

Rancang Bangun Arm Robot Sebagai Pemindah Tabung Reaksi Sampel PCR pada *Prototype Liquid Handling System*

Rizky Marwinsyah¹, Ferly Isnomo Abdi^{2*}, Arya Mahendra Sakti³, Dyah Riandadari⁴

^{1,2,3,4}Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia 60231

E-mail: *ferlyabdi@unesa.ac.id

Abstrak: Perkembangan teknologi di bidang medis telah mengarah pada penggunaan robot untuk membantu dan memudahkan pekerjaan tenaga medis dalam proses pengujian laboratorium, seperti pengujian sampel PCR. Pengujian PCR adalah salah satu metode pengujian COVID-19 yang paling akurat dengan menggunakan sampel lendir hidung atau tenggorokan. Saat ini pengujian sampel PCR masih dilakukan secara manual yang rawan terkontaminasi oleh tangan manusia. Robot lengan merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan benda yang digunakan pada berbagai industri. Dalam hal ini, lengan robot digunakan pada industri medis untuk memindahkan tabung reaksi sampel PCR agar mencegah tingkat kontaminasi sampel PCR, mengingat tingginya risiko kontaminasi pada pengujian sampel PCR. Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan untuk merancang bangun robot lengan, pemrograman gerakan lengan robot, dan menguji kemampuannya mengambil tabung reaksi sampel PCR dari *prototype liquid handling system* dan meletakan ke rak yang telah disediakan. Berdasarkan hasil uji fungsi robot lengan pada *prototype liquid handling system*, waktu yang diperlukan untuk memindahkan tabung reaksi bergantung pada jarak pemindahannya. Waktu rata-rata dari titik A ke titik 1 adalah 21,91 detik, dari titik B ke titik 2 adalah 25,08 detik, dan dari titik C ke titik 3 adalah 25,73 detik. Disimpulkan bahwa lengan robot yang dirancang dapat menjadi solusi dalam proses pemindahan tabung PCR untuk mengurangi resiko kontaminasi yang terjadi.

Kata kunci: covid-19, *prototype liquid handling system*, robot lengan.

Abstract: Technological developments in the medical field have led to the use of robots to assist and facilitate the work of medical personnel in laboratory testing processes, such as testing PCR samples. PCR testing is one of the most accurate methods of testing for COVID-19 using a nasal or throat mucus sample. Currently testing PCR samples is still done manually which is prone to contamination by human hands. Arm robot is a tool used to move objects used in various industries. In this case, robotic arms are used in the medical industry to move PCR sample test tubes to prevent PCR sample contamination levels, given the high risk of contamination in PCR sample testing. This study uses research and development methods to design a robotic arm, program the robot arm's movements, and test its ability to take PCR sample test tubes from a liquid handling system prototype and place them on the rack provided. Based on the results of the arm robot function test on the liquid handling system prototype, the time required to move the test tube depends on the distance it is moved. The average time from point A to point 1 is 21.91 seconds, from point B to point 2 is 25.08 seconds, and from point C to point 3 is 25.73 seconds. It was concluded that the designed robotic arm could be a solution in the process of moving PCR tubes to reduce the risk of contamination occurring.

Keywords: arm robot, covid-19, liquid handling system, PCR.

© 2023, JRM (Jurnal Rekayasa Mesin) dipublikasikan oleh ejournal Teknik Mesin Fakultas Vokasi UNESA.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dari berbagai industri saat ini meningkat dengan pesat. Tetapi belum sepenuhnya teknologi dapat ter-implementasikan. Terbukti dari adanya virus covid-19 (*Corona Virus Disease*). Karena virus covid-19, pada 16 Maret 2020 ada 164.837 laporan kasus dan 6.470 kematian dikonfirmasi di seluruh dunia (Ferguson, 2020). Dan tes yang dilakukan untuk mengetahui keberadaan virus masih dilakukan secara manual dan belum memanfaatkan teknologi untuk membantu tenaga medis dalam melakukan analisis pemeriksaan laboratorium yaitu tes PCR.

Tes PCR (*Polimerase Chain Reaction*) adalah tes yang dilakukan untuk mendeteksi virus dalam *Deoxyribonucleic Acid* (DNA) atau *Ribonucleic Acid*

(RNA). Keberadaan DNA dan RNA akan dideteksi melalui teknik amplifikasi atau perbanyakan. Jenis pemeriksaan ini menggunakan sampel dari lendir hidung atau tenggorokan. Karena lendir hidung atau tenggorokan menjadi tempat virus akan menggandakan dirinya. Metode tes PCR dianggap sebagai 'standar emas' untuk mendeteksi beberapa virus dan ditandai dengan deteksi cepat, sensitivitas tinggi, dan spesifisitas, (Tahamant, 2020).

Meski hasil tes PCR memiliki keakuratan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tes untuk mengetahui keberadaan virus covid-19 yang lain, tes PCR tetaplah bisa terjadi kesalahan. Ini dikarenakan adanya kesalahan teknis, seperti skill petugas pelaksana tes PCR, adanya kesalahan prosedur pada saat tes, waktu pengambilan tes

yang terlalu cepat, hasil tes yang sudah terkontaminasi sehingga hasilnya menjadi palsu.

Dari permasalahan yang terjadi karena covid-19 adalah kasus yang baru terjadi dan belum banyak penanganan untuk alat yang dapat membantu tenaga medis, penelitian ini memikirkan solusi yang dapat membantu tenaga medis saat melakukan analisis tes PCR dengan memanfaatkan teknologi yang ada. Seiring kemajuan teknologi yang dapat membantu dalam hal ketelitian, keefisienan, dan keakuratan sehingga dapat mengurangi tingkat kesalahan dalam tes yang dilakukan disebabkan oleh manusia yaitu sebuah *arm robot* sebagai pemindah tabung reaksi PCR pada *prototype liquid handling system*.

DASAR TEORI

Arm Robot

Robot adalah sebuah manipulator yang dapat di program untuk memindahkan alat (Gonzales, 1987). Sedangkan robot lengan atau *arm robot* adalah salah satu jenis robot yang dapat melakukan berbagai macam tugas melalui gerakan lengannya (Kurniawan, C., 2019). *Arm robot* atau robot lengan merupakan robot lengan mekanik yang kemudian diprogram dengan fungsi yang bisa melakukan berbagai macam tugas melalui gerak lengannya seperti lengan manusia. *Arm robot* dapat dioperasikan secara manual atau otomatis. *Arm Robot* secara umum terdiri dari tiga bagian yaitu struktur mekanik (manipulator), penggerak, dan sistem kontrol. Lengan robot mempunyai dua lengan dan pergelangan. Di ujung pergelangan bisa dipasang berbagai *tool* sesuai dengan fungsi dari alat yang akan dibuat.

Arm robot memiliki *Degree of Freedom* (DOF) tergantung pada kebutuhan yang diinginkan atau dibutuhkan. DOF dalam robot lengan adalah jumlah gerakan tertentu yang dapat dilakukan oleh robot lengan. Derajat kebebasan (DOF) berarti jumlah ruang lingkup yang tersedia untuk pergerakan robot. Jumlah DOF bervariasi antara robot yang berbeda, tergantung pada jumlah joint yang ada di robot. Pada robot lengan biasanya terdapat 4 DOF, yaitu: 1. Gerakan rotasi (suatu gerakan melalui sumbu yang melalui titik pusat lengan robot seperti badan robot yang dapat bergerak ke kanan atau ke kiri). 2. Gerakan translasi (gerakan maju dan mundur lengan). 3. Gerakan flexi (gerakan ke atas dan ke bawah lengan). 4. Gerakan ujung pergelangan (*gripper* / penjepit).



Gambar 1. Prototype Liquid handling system.

Motor Servo

Servo motor adalah perangkat elektromekanik yang mengubah sinyal kontrol menjadi satu cara untuk mengatur secara akurat posisi, kecepatan, waktu *respons*, dan sumber daya sistem mekanik. *Motor servo* bisa digunakan untuk berbagai macam pengaplikasian seperti robotik, otomasi, dan mekanik. *Motor servo* ini menggunakan sinyal PWM (*Pulse-width modulation*) untuk mengendalikan posisi *output* nya. *Motor servo* mempunyai daya yang relatif lemah serta mempunyai sensitivitas yang tinggi, sehingga memungkinkan merespon perintah sinyal kontrol dengan cepat.

Motor servo SG90 didukung oleh sistem operasi STM32 dan memiliki kecepatan tinggi, kestabilan, dan akurasi yang tinggi. Dalam hal kecepatan, *motor servo* SG90 menawarkan kecepatan tinggi hingga 0,2 detik per putaran. *Motor servo* SG90 juga dapat menghasilkan torsi hingga 1,8 kg/cm. *Motor servo* ini juga dapat menangani beban hingga 1,5 Kg. *Motor servo* SG90 memiliki kemampuan yang sangat baik untuk memindahkan beban secara akurat. *Motor servo* SG90 juga dapat dioperasikan dari 4,8 V hingga 6 V. *Motor servo* SG90 juga bisa berputar hingga 180 derajat. *Motor servo* SG90 telah menjadi pilihan populer untuk berbagai proyek robotik, karena kemampuannya untuk menghasilkan torsi dan akurasi yang tinggi.

Motor servo MG996R memiliki fungsi yang hampir sama dengan *motor servo* SG90. Dimana biasa digunakan pada robotik, otomasi, dan mekanik. menggunakan sinyal PWM (*Pulse-width modulation*) untuk mengendalikan posisi *output* nya. *Motor servo* MG996R memiliki torsi lebih tinggi sekitar 10 kg/cm. Memiliki kecepatan dimana tanpa beban 0.2 detik/60° (pada tegangan 4,8V) dan 0.16 detik/60° (pada tegangan 6V). *motor servo* MG996R juga dapat memindahkan beban secara akurat.



Gambar 2. Motor Servo

Mikrokontroler Arduino

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel (Santoso, 2012). Hal ini dapat diartikan *mikrokontroler arduino* adalah papan rangkaian elektronik pengendali mikro yang bersifat *open source* yang dirancang untuk memudahkan pembuatan proyek elektronik. *Arduino* meliputi pemrograman, pembuatan perangkat keras, dan berbagai sensor untuk mengontrol berbagai perangkat. *Arduino* dirancang untuk membuat dan mengembangkan berbagai macam proyek-proyek elektronik. *Arduino* dapat digunakan untuk banyak hal,

seperti pembuatan robot sampai pembuatan perangkat kontrol. Perangkat keras memiliki prosesor Atmel AVR dan *software* memiliki bahasa pemrograman sendiri. *Mikrokontroler arduino* menggunakan keluarga ATmega yang dirilis oleh Atmel.

Programmer dapat menggunakan *Arduino IDE* untuk menulis, menguji, dan mengunggah kode ke *mikrokontroler Arduino* melalui port USB. *Arduino* diciptakan untuk pemula bahkan untuk yang tidak memiliki *basic* bahasa pemrograman sama sekali, karena menggunakan bahasa yang telah mudah melalui *Library* (Sulaiman, 2012).



Gambar 3. Arduino Uno

Gaya Pegas

Gaya pegas adalah gaya dari hasil sifat elastisitas suatu objek dimana objek tersebut berusaha mempertahankan posisi aslinya. Gaya pegas yang terjadi akibat sifat elastisitas ditemukan oleh ilmuwan asal Inggris yang bernama Robert Hooke pada tahun 1660. Gaya pegas dinyatakan dalam hukum hooke bahwa pada daerah elastis suatu benda, besarnya pertambahan panjang sebanding dengan gaya yang bekerja pada benda itu (Maria Ulfa, 2022). Dalam konteks hukum Hooke, konstanta pegas (k) menggambarkan tingkat kekerasan atau seberapa kaku suatu pegas dalam merespons gaya yang diberikan. Adapun persamaan dari hukum Hooke dapat dituliskan seperti berikut dengan persamaan 1 berdasarkan buku *Lectures de Potentia Restitutiva* pada tahun 1678.

$$F = k \cdot \Delta x \quad (1)$$

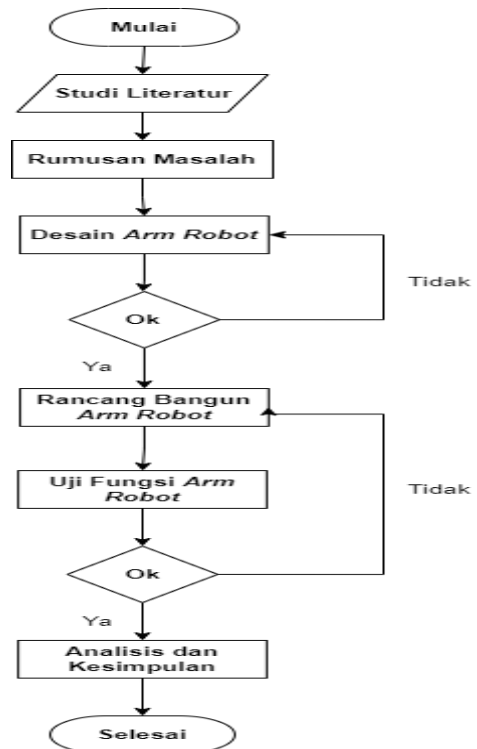
dimana, F merupakan Gaya (N), k merupakan konstanta pegas (N/m) dan Δx adalah perubahan panjang dari pegas.

METODE

Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah pengembangan. Penelitian pengembangan adalah suatu proses yang meliputi perencanaan, pengumpulan data, analisis data, desain, implementasi, dan evaluasi. Tujuannya adalah untuk mengembangkan produk, sistem, atau layanan agar lebih baik, sesuai dengan kebutuhan yang ada. Proses pengembangan ini melibatkan banyak pihak seperti peneliti, ahli, pengguna, dan pemangku kepentingan lainnya. Proses ini bertujuan untuk menciptakan solusi yang tepat untuk masalah yang ada. Dalam proses ini, peneliti akan menggunakan metode yang berbeda untuk memahami masalah dan mencari

solusi yang tepat dengan metode analisis data deskriptif. Metode analisis data deskriptif yaitu Metode yang berfokus untuk mengidentifikasi data dan mengeksplorasi dari masalah yang ada di penelitian ini, dimana penelitian dilakukan dengan melakukan riset yang bertujuan mendapatkan informasi yang dikembangkan.

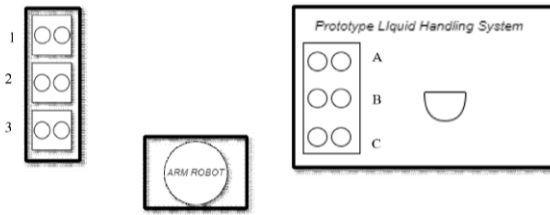


Gambar 4. Diagram alir Secara Umum

Prosedur Penelitian

Adapun prosedur dalam penelitian ini adalah:

1. Menentukan topik untuk penelitian yang akan dibuat;
2. Melakukan riset terhadap masalah yang terjadi dari penelitian yang akan dibuat;
3. Membuat konsep rancangan dan desain alat *Arm Robot*;
4. Menentukan bahan material yang akan digunakan dalam pembuatan alat penelitian;
5. Menentukan komponen *hardware* yang akan digunakan dan *software* sebagai pemogram;
6. Pemasangan komponen *hardware* dari yang telah direncanakan;
7. Pemograman komponen *hardware* menggunakan *software Arduino IDE*;
8. Melakukan uji coba dari *arm robot* yang sudah dibuat;
9. Membuat kesimpulan dari alat penelitian yang telah dibuat
10. Mengolah data yang didapatkan dari hasil pengujian berupa waktu yang diperoleh pada alat *Arm Robot* pada *prototype liquid handling system*



Gambar 5. Skema Uji Fungsi Gerak

Keterangan pada Gambar 5 sebagai berikut:

1. *Arm robot* bergerak ke kanan (Titik A / B / C) mengambil tabung reaksi yang sudah diproses ekstraksi di rak *prototype liquid handling system*;
2. Setelah tabung reaksi diambil *arm robot* bergerak ke kiri (di titik 1 / 2 / 3), ke rak yang telah disediakan;
3. Tabung reaksi diletakan ke rak yang sudah disediakan tersebut agar meminimalisir hasil *invalid* tes PCR dan tenaga medis lebih mudah mengambil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Umum

Setelah dilakukannya merancang bangun alat *prototype arm robot* dari merakit tiap bagian dari arm robot, pemasangan motor *servo* MG996R dan SG90 ke bagian-bagian arm robot, melakukan instalasi kelistrikan, kemudian melakukan perhitungan gaya cengkram, selanjutnya proses dari menentukan titik arm robot, menentukan titik tempat rak tabung sampel PCR, pemrograman motor MG996R dan SG90 dengan aplikasi *Arduino IDE*, setelah itu dilakukan uji fungsi untuk menganalisis hasil pergerakan dari *arm robot*, uji coba perpindahan tabung reaksi sampel PCR. Setelah semua proses dilakukan selanjutnya proses uji fungsi alat *prototype arm robot* tersebut seperti pergerakan dari titik satu ke titik lainnya.

Perakitan Arm Robot

Langkah pertama dalam perakitan *arm robot* adalah mempersiapkan bahan yang sudah disiapkan yaitu *3d printing* yang sudah dicetak, mempersiapkan semua komponen dan alat yang dibutuhkan. Ini termasuk motor *servo* MG996R, motor *servo* SG90, *power supply* 5 volt, *Arduino uno*, kabel *jumper*, *breadboard* dan peralatan yang dibutuhkan untuk merakit. langkah selanjutnya adalah pemasangan part dan komponen ke *arm robot*. *Software* yang dibutuhkan untuk memprogram motor *servo* dari *Arduino uno*.

- a. Pemasangan motor *servo* MG996R pada *base arm robot*



Gambar 6. Base Arm Robot

- b. Pemasangan motor *servo* MG996R pada link bawah yang di *assembly* dengan *base*



Gambar 7. Assembly link bawah dan base

- c. Pemasangan motor *servo* MG996R pada *link* atas yang di *assembly* dengan *base* dan *link* bawah



Gambar 8. Assembly link atas dengan base dan link atas

- d. Tahapan *Assembly Arm robot*

Komponen yang dibutuhkan pada *arm robot* diantaranya 3 motor *servo* MG996R (untuk bagian *base*, *link arm robot* bawah, dan *link arm robot* atas) dan 1 motor *servo* SG90 (untuk bagian *finger*), *Arduino uno*, kabel penghubung atau kabel *jumper*. peralatan yang dibutuhkan yaitu obeng. setelah semua komponen dan peralatan telah disiapkan, langkah selanjutnya adalah memasang motor *servo* sesuai bagian bagian masing.

Perhitungan Rancang Bangun Alat

- Perhitungan Gaya Cengkram *Finger Arm robot* menggunakan persamaan (1) :

$$F = k \cdot \Delta x \quad (1)$$

Diketahui :

- $k = 94,73 \text{ N/m}$
- $\Delta x_1 = 0,006 \text{ m}$
- $\Delta x_2 = 0,008 \text{ m}$
- $\Delta x_3 = 0,007 \text{ m}$

Percobaan pertama,

$$F_1 = k \cdot \Delta x_1$$

$$F_1 = 94,73 \times 0,006$$

$$F_1 = 0,57 \text{ N}$$

Percobaan kedua,

$$F_2 = k \cdot \Delta x_2$$

$$F_2 = 94,73 \times 0,008$$

$$F_2 = 0,76 \text{ N}$$

Percobaan ketiga,

$$F_3 = k \cdot \Delta x_3$$

$$F_3 = 94,73 \times 0,007$$

$$F_3 = 0,66 \text{ N}$$

dimana F = besar gaya yang diberikan (N), k = nilai konstanta pegas (N/m), Δx = perubahan panjang pegas (m). Pada percobaan yang telah dilakukan sebanyak 3x dengan perubahan panjang pegas (Δx) yang berbeda di setiap percobaannya telah didapatkan hasil gaya cengkram pada setiap percobaannya. Kemudian untuk mengetahui nilai gaya cengkram, didapatkan dengan rata-rata dari percobaan yang telah dilakukan diatas

$$F = \frac{F_1 + F_2 + F_3}{3} F = \frac{0,57 + 0,76 + 0,66}{3} F = 0,66 \text{ N}$$

Berdasarkan uji coba yang telah dilakukan untuk mengetahui gaya cengkram pada *finger arm robot* didapatkan hasil rata-rata yaitu $F = 0,66 \text{ N}$.

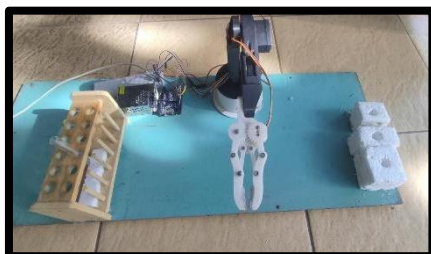
Proses Uji Fungsi



Gambar 9. Diagram Blok Uji Fungsi

a. Mapping titik *arm robot* dan tabung reaksi

Dalam penelitian ini *arm robot* di posisikan di tengah-tengah rak antara rak *prototype liquid handling system* dan rak untuk tabung reaksi sampe PCR yang sudah di proses ekstraksi. Selanjutnya penempatan rak untuk tabung reaksinya. Rak tabung reaksi pada saat proses ekstraksi pada *prototype liquid handling system* berada di sebelah kanan dari *arm robot*. Untuk tabung reaksi sampel PCR yang sudah diproses, di taruh di rak yang berada di sebelah kiri dari *arm robot*.

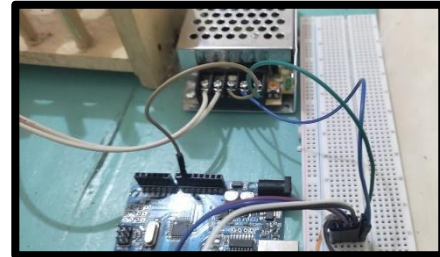


Gambar 10. Diagram Blok Uji Fungsi

b. Instalasi Rangkaian Kelistrikan *Arm robot*

Setelah dilakukan penempatan untuk *arm robot* dan rak tabungnya, selanjutnya memasang rangkaian kelistrikan pada *arm robot*. Seperti pemasangan rangkain kelistrikan *power supplay* 5volt dengan motor

servo pada *arm robot*. *Power supplay* 5 volt disambungkan dengan positif dan negative dari motor *servo* secara paralel dengan kabel *jumper* ke *breadboard*. Kabel coklat *ground* pada *power supplay* disambungkan ke pin *ground* *Arduino* uno. Kemudian rangkaian kabel kuning sinyal dari motor *servo* disambungkan dengan pin sinyal *pulse width modulation* (PWM) yang tersedia pada *Arduino* Uno (ke pin 3,9,10,11).



Gambar 11. Diagram Blok Uji Fungsi

Tabel 1.

Hasil uji fungsi pemindahan tabung reaksi

No	Percobaan	Waktu (detik)
1	Uji Pertama	21,91
2	Uji Kedua	25,08
3	Uji Ketiga	25,73

c. Pemrograman Motor *Servo*

Jika rangkaian kelistrikan sudah dipasang dengan benar, setelahnya adalah pemrograman *Arduino* uno untuk motor *servo* MG996R dan SG90 menggunakan *software* atau aplikasi *Arduino* ide. Sebelumnya telah diketahui jarak dan derajat dari rak tabung pada *prototype liquid handling system* dengan rak untuk tabung reaksi sampel PCR yang sudah diproses, dari mapping *arm robot* dengan rak tabungnya yang telah dilakukan. Kemudian melakukan pemograman yaitu derajat pada motor *servo* untuk pergerakan dari satu titik ke titik yang lain seperti dari titik A ke titik 1, dari titik B ke titik 2, dan dari titik C ke titik 3.

Hasil Uji Fungsi Pemindahan Tabung Reaksi PCR

Berdasarkan uji coba fungsi sesuai pada Tabel I pergerakan *arm robot* untuk pemindahan tabung reaksi sampel PCR waktu yang didapatkan dari setiap uji coba memiliki waktu rata-rata yang berbeda, dari Titik A ke titik 1 mendapatkan waktu rata-rata 21,91 detik, dari titik B ke titik 2 mendapatkan waktu rata-rata 25,08 detik, dari titik C ke titik 3 mendapatkan waktu rata-rata 25,73 dapat disimpulkan bahwa jarak untuk pemindahan tabung reaksi juga berpengaruh dalam waktu yang dibutuhkan.

SIMPULAN

Dari hasil pembahasan yang telah dilakukan dapat ditarik simpulan:

1. Alat *prototype arm robot* untuk pemindah tabung reaksi pada *prototype liquid handling system* menggunakan 2 tipe motor *servo* sebagai

penggerak *arm robot*, yaitu motor *servo* MG996R sebagai penggerak badan dan lengan *arm robot*, dan motor *servo* SG90 sebagai penggerak dari *finger arm robot* yang memiliki nilai gaya cengkram yang telah dihitung sebesar 0,66 N.

2. Berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan untuk pemindahan tabung reaksi dengan jarak yang berbeda, didapatkan hasil waktu rata-rata yang berbeda pada setiap perpindahan dari satu titik ke titik lain tergantung dengan jaraknya. Untuk memindahkan tabung reaksi pada titik A ke titik 1 didapatkan waktu rata-rata yaitu 21,91 detik, untuk titik B ke titik 2 didapatkan waktu rata-rata 25,08 detik, dan titik C ke titik 3 didapatkan waktu rata-rata 25,73 detik. *Arm robot* menggunakan motor *servo* yang bisa berputar dari 0 derajat sampai 180 derajat. Ukuran tiap bagian *arm robot* mempengaruhi akan jangkauan dari *arm robot* (mulai dari ukuran *base*, *link arm robot* bawah, *link arm robot* atas, dan *finger*).

REFERENSI

1. Ferguson, N. M., et al. *Impact of Non-Pharmaceutical Interventions (NPIs) to Reduce COVID-19 Mortality and Healthcare Demand*. Imperial College COVID-19 Response Team. 2020
2. Gonzalez, R. C. *Robot: A manipulator programmable in three or more axes*. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 1987; 4(2), 99-112.
3. Kurniawan, C. *Arm robot*. 2019; ebook] InTech.
4. Santosa, F. *Arduino: Mengenal dan Memahami Komponen Elektronik*. Yogyakarta: Andi. 2012;
5. Sulaiman, F. *Arduino: Pemrograman & Elektronik untuk Pemula*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo. 2012;
6. Tahamtan, A., & Ardebili, A. *Real-time RT-PCR in COVID-19 detection: Issues affecting the results*. 2020;
7. Ulfa, Maria. "Gaya Pegas dalam Hukum Hooke: Pertambahan Panjang dan Keterkaitannya dengan Gaya yang Bekerja pada Benda." 2022; Jurnal Fisika Terapan, Vol. 10, No. 2, hal. 45-62.