
ROBOT LENGAN HUMANOID SEBAGAI ALTERNATIF PEMINDAH GELAS KIMIA

Novian Fajar Satria¹, Ilham Putra Prasetyo Sunardi²

^{1,2}Politeknik Elektronika Negeri Surabaya; JL. Raya ITS, Kampus PENS, Sukolilo, Surabaya,
telp/fax :+62-31-5947280/+62-315946114

^{1,2}Program Studi Mekanika, Departemen Teknik Mekanika dan Energi, Surabaya
e-mail: ¹ovinnmeka@pens.ac.id, ²ilhamputra5512@gmail.com

Abstrak

Perkembangan robot memberikan kemudahan pada manusia dalam pengendalian robot. Bahkan, robot dapat membantu manusia dalam meringankan pekerjaan dan menyelamatkan dari pekerjaan yang berbahaya. Berbahayanya pekerjaan tersebut dikarenakan manusia tidak dapat terlepas dari kelalaian (human error). Seperti di laboratorium sedikit kelalaian saja dapat menyebabkan tertularnya berbagai macam penyakit seperti AIDS, hepatitis B, hepatitis C, herpes, malaria, dan tuberkulosis. Oleh karena itu, artikel ilmiah ini mengusulkan pembuatan robot lengan humanoid sebagai alternatif memindah gelas kimia. Perancangan robot lengan humanoid dibagi atas 3 bagian yaitu mekanik, hardware, dan software. Mekanik terdiri dari bagian tangan robot (jari-jari tangan robot), lengan robot, bahu robot, dan base robot yang menggunakan bahan plastik dengan 3D print. Bagian hardware robot tangan humanoid ini berbasis mikrokontroler dengan menggunakan Arduino Nano. Jari-jari robot yang ditarik oleh micro servo dikendalikan oleh flex sensor 4.5inch dengan memanfaatkan resistivitas dari flex sensor tersebut. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil yang baik, dengan nilai flex sensor dapat berubah tiap 1° tekukan yang berbanding lurus dengan sudut servo. Berdasarkan feedback flex sensor pada sarung tangan dan jari-jari robot, diketahui error pada ibu jari sebesar 0,01357, pada jari telunjuk sebesar 0,01065, pada jari tengah sebesar 0,00956, pada jari manis sebesar 0,00893, dan pada jari kelingking sebesar 0,01193. Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini yaitu robot lengan humanoid dapat digunakan sebagai pelindung manusia dari kelalaian pada laboratorium dengan baik.

Kata kunci—Robot Lengan Humanoid, Arduino, Flex Sensor.

Abstract

Robot can help humans to do their job easier and save them from dangerous work. The work is dangerous because humans sometimes do mistakes. In the laboratory, a little carelessness can cause the transmission of various catastrophic diseases such as AIDS, hepatitis B, hepatitis C, herpes, malaria, and tuberculosis. Therefore, in this paper, we propose a humanoid robot arms as an alternative to move chemical beakers. The design of the robot is divided into 3 parts namely mechanical, hardware, and software. The mechanics consist of parts of the robot's fingers, the robot's arm, the robot's shoulder, and the robot's base that uses plastic material with 3D print. The hardware of the robot is based on a microcontroller using Arduino Nano. The finger of the robot pulled by the micro servo that is controlled by a 4.5-inch flex sensor by utilizing the resistivity of the flex sensor. Based on the results of tests that have been carried out obtained good results, with the value of the flex sensor can change every 1° bend not proportional to the servo angle. Based on the flex sensor feedback on the glove and

robot's fingers, we know that the error in the thumb is 0.01357, on the index finger is 0.01065, on the middle finger is 0.00956, on the ring finger is 0.00893, and on the finger pinkie of 0.01193. The conclusion obtained from this study is that the humanoid robot arm can protect us from accident caused by human error in the laboratory.

Keywords—*Humanoid Hand Robot, Arduino, Flex Sensor*

1. PENDAHULUAN

Saat ini, robot sangat berperan untuk meringankan pekerjaan manusia. Bahkan robot dapat menyelamatkan manusia dari pekerjaan berbahaya dengan menggantikan pekerjaan manusia tersebut. Dari sekian banyak pekerjaan yang ada, manusia tidak dapat terlepas dari kelalaian dalam melakukan pekerjaannya sehingga menyebabkan kecelakaan kerja. Laporan *National Safety Council* (NSC) tahun 1988 menunjukkan bahwa terjadinya kecelakaan di Rumah Sakit 41% lebih besar dari pekerjaan di industri lain (Putri, 2017). Berdasarkan survei pada kurun waktu 2013-2015 di Rumah Sakit Daerah dr. H. Soemarno Sosroatmodjo, tercatat beberapa kasus kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja yang sering dialami analis medis di bagian tertusuk jarum suntik dan tergores pecahan botol kimia (Ramdan, 2017).

Robot lengan sudah menjadi alat bantu manusia untuk melakukan pekerjaan yang berbahaya dan tidak mungkin dilakukan oleh manusia (Santoso, 2010). Dari sisi ekonomi industri, penggunaan robot dapat menghasilkan keuntungan seperti penghematan tenaga kerja, peningkatan kualitas produk, pengurangan biaya material dan peningkatan hasil keseluruhan (Muslimin, 2014). Secara umum robot lengan terdiri dari *base*, *link* atau *series*, dan *end effectors* (Hussein, 2014). Umumnya *end effectors* berupa *gripper* atau bisa disebut capit yang merupakan bagian akhir dari lengan robot dan *base* merupakan bagian pertama dari lengan robot (Hussein, 2014, Li, 2016). Namun, terdapat robot lengan dengan *end effectors* berupa jari-jari seperti jari manusia. Robot lengan berjari merupakan robot yang dapat membantu setiap kebutuhan manusia, dengan cara memeragakan setiap pergerakan jari-jari manusia (Muslimin, 2014). Umumnya robot lengan dikontrol menggunakan *remote* dengan program yang sudah dirancang sesuai dengan kebutuhan robot lengan saat itu. Namun, pengendalian robot lengan dengan kontrol *remote* membutuhkan keahlian khusus yang tidak bisa dilakukan oleh semua orang.

Pembuatan robot lengan berjari memerlukan 5 buah motor servo untuk menggerakkan jari-jari robot lengan. Untuk mengontrol 5 buah motor servo ini dibutuhkan alat kontrol yang dapat memberikan gerakan alami layaknya pergerakan jari-jari manusia. Kontrol robot seperti *joystick* sudah umum digunakan, tetapi untuk mendapatkan gerakan yang lebih alami agar dapat memindahkan gelas di laboratorium dapat menggunakan sensor pelacakan elektromagnetik, sensor inersia, sarung tangan, dan kamera sensor (Al-Faiz, 2015). Penggunaan kamera sensor dirasa lebih memberikan kontrol pergerakan yang lebih alami seperti pergerakan manusia dibandingkan dengan sensor pelacakan elektromagnetik, sensor inersia, dan sarung tangan dengan *flex sensor* (Al-Faiz, 2015). Namun, penggunaan sensor kamera untuk mengendalikan jari-jari robot membutuhkan perhitungan yang rumit dari setiap pergerakan sendi pada jari-jari manusia. Penggunaan sensor kamera juga masih kurang akurat.

Sarung tangan dengan *flex sensor* dapat membantu pengguna dalam mengontrol pergerakan jari-jari robot lengan dengan pergerakan yang alami seperti pergerakan jari-jari manusia pada umumnya. *Flex sensor* sendiri merupakan sensor yang dapat membaca resistansi

pada tekukan yang terjadi pada bagian sensor. Nilai resistansi inilah yang dapat digunakan untuk menggerakkan motor servo, dengan cara mengubahnya menjadi nilai sudut perputaran pada motor servo.

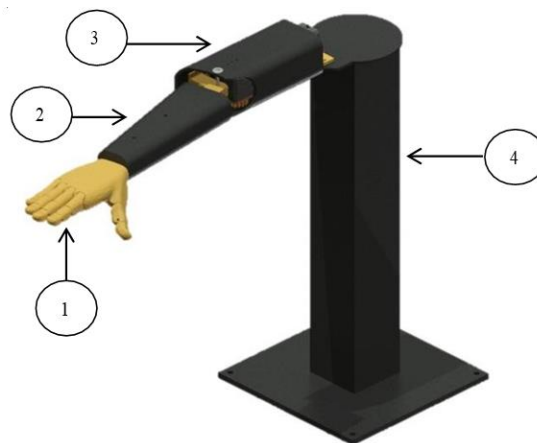
Dengan adanya permasalahan tersebut, dilakukanlah penelitian mengenai robot lengan yang dapat mengikuti pergerakan jari-jari manusia. Banyaknya laboratorium atau rumah sakit di Indonesia dapat memberikan peluang lebih bahwa robot lengan humanoid dibutuhkan. Robot lengan humanoid ini menggunakan *flex sensor* dan potensiometer sebagai kontrolernya. Sedangkan untuk aktuator pada robot lengan menggunakan *microservo* dan motor stepper. Robot lengan ini dikendalikan dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Nano (Atmega328p), sehingga sistem gerak robot lengan berjalan secara otomatis sesuai dengan program yang telah dibuat. Pada penelitian ini berfokus pada pergerakan jari-jari robot lengan humanoid terhadap jari-jari manusia.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Perancangan Mekanik

2.1.1 Perancangan Mekanik Robot Lengan

Robot lengan humanoid dirancang menggunakan Autodesk Inventor 2015. Robot ini menggunakan *microservo* sebagai penggerak utama dalam menggerakkan jari robot. Sedangkan fungsi motor stepper berguna untuk menggerakkan lengan dan bahu yang memiliki 2 buah derajat kebebasan yaitu *roll* dan *yaw*. *Base Robot* berfungsi untuk menopang robot lengan humanoid agar tidak jatuh. Pada Gambar 1 dapat dilihat desain mekanik keseluruhan dari robot lengan humanoid yang dibuat. Pada Tabel 1 dapat dilihat spesifikasi dimensi dari desain robot lengan humanoid yang dibuat.



Gambar 1. Desain mekanik keseluruhan robot lengan humanoid.

Tabel 1. Spesifikasi dimensi robot lengan h`umanoid.

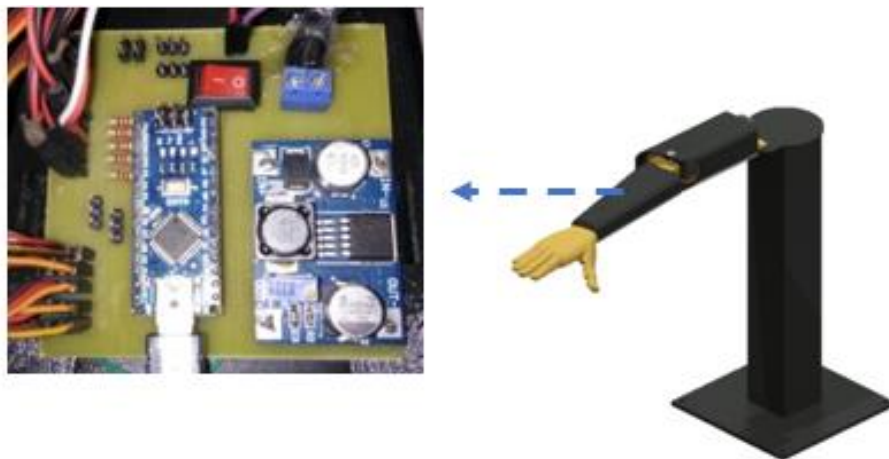
No	Nama	Dimensi
1	Tangan Robot	180x100x20(mm)
2	Lengan Robot	250x100x60(mm)
3	Bahu Robot	230x70x100(mm)

2.1.2 Perancangan Mekanik Pengendali Robot Lengan

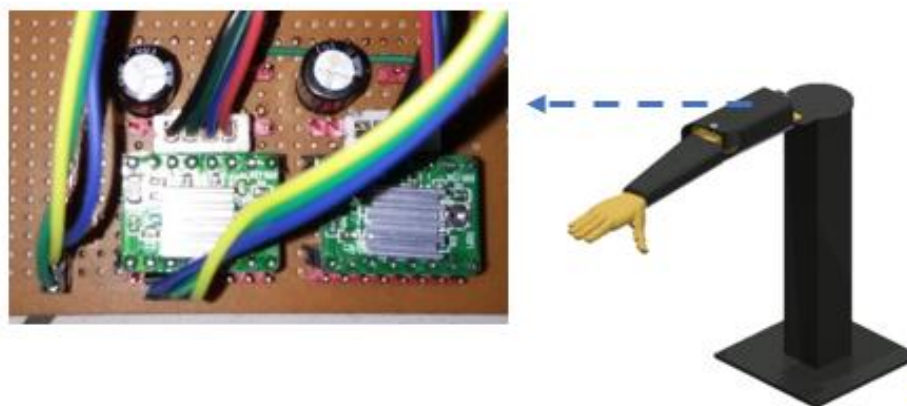
Robot lengan ini memiliki sebuah pengendali yang digunakan di tangan manusia yang untuk mengendalikan robot sesuai dengan gerakan yang dilakukan oleh manusia. Pengendali robot lengan ini memiliki 2 komponen *input* yaitu *flex sensor* dan potensiometer. *Flex sensor* untuk menggerakkan jari-jari robot dan potensiometer untuk menggerakkan lengan dan bahu.

2.2 Pembuatan *Hardware*

Hardware robot dirancang menggunakan *software* Eagle 9.0. Board PCB dibagi menjadi 2, bagian mikrokontroler beserta *input* dan *output* dan bagian *output* motor stepper. Komponen *hardware* pada lengan terdiri dari Arduino Nano sebagai mikrokontroler, pin *header* untuk aktuator dan *input*, *switch on/off* sebagai saklar pemutus tegangan, pin *battery* sebagai *power* pemberi tegangan, dan LM2596 sebagai penyeimbang tegangan. Gambar 2 menunjukkan *hardware* pada lengan robot. Sedangkan untuk komponen pada *hardware* bahu robot terdiri dari A4988 sebagai *driver* motor stepper, kapasitor sebagai penyeimbang tegangan dan pengaman, dan pin *header* untuk *input* tegangan, motor stepper, dan data dari Arduino Nano. Gambar 3 menunjukkan *hardware* pada bahu robot.



Gambar 2. Hasil pembuatan *hardware* pada lengan robot.



Gambar 3. Hasil pembuatan *hardware* pada bahu robot.

2.3 Pembuatan Mekanik

2.3.1 Pembuatan Mekanik Robot Lengan

Mekanik robot tangan dibuat menggunakan 3D print berdasarkan desain yang dihasilkan pada proses sebelumnya. Mekanik tersebut meliputi tangan robot, lengan robot, bahu robot, dan *base* robot. Pada Gambar 4 dapat dilihat hasil pembuatan robot lengan dengan menggunakan 3D print. Tabel 2 menunjukkan spesifikasi hasil pengukuran keseluruhan robot lengan humanoid (*hardware* dan aktuator).



Gambar 4. Realisasi keseluruhan mekanik robot lengan.

Tabel 2. Spesifikasi robot lengan humanoid.

No	Nama	Bahan	Berat	Dimensi
1	Tangan Robot	3D Print	220g	180x100x20(mm)
2	Lengan Robot	3D Print	240g	250x100x60(mm)
3	Bahu Robot	3D Print	239g	230x70x100(mm)
4	<i>Base</i> Robot	Kayu	1500g	470x300x200(mm)

Semua bagian pada robot lengan disambung menggunakan mur dan baut agar robot lengan dapat mudah dipasang dan dibongkar. Gambar 5 menunjukkan bagian bahu pada robot lengan, yang belum disambung dengan tangan (jari-jari). Semua bahan pada robot lengan ini dibuat menggunakan 3D print, kecuali pada bahan *base* robot yang menggunakan kayu. Sambungan antar jari-jari menggunakan *joint* dari bahan 3D print yang fleksibel untuk memudahkan pergerakan jari robot tersebut. Pada part lengan robot, di dalamnya terdapat *micro servo MG90S* dan board mikrokontroler. Pergerakan jari-jari robot ditarik oleh *micro servo* melalui tali. *Micro servo* akan bergerak ketika *flex sensor* yang berperan sebagai sensor ditekan.



Gambar 5. Bahu dan *base* robot lengan.

Sambungan antara bahu robot dan *base* robot menggunakan plat L agar lebih kuat dan tahan saat robot lengan digunakan. Pada realisasi sebelumnya, sambungan tersebut masih dibuat menggunakan 3D print dan mengalami kerusakan saat robot lengan digerakan. Motor stepper 17HS4401 dalam menggerakkan lengan dan bahu dengan bantuan gear rasio 1:1.

2.3.2 Pembuatan Mekanik Pengendali Robot Lengan

Pengendali robot lengan dibuat dengan menggunakan sarung tangan, *flex sensor*, potensiometer, pcb dot matriks, akrilik, selotip, benang, jarum, *glue gun*, kabel *jumper*, kabel bakar, dan kabel pelindung. Pertama, 5 *flex sensor* diletakkan pada punggung sarung tangan seperti pada Gambar 2.7. Selanjutnya, kabel *jumper* pada kaki-kaki *flex sensor* dihubungkan. Masing-masing VCC dan GND sudah diberi kabel bakar agar tidak terjadi *short*. Kemudian, kabel pelindung dililitkan ke kabel *jumper* agar tertata rapi. *Flex sensor* sebaiknya dijahit pada punggung sarung tangan dengan jarak setiap jahitannya 2 cm. Ujung *flex sensor* dikaitkan dengan ujung sarung tangan menggunakan *glue gun* agar saat ditekuk *flex sensor* tidak terlepas. Potensiometer pada pcb dot matriks dirangkai dengan kaki tengah sebagai data analog, kaki kiri sebagai VCC dan kaki kanan sebagai GND. Terakhir, potensiometer dikemas dengan menggunakan akrilik seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Sarung tangan dengan *flex sensor* dan potensiometer.

2.4 Perhitungan Torsi Motor Stepper

Perhitungan torsi bertujuan untuk memudahkan pemilihan motor *stepper* yang digunakan, jadi semua beban pada robot diakumulasi dan dihitung setiap bagiannya. Pemilihan kebutuhan torsi motor dari motor stepper untuk menggerakkan bagian tangan robot dan lengan robot dihitung berdasarkan Persamaan (1) dan (2).

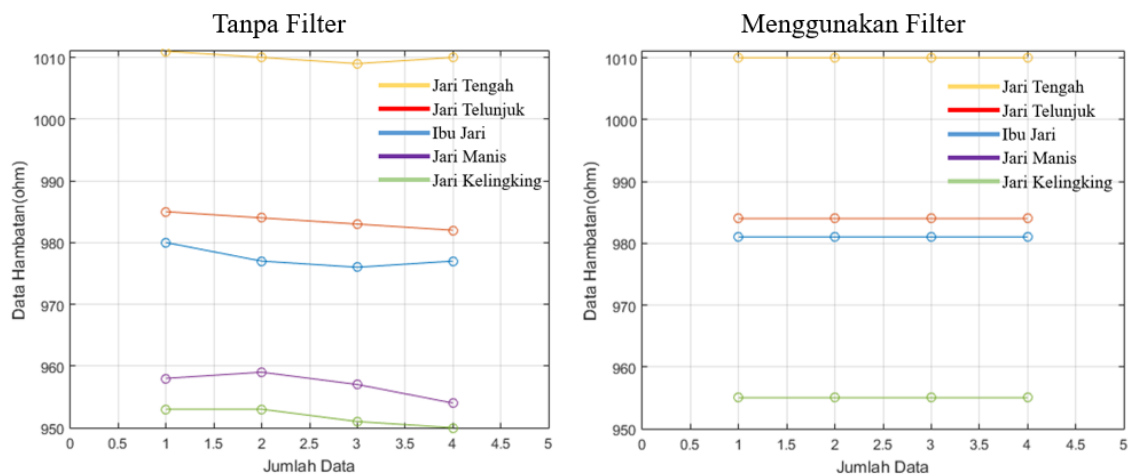
$$w = m \times g \tag{1}$$

$$\tau = w \times L \tag{2}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Nilai *Flex Sensor*

Pengujian ini dilakukan dengan menggerakkan sarung tangan yang sudah terpasang *flex sensor*. Gerakan yang diuji adalah gerakan menggenggam seperti saat memindahkan gelas. Pada pengujian ini dilakukan analisis terhadap perubahan tegangan *flex sensor* untuk mengetahui seberapa nilai *flex sensor* bekerja dengan baik. Semakin baik nilai resistansi *flex sensor* yang didapatkan, semakin mudah kalibrasi nilai awal yang digunakan untuk mengendalikan *microservo* pada jari-jari tangan robot lengan. Pada Gambar 7 bagian kiri dapat dilihat hasil pengujian nilai *flex sensor* terhadap pergerakan tangan pengguna. Namun, hasil yang didapatkan tidak stabil dan dapat menyebabkan pergerakan *microservo* menjadi kurang halus. Untuk membuat hasil menjadi lebih stabil, metode filter digunakan pada penelitian ini. Metode filter ini mengambil 10 data, lalu 10 data ini dijumlah dan dirata-rata. Pada Gambar 7 bagian kanan dapat dilihat hasil pengujian nilai *flex sensor* yang sudah difilter terhadap pergerakan tangan pengguna.



Gambar 7. Grafik hasil pengujian *flex sensor* tanpa filter dan menggunakan filter terhadap pergerakan jari-jari pengguna.

3.2 Pengujian *Feedback Flex Sensor*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui selisih nilai *flex sensor* pada jari robot dan sarung tangan. Parameter keberhasilan pengujian ini ditentukan ketika *error* dari *feedback flex sensor* dan sudut tidak lebih dari 5%. Pengukuran *feedback* dilakukan bergantian dari ibu jari, jari telunjuk, jari tengah, jari manis, dan jari kelingking. Gambar 8 menunjukkan skema pengukuran jari-jari robot lengan dengan *flex sensor* sebagai *feedback*.



Gambar 8. Skema pengukuran jari-jari robot lengan dengan *flex sensor*.

Data pengujian yang diambil yaitu *flex sensor* pada sarung tangan, *flex sensor* pada jari robot, dan *error*. Pengujian dilakukan 10 kali untuk mengetahui tingkat keberhasilan yang akan dicapai. Pada Tabel 3 dapat dilihat hasil pengujian *feedback flex sensor* dengan hasil *error* pada setiap jari-jari robot lengan.

Tabel 3. Hasil pengujian *feedback flex sensor* dengan hasil *error* pada setiap jari-jari robot lengan.

Jari robot	Pengujian	Nilai <i>flex sensor</i> pada sarung tangan(Ω)	Nilai <i>flex sensor</i> pada jari robot(Ω)	<i>Error</i> (Ω)
Ibu Jari	1	979	990	0,0112
	2	944	960	0,0169
	3	956	975	0,0198
	4	956	975	0,0198
	5	980	996	0,0163
Jari Telunjuk	1	966	991	0,0258
	2	970	996	0,0268
	3	980	996	0,0163
	4	854	871	0,0199
	5	941	948	0,0074
Jari Tengah	1	912	930	0,0197
	2	902	921	0,0210
	3	915	925	0,0109
	4	854	871	0,0199
	5	941	948	0,0074
Jari Manis	1	934	945	0,0117
	2	923	942	0,0205
	3	911	923	0,0131
	4	854	871	0,0199
	5	941	948	0,0074
Jari kelingking	1	955	958	0,0031
	2	931	939	0,0085
	3	854	871	0,0199
	4	956	975	0,0198
	5	980	996	0,0163

$$Error = \left| \frac{\text{Nilai asli} - \text{Nilai yang dihasilkan}}{\text{Nilai asli}} \right| \quad (3)$$

Perbedaan *input* dan *output* dikarenakan desain mekanik jari robot sudah melengkung seperti pada Gambar 8. Desain tersebut menyesuaikan pergerakan jari robot agar lebih mudah. Rata-rata nilai *error* pada ibu jari sebesar 0.01357, pada jari telunjuk sebesar 0.01065, pada jari tengah sebesar 0.00956, pada jari manis sebesar 0.00893, dan pada jari kelingking sebesar 0.01193. Dari hasil perhitungan *error* yang didapat, dapat disimpulkan bahwa pengujian ini sesuai dengan yang diharapkan.

3.3 Pengujian Robot Lengan Ketika Menggenggam Objek

Pengujian ini bertujuan untuk melihat nilai *input flex sensor* dan sudut servo beserta *feedback* dan *error* yang menjadi parameter keberhasilan ketika menggenggam objek. Objek yang digenggam berupa gelas kimia dengan berat 20gram yang dapat dilihat pada Gambar 9. Mekanisme pergerakan pada pengujian ini yaitu saat objek berada pada posisi yang dapat di gapai, robot lengan humanoid akan digerakan dengan manual oleh tangan pengguna untuk menggenggam objek tersebut. Kemudian, nilai *flex sensor* sebagai *input* dan sudut motor servo pada jari-jari robot lengan humanoid dapat dibaca. Nilai tersebut digunakan sebagai parameter keberhasilan pada pengujian ini.



Gambar 9. Robot lengan humanoid saat menggenggam gelas kimia.

Kendala pada pengujian ini adalah ketika objek yang digenggam memiliki permukaan yang licin, objek tersebut terkadang terjatuh. Terjatuhnya objek tersebut disebabkan bahan robot lengan yabf terbuat dari plastik dengan permukaan yang licin juga. Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian robot lengan humanoid ketika menggenggam objek gelas kimia.

Tabel 4. Hasil pengujian robot lengan humanoid ketika menggenggam objek.

Jari Robot	Sudut Motor Servo (°)	Nilai <i>Flex</i> <i>Sensor</i> pada Sarung Tangan (Ω)	Nilai <i>Flex</i> <i>Sensor</i> pada Jari Robot Lengan (Ω)	<i>Error</i> (Ω)
Ibu Jari	6	941	948	0,0074
	7	950	955	0,0052
	5	938	940	0,0021
Jari Telunjuk	117	967	953	0,0041
	116	964	966	0,002
	115	961	962	0,001
Jari Tengah	57	988	992	0,004
	59	990	995	0,005
	55	985	987	0,002
Jari Manis	79	911	914	0,0032
	80	920	931	0,119
	77	900	908	0,0088
Jari Kelingking	80	900	901	0,0011
	81	905	909	0,0044
	81	905	909	0,0044

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari percobaan dan pengambilan data yang telah dilakukan dengan cara menggenggam dan memindahkan gelas kimia menggunakan robot lengan tersebut, dapat disimpulkan bahwa *flex sensor* dapat digunakan pada robot lengan humanoid untuk mengikuti pergerakan jari-jari manusia dengan akurasi nilai *error* tidak lebih dari nilai 2%. Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada bab sebelumnya maka dapat disimpulkan bahwa robot lengan humanoid dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan yaitu mengikuti pergerakan tangan manusia dengan fleksibel serta dapat menggenggam dan memindahkan gelas kimia.

5. SARAN

Pada robot lengan humanoid ini untuk menggerakkan aktuator pada lengan robot menggunakan mekanisme yang terpisah dengan mekanisme menggerakkan jari-jari robot, untuk kedepannya bisa dibuat satu mekanisme sistem yang dapat menggerakkan jari-jari tangan robot sekaligus juga menggerakkan lengan robot yang akan jauh mempermudah bagi penggunaanya .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al-Faiz M. Z., A. F. Shanta. 2015. Kinect-Based Humanoid Robotic Manipulator for Human Upper Limbs Movements Tracking. *Intelligent Control and Automation*. Hal. 29-37.

- [2] Hussein M. A., A. S. Ali, F. A. Elmisery, R. Mostafa. 2014. Motion Control of Robot by using Kinect Sensor. *Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*. Hal. 1384-1388.
 - [3] Li C., C. Yang, P. Liang, A. Cangelosi, J. Wan. 2016. Development of Kinect based Teleoperation of Nao Robot. *International Conference on Advanced Robotics and Mechatronics (ICARM)*. Hal. 133-138.
 - [4] Muslimin S., Y. Wijanarko, D. Subagio. 2014. Penerapan Flex-Sensor pada Lengan Robot Berjari Pengikut Gerak Lengan Manusia Berbasis Mikrokontroler. *Technologic*. Vol. 5. No. 2.
 - [5] Putri O. Z., T. M. A. Bin R. Hussin, H. S. Kasjono. 2017. Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Petugas Instalasi Gawat Darurat Rumah Sakit Akademik UGM. *Jurnal Kesehatan*. Vol. 10.
 - [6] Ramdan I. M., Abd. Rahman. 2017. Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Perawat. *Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Mulawarman*. Hal. 229-241.
 - [7] Santoso D., I. Gitomarsono. 2010. Lengan Robot untuk Memindahkan Objek Berbahaya Terkendali secara Nirkabel. *Digital Information and System Conference*. Hal. 40-44.
-