebut. Laporan ini

penting sebagai dokumentasi dan referensi bagi peneliti lainnya.

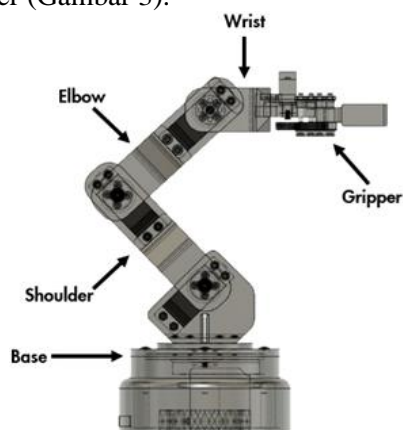
2.2 Perancangan Perangkat Keras

Desain mekanik robot arm dilakukan dengan bantuan software CAD Fusion360 versi Non-commercial use mulai dari bagian Base, Shoulder, Elbow[7]. Wrist dan Gripper dengan tampilan layar seperti tampak pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan Software CAD Fusion360 saat Proses Desain

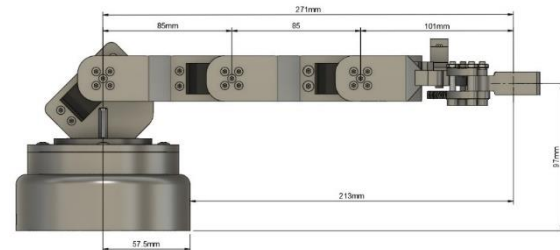
Robot arm pada rancangan ini memiliki 5 derajat kebebasan (5-DOF, Degree of Freedom) yang terdiri dari Base bagian dasar robot yang menjadi sumbu utama dimana setiap bagian yang lain bertumpu[8]. Selanjutnya shoulder yaitu lengan yang bertumpu langsung pada Base, dilanjutkan dengan Elbow, Wrist dan Gripper (Gambar 3).



Gambar 3. Bagian-bagian Robot Arm

Robot Lengan di desain dengan shoulder berjarak 97mm dari dasar mekanik lengan robot dengan panjang lengan 85mm sumbu ke sumbu. Lengan elbow memiliki panjang 85mm sama dengan lengan shoulder. Lengan terakhir yaitu wrist di desain satu bagian dengan gripper dengan jarak dari sumbu pertemuan lengan elbow dan wrist terhadap objek yang akan di

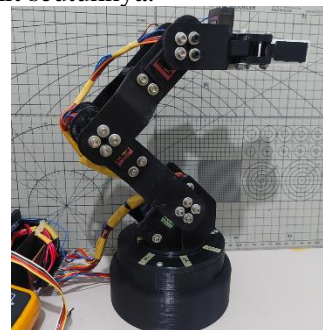
cengkram gripper sebesar 101mm. Bagian base memiliki diameter 115mm sehingga area kerja robot arm dimulai dari jari-jari base sebesar 57,5mm, maka area kerja robot arm sejauh 213mm sampai dengan titik tengah gripper seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Dimensi Desain Robot Arm

Pada masing-masing lengan di desain tempat untuk memasang aktuator sebagai penggerakannya yaitu motor servo. Masing-masing motor servo tersebut akan di kontrol oleh mikrokontroler sesuai dengan program yang dirancang untuk dapat bergerak menuju posisi yang telah ditentukan[9]. Masing-masing motor servo memiliki sudut kerja minimal dan maksimal sesuai dengan spesifikasi pabrikan servo. Sudut kerja motor servo dipilih menyesuaikan sudut kerja robot arm yang di desain.

Setelah proses desain pada software CAD Fusion360 selesai, selanjutnya bagian-bagian mekanik di cetak menggunakan alat 3D Printer dengan menggunakan material plastik PETG (Polyethylene terephthalate glycol)[10]. Selanjutnya setelah semua bagian mekanik selesai di cetak dilanjutkan dengan proses perakitan mekanik, mulai dari memasang aktuator servo pada setiap bagian lengan, memasang antar lengan sampai dengan robot arm terakit seutuhnya.

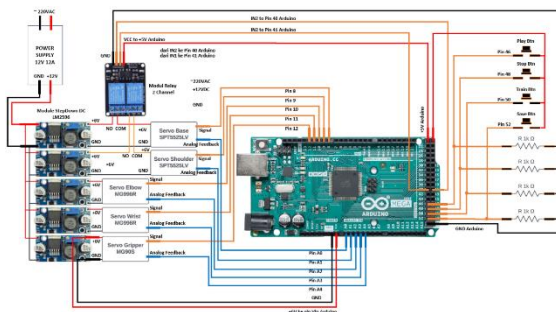


Gambar 5. Kondisi Robot Arm setelah Dirakit

2.3 Perancangan Sisten Kontrol

Servo yang digunakan pada rancang bangun trainable robot arm ini membutuhkan catu daya 6VDC agar dapat bekerja optimal sesuai dengan spesifikasi servo. Untuk itu

dirancang catu daya yang mengeluarkan output 6VDC dengan menggunakan catu daya 12 Vdc 12Amp yang keluarannya di lewatkan melalui module stepdown LM2596 sebagai regulator tegangan. Pada rancangan ini digunakan 5 buah module stepdown yang masing-masing mensuplai tegangan ke setiap servo. Untuk suplai tegangan ke mikrokontroler diambil dari module stepdown LM2596 yang mensuplai ke gripper, hal ini dikarenakan gripper menggunakan micro servo yang mana konsumsi dayanya lebih rendah, sehingga masih memungkinkan 1 module mensuplai servo gripper dan mikrokontroler Arduino Mega 2560. Pada gambar 3 tampak wiring diagram sistem kontrol kelistrikan robot arm.

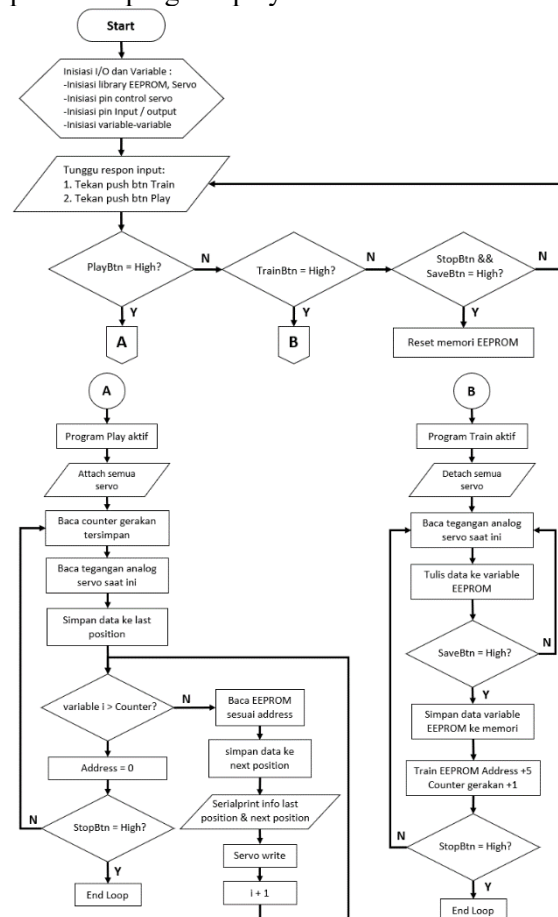


Gambar 6. Wiring diagram sistem kontrol kelistrikan robot arm

2.4 Perancangan Perangkat Lunak

Pada tahapan ini dilakukan perancangan software ataupun program yang akan ditanamkan ke dalam mikrokontroler Arduino Mega 2560. Program yang dirancang meliputi program inisialiasi, program pengulangan gerakan yang akan disimpan (play), program pelatihan gerakan yang akan disimpan (train), program akuisisi data tegangan analog dari masing-masing servo dan program reset memori EEPROM. Perancangan program dimulai dengan pembuatan flow chart program seperti tampak pada gambar 6. Langkah awal pada program adalah melakukan inisiasi yaitu pengenalan input ouput yang akan digunakan dalam sistem kontrol seperti pin input tegangan analog dari setiap servo, pin input push button play, train, stop dan save, pin output sinyal ke setiap servo dan pin output ke modul relay. Selain itu dilakukan juga pemanggilan file header pendukung program seperti file header EEPROM dan file header Servo dan pendaftaran variabel-variabel lainnya yang akan digunakan dalam menyimpan data-data pada proses penyimpanan gerakan pada saat

program train aktif dan juga data-data gerakan pada saat program play aktif.



Gambar 7. Flowchart program trainable robot arm

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini dilakukan pengujian sistem trainable robot arm dimulai dari pengujian catu daya dalam mensuplai arus dan tegangan ke sistem dalam keadaan tanpa beban dan dengan beban, pengujian program train dan play dalam menyimpan gerakan robot arm dan melakukan pengulangan gerakan yang telah disimpan pada memori EEPROM dan pengujian beban maksimum yang dapat di angkat oleh robot arm.

3.1 Pengujian rangkaian catu daya 12 volt sebelum modul step down

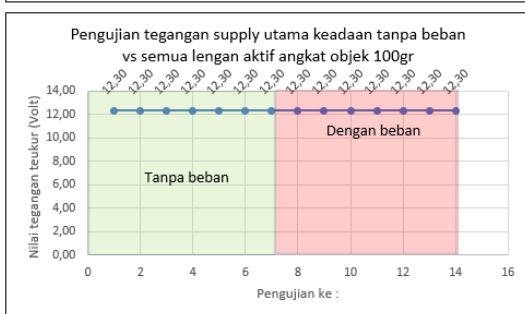
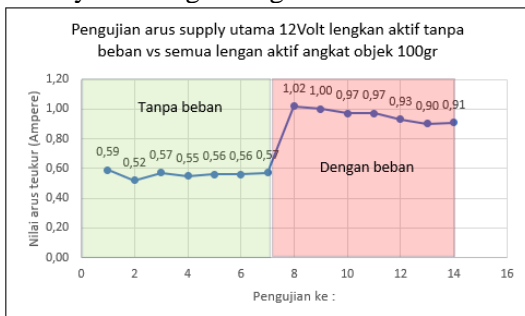
Catu daya di uji dengan melakukan pengukuran tegangan dan arus pada keluaran catu daya 12volt sebelum di regulasi dengan modul step down LM2596. Dari hari pengukuran didapat tegangan yang terbaca sebesar 12,30 volt dan arus sebesar 57,5mA dengan kondisi pengukuran catu daya hanya

mensuplai mikrokontroller Arduino Mega 2560 dan 5 Modul Stepdown LM2596 tanpa beban servo aktif.



Gambar 8. Pengukuran catu daya 12V tanpa beban servo aktif

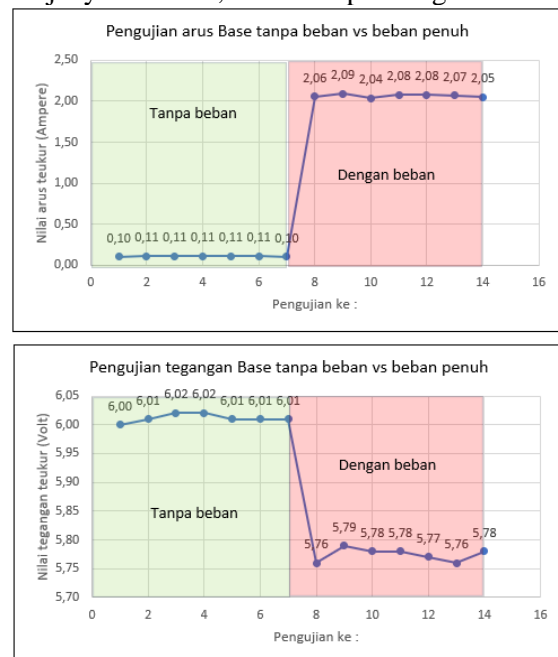
Selanjutnya dilakukan pengujian catu daya 12 volt dengan diberi beban servo aktif melakukan gerakan, namun tidak mengangkat beban pada gripper. Dari data hasil pengukuran tampak pada Gambar 9, rata-rata arus kerja robot adalah sebesar 0,56 Ampere dengan tidak ada drop tegangan sama sekali, tegangan catu daya konstan pada angka 12,3 volt sama seperti ketika servo tidak aktif. Selanjutnya dilakukan pengujian dengan memberi beban sebesar 100 gram pada gripper dan robot melakukan gerakan memindahkan beban. Dari hasil pengukuran terlihat rata-rata arus kerja robot arm adalah sebesar 0,96 Ampere dengan tidak ada drop tegangan, sehingga dapat disimpulkan catu daya berfungsi dengan baik.



Gambar 9. Hasil pengukuran catu daya 12V dengan servo aktif tanpa beban pada gripper dan dengan beban pada gripper

3.2 Keluaran catu daya setelah modul step down ke sendi Base

Pada pengujian di sendi Base dalam keadaan servo aktif tanpa dibebani arus kerja rata-rata yang terbaca adalah sebesar 0,11 Ampere dengan tegangan 6,01 volt tanpa ada drop tegangan yang signifikan. Selanjutnya servo diberi beban dengan menahan gerakan servo berlawanan dengan arah gerak servo. Dari hari pengukuran arus kerja rata-rata adalah sebesar 2,07 Ampere dengan tegangan terbaca rata-rata 5,77 volt, yang artinya terjadi drop tegangan sebesar 0,24 volt, jika di persentasekan sebesar 3,99%. Drop tegangan yang terjadi masih dalam batas wajar dikarenakan untuk servo yang digunakan pada sendi Base yaitu SPT5525LV rentang tegangan kerjanya adalah 4,8 volt sampai dengan 6 volt.

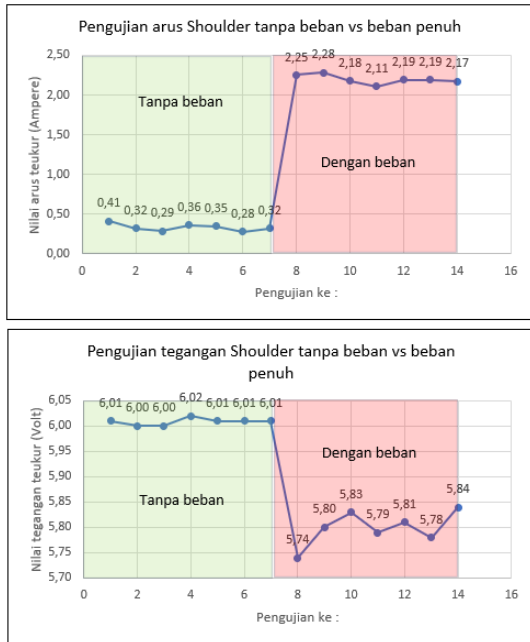


Gambar 10. Hasil pengukuran catu daya setelah diregulasi modul step down pada sendi base

3.3 Keluaran catu daya setelah modul step down ke sendi Shoulder

Pada pengujian di sendi Shoulder dalam keadaan servo aktif tanpa dibebani arus kerja rata-rata yang terbaca adalah sebesar 0,33 Ampere dengan tegangan 6,01 volt tanpa ada drop tegangan yang signifikan. Selanjutnya servo diberi beban dengan menahan gerakan servo berlawanan dengan arah gerak servo. Dari hari pengukuran arus kerja rata-rata adalah sebesar 2,20 Ampere dengan tegangan terbaca rata-rata 5,80 volt, yang artinya terjadi drop tegangan sebesar 0,21 volt, jika di persentasekan sebesar 3,49%. Drop tegangan

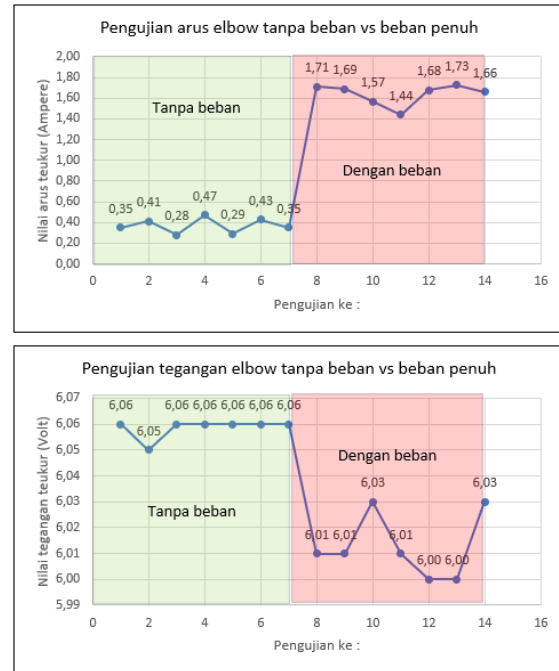
yang terjadi masih dalam batas wajar dikarenakan untuk servo yang digunakan pada sendi Shoulder yaitu SPT5525LV rentang tegangan kerjanya adalah 4,8 volt sampai dengan 6 volt.



Gambar 11. Hasil pengukuran catu daya setelah diregulasi modul step down pada sendi Shoulder

3.4 Keluaran catu daya setelah modul step down ke sendi Elbow

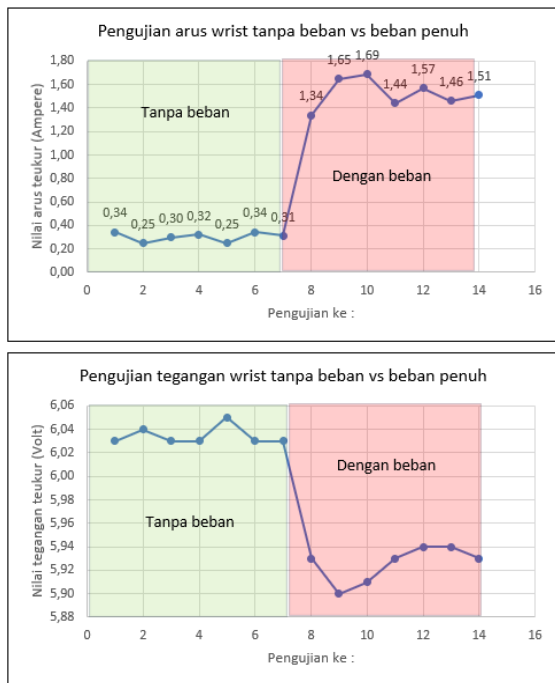
Pada pengujian di sendi Elbow dalam keadaan servo aktif tanpa dibebani arus kerja rata-rata yang terbaca adalah sebesar 0,37 Ampere dengan tegangan 6,06 volt tanpa ada drop tegangan yang signifikan. Selanjutnya servo diberi beban dengan menahan gerakan servo berlawanan dengan arah gerak servo. Dari hari pengukuran arus kerja rata-rata adalah sebesar 1,64 Ampere dengan tegangan terbaca rata-rata 6,01 volt, drop tegangan tidak signifikan terjadi hanya sebesar 0,05 volt, jika di persentasekan sebesar 0,82%. Drop tegangan yang terjadi masih dalam batas wajar dikarenakan untuk servo yang digunakan pada sendi Gripper yaitu Tower Pro MG90S rentang tegangan kerjanya adalah 4,8 volt sampai dengan 6,6 volt.



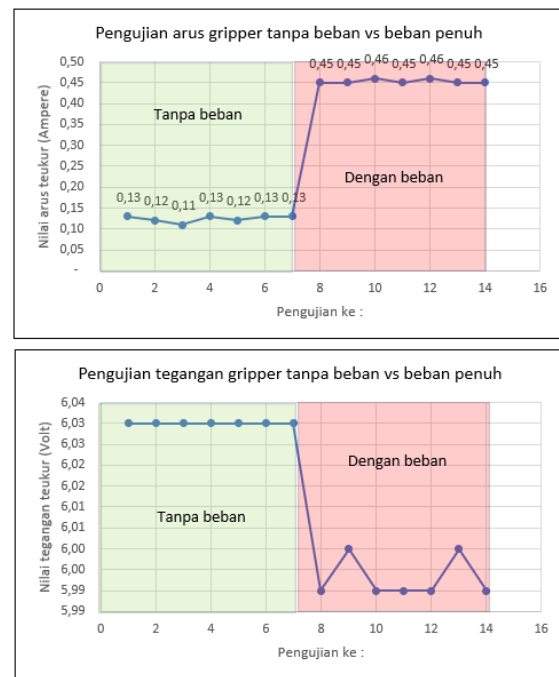
Gambar 12. Hasil pengukuran catu daya setelah diregulasi modul step down pada sendi Elbow

3.5 Keluaran catu daya setelah modul step down ke sendi Wrist

Pada pengujian di sendi Wrist dalam keadaan servo aktif tanpa dibebani arus kerja rata-rata yang terbaca adalah sebesar 0,30 Ampere dengan tegangan 6,03 volt tanpa ada drop tegangan yang signifikan. Selanjutnya servo diberi beban dengan menahan gerakan servo berlawanan dengan arah gerak servo. Dari hari pengukuran arus kerja rata-rata adalah sebesar 1,52 Ampere dengan tegangan terbaca rata-rata 5,93 volt, yang artinya terjadi drop tegangan sebesar 0,10 volt, jika di persentasekan sebesar 1,65%. Drop tegangan yang terjadi masih dalam batas wajar dikarenakan untuk servo yang digunakan pada sendi Wrist yaitu Tower Pro MG996R rentang tegangan kerjanya adalah 4,8 volt sampai dengan 6 volt.



Gambar 13. Hasil pengukuran catu daya setelah diregulasi modul step down pada sendi Wrist



Gambar 14. Hasil pengukuran catu daya setelah diregulasi modul step down pada gripper

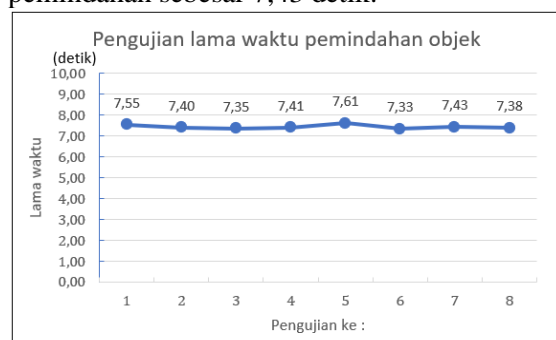
3.6 Keluaran catu daya setelah modul step down ke sendi Gripper

Pada pengujian di gripper dalam keadaan servo aktif tanpa dibebani arus kerja rata-rata yang terbaca adalah sebesar 0,12 Ampere dengan tegangan 6,03 volt tanpa ada drop tegangan yang signifikan. Selanjutnya servo diberi beban dengan menahan gerakan servo berlawanan dengan arah gerak servo. Dari hari pengukuran arus kerja rata-rata adalah sebesar 0,45 Ampere dengan tegangan terbaca rata-rata 5,99 volt, yang artinya terjadi drop tegangan sebesar 0,04 volt, jika di persentasekan sebesar 0,66%. Drop tegangan yang terjadi masih dalam batas wajar dikarenakan untuk servo yang digunakan pada sendi Gripper yaitu Tower Pro MG90S rentang tegangan kerjanya adalah 4,8 volt sampai dengan 6,6 volt.

3.7 Pengujian Program Train dan Play

Untuk menguji apakah robot arm dapat merekam dan mengulangi gerakan yang telah dilatih dalam memindahkan objek maka dilakukan pengujian dengan skenario meletakkan objek beban seberat 100 gram sejauh 23 cm ke arah sumbu x dari titik tengah robot arm yang kemudian dipindahkan menuju posisi 20 cm ke arah sumbu y dari titik tengah robot arm.

Pengujian program train dan play dengan memindahkan objek seberat 100 gram dengan dimensi 40mm x 40mm x 40mm sesuai dengan dimensi maksimum cengkaman gripper yang dilakukan sebanyak 8 kali pengulangan. Dari hasil pengamatan yang dilakukan robot arm sukses memindahkan objek tepat sesuai dengan posisi yang dilatih dengan rata-rata lama waktu pemindahan sebesar 7,43 detik.

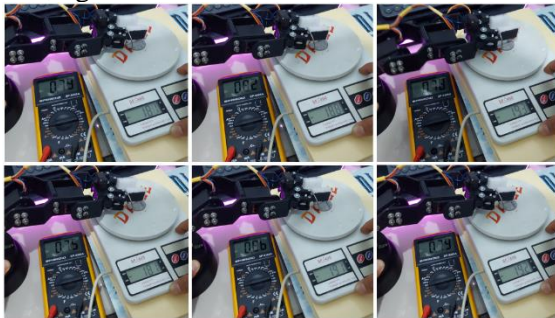


Gambar 15. Pengujian lama waktu pemindahan objek dengan berat 100 gram dari

posisi 23 cm terhadap sumbu x ke posisi 20 cm terhadap sumbu y

3.8 Pengujian Beban Maksimum

Untuk menguji seberapa berat beban yang mampu diangkat oleh robot arm dalam penelitian ini, dilakukan uji coba dengan memasang pengait pada timbangan, posisi lengan disesuaikan dengan posisi jangkauan terjauh dimana beban maksimal, selanjutnya gripper robot di masukkan kedalam pengait pada timbangan dan robot diperintahkan untuk melakukan gerakan mengangkat. Dalam kondisi base robot dan timbangan di tahan dengan bantuan tangan didapat massa hasil pengukuran pada timbangan tampak pada tabel 3. dari data yang di dapat rata-rata massa yang terukur adalah 185,5 gram. Maka massa maksimum yang dapat di angkat robot adalah 185,5 gram.



Gambar 16. Pengujian beban maksimum robot arm

IV. PENUTUP

Setelah melalui proses rancang bangun dan pengujian Trainable Robot Arm berbasis Arduino Mega 2560 maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Robot arm dapat mengangkat dan memindahkan objek secara efektif dengan massa 100 gram sesuai hasil pengujian, dengan massa maksimum yang dapat diangkat robot arm sebesar 185,5 gram
2. Drop tegangan catu daya tidak signifikan dan masih di dalam range tegangan kerja servo yaitu 4,8 s.d. 6,0 volt untuk Servo SPT5525LV dan Tower Pro MG996R serta 4,8 s.d. 6,6 volt untuk Servo Tower Pro MG90S. Adapun drop tegangan yang terukur pada sendi base sebesar 3,99%, sendi sebesar Shoulder 3,49%, sendi sebesar

Elbow 0,82%, sendi sebesar Wrist 1,65% dan Gripper sebesar 0,66%.

3. Robot arm dapat menjangkau objek maksimal sejauh 271mm dari titik tengah robot.
4. Robot arm dapat mencengkram objek dengan lebar maksimum 40mm.

Sebagai bahan pertimbangan dan kajian untuk penelitian selanjutnya, ada beberapa saran yang dapat dilakukan yang diantaranya adalah:

1. Agar dapat bergerak dengan lebih lancar disarankan pada perancangan berikutnya menggunakan ball bearing pada setiap sendi robot.
2. Agar dapat mencengkram objek dengan lebih baik, disarankan menggunakan lapisan dengan material karet pada bagian gripper

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andrian, A., Rahmadewi, R., Luceat, I. B.-E., & 2020, undefined. (n.d.). Arm Robot Pemindah Barang (Atwor) Menggunakan Motor Servo MG995 Sebagai Penggerak Arm Berbasis Arduino. Poltekstpaul.Ac.Id, 6(2). Retrieved April 19, 2024, from <https://www.poltekstpaul.ac.id/jurnal/index.php/jelekn/article/view/226> Arduino Inc. (2024). Getting Started with Arduino MEGA2560. <https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoMega2560>
- [2]. Meqorry, A. P., Hfi, Y., & Sumbar, C. (n.d.). RANCANG BANGUN ALAT UKUR SUDUT KEMIRINGAN BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51 MENGGUNAKAN SENSOR POTENSIOMETER Jurnal. Repository.Unp.Ac.Id. Retrieved April 19, 2024, from http://repository.unp.ac.id/18109/1/2011.%20Prosiding%20SNHFI_%20muai%20panjang%20Hal%201.pdf#page=123
- [3]. Satrio, M. A., Mirna, M., Rifaldi, M., Nur, M., & Ishak, I. (2021). Rancang Bangun Robot Arm 4 DOF Berbasis Mikrokontroler ATmega328. Mechatronics Journal in Professional and Entrepreneur (MAPLE), 3(2), 59–63.

- [4]. Irwan, M., & Alauddin, Y. (2022). Sistem Kendali Lengan Robot 4-DOF untuk Pemindah Barang. *Jurnal Mosfet*, 2(2), 16–25.
- [5]. Shulhan, S., Astwensa, F., Fauzan, F. R., & Bukhori, I. (2021). Robotic Arm Using Servo Motor and Arduino Uno Controlled with Potentiometer. *Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 3(2).
- [6]. Suharso, A. R., Hendarto, A., Sirait, E., & Kumara, R. B. (2022). Pengujian Tingkat Ketelitian Potensiometer pada Simulasi Kemudi Kapal. *Wave: Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim*, 16(2), 79–86.
- [7]. SPT-Servo. (2018). SPT5525LV-210/25kg/Controllable 200°/SPT Servo. 2018. <http://www.spt-servo.com/Product/8354961956.html>
- [8]. Prayogo, W., Rivai, M., ITS, F. B.-J. T., & 2019, undefined. (n.d.). Kontrol Lengan Robot Yang Meniru Pergerakan Tangan Untuk Inspeksi Objek Yang Mengandung Gas Berbahaya *Jurnal. Ejurnal.Its.Ac.Id*, 5(1). Retrieved April 19, 2024, from <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/31293>.
- [9]. Texas Instruments. (2024). LM2596 Simple Switcher(R) 4.5V to 40V, 3A Low Component Count Step-Down Regulator. <https://www.ti.com/product/LM2596>.
- [10]. Torq Pro & Tower Pro. (2014). TowerPro.com.tw Online Shop. 2014. <https://www.towerpro.com.tw/product/mg996r/A>. Rezi and M. Allam, "Techniques in array processing by means of transformations, " in *Control and Dynamic Systems*, Vol. 69, Multidemsional Systems, C. T. Leondes, Ed. San Diego: Academic Press, 1995, pp. 133-180.

penerimaan terakhir naskah, penulis diharuskan menegaskan secara tertulis, bahwa tulisan yang dikirimkan merupakan hak cipta penulis dan menugaskan hak cipta ini pada pengelola.

Hak Cipta

Semua naskah yang tidak diterbitkan, dapat dikirimkan di tempat lain. Penulis bertanggung jawab atas ijin publikasi atau pengakuan gambar, tabel dan bilangan dalam naskah yang dikirimkannya. Naskah bukanlah naskah jiplakan dan tidak melanggar hak-hak lain dari pihak ketiga. Penulis setuju bahwa keputusan untuk menerbitkan atau tidak menerbitkan naskah dalam jurnal yang dikirimkan penulis, adalah sepenuhnya hak Pengelola. Sebelum