

## Perbandingan *Neural Network Backpropagation* dan *Extreme Learning Machine* pada Robot Manipulator

Ii Munadhif<sup>1\*</sup>, Indan Pradhipta<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Otomasi Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Jl. Raya ITS Sukolilo Kota Surabaya 60111 Jawa Timur

\*[iimunadhif.its@gmail.com](mailto:iimunadhif.its@gmail.com)

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i3.10230>

### ABSTRACT

*Robotics technology and artificial intelligence devices are growing rapidly in the medical field. The work of medical workers will be made easier by the presence of this technology. It is also applied directly to patients. Patients suffering from various diseases, of course, need an appropriate solution. A robotic finger manipulator can be applied to a patient with disabilities to assist him in placing or retrieving items. In the manipulator robot, there are sensors, controllers, and actuators. The stimulation of the muscles in the forearm is detected by an electromyograph sensor. The resulting muscle stimulation is classified by the controller into servo motor movement. The motor represents the fingers. The classification method uses a neural network backpropagation and an extreme learning machine which is compared to the performance. Classification using neural network backpropagation has a success rate of 65.3%. While the classification using the extreme learning machine has a success rate of 78.7%.*

**Key words :** *artificial intelligence, robot manipulator, electromyography, servo motor, neural network backpropagation*

### PENDAHULUAN

Teknologi robotika dan perangkat *artificial intelligence* berkembang cukup pesat di bidang medis. Pekerjaan petugas medis akan dipermudah dengan hadirnya teknologi tersebut. Bahkan, juga diterapkan langsung kepada pasien. Para pasien yang menderita penyakit beragam, tentu memerlukan solusi yang sesuai. Sebuah robot manipulator jari tangan dapat diterapkan kepada pasien tunadaksa untuk membantunya dalam meletakkan atau mengambil barang. Pasien tunadaksa prostetik dan ortopedik di Indonesia lebih dari 1,8 juta jiwa (Rahman, 2017).

Badan Pusat Statistik telah mencatat penyandang tunadaksa di Kabupaten Boyolali pada tahun 2018 sebanyak 1869 jiwa (BPS, 2018). Teknologi yang dapat membantu pasien tunadaksa prostetik atau amputansi pada pergelangan tangan adalah robot manipulator tangan. Pada robot manipulator terdapat perangkat sensor, pengendali, dan aktuator. Rangsangan otot pada lengan bawah dideteksi oleh sensor *electromyograph*. Sensor ini dipilih

karena pada pemasangannya tidak memerlukan operasi bedah pada pasien/tidak melukai. Hasil rangsangan otot diklasifikasikan oleh pengendali menjadi gerakan motor servo. Motor tersebut merepresentasikan jari tangan. Motor servo memiliki kendali internal sehingga dapat berputar dengan akurat.

Metode klasifikasi menggunakan *Neural Network Backpropagation* (NNB) dan *Extreme Learning Machine* (ELM) yang dibandingkan performansinya. Kedua metode ini dipilih karena memiliki kesamaan kecerdasan buatan dalam rumpun neural network. Pada *neural network backpropagation* memiliki pengolahan data dengan cara backward sedangkan *extreme learning machine* memiliki pengolahan data dengan cara *forward*. Keduanya memiliki kelebihan dan kekurangan. Performansi terbaik akan dipilih dan diterapkan pada robot manipulator yang diimplementasi pada pasien tunadaksa prostetik.

### Cite this as:

Munadhif, I & Pradhipta, I. (2021). *Perbandingan Neural Network Backpropagation dan Extreme Learning Machine pada Robot Manipulator*. *Rekayasa* 14 (3). xxx.

doi: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i3.10230>

© 2021 Ii Munadhif & Indan Pradhipta

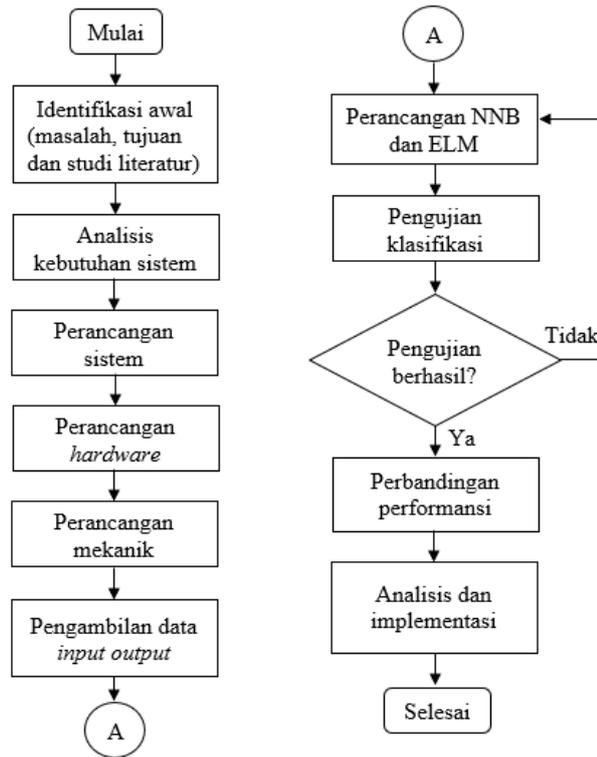
### Article History:

**Received:** May, 5<sup>th</sup> 2021; **Accepted:** August, 31<sup>st</sup> 2021

Rekayasa ISSN: 2502-5325 has been Accredited by Ristekdikti (Arjuna) Decree: No. 23/E/KPT/2019 August 8th, 2019 effective until 2023

**METODE PENELITIAN**

Diagram alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Tahapannya terdiri dari identifikasi awal (masalah, manfaat, dan studi literatur dari beberapa karya ilmiah). Analisis kebutuhan sistem terkait penggunaan masukan, keluaran, pengendali, metode klasifikasi, dan perangkat elektronik lain yang menunjang.



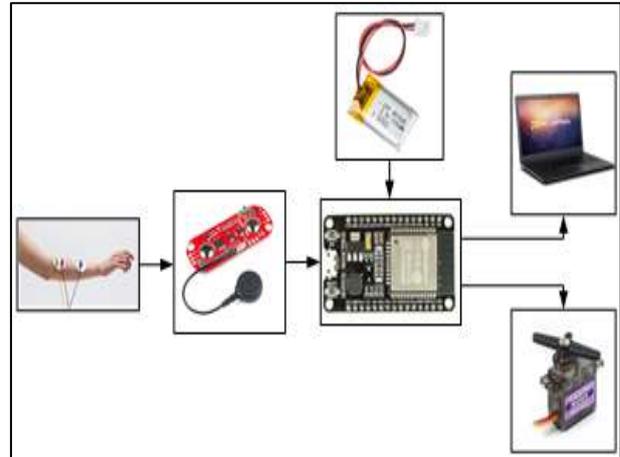
Gambar 1. Tahapan Penelitian

**Perancangan Sistem dan Hardware**

Perancangan sistem memiliki empat bagian penting yaitu masukan berupa data-data dari sensor *electromyograph*. Pengendali berupa mikrokontroler ESP 32 yang terdapat metode klasifikasi. Keluaran berupa motor servo yang berputar. Sumber tegangan berupa *battery*. Sensor *electromyograph* sebagai pendeteksi rangsangan otot lengan atas dan bawah. Data sensor diubah oleh *transducer* menjadi sinyal listrik. Motor servo menerima perintah dari NNB atau ELM.

Gambar 2 menunjukkan perancangan *hardware*. Pada perancangan ini terdiri dari perangkat elektronik yang disusun berdasarkan aliran sinyal atau data yang diproses. Terdapat dua elektrode sensor yang diletakkan pada lengan atas dan bawah pasien agar perubahan rangsangan otot mudah dideteksi dan dikenali. Terdapat 5 motor servo yang bergerak berdasarkan perintah hasil klasifikasi

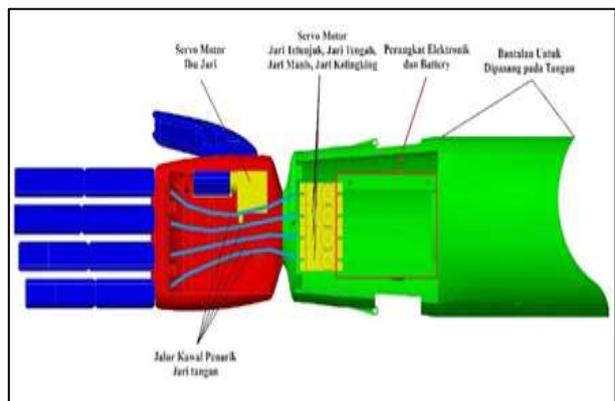
Proses klasifikasi dilakukan oleh metode *neural network backpropagation* dan atau metode *extreme learning machine* yang melatih data masukan dan keluaran. Hasil model terbaik/optimal antara kedua model akan memerintahkan motor servo berdasarkan perubahan sinyal pada lengan



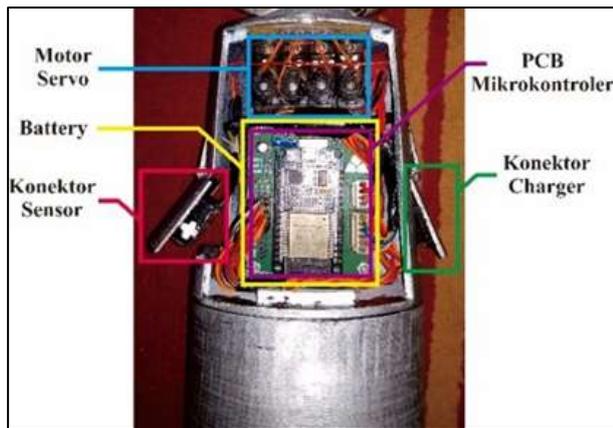
Gambar 2. Perancangan Hardware

**Perancangan Mekanik**

Pada tahap perancangan dan pembuatan mekanik, peneliti mula-mula membuat model tangan menggunakan *software* Autocad. Kemudian dilakukan proses desain 3-dimensi model dengan *software* *Solid Work* agar mudah dimodifikasi. Selanjutnya pencetakan hasil desain dengan 3D print. Desain robot manipulator ditunjukkan pada Gambar 3. Desain robot manipulator dibuat bentuk semirip mungkin dengan lengan dan jari asli agar dapat berfungsi optimal serta penggunaan yang mudah dan nyaman.



Gambar 2. Desain Robot Manipulator



Gambar 2. Penempatan Komponen Elektronika

Tabel 1. Penggunaan *pin out* Mikrokontroler

No.	Pin out	Komponen
1	D34	Sensor Myoware 1
2	D35	Sensor Myoware 2
3	VCC GND	Konektor Charger & Battery
4	RX TX	Komunikasi Serial
5	D19	Motor Servo 1
6	D18	Motor Servo 2
7	D5	Motor Servo 3
8	D17	Motor Servo 4
9	D16	Motor Servo 5

**Perancangan Neural Network**

*Neural network back propagation* memiliki dua tahap dalam proses perhitungannya. Proses pertama adalah *forward propagation* dan proses kedua adalah *back propagation*. Pada *forward propagation* atau perhitungan alur maju akan menghasilkan nilai *output* sementara untuk proses pelatihan awal dan pertengahan. Pada *back propagation* atau perhitungan balik, nilai *output* yang memiliki selisih dengan nilai tujuan akan diolah dengan persamaan *back propagation* sehingga nilai selisih tersebut akan semakin mengecil dan mendekati nol. Ketika nilai selisih diperoleh paling kecil maka nilai bobot *input*, nilai bias, dan bobot *output* yang dihasilkan akan digunakan pada pemodelan *neural network back propagation* akhir.

**Perancangan Extreme Learning Machine**

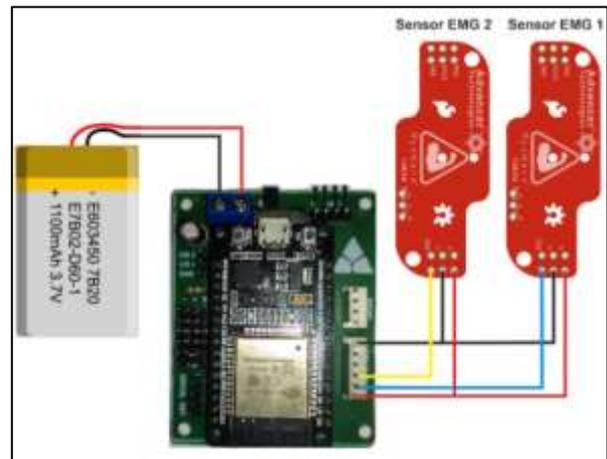
*Extreme learning machine* memiliki jumlah *neuron hidden layer* sebanyak *n* dan dapat diubah agar menghasilkan nilai selisih antara nilai *output* dan nilai tujuan yang kecil. Apabila *output training* memiliki *error* yang cukup besar maka dilakukan

proses modifikasi. Pada perancangan ini hanya terdapat sebuah tahapan proses yaitu tahapan maju atau *forward*. Proses pelatihan ini dilakukan pada software Matlab agar mempermudah dalam pengecekan kesalahan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengujian Sensor Electromyography Myoware**

Sensor *Electromyograph Myoware* mampu mendeteksi karakteristik sinyal yang dihasilkan lengan tangan. Setiap gerakan jari tangan memiliki data yang berbeda untuk diproses ke mikrokontroler. Sensor ini dirangkai pada PCB dengan konfigurasi *pin out* mikrokontroler D34 untuk sensor *myoware* 1 dan D35 untuk sensor *myoware* 2. Pada kaki lain pada sensor terhubung ke *pin* VCC dan GND. Gambar 2 menunjukkan *wiring* dua sensor *Electromyograph Myoware*. Nilai keluaran sensor dihubungkan ke *pin* masukan ADC (*Analog Digital Conversion*) mikrokontroler yang memiliki rentang nilai 0 sd 4095. Nilai ADC tersebut yang akan diolah oleh metode klasifikasi NNB/ELM.

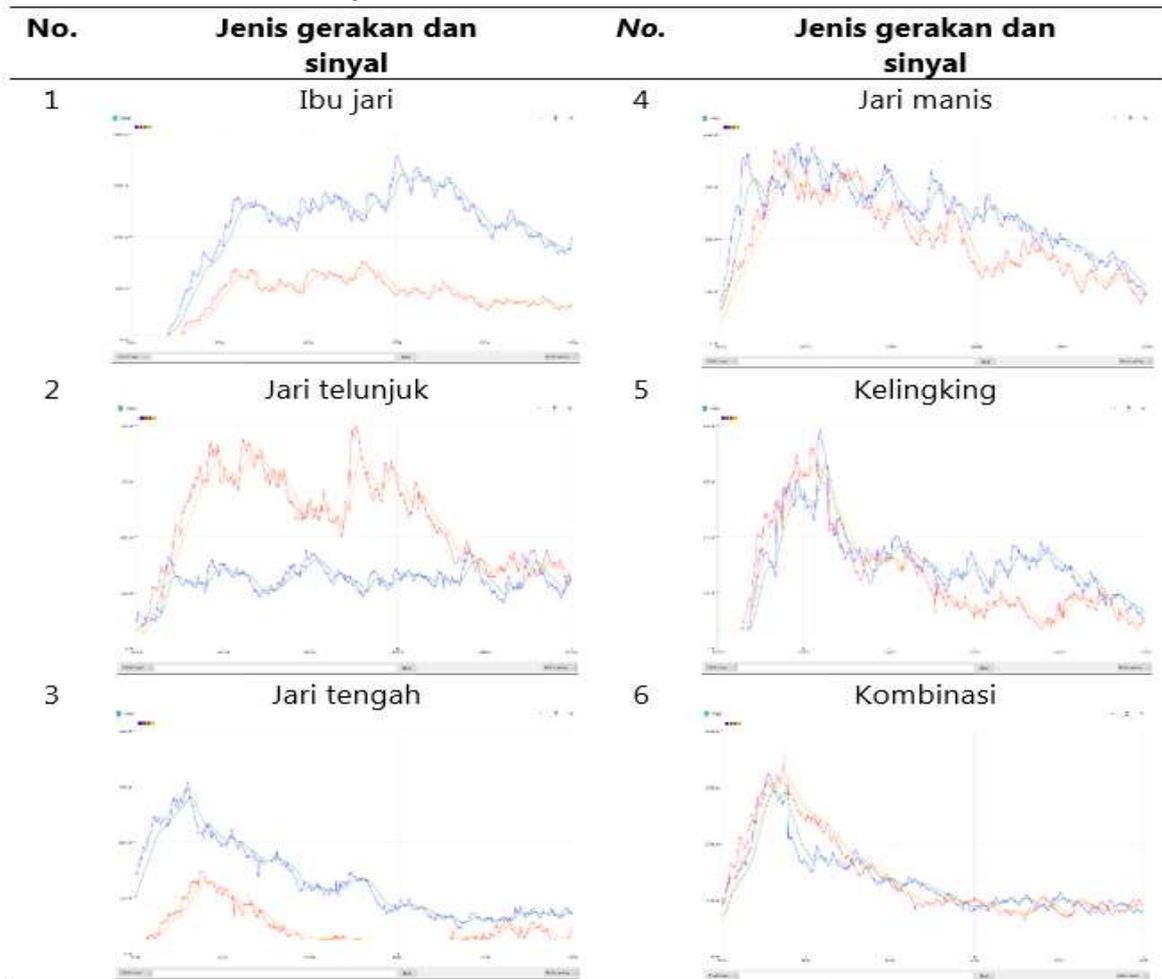


Gambar 2. Wiring Sensor Electromyograph Myoware



Gambar 3. Posisi Penempatan Pad Elektroda Sensor Pada Lengan

Tabel 2. Hasil Karakteristik Sinyal Gerakan Jari



Pada kedua sensor juga dipasang pad elektroda sensor agar hasil lebih stabil. Gambar 3 menunjukkan posisi penempatan pad elektroda sensor pada lengan. Hasil karakteristik sinyal masing-masing gerakan jari ditunjukkan pada Tabel 2. Pada grafik sinyal membentuk lembah-lembah dan bukit-bukit. Lembah atau nilai minimum menunjukkan relaksasi otot sedangkan bukit atau nilai maksimum menunjukkan kontraksi otot. Hasil data dari kedua sensor (S1 dan S2) pada masing-masing gerakan jari ditunjukkan pada Tabel 3. Gerakan kombinasi merupakan gerakan jari telunjuk dan ibu jari yang digerakkan secara Bersama-sama sebagai bentuk gerakan memegang sesuatu. Data pada kombinasi memiliki nilai terbesar daripada data lainnya. Hasil data dari kedua sensor (S1 dan S2) pada masing-masing gerakan jari ditunjukkan pada Tabel 3. Gerakan kombinasi merupakan gerakan jari telunjuk dan ibu jari yang digerakkan secara Bersama-sama sebagai bentuk gerakan memegang sesuatu. Data pada

kombinasi memiliki nilai terbesar daripada data lainnya.

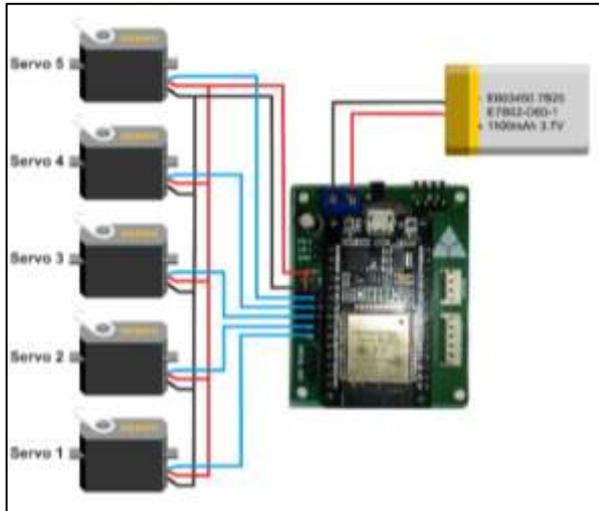
Tabel 3. Data Kedua Sensor pada Gerakan Jari

No.	Ibu jari		Telunjuk		Tengah		Manis		Kelingking		Kombinasi	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
1	351	239	116	342	226	121	390	209	122	325	500	900
2	412	514	141	254	231	155	441	378	139	367	600	600
3	484	353	167	284	250	143	455	287	158	274	600	600
4	498	507	181	313	267	105	485	274	160	297	700	800
5	531	438	183	262	277	149	541	323	197	469	700	700
6	532	543	185	229	281	124	551	342	211	307	700	600
7	538	493	214	265	346	101	578	498	137	470	800	700
8	591	634	191	330	256	160	589	366	215	359	800	1.000
9	712	691	220	260	369	191	451	312	258	455	800	800
10	769	520	262	355	374	359	621	517	231	372	800	700

### Pengujian Aktuator Motor Servo

Motor servo memiliki kendali internal untuk mengatur putaran motor. Pada pengujian ini, pergerakan motor berdasarkan perintah program. Terdapat 5 motor servo sebagai representasi 5 jari tangan. Konfigurasi *pin out* mikrokontroler adalah D19 untuk servo 1, D18 untuk servo 2, D5 untuk servo 3, D17 untuk servo 4, dan D16 untuk servo 5. Pada kaki lain servo juga tersambung ke VCC dan GND. *Counter step* langkah digunakan oleh motor untuk mengatur putaran motor. Gambar 7 adalah

wiring 5 motor servo yang langsung terhubung ke pin out mikrokontroler ESP32. Hasil pengujian menunjukkan nilai jumlah counter untuk putaran searah jarum (CW) jam adalah 900 dan putaran berlawanan arah jarum jam (CCW) adalah 500 untuk semua servo. Nilai stop servo terbesar pada servo jari manis dan terkecil pada servo jari tengah. Nilai counter stop servo ditunjukkan pada Tabel 4.



Gambar 4. Wiring Lima Motor Servo

Tabel 4. Nilai Counter Stop Servo

Servo	Jumlah Counter		Nilai stop servo
	CW	CCW	
Jari Telunjuk	900	500	90
Jari Tengah	900	500	89
Jari Manis	900	500	112
Jari Kelingking	900	500	92



Gambar 5. Contoh Gerakan Jari Telunjuk

### Pengujian Mekanik Gerakan Jari

Gambar 5 adalah contoh gerakan jari telunjuk saat menekuk. Pada mekanik jari terdapat seutas tali yang tersambung ke motor servo. Penggunaan tali untuk menekuk ruas-ruas jari saat motor aktif. Terdapat pegas kecil di setiap jari untuk meluruskan jari secara otomatis jika motor tidak aktif. Pada saat pengujian, respon waktu masing-masing jari menekuk adalah 0.5 detik.

### Pengujian Neural Network Back propagation

Proses pengujian data dilakukan menggunakan nilai bobot input, bobot output, dan bias dari hasil training terbaik. Pada pengujian ini dilakukan sebanyak 75 kali. Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian dengan NNB.

Tabel 5. Pengujian dengan NNB

Gerak	Output				
	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Gerakan I	63.5158	203.5000	201.7587	190.9170	-608.4822
	201.8970	-225.3411	-243.0726	-156.4704	-749.7009
	-76.2281	-245.9565	-244.2533	-9.0228	601.1664
Gerakan II	-118.1552	203.5000	55.9197	-32.3441	-755.2500
	-0.8692	201.4879	22.1767	-2.8638	-464.8045
	-174.3509	246.5000	-236.4621	15.2189	619.7500
Gerakan III	49.1615	-192.6513	118.1512	91.0543	-729.3922
	-0.6858	202.4680	200.8118	-218.3099	226.1866
	-239.6183	203.4994	246.5000	92.8865	-269.5603
Gerakan IV	73.8113	175.4812	23.4286	137.5982	-119.9303
	138.2158	201.3081	183.1463	95.7780	-755.2458
	77.3959	167.5989	142.7528	-14.3663	268.3555
Gerakan V	-246.3881	-244.0757	-246.5000	-246.5000	573.6456
	-209.4416	203.5000	203.4816	-239.3362	-546.4147
	-206.7370	203.5000	-246.5000	203.5000	-755.2500

Pada Tabel 5 didapatkan 8 data (green) dan 41 data (orange) sebagai nilai target prediksi benar. 7 data (blue) dan 19 data (white) sebagai nilai target prediksi salah. Berdasarkan analisis data tersebut, Neural Network Back propagation hanya mampu memprediksi gerakan motor servo berdasarkan rangsangan otot lengan adalah  $\frac{(8+41)}{75} \times 100\% = 65,3\%$ .

### 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 75 kali. Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian dengan ELM.

Tabel 6. Pengujian dengan ELM

Output	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Gerak					
Gerakan I	2977,0465	-11578,63	4154,228	997,23581	-12871,663
	127,53297	-17797,575	6537,988	-5331,0422	31047,019
	269,29815	106,17487	4816547	-126,91553	136,11733
Gerakan II	10,641354	-8,3172646	-42,5744	3,6963496	462,14386
	-14,101931	195,91514	-27,8882	11,152998	-27,910265
	-1,102766	109,20984	-65,8672	40,862647	149,16064
Gerakan III	-8,8957098	47,951618	159,9793	-3,0812707	1,1100564
	-7,5940874	-40,929493	183,8534	33,179835	42,653397
	2,4577591	73,798672	14,07403	109,8379	49,010447
Gerakan IV	14,655641	-9,1163483	13,83607	169,88323	-14,411887
	20,420325	19,109074	10,09473	161,7041	-16,586837
	20,254887	-18,028149	0,137273	177,8274	-46,169027
Gerakan V	-146,69001	179,30433	195,2375	232,12475	-229,92137
	8,1287537	2,1927032	-103,285	28,548196	441,86062
	-18,702724	387,89699	409,2971	-29,108247	-416,85675

Pada Tabel 6 didapatkan 10 data (*green*) dan 49 data (*orange*) sebagai nilai target prediksi benar. 5 data (*blue*) dan 11 data (*white*) sebagai nilai target prediksi salah. Berdasarkan analisis data tersebut, *Extreme Learning Machine* hanya mampu memprediksi gerakan motor servo berdasarkan rangsangan otot lengan adalah  $\frac{(10+49)}{75} \times 100\% = 78,7\%$ .

## KESIMPULAN

Robot manipulator tangan prostetik telah berhasil dilakukan, pengujian dilakukan dengan membandingkan performansi gerakan motor servo berdasarkan rangsangan otot lengan dengan dua metode klasifikasi yaitu *neural network backpropagation* dan *extreme learning machine*. Hasil pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan *neural network backpropagation* dalam memprediksi gerakan jari tangan adalah 65,3%. Sedangkan tingkat keberhasilan *extreme learning machine* dalam memprediksi gerakan jari tangan adalah 78,7%. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa pada sistem ini metode *extreme learning machine* lebih baik daripada metode *neural network backpropagation*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Falih, Adi, D. I. (2017). Klasifikasi Sinyal Emg Dari Otot Lengan Sebagai Media Kontrol Menggunakan Naïve Bayes. pp 1–86.
- Humaini, Q. (2015). Jaringan Syaraf Tiruan Extreme Learning Machine (Elm) Untuk Memprediksi Kondisi Cuaca Di Wilayah Malang.
- Pitowarno, E. (2006). ROBOTIKA: Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan (1st ed.; D. Hardjono, Ed.). Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Rahman, M. (2017). Rancang bangun prosthesis lengan untuk tunadaksa pada bawah siku (amputasi transradial).
- Sidam, R. L., Suraatmadja, M. S., & Fauzi, H. (2016). Perancangan Alat Ukur Denyut Nadi Menggunakan Sensor Strain Gauge Melalui Media Bluetooth Smartphone. 3(2). 1305–1314.
- Sitanaya, J. G., & Arifin, A. (2018). Pengolahan Sinyal EMG sebagai Perintah Kontrol untuk Kursi Roda Elektrik. pp 2–6.
- Systems, E. (2019). ESP32-WROOM-32 Datasheet. Retrieved from [www.espressif.com](http://www.espressif.com).
- Trisianti, N. (2017). Klasifikasi Gerakan Otot Lengan Bawah Pada Penderita Stroke Berdasarkan Sinyal Emg Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor.
- Ubaidillah, M. J. (2018). Klasifikasi Gelombang Otot Lengan Pada Robot Manipulator Menggunakan Support Vector Machine. Jurnal Rekayasa, Vol. 12, No. 1:91-97.
- Wildana, I. G. (2018). Rancang Bangun Prototype Robot Tangan Untuk Terapi Penyandang Disabilitas Pasca Stroke Berbasis Emg Menggunakan Algoritma Extreme Learning Machine.