

## KENDALI ROBOT MANIPULATOR DENGAN FLEX SENSOR MENGUNAKAN METODE EXTREME LEARNING MACHINE UNTUK BERBAGAI JENIS GENGGMAN SECARA WIRELESS

Tri Nugroho Bhakti<sup>1</sup>, Ii Munadhif<sup>2</sup>, Joko Endrasmono<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Otomasi, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Jl. Teknik Kimia Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111

E-mail: <sup>(1)</sup>[trinugroho@student.ppns.ac.id](mailto:trinugroho@student.ppns.ac.id), <sup>(2)</sup>[iimunadhif@ppns.ac.id](mailto:iimunadhif@ppns.ac.id), <sup>(3)</sup>[endrasmono@ppns.ac.id](mailto:endrasmono@ppns.ac.id)

### ABSTRAK

Bahaya pekerjaan adalah risiko penyakit atau kecelakaan yang bisa terjadi di tempat kerja, terutama pekerjaan yang bersentuhan secara langsung maupun tidak langsung dengan zat kimia. Lab kimia memiliki risiko bahaya pekerjaan yang berbahaya bagi keselamatan manusia. Hingga saat ini proses memindahkan tabung reaksi yang berisi zat kimia berbahaya masih dilakukan oleh manusia. Oleh sebab itu, robot manipulator diciptakan, namun pada kenyataannya gerakan jari pada robot manipulator masih terbatas pada gerakan jari menggenggam saja. Tujuan dari penelitian ini adalah meningkatkan fleksibilitas robot manipulator dengan menggunakan flex sensor sebagai pendeteksi gerakan jari, kemudian dikendalikan secara wireless. Penelitian ini menggunakan flex sensor sebagai pendeteksi gerakan pada jari, motor servo sebagai penggerak jari pada robot manipulator, ESP32 sebagai mikrokontroler dan pengendali jarak jauh. Dengan disertai metode extreme learning machine sebagai klasifikasi jenis gerakan jari. Klasifikasi gerakan jari berbasis flex sensor dengan metode Extreme Learning Machine bekerja sesuai dengan sistem yang telah direncanakan. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa flex sensor dapat menggerakkan robot manipulator sesuai dengan gerakan setiap jari pada sarung tangan pengendali. Metode Extreme Learning Machine berhasil melakukan klasifikasi dengan hasil tingkat akurasi pengujian sebesar 73% dalam mengenali tiap jenis gerakan termasuk power grip dan precision grip. ESP32 mampu mengendalikan robot manipulator secara wireless dengan hasil pengujian robot manipulator bergerak dengan respond time sebesar kurang dari 1 detik dari sarung tangan pengendali.

**Kata Kunci:** robot manipulator, flex sensor, Extreme Learning Machine, motor servo, ESP32

### ABSTRACT

Occupational hazard is the risk of illness or accident that can occur in the workplace, especially work that is in direct or indirect contact with chemical substances. Chemical labs have a risk of occupational hazards that can endanger human safety. Until now the process of moving test tubes containing hazardous chemicals, humans are still doing it. Therefore, the manipulator robot was created, but in reality the finger movement on the manipulator robot is still limited to the finger gripping movement. The purpose of this study is to increase the flexibility of the manipulator robot by using a flex sensor as a finger movement detector, then controlled wirelessly. This study uses a flex sensor as a finger motion detector, a servo motor as a finger mover in a manipulator robot, ESP32 as a microcontroller and a remote controller. Accompanied by the extreme learning machine method as a classification of the types of finger movements. Classification of finger movements based on flex sensors with the Extreme Learning Machine method works according to the system that has been planned. From the test results, it can be concluded that the flex sensor can move the manipulator robot according to the movement of each finger on the controlling glove. The Extreme Learning Machine method succeeded in classifying with the results of a 73% test accuracy in recognizing each type of movement including power grip and precision grip. ESP32 is able to control the manipulator robot wirelessly with the test results of the robot manipulator moving with a response time of less than 1 second from the control glove.

**Keyword :** robot manipulator, flex sensor, Extreme Learning Machine, servo motor, ESP32

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi di era globalisasi sekarang ini sangat pesat, terutama pada kemajuan robot. Pembuatan robot-robot dengan berbagai keistimewaan khusus ini berkaitan dengan adanya kebutuhan dalam dunia industri modern yang

menuntut otomatisasi dalam segala hal yang dapat membantu menyelesaikan pekerjaan manusia ataupun untuk menyelesaikan pekerjaan yang tidak mampu diselesaikan oleh manusia. Contohnya pada pekerjaan yang berkaitan dengan kegiatan berbahaya seperti penjinakan bom dan kontak langsung dalam memindahkan tabung reaksi yang berisi zat aktif

kimia berbahaya dapat membahayakan keselamatan manusia (Fadlirrahman, 2017).

Salah satu jenis robot dengan kemampuan istimewa yang belakangan ini banyak menarik minat para ahli untuk dikembangkan adalah robot lengan manipulator. Kemampuan dari robot ini sangat beragam sesuai dengan tingkat dan jenis keperluan. Robot manipulator dapat digerakkan dengan berbagi sensor dan metode sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan (Fadlirrahman, 2017).

Dari sejumlah penelitian yang telah ada, gerakan robot manipulator masih terbatas dan masih terbatas menggunakan kabel sehingga robot manipulator tidak bisa dikendalikan dari jarak jauh. Pada penelitian ini pengembang melakukan optimasi pada kendali robot manipulator agar mampu melakukan aktifitas dari tempat yang jauh tanpa terhubung dengan kabel.

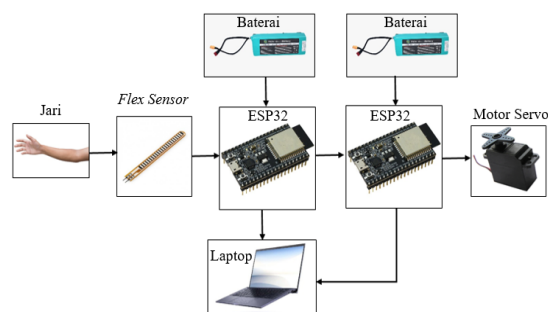
Oleh karena itu dibutuhkan sebuah sistem kendali jarak jauh berbasis ESP-32. Dimana robot manipulator akan mampu bergerak tanpa kabel dari tempat yang jauh yang memanfaatkan *MAC Adress* pada modul ESP-32 sebagai alamat pengirim sinyal dari *flex sensor* menuju ESP-32 lain yang berfungsi sebagai penerima sinyal yang akan memberikan perintah untuk menggerakkan motor servo sesuai dengan besarnya perubahan *flex sensor*, serta menggunakan metode *Extreme Learning Machine* yang memungkinkan untuk memberikan klasifikasi khusus pada *input* yang akan mempengaruhi gerakan motor servo pada robot manipulator.

### 1.2 Perancangan Sistem dan Hardware

Perancangan sistem memiliki empat bagian penting yaitu *input* berupa data-data dari *flex sensor*. Pengendali berupa ESP-32 yang terdapat metode klasifikasi. Output berupa motor servo yang bergerak. Sumber tegangan berupa battery. *Flex sensor* sebagai pendeteksi gerakan pada setiap jari. Data sensor diubah menjadi sinyal listrik oleh *transducer*. Motor servo menerima perintah dari ESP-32 pengirim yang telah dilengkapi dengan metode ELM.

Perancangan *hardware* terdiri dari perangkat elektronik yang disusun berdasarkan aliran data yang diproses. Terdapat lima *flex sensor* yang diletakkan pada sarung tangan khusus yang akan mendeteksi perubahan posisi pada tiap jari. Terdapat dua ESP-32 yang digunakan secara terpisah sebagai *transmitter* dan *receiver*. Terdapat 5 motor servo yang bergerak berdasarkan perintah hasil klasifikasi.

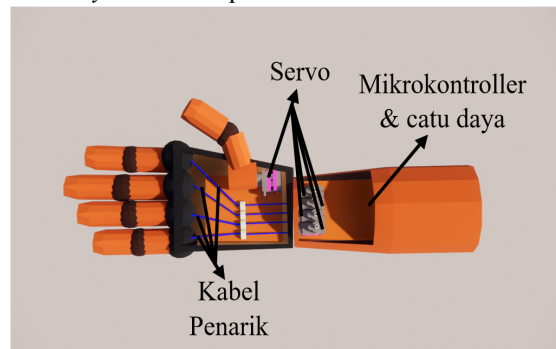
Proses klasifikasi dilakukan oleh metode *Extreme Learning Machine* yang melatih data *input*. *Output* dari metode ELM merupakan perintah yang akan menggerakkan motor servo.



Gambar 1. Perancangan Hardware

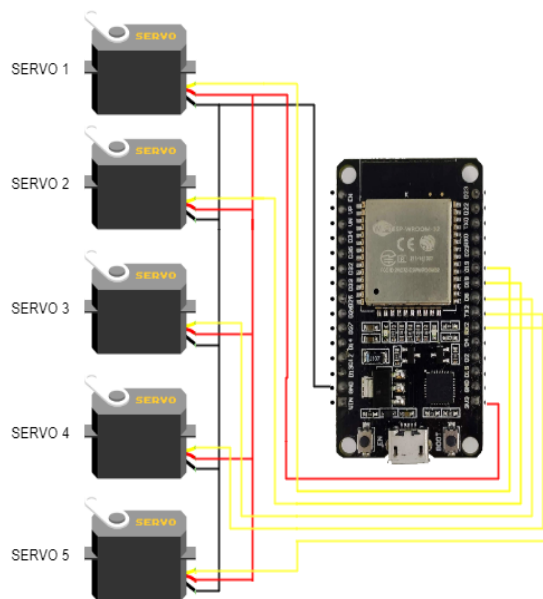
### 1.3 Perancangan Mekanik

Robot manipulator dibagi menjadi dua bagian secara terpisah, yaitu bagian *body* robot dan kontroler berupa sarung tangan yang telah dipasang dengan *flex sensor*. Gambar 1. merupakan desain dari *body* robot manipulator.



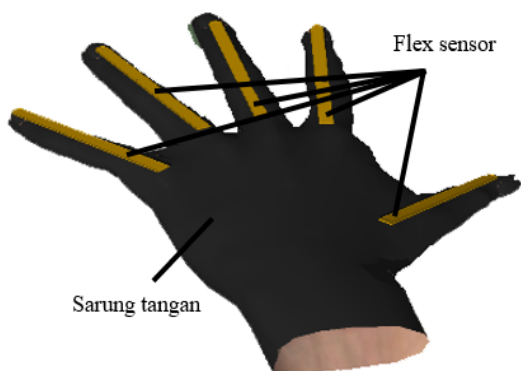
Gambar 1. Desain *Body* Robot Manipulator

Rangkaian pada *body* robot manipulator berupa *wiring* motor servo dapat dilihat pada Gambar 1. berikut.



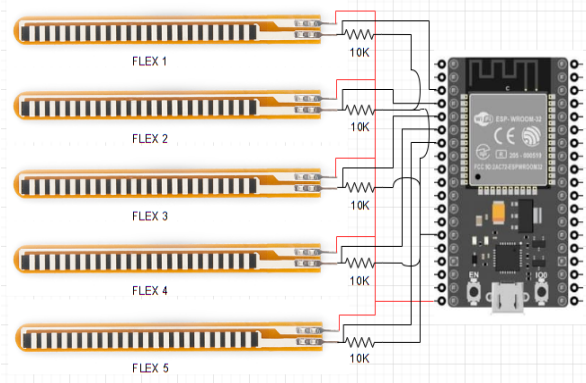
Gambar 1. *Wiring* Diagram Motor Servo

Berdasar diagram rangkaian yang ditunjukkan pada Gambar 1. motor servo dirangkai secara berurutan pada *pinout* mikrokontroler ESP-32. Pada diagram rangkaian yang digunakan memiliki konfigurasi pin yang ditunjukkan pada gambar yang terdiri dari D19 (Servo 1), D18 (Servo 2), D5 (Servo 3), D17 (Servo 4), D16 (Servo 5). Sedangkan desain pada sarung tangan dapat dilihat pada Gambar 2. berikut.



Gambar 1. Desain Sarung Tangan

Sarung tangan pada robot manipulator terdapat *flex sensor* yang dipasang di setiap jari yang dirangkai seperti pada Gambar 1. berikut.



Gambar 1. Wiring Diagram Flex Sensor

Berdasarkan diagram rangkaian yang ditunjukkan pada Gambar 2. *flex sensor* dirangkai secara berurutan pada *pinout* mikrokontroler ESP-32. Pada diagram rangkaian menggunakan konfigurasi pin yang terdiri dari GPIO32 (FLEX 1), GPIO33 (FLEX 2), GPIO36 (FLEX 3), GPIO39 (FLEX 4), GPIO34 (FLEX 5).

## 2. PEMBAHASAN

### 2.1 Pengujian Flex Sensor

*Flex sensor* mampu mendeteksi gerakan pada jari yang akan diubah menjadi besaran resistansi yang selanjutnya akan diolah oleh metode *Extreme Learning Machine*. Output dari sensor dihubungkan dengan pin masukan ADC (*Analog Digital Conversion*) dari mikrokontroler ESP32. Mikrokontroler ESP32 memiliki masukan ADC

12bit dengan jangkauan nilai ADC yaitu 0 sampai dengan 4095 dan jangkauan tegangan masukan ADC 0 volt sampai dengan 3,3 volt.

Tabel 2. Hasil Pengujian Gerakan *Flex Sensor*

Gerakan Jari	Jenis Gerakan	
	Keadaan Jari Lurus	Keadaan Jari Menekuk
Ibu Jari		
Jari Telunjuk		
Jari Tengah		
Jari Manis		
Jari Kelingking		

Pada Tabel 2. Didapatkan Hasil pada sensor ibu jari dalam keadaan jari lurus sebesar 1878 ketika *flex sensor* ibu jari menunjukkan 11.8k ohm, dan 2058 dalam keadaan jari menekuk ketika *flex sensor* ibu jari menunjukkan 9.9k ohm.

Hasil pada sensor jari telunjuk dalam keadaan jari lurus sebesar 1878 ketika *flex sensor* jari telunjuk menunjukkan 11.8k ohm, dan 2202 dalam keadaan jari menekuk ketika *flex sensor* jari telunjuk menunjukkan 8.6k ohm.

Hasil pada sensor jari tengah dalam keadaan jari lurus sebesar 1988 ketika *flex sensor* jari tengah menunjukkan 10.6k ohm, dan 2111 dalam keadaan jari menekuk ketika *flex sensor* jari tengah menunjukkan 9.4k ohm.

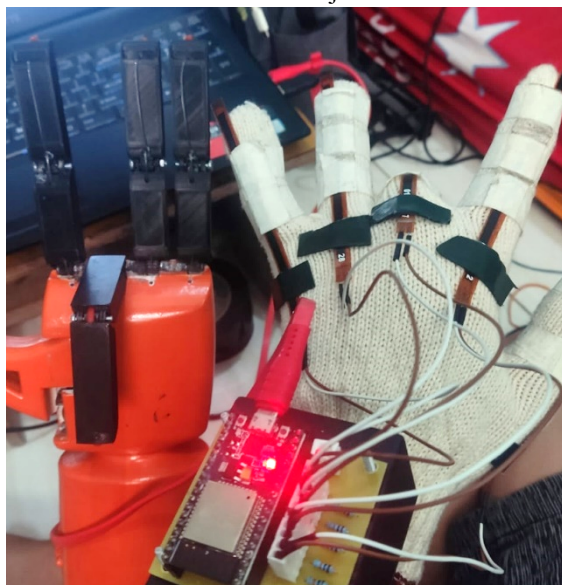
Hasil pada sensor jari manis dalam keadaan jari lurus sebesar 1887 ketika *flex sensor* jari manis menunjukkan 11.7k ohm, dan 2178 dalam keadaan jari menekuk ketika *flex sensor* jari manis menunjukkan 8.8k ohm.

Hasil pada sensor jari kelingking dalam keadaan jari lurus sebesar 1878 ketika *flex sensor* jari

kelingking menunjukkan 11.7k ohm, dan 2133 dalam keadaan jari menekuk ketika *flex sensor* jari kelingking menunjukkan 9.2k ohm.

## 2.2 Pengujian Aktuator Motor Servo

Motor servo difungsikan sebagai penggerak jari pada robot, motor servo bergerak sesuai dengan keluaran dari *flex sensor*, saat keadaan jari rileks atau kondisi *flex sensor* lurus maka servo akan menunjukkan sudut 0°, sedangkan saat keadaan jari menekuk atau *flex sensor* dalam keadaan bending maka motor servo akan menunjukkan sudut 180°.



Gambar 2. Contoh Gerakan Jari Tengah

## 2.3 Pengujian Mekanik Gerakan Jari

Gambar 2. merupakan contoh pengujian gerakan jari tengah pada robot manipulator secara *wireless*. Pada mekanik jari terdapat seutas tali yang tersambung ke motor servo. Robot manipulator bergerak sesuai dengan gerakan jari tengah pada sarung tangan dengan *respond time* kurang dari 1 detik.

## 2.4 Pengujian Extreme Learning Machine

Proses pengujian data dilakukan menggunakan nilai bobot *input*, bobot *output*, bias, nilai beta dari hasil *training* terbaik. Pada pengujian ini dilakukan sebanyak 33 kali pada setiap jari dalam 7 gerakan.

Berdasarkan hasil dari proses pengujian data training dan uji yang telah dilakukan didapatkan 165 data pengujian, untuk mengetahui tingkat akurasi dari metode yang digunakan, dilakukan perhitungan sehingga didapatkan nilai akurasi 73% dengan total 120 data dalam keadaan benar atau gerakan jari tersebut bisa dianggap berhasil. Berikut adalah tabel penyajian dari hasil pengujian metode *Extreme Learning Machine* dalam menggerakkan robot manipulator secara *wireless*.

Tabel 2. Pengujian *Extreme Learning Machine*

Output	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Gerakan 1	183.52	-3.99	-2.94	5.53	0.93
	190.14	0.56	2.16	-0.89	1.77
	181.88	2.77	1.86	0.58	1.26
	177.20	2.97	4.19	-1.11	0.80
	184.61	-2.48	-2.07	2.07	0.82
Gerakan 2	12.94	183.76	5.71	-2.78	-0.52
	4.45	182.08	-2.43	2.47	-0.86
	0.84	180.88	0.79	1.11	0.67
	2.10	179.63	0.50	1.30	1.08
	-4.66	179.65	3.05	1.49	2.05
Gerakan 3	8.55	-8.28	174.62	5.22	1.35
	-3.66	18.74	190.15	-9.10	0.13
	-5.54	1.05	187.78	-4.94	1.09
	-33.82	28.75	204.26	-9.18	2.64
	-26.18	14.73	198.11	-14.87	1.62
Gerakan 4	0.09	0.46	0.94	180.71	0.86
	-3.46	2.41	4.05	176.57	-0.25
	38.23	-13.36	-22.08	212.38	-0.41
	3.15	-0.49	-1.51	182.19	0.42
	8.31	-6.22	-2.33	184.75	0.47
Gerakan 5	3.07	10.09	8.12	-6.32	180.73
	-4.08	7.87	6.64	-2.31	181.00
	-11.75	8.38	9.01	-4.52	181.88
	-1.33	-8.81	-13.92	16.17	181.66
	23.17	-6.90	-7.49	1.97	178.32
Gerakan 6	180.67	180.54	1.02	2.52	1.78
	182.73	183.34	3.02	-1.38	0.75
	181.80	177.54	-0.23	0.47	0.68
	189.74	173.63	5.09	-1.79	2.80
	207.27	176.42	-9.92	3.43	-4.40
Gerakan 7	226.57	185.42	182.07	191.74	185.92
	223.62	159.02	171.99	195.38	173.86
	258.39	670.12	522.58	483.58	106.76

## 3. KESIMPULAN

Menggerakkan robot manipulator menggunakan *flex sensor* secara *wireless* telah berhasil dilakukan. Hasil pengujian yang dilakukan menggunakan metode *Extreme Learning Machine* berhasil dilakukan dengan hasil tingkat akurasi pengujian sebesar 73%. Menggerakkan robot manipulator secara *wireless* dengan menggunakan media komunikasi antar ESP32 sangat efektif, dikarenakan dari hasil pengujian robot manipulator bergerak dengan *respond time* sebesar kurang dari 1 detik dari sarung tangan pengendali.

## PUSTAKA

- [1] Afridanil, W., 2015. RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI ROBOT TANGAN. Jurnal Fisika Unand, Volume 4, pp. 375-382.
- [2] Alfianto, I., Falih, A. & Dr. Abdul Halim, M., 2020. Robot Arm Teleoperative System Design with Flex Sensor. Technium, pp. 390-397.
- [3] Fadlirrahman, M. T., 2017. ROBOT BERODA DILENGKAPI DENGAN LENGAN. Malang: JURUSAN ELEKTRO.
- [4] Habibi, M. Y. & Riksakomara, E., 2017. Peramalan Harga Garam Konsumsi Menggunakan Artificial Neural Network Feedforward-Backpropagation (Studi Kasus : PT. Garam Mas, Rembang, Jawa Tengah). JURNAL TEKNIK ITS, VI(2), p. 307.
- [5] Handika, I. P. S., Giriantari, I. & Dharma, A., 2016. Perbandingan Metode Extreme Learning Machine dan Particle Swarm Optimization Extreme Learning Machine untuk Peramalan Jumlah Penjualan Barang. Teknologi Elektro, Volume 15, pp. 84-90.
- [6] Lusi, M. N., 2019. PERANCANGAN SISTEM KENDALI PADA PERGERAKAN JARI ROBOT

- TANGAN BAGI PENDERITA DISABILITAS AMPUTASI MENGGUNAKAN EXTREME LEARNING MACHINE BERBASIS KOMPUTER. Jember: s.n.
- [7] Munadhif, I. & Pradhipta, I., 2021. Perbandingan Neural Network Backpropagation dan Extreme Learning Machine. REKAYASA, pp. 301-306.
- [8] Razor, A., 2019. Software Arduino IDE: Cara Download, Instal, dan Fungsinya. [Online] Available at: <https://www.aldyrazor.com/2020/05/software-arduino-ide.html>. [Accessed 25 Januari 2022].
- [9] Robby, M. N., 2017. PERANCANGAN SIMULATOR GERAK DAN SISTEM MONITORING UNTUK MENGERAKKAN DAN MEMONITORING TANGAN PALSU ELEKTRIK. Surabaya: s.n.
- [10] Salamah, U., Wiharto & Salamah, U., 2012. Pengaruh Normalisasi Data pada Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagasi Gradient Descent Adaptive Gain (BPGDAG) untuk Klasifikasi. ITSMART, 1(1), pp. 29-30.
- [11] Ulfah, I. Z., 2022. PREDIKTOR KECEPATAN ANGIN DAN KETINGGIAN GELOMBANG LAUT MENGGUNAKAN METODE NEURAL-NETWORK UNTUK MEMASTIKAN KEAMANAN KEBERANGKATAN KAPAL. Surabaya: s.n.
- [12] Veronica, M. & Utari, D. W., 2014. Rancang Bangun Jari Tangan Robot Pengikut Pergerakan Jari Tangan Manusia. STMIK GI MDP.