

Robot Lengan 4 Derajat Kebebasan Menggunakan Tampilan Antarmuka Pengguna Berbasis Arduino Uno

Jody Maulana Anggi*, Zendi Iklima

Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta
anggi.jodymaulana@gmail.com

Abstrak— Kemajuan teknologi dalam bidang robotika pada saat ini sudah memasuki era modernisasi serta perkembangannya memasuki era baru dan sudah serba otomatis untuk sebuah pendidikan dan teknologi. Robot lengan pada dunia industri berpengaruh sangat besar, misalnya dapat membuat waktu lebih efisien dan dapat mengurangi biaya dimana yang sebelumnya harus membayar gaji karyawan. Berdasarkan hasil pengujian sinkronasi gerak antar robot lengan dan slider pengendali didapatkan hasil bahwa semakin besar nilai derajat pergeseran slider maka lebar pulsa sinyal PWM semakin melebar dan tegangan keluaran dari pin mikrokontroler Arduino Uno semakin besar dengan nilai rata – rata tegangan yang dihasilkan sebesar 115,03 mV. Robot dalam keadaan standby hanya membutuhkan daya sebesar 0,9 Watt dan saat beroperasi membutuhkan daya sebesar 3,94 Watt. Pada motor servo ini, terdapat beberapa kekurangan, dimana salah satunya adalah tidak akuratnya dalam melakukan pengukuran sudut, dapat dihitung bahwa selisihnya sebesar 13% atau sejauh 7,3 derajat.

Kata Kunci : Robot Lengan, Graphical User Interface, Arduino Uno Uno R3, ATmega 3583, 4 Degree of Freedom

DOI: 10.22441/jte.2021.v12i3.006

I. PENDAHULUAN

Teknologi robot mengalami suatu kemajuan yang sangat pesat pada saat ini. Robot yang canggih telah menggantikan peralatan manual yang membutuhkan banyak tenaga manusia, salah satunya yaitu penggunaan robot lengan. Robot lengan yang dirancang merupakan bagian dari robot dengan skala robot prototipe untuk kegiatan praktikum yang dapat menggantikan ataupun meringankan kegiatan kerja manusia secara langsung. Dalam kenyataannya sering didapatkan kendala bagaimana cara mengontrol atau mengendalikan suatu alat dengan mudah untuk dioperasikan. Dalam perkembangan selanjutnya, robot diartikan sebagai manipulator multi fungsional yang dapat di program, yang dengan pemrograman itu ditujukan untuk melakukan sesuatu tugas tertentu [1]

Umumnya, pada industri yang berbasis robot hanya bisa melakukan gerakan mengambil dan meletakkan suatu barang dari sebuah conveyor, disuatu mesin, dan termasuk proses barang. Sekarang, pada industri yang berbasis robot memberikan akurasi yang lebih tepat dan juga dengan kecepatan yang lebih tinggi untuk menaikkan angka produksi yang lebih tinggi [1]. Untuk menghindari tergelincirnya satu

barang dan perusakan pada robot lengan, diciptakan *Glove Based Technique* yang sangat terkenal untuk menirukan gerakan tangan manusia [2].

Dalam teknologi komputasi, GUI (*Graphical User Interface*) merupakan jenis program antarmuka pengguna yang menggunakan metoda interaksi pada piranti elektronik secara grafis (bukan perintah teks) antara pengguna dan komputer. Syarat penggunaan GUI yaitu melakukan masukan dan keluaran pada suatu sistem yang diperlukan adanya interaksi dengan sumber data [3]

Pada umumnya, proses kendali robot lengan dilakukan dengan cara pemrograman terhadap lengan robot menggunakan bahasa pemrograman, hal tersebut tentunya sulit terutama bagi orang awam yang tidak menguasai pemrograman [4]. Untuk itu penulis ingin merancang bangun pengendalian 4 DoF dengan GUI (*Graphical User Interface*) berbasis Arduino yang nantinya akan digunakan sebagai penunjang sarana pembelajaran pada kegiatan praktikum di Laboratorium Kendali Digital dan Komputasi Fakultas Teknik Universitas Mercubuana, Jakarta.

II. PENELITIAN TERKAIT

Implementasi Robot Berbasis Mikrokontroler (Jurnal Politeknik Negeri Batam). Membahas tentang perancangan robot lengan menggunakan GUI sebagai *interface* nya yang dirancang menggunakan aplikasi *NetBeans*. [5]

GUI Based Pick and Place Robotic Arm for Multipurpose Industrial Application Departement of Instrumentation and Control College of Engineering, Pune Pune, India. Membahas pengertian GUI, dan merancang GUI menggunakan aplikasi MATLAB. [6]

Lengan Robot Bermain Keyboard Menggunakan Lima Jari Dalam Satu Oktaf Nada Mayor dengan Kendali Keypad. Skripsi Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sanata Dharma. Pada jurnal ini membahas koneksi antara PWM dalam pengendalian robot lengan. Motor Servo merupakan salah satu jenis aktuator yang cukup banyak digunakan dalam bidang industri atau sistem robotika. Motor servo pada jurnal ini menggunakan servo FP-SC3001 dengan putaran cepat dan dapat dikendalikan. [7]

Kendali Robot Lengan 4 DoF Berbasis Arduino Uno dan Sensor MPU-6050 Fakultas Teknik, Universitas Maria Kudus.

Pada jurnal ini membahas bagaimana cara perangkat elektronika bisa berkomunikasi dengan Arduino Uno R3[8]

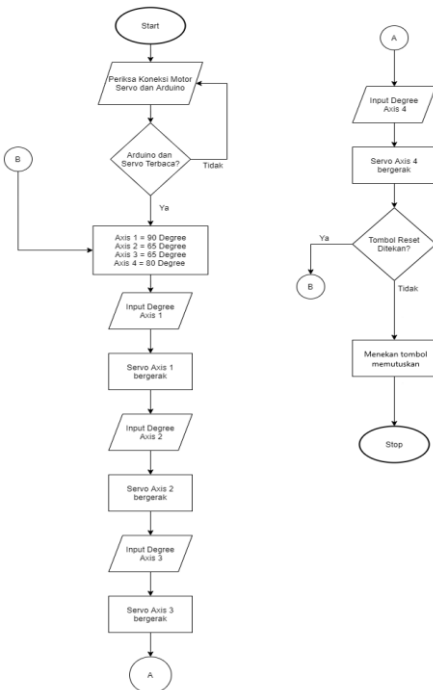
Robot Arm Control System using LEAP Motion Controller. IEEE Motion Controller. IEEE p. 109-112, 2016, 97-1-5090-1099-8/16/\$31.00. Pada Jurnal ini penulisnya membangun robot lengan 2 DoF dan juga menggunakan metode *Inverse Kinematic* yang juga diterapkan pada robot, selain itu pada jurnal ini juga membahas dari pengujian motor servo dari masing masing *joint* terhadap masukan yang diberikan.[9]

III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini penulis akan menjelaskan proses pembuatan dan perancangan Robot Lengan menggunakan GUI berdasarkan : Spesifikasi alat, flowchart, blok diagram, perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak yang berisikan program-program untuk menjalankan robot lengan secara keseluruhan. Sebelum menjelaskan perancangan penulis akan menjelaskan bahan, alat, serta komponen yang diperlukan ketika membuat rancang bangun Robot lengan menggunakan GUI ini

A. Flowchart

Flowchart adalah suatu diagram alir dengan simbol-simbol tertentu yang menggambarkan urutan proses dan hubungan antara suatu proses atau instruksi dengan proses lainnya. Flowchart juga menjelaskan tentang tahap-tahap cara kerja dari robot lengan tersebut dengan detail, mulai dari robot lengan tersambung ke komputer sampai penggunaan alat selesai dipakai.

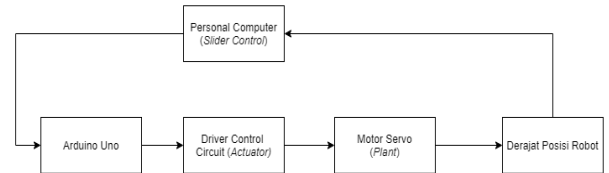


Gambar 1. Flowchart GUI

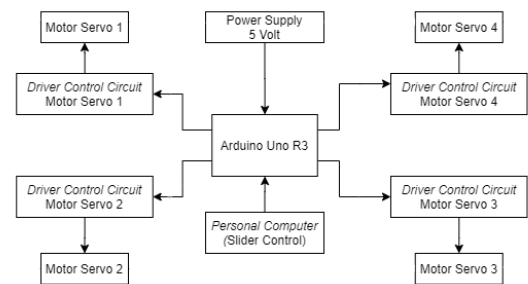
Flowchart ini menjelaskan proses alat bekerja. untuk mengetahui proses cara kerja alat di perlukan flowchart sebagai garis ruang lingkup alat. Adapun gambar flowchart GUI di tampilkan pada gambar 1.

B. Diagram Blok

Rancang bangun robot lengan menggunakan GUI untuk memberi daya kepada seluruh rangkaian pada perancangan alat. GUI yang bertugas yaitu mengatur jalannya fungsi alat, kemudian ada software yang menampilkan program yang berjalan dari robot lengan tersebut. Kemudian GUI juga mengatur kerja dari rangkaian pengatur level kabut, setingan tombol dan rangkaian lainnya



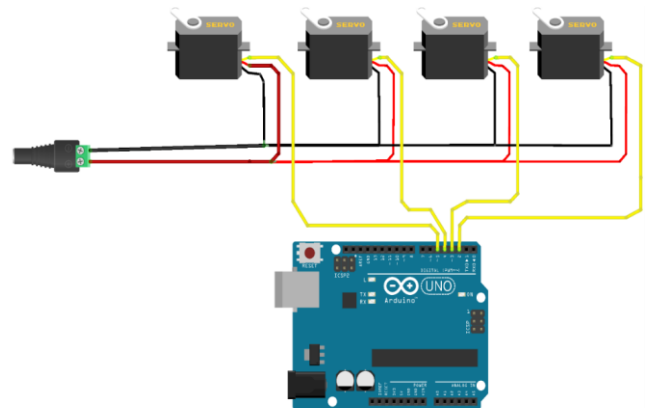
Gambar 2. Diagram Blok Sistem Kendali Robot Lengan



Gambar 3. Diagram Blok Sistem Robot Lengan

C. Perancangan Mekanik

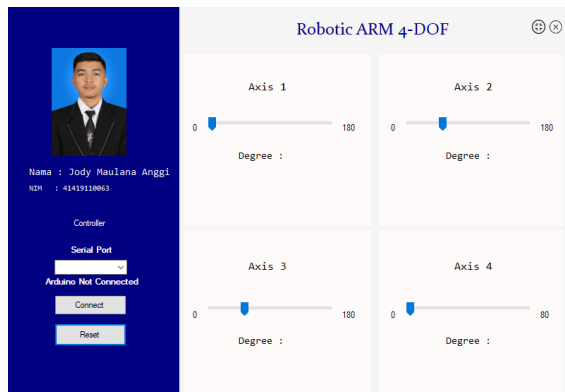
Perencanaan rancang bangun robot lengan 4 DoF menggunakan GUI bertujuan untuk membantu atau meringankan pekerjaan dibidang industri maupun pertanian dengan menggantikan sistem kerja dari lengan manusia. Dimana GUI berfungsi untuk menjadi *interface* yang digunakan untuk menggerakkan robot lengan yang dikonversi menjadi tenaga untuk menggerakkan motor servo yang mana bisa ditentukan derajat dari motor servo[10] tersebut.



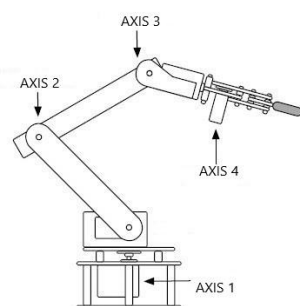
Gambar 4. Wiring Diagram

Agar sistem komputer dapat berkomunikasi dengan Arduino Uno, dirancanglah sebuah *interface* yang dapat menunjang dari pergerakan motor servo. Penulis menggunakan software Microsoft Visual 2019 untuk

melakukan perancangan pada sistem GUI (*Graphical User Interface*) tersebut seperti pada gambar 5



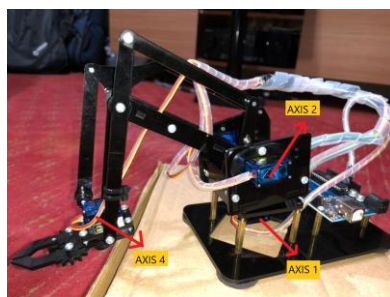
Gambar 5. Perancangan Sistem GUI



Gambar 6. Desain Robot Lengan

Lengan robot dirancang dengan 4 DOF (*degree of freedom*) yang terdiri dari 4 buah servo dengan konfigurasi seperti berikut:

- DOF 1 (servo1): Pada *Shoulder* putar
- DOF 2 (servo2): Pada *Shoulder*
- DOF 3 (servo3): Pada *Elbow*
- DOF 4 (servo4): Pada *Grip*



Gambar 7. Realisasi Robot Lengan

Bagian dasar (*base*) berbentuk persegi panjang dengan panjang 12cm dan lebar 10cm. *Base* dengan motor servo akan terhubung dengan penampang bawah sebagai penahan sehingga *base* bergerak secara rotasi dan dapat menyebabkan perubahan posisi pada lengan-lengan penghubung yang lain. Bagian *shoulder* memiliki panjang 18.5cm yang bergerak secara rotasi dengan sebuah motor servo. Bagian *elbow* memiliki panjang 16cm yang bergerak secara rotasi dengan sebuah motor servo. Bagian paling ujung adalah *pointer* yang digunakan untuk meletakkan pena yang merupakan *end effector* dari *prototype*

lengan robot, *pointer* memiliki panjang 7cm. Total keseluruhan panjang lengan robot dari pangkal *shoulder* sampai pada ujung *pointer / end effector* adalah 41.5cm. Besarnya dimensi berupa panjang yang dimiliki oleh keseluruhan penghubung (*link*) menentukan kemampuan sebagai jangkauan lengan robot ketika melakukan gerakan.

Pada perancangan lengan robot, motor servo yang akan digunakan sebanyak 4 buah. Pemilihan motor servo yang digunakan pada setiap *joint* [11] berdasarkan pada kemampuan yang harus dimiliki setiap *joint* untuk mengangkat beban berupa lengan (*link*) ataupun benda yang diangkat. Kemampuan motor untuk berputar dengan suatu beban merupakan gaya putar yang disebut torsi (*torque*). Perkiraan lengan penghubung (*link*) pada perancangan lengan robot dapat dilihat pada keterangan lengan penghubung (*link*) seperti pada Tabel berikut

Tabel 1. Keterangan Lengan Penghubung (*Link*)

No	Lengan Penghubung (<i>link</i>)	Panjang Lengan	Perkiraan Berat Lengan	Beban Diangkat Setiap Lengan
1	<i>Base</i>	12.5 cm x 10.5cm	250 gram	250 gram
2	<i>Shoulder</i>	18cm	120 gram	300 gram
3	<i>Elbow</i>	16cm	100 gram	200 gram
4	<i>End Effector / Pointer</i>	7cm	50 gram	50 gram

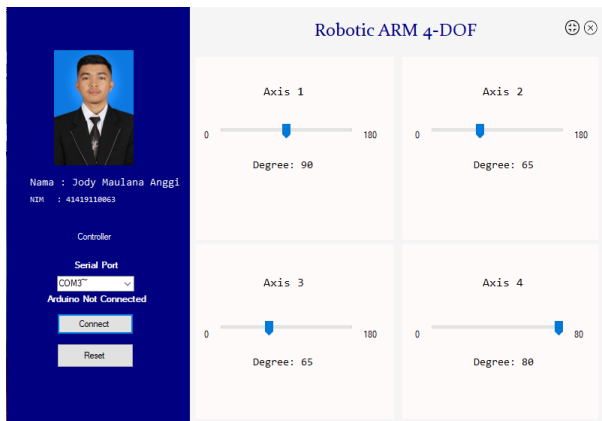
Untuk perkiraan berat lengan merupakan total berat dari material lengan dan motor servo yang menempel pada lengan, sedangkan pada kolom beban diangkat setiap lengan merupakan penjumlahan berat dari keseluruhan beban yang harus diangkat oleh lengan. Perancangan mekanik lengan robot menggunakan material *polycarbonate* 3mm karena ringan dan mudah dikerjakan. Bagian *base* diasumsikan memiliki beban yang ringan walaupun berada di bagian dasar karena pada bagian ini motor servo yang digunakan hanya untuk memutar bagian *base* yang memiliki torsi yang tidak terlalu besar.

Pada bagian *shoulder* beban yang harus diangkat adalah 400 gram, sedangkan panjang lengan yang harus diangkat motor servo adalah 41 cm yang dihitung dari panjang *shoulder*, panjang *elbow*, dan panjang *end effector*.

IV. HASIL DAN ANALISA

Pada penelitian ini membahas tentang hasil pengujian dari Rancang Bangun Robot Lengan 4 DoF Berbasis *Graphical User Interface* (GUI), berikut merupakan data uji coba yang dilakukan serta langkah pembuatan GUI dan langkah percobaan dari robot lengan.

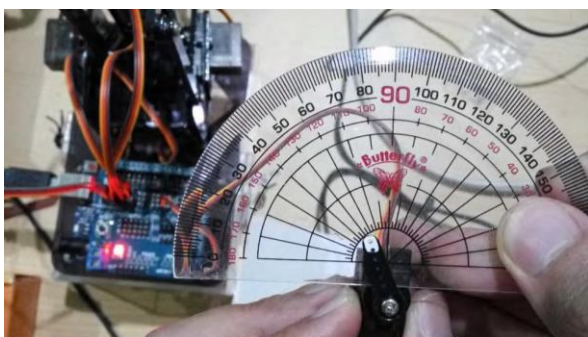
Untuk tampilan *Graphical User Interface* dilakukan perancangan menggunakan Microsoft Visual Studio 2019, dimana untuk melakukan perancangan GUI digunakan bahasa C#. Pada gambar 8 adalah merupakan tampilan pada *Graphical User Interface* yang telah dirancang, dimana dapat mengendalikan servo 1, servo 2, 3 dan 4. Pada gambar 4.1 juga terdapat tampilan pada port berapa yang telah terkoneksi antara komputer dan arduino. Untuk menghubungkan antara komputer dan arduino digunakan kabel USB tipe A, dan tidak menggunakan kabel *power*.



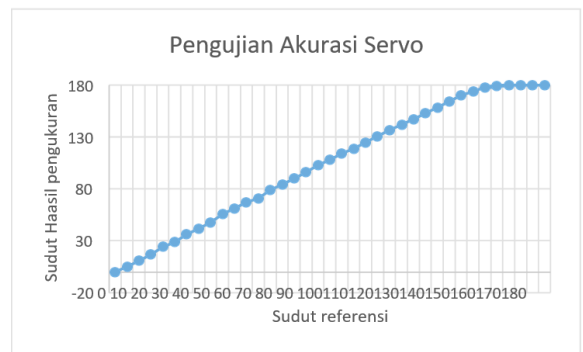
Gambar 8. Tampilan GUI

Nantinya, data dari *Graphical User Interface* inilah yang akan mengirimkan data agar bisa terkoneksi ke seluruh motor servo yang ada. Pada pengujian software ini langsung dilakukan ketika seluruh lengan robot telah lengkap. Pada saat USB Arduino Uno tersambung pada komputer, robot lengan akan langsung mengatur pada sudut *default* nya. Pada GUI terdapat tombol CONNECT dan tombol RESET. Kedua tombol ini memiliki fungsi yang berbeda, untuk tombol CONNECT berfungsi untuk menyambungkan antara Arduino Uno dengan Komputer, tombol RESET berfungsi untuk *me-reset* posisi robot yang telah di atur sudutnya. Pada GUI juga terdapat *menu SERIAL PORT*, ini berfungsi untuk mengetahui pada *serial* atau pada *port* berapakah Arduino Uno terhubung. Lalu, pada bagian kanan terdapat Axis 1, axis 2, axis 3, dan axis 4 yang berfungsi untuk menggeser sudut pada robot lengan.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja akurasi motor servo *TowerPro SG90 9 g Micro Servo*. Pengujian dilakukan secara manual dengan cara mengukur posisi sudut motor servo dengan menggunakan penggaris busur. Sudut servo diukur setiap setiap 5° dari sudut 0° sampai 180° sebagai data sampel untuk dianalisis. Percobaan pengukuran dilakukan sebanyak lima kali. Kemudian dicari rata-rata dari lima kali pengukuran tersebut.



Gambar 9. Pengukuran Sudut Menggunakan Busur



Gambar 10. Grafik Perbandingan Sudut Referensi dengan Sudut Hasil Pengukuran

Untuk menguji tingkat akurasi sebuah servo dapat diketahui dengan mencari nilai deviasi dan rasio eror dari data sudut hasil pengujian terhadap sudut referensi. Dengan nilai rasio eror dan standar deviasi sebesar itu servo memiliki tingkat akurasi yang buruk ditunjukkan dengan dengan nilai deviasi dan rasio eror yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan oleh banyak faktor seperti nilai akumulasi perhitungan pulsa, bentuk mekanik kurang tepat, pengaruh kualitas mekanik dan potensiometer yang kurang baik.

Untuk menghitung perhitungan *absolute error*, digunakan persamaan:

$$(\Delta x) = x_i - x \quad (1)$$

Dimana :

x_i = Sudut hasil pengukuran

x = Sudut referensi

Sehingga dapat di jabarkan pada tabel dibawah ini, untuk membuktikan seberapa jauh keakuratan dari motor servo ini, yang akan ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 2 Data Sudut *Absolute Error*

Sudut	Pengukuran	Referensi	Selisih
0°	0°	0°	0°
10°	10°	10°	0°
20°	20°	20°	0°
30°	40°	30°	10°
40°	40°	40°	0°
50°	60°	50°	10°
60°	70°	60°	10°
70°	70°	70°	0°
80°	80°	80°	0°
90°	100°	90°	10°
100°	110°	100°	10°
110°	110°	110°	0°
120°	140°	120°	20°
130°	140°	130°	10°
140°	150°	140°	10°
150°	170°	150°	20°
160°	180°	160°	20°
170°	180°	170°	10°
180°	180°	180°	0°
		Rata - Rata	7,36878°

Jumlah sudut error pada motor servo ini adalah sebesar 140°, dimana didapatkan rata – rata *error* nya sebesar 7,36878° dan persentasenya sebesar 13,262 %

Dengan rumus[12] :

$$MAE = 7,36878 \times 180 \times 100 \% = 13,262 \%$$

Untuk melakukan pengujian waktu tempuh pergerakan robot, dilakukan dengan cara menggeser *slider* pengendali kemudian meng-klik tombol kirim pada aplikasi setelah itu mengukur waktu tempuh yang diperlukan robot dari titik awal dan akhir posisi *end-effector* menggunakan *stopwatch* yang akan di tampilkan pada tabel 3

Tabel 3. Data Pengujian Waktu Tempuh Pergerakan Robot

Servo – n	Waktu Tempuh (0 – 180)	Waktu Tempuh (180 – 0)
Servo 1	1.17 Detik	1.23 Detik
Servo 2	1.71 Detik	2.22 Detik
Servo 3	2.18 Detik	2.51 Detik
Servo 4	2.57 Detik	1.84 Detik

Motor Servo dapat berkerja pada rentang 4VDC – 6VDC sesuai dengan spesifikasi motor tersebut. Dalam pengujian ini dapat diketahui arus yang mengalir pada motor servo dengan cara menghubungkan *probe* positif multimeter digital dengan pin masukan tegangan pada motor servo dan probe negatif dengan sumber tegangan. Pengujian dilakukan pada proses pengiriman data serial menggunakan alat ukur multimeter digital seperti yang ditampilkan pada tabel 4

Tabel 4 Data Pengujian Arus yang Mengalir pada Servo

	Servo 1	Servo 2	Servo 3	Servo 4
Arus minimal saat standby	0.19 A	0.19 A	0.19 A	0.19 A
Arus maksimal saat robot bergerak	0.64 A	1.14 A	1.28 A	0.63 A

Dari hasil pengukuran arus yang mengalir pada servo maka dapat diketahui daya saat robot *standby* dan saat robot beroperasi dengan rumus: [13]

$$P_{standby} = I.V = 0,19 \text{ A} \times 5 \text{ V} = 0,95 \text{ Watt}$$

$$P_{operasi} = I.V = 0,788 \text{ A} \times 5 \text{ V} = 3.94 \text{ Watt}$$

Pada komunikasi *interface* antara aplikasi program pengendali dengan mikrokontroler Arduino Uno terjadi proses pengiriman (Tx) dan penerima (Rx) data serial yang berupa data *byte*. Dalam pengujian ini dapat diketahui respon keluaran terhadap masukan yang diberikan pada sistem minimum dengan cara menghubungkan *probe* positif osiloskop dengan *pin* keluaran digital (PWM) dan *probe* negatif dengan *ground* pada mikrokontroler Arduino Uno.

Tabel 5. Data Pengujian Tegangan *Pin* Keluaran Mikrokontroler Arduino Uno

Derajat Pergeseran <i>slider</i>	Tegangan pada pin keluaran Arduino
0°	51,7 mV
10°	58,8 mV
20°	65,8 mV
30°	73,0 mV
40°	80,0 mV
50°	87,0 mV
60°	94,0 mV
70°	100,9 mV
80°	107,8 mV
90°	114,7 mV
100°	122,2 mV
110°	129,3 mV
120°	136,4 mV
130°	142,6 mV
140°	149,6 mV
150°	157,1 mV
160°	164,5 mV
170°	171,6 mV
180°	178,5 mV

Pengujian sudut pergerakan robot dilakukan dengan cara menggeser *slider* pengendali pada aplikasi kemudian mengukur sudut yang terbentuk dari titik awal dan akhir posisi *end-effector* menggunakan busur derajat

Tabel 6. Data Mengenai Rentang *Slider* Pengendali

<i>Slider</i> servo - n	Rentang Pergeseran
<i>Slider</i> Servo 1	0 – 180
<i>Slider</i> Servo 2	0 – 90
<i>Slider</i> Servo 3	0 – 90
<i>Slider</i> Servo 4	10 - 180

Tabel 7. Data Rentang Sudut *Slider* Pengendali dan Data *Byte*

<i>Slider</i> Pengendali	Data <i>byte</i>
0 - 127	0 - 127
128 - 180	-128 – (-76)

Sistem kendali robot lengan 4 DoF yang dibangun dalam proyek tugas akhir ini adalah sebuah program dengan GUI (*Graphical User Interface*) sebagai pengendali pergerakan robot secara keseluruhan.

Tabel 8. Hubungan Antara *Slider* Pengendali dan Letak Posisi Servo

<i>Slider servo - n</i>	<i>Servo - n</i>	Letak Posisi Servo
<i>Slider Servo 1</i>	Axis 1	<i>Base</i>
<i>Slider Servo 2</i>	Axis 2	Link 1
<i>Slider Servo 3</i>	Axis 3	Link 2
<i>Slider Servo 4</i>	Axis 4	<i>End-effector</i>

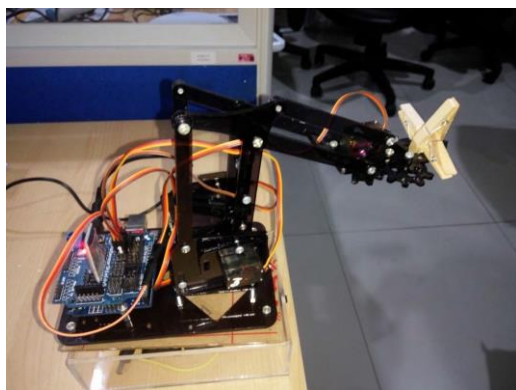
Slider Servo 1 sudah terkoneksi pada Axis 1 pada program, sehingga bisa menggerakkan bagian *base* dari robot lengan, hal ini yang dapat bergerak sebesar 180 derajat menyerupai bahu manusia.

Slider servo 2 terkoneksi dengan Axis 2 pada GUI dimana itu bisa langsung menggerakkan Siku pada Robot lengan ini, begitu juga dengan Axis 3 dan 4.

Berbeda dengan Axis 3, Axis 4 bergesak sebesar 10 – 180 derajat yang berfungsi untuk menggerakkan capitan atau *end effector* dari lengan robot ini.

Masih terdapat beberapa kendala pada pergerakan robot lengan ini, diantaranya bahannya yang kurang kuat dan gampang goyang. Selain itu, faktor pemilihan suku cadang juga sangat berpengaruh, penulis mendapatkan Servo yang kurang baik, dimana servo tersebut mudah sekali rusak.

Pengujian pengangkatan beban bertujuan untuk mengetahui kemampuan lengan robot dalam mengangkat beban menggunakan *Graphical User Interface*. Pengujian dilakukan dengan mengendalikan lengan robot dengan menggunakan *Graphical User Interface* untuk mengangkat beban yang telah ditentukan beratnya



Gambar 11. Pengujian Angkat Beban Pada Robot Lengan

Tabel 9. Data Hasil Pengujian Angkat Beban

Test Point	Beban (gram)	Robot lengan
1	5	Mampu
2	10,5	Mampu
3	15,8	Mampu
4	22	Mampu
5	28	Kurang Mampu
6	35	Kurang Mampu
7	38	Kurang Mampu
8	50	Tidak Mampu

V. KESIMPULAN

Berdasarkan percobaan dan penelitian yang telah dilakukan maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Beban maksimal yang dapat di angkat oleh robot lengan ini adalah 22 Gram, dikarenakan bahan dari robot lengan tidak terlalu kuat dan sedikit rapuh.
2. Robot dalam keadaan *standby* hanya membutuhkan daya sebesar 0.95 Watt dan saat beroperasi membutuhkan daya sebesar 3.94 Watt.
3. Servo yang digunakan pada penelitian ini memiliki tingkat akurasi yang buruk dengan tingkat deviasi rata rata mencapai 7,368 derajat dan rasio error rata rata sebesar 13%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih diucapkan terhadap pihak-pihak yang membantu terselesaikannya penelitian ini serta ucapan terima kasih terhadap tim editorial Jurnal Teknologi Elektro atas dipublikasikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA.

- [1] A. Saifuddin, S. Sumardi, and D. Darjat, "Perancangan Sistem Kendali Pergerakan Arm Manipulator Berbasis Sensor Inertial Measurement Unit (IMU) Dan Sensor Flex," *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 6, no. 3, pp. 424-431, Nov. 2017. <https://doi.org/10.14710/transient.6.3.424-431>
- [2] S. Hameed, M. Ahson Khan, B. Kumar, Z. Arain, and M. ul Hasan, "Gesture Controlled Robotic Arm Using Leap Motion," *Indian Journal of Science and Technology*, vol. 10, no. 45, pp. 1-7, Dec. 2017, doi: 10.17485/ijst/2017/v10i45/120630.
- [3] J. B. Ramgire and S. M. Jagdale, "Speech control pick and place robotic arm with flexiforce sensor," *2016 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*, 2016, pp. 1-5, doi: 10.1109/INVENTIVE.2016.7824893.
- [4] T. Fegade, Y. Kurle, S. Nikale and P. Kalpund, "Wireless gesture controlled Semi-Humanoid Robot," *2016 International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering (ICRAIE)*, 2016, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICRAIE.2016.7939511.
- [5] A. Nuansa, Implementasi Robot Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Politeknik Negeri Batam*, Batam, Indonesia, 2017
- [6] R. Yenorkar and U. M. Chaskar, "GUI Based Pick and Place Robotic Arm for Multipurpose Industrial Applications," *2018 Second International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)*, 2018, pp. 200-203, doi: 10.1109/ICCONS.2018.8663079..
- [7] K. A. Perbowo, Lengan Robot Bermain Keyboard Menggunakan Lima Jari Dalam Satu Oktaf Nada Mayor Dengan Kendali Keypad. *Undergraduate Program, B. Eng Thesis, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta*, 2017
- [8] B. Utomo, N. Y. Dwi Setyaningsih, and M. Iqbal, "Kendali Robot Lengan 4 DoF Berbasis Arduino Uno Dan Sensor MPU-6050," *Simetris: Jurnal*

- Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, vol. 11, no. 1, pp. 89–96, Apr. 2020, doi: 10.24176/simet.v11i1.3699.
- [9] Y. Pititeeraphab, P. Choitkunnan, N. Thongpance, K. Kullathum and C. Pintavirooj, "Robot-arm control system using LEAP motion controller," *2016 International Conference on Biomedical Engineering (BME-HUST)*, 2016, pp. 109-112, doi: 10.1109/BME-HUST.2016.7782091.
- [10] J. Andika and K. S. Salamah, "Analisis Kinematik Pada Robot Hexapod," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 9, no. 2, 2018, doi: 10.22441/jte.v9i2.4072.
- [11] I. M. Sidiq, E. Ihsanto, and Y. Yuliza, "Rancang Bangun Sistem Navigasi Robot Hexapod 3 DOF di Ruang Labirin Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno Berbasis Arduino," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 11, no. 3, p. 133, Oct. 2020, doi: 10.22441/jte.2020.v11i3.004.
- [12] R. Chandra, "Perancangan Lengan Robot Dengan Micro Servo Berbasis Arduino Uno" *Jurnal Teknik Elektro Surabaya*, 2017.
- [13] Cesar, David (2017). Pengembangan Lengan Robot Menggunakan Sistem Pneumatic untuk Mengambil Data. (Jurnal Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, Indonesia)