



SOFT PNEUMATIC ACTUATORS GLOVE UNTUK TERAPI JARI TANGAN PASIEN PASCA *STROKE* DENGAN *METODE MACHINE LEARNING*

Aulia El Hakim^{1*}, Dahris Sahab², Luhur Benladuni³, Liana Dwi Andani⁴, Abdul Muadz⁵,
Ninda Dwi Ayu Anggraini⁶, Aulia Noventika Fadiliyah⁷, Yuda Hendra Prastowo⁸, Egita
Herunisa Putri⁹

^{1*,1-9} Politeknik Negeri Madiun, Indonesia

*Email Penulis: aim@pnm.ac.id

ABSTRAK

Stroke adalah penyakit yang dikenal oleh banyak masyarakat umum dan merupakan kasus medis yang penting. *Stroke* adalah kondisi hemiparesis atau kelumpuhan mendadak yang diakibatkan karena aliran darah ke otak terputus oleh sumbatan pada pembuluh darah otak, sehingga terjadi kematian sel di beberapa area otak. Beberapa jenis *Stroke* dapat disembuhkan dengan pengobatan awal yang dilakukan oleh dokter untuk mengembalikan fungsi pembuluh darah yang tersumbat, sehingga aliran darah dapat mengalir secara normal ke otak dan melakukan rehabilitasi atau terapi fisik pasca serangan *Stroke*. Namun alat rehabilitasi dan terapi fisik pasca *Stroke* di Indonesia masih sangat kurang, sebagian alat kesehatan yang beredar di Indonesia saat ini, tidak semua merupakan perangkat kesehatan dengan teknologi tinggi. Oleh karena itu, penulis membuat alat "*Soft Pneumatic Actuators Glove* Untuk Terapi Jari Tangan Pasien Pasca *Stroke* Dengan Metode *Machine Learning*". Alat dapat digunakan untuk melakukan gerakan terapi ROM *Fleksi*, *Ekstensi*, *Aktif-Resisitif* dan *Aktif-Asistif*, dengan *Soft Pneumatic Actuator* terbuat dari *Silicone Rubber* yang memiliki sifat lentur dan elastis. Hasil Sudut tekukan SPAs bisa mencapai 130° dengan input tekanan udara 5 Psi. Terdapat desain sarung tangan, kit kontrol, dan antarmuka pengguna. Beberapa hasil pengujian menunjukkan pengulangan dan kontrol yang kurang baik terutama dari pengujian gerak *fleksi* dan ROM *Aktif-Resisitif*.

Kata kunci: *Stroke*; Terapi; *Soft Pneumatic Actuators*; Pasca *Stroke*

I. PENDAHULUAN (*HEADING 1*)

Stroke merupakan penyakit tidak menular yang memiliki tingkat kematian sangat tinggi. Menurut (Balgis dkk., 2022) *Stroke* disebabkan karena aliran darah ke otak mengalami gangguan, sehingga terjadi kematian sel di beberapa area otak yang menyebabkan menurunnya bahkan hilangnya fungsi yang dikendalikan oleh sel otak tersebut. Salah satu gejala *Stroke* adalah terjadinya kelemahan otot pada anggota tubuh yang terkena *Stroke*, seperti jari tangan. Cara untuk meminimalkan kecacatan pasca *Stroke* adalah melalui terapi rehabilitasi. Terapi rehabilitasi pasien *Stroke* salah satunya dengan terapi gerak fisik *Range of motion* (ROM) (Anugrah dkk., 2022). *Range of motion* (ROM) adalah gerakan terapi yang dilakukan oleh sendi yang mengalami kelumpuhan akibat kelemahan otot pasca *Stroke*. Gerakan terapi dilakukan untuk mempertahankan atau merehabilitasi kemampuan untuk menggerakkan persendian yang dapat meningkatkan massa otot. Terdapat beberapa terapi rehabilitasi *Range of motion* (ROM) salah satunya yaitu ROM aktif *asistif* dan ROM aktif *resisitif*, terapi ROM aktif *asistif*

adalah kontraksi otot secara aktif seperti menggerakkan jari menggenggam dengan bantuan gaya dari luar seperti orang lain atau terapis, alat mekanis atau anggota gerak (*ekstremitas*) yang tidak mengalami kelumpuhan dan ROM aktif *resisitif* adalah kontraksi otot secara aktif melawan tahanan atau beban yang diberikan (Sulistiawan dkk., 2014). Pelatihan rehabilitasi tangan yang dilakukan oleh terapis tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan pasien *Stroke* dengan disfungsi tangan. Selain itu, biayanya relatif tinggi bila melibatkan terapis. Metode diperlukan untuk membantu pasien dengan disfungsi tangan untuk melakukan latihan rehabilitasi sendiri tanpa memerlukan kehadiran terapis (Min Li, 2020). Namun perkembangan alat kesehatan dalam negeri masih sangat kurang, dimana sebagian alat kesehatan di Indonesia tidak semua menggunakan teknologi tinggi. Namun sebagian besar terapi rehabilitasi fisik hanya diberikan di rumah sakit yang berkapasitas pasien besar. Selain jumlah alat terapi rehabilitasi fisik tidak tersebar secara merata, jumlah tenaga terapi fisik yang mengkhawatirkan. Fasilitas untuk terapi rehabilitasi fisik

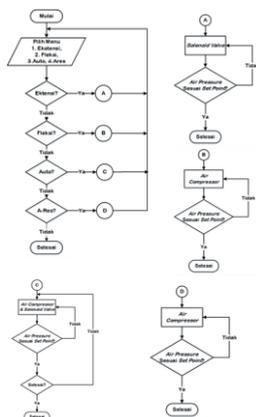
yang saat ini ada dan digunakan di rumah sakit Indonesia umumnya masih bersifat konvensional dan tidak memanfaatkan teknologi otomasi (Risangtuni dkk., 2018).

Sehubungan dengan latar belakang permasalahan tersebut, penulis merancang sebuah sarung tangan untuk terapi rehabilitasi pasca *Stroke* khususnya untuk jari tangan yang lebih *wearable* dan dapat terintegrasi dengan aplikasi *Android*. Penulis merancang sebuah alat yang berjudul “Soft Pneumatic Actuators Glove Untuk Terapi Jari Tangan Pasien Pasca Stroke Dengan Metode Machine Learning”. Sarung tangan ini dapat melakukan terapi jari tangan untuk menstimulasi gerak pada jari tangan yang berupa latihan fungsi menggenggam, dimana gerakan menggenggam atau *Fleksi* jari tangan dengan rapat. latihan terapi gerakan ini akan menggerakkan otot-otot untuk membantu membangkitkan atau memulihkan kembali kendali otak terhadap otot-otot tersebut. Untuk dapat menggerakkan jari tangan menggunakan *Soft Pneumatic Actuator* yang terbuat dari bahan *silicone rubber* yang memiliki sifat elastis yang memiliki bentuk seperti struktur tulang jari tangan. Gerakan ini dilakukan secara repetitif atau berulang seperti gerakan terapi gerakan *Fleksi* dan *Ekstensi* dengan metode *Range of motion* (ROM).

II. METODOLOGI

Pada bab ini akan diuraikan tentang metode yang akan menjadi acuan dalam melakukan penelitian :

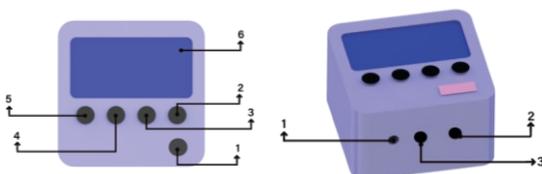
2.1 Flowchart Sistem



Gambar 2.1 Flowchart Sistem

Berikut ini merupakan *Flowchart* pada “Soft Pneumatic Actuators Glove Untuk Terapi Jari Tangan Pasca Stroke”. *Flowchart* ini digunakan untuk melihat bagaimana sistem bekerja. Dapat dilihat pada Gambar 2.2 menunjukkan cara kerja dari sistem secara keseluruhan. Ketika sistem mulai berjalan, maka terdapat beberapa menu yang dapat dipilih salah satu. Menu tersebut nantinya menjadi input untuk sistem.

2.2 Proses Perancangan Hardware



Gambar 2.2 Kontroler tampak depan dan tampak samping

Pada Gambar 2.2 merupakan desain kotak kontroler “Soft Pneumatic Actuators Glove Untuk Terapi Jari Tangan Pasca Stroke”.

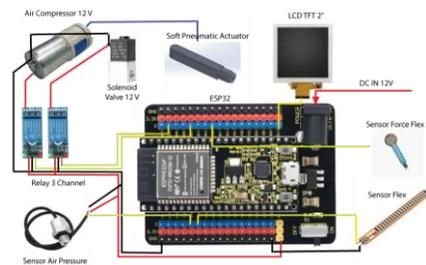
Keterangan Gambar (a):

- (1) Merupakan tombol *power* yang berfungsi untuk menyalakan dan mematikan kontroler,
- (2) Merupakan tombol *Fleksi* digunakan untuk memberikan perintah menggenggam pada sarung tangan,
- (3) Merupakan tombol *Ekstensi* digunakan untuk memberikan perintah membuka pada sarung tangan;
- (4) Merupakan tombol *Auto* untuk memberikan perintah gerakan *Ekstensi* dan *Fleksi* secara bergantian
- (5) Merupakan tombol Aktif *Resistif* digunakan untuk melakukan terapi ROM Aktif *Resistif*,
- (6) Merupakan layar LCD TFT 2”.

Keterangan Gambar (b):

- (1) Merupakan lubang saluran udara yang terhubung pada *Soft Pneumatic Actuators* (SPAs) yang terletak pada sarung tangan;
- (2) Merupakan *port* charger digunakan sebagai untuk pengisian ulang daya baterai;
- (3) Merupakan *port* USB sebagai input sensor.

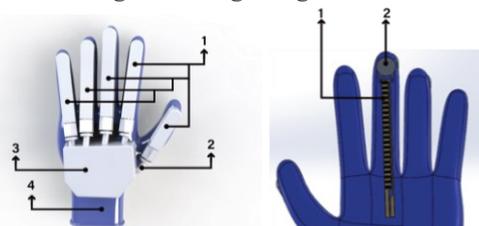
2.3 Wiring Diagram Sistem Kontrol



Gambar 2.3 Wiring Diagram Sistem Kontrol

Gambar ini menunjukkan tegangan 12V dari baterai masuk ke regulator tegangan dan terhubung dengan ESP32. Sensor *Air Pressure* dan Sensor *Flex* terhubung dengan pin analog ESP32. Komponen Relay 3 Channel masing-masing terhubung pada pin I/O ESP32, output dari Relay masing-masing terhubung pada *Air Compressor* dan 1 *Solenoid Valve*. Output dari *Air Compressor* berupa udara bertekanan terhubung dengan *Soft Pneumatic Actuators* (SPAs). Layar LCD TFT 2” terhubung dengan pin SPI ESP32.

2.4 Proses Perancangan Sarung Tangan



Gambar 2.4 Sarung Tangan Tampak Atas dan Sarung Tangan Tampak Bawah

Keterangan gambar desain sarung tangan tampak atas:

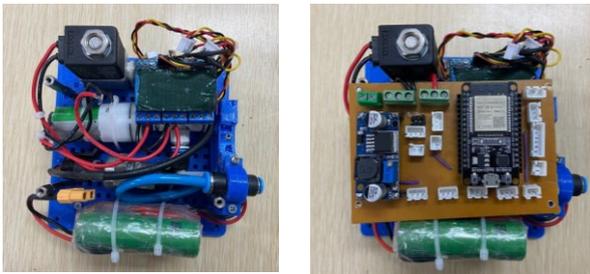
- (1) Merupakan *Soft Pneumatic Actuators (SPAs)* terbuat dari *Silicone Rubber* memiliki sifat elastis dan lunak, yang ditempatkan pada masing-masing bagian atas jari udara;
- (2) Merupakan selang PU penghubung untuk saluran udara;
- (3) Merupakan *Fitting Pneumatic* untuk manajemen saluran;
- (4) Merupakan bagian dari sarung tangan. Keseluruhan komponen diletakkan pada bagian atas sarung tangan

Keterangan gambar desain sarung tangan tampak bawah :

- (1) Merupakan sensor *Flex* yang digunakan untuk mengukur tingkat tekukan atau bending dari jari tangan, yang diletakkan pada bagian bawah jari;
- (2) Merupakan sensor *Force Flex* yang berfungsi untuk mengukur tingkat kekuatan otot jari tangan selama terapi, yang diletakkan di dalam sarung tangan.

2.5 Membuat Komponen Elektrikal Kontroler

Hal pertama yang dibuat adalah perakitan komponen kelistrikan dan mekanik dari kontroler. Perakitan komponen mekanik dari kontroler yang terdiri dari *Solenoid Valve* 12V sebagai kran untuk membuang angin dari *SPAs*; *Relay 3 Channel*; *Air Compressor*, *Sensor Air Pressure*, dan *Battery* 12V. Sedangkan perakitan komponen kelistrikan terdiri dari *Regulator* Tegangan sebagai kran untuk membuang angin dari *SPAs*; dan *Mikrokontroler ESP32*



Gambar 2.5 komponen mekanik dan kelistrikan dari kontroler

2.6 Machine Learning

Machine learning K-Means clustering ini digunakan untuk perhitungan pada masing masing *klaster* untuk menentukan titik *centroid* secara mandiri, dengan machine learning ini *sensor flex* dan *EMG* dapat menentukan rata rata atau nilai titik tengah *centroid* pada setiap *klaster* berdasarkan percobaan yang dilakukan.

Rata rata baru pada hasil perhitungan akan di simpan ke dalam *EEPROM* Mikrocontroller ESP32 termasuk juga dengan nilai N terakhir, hasil rata-rata tersebut nantinya akan menjadi nilai rata-rata lama ketika pengujian tingkat kekuatan otot di lakukan kembali dan seterusnya akan mengulang hal tersebut hingga *machine learning* mencapai batasnya yaitu dengan batasan penyimpanan mikroconttoler itu sendiri sejumlah 100.000 *write* atau menulis nilai pada setiap masing masing alamat pada masing masing *centroid* di setiap *klaster* maupun N di setiap *klaster*.

Metode yang digunakan menggunakan rumus matematis seperti berikut :

$$Rata - rata_{baru} = \frac{n + 1}{n} \times Rata - rata_{lama} + \frac{Data_{baru}}{n + 1}$$

III. HASIL DAN ANALISA

Dalam proses pembuatan alat “*Soft Pneumatic Actuators Glove Untuk Terapi Jari Tangan Pasca Stroke*” dengan menggunakan *Soft Pneumatic Actuators (SPAs)* sebagai *actuator* dan *ESP-32* sebagai *mikrokontroler*, perlu dipastikan bahwa seluruh bagian dari alat dapat bekerja dengan baik dan maksimal melalui proses pengujian secara bertahap. Dalam proses pengujian terdapat pengujian alat dan sistem, pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengukur, menilai, dan mengetahui tingkat keberhasilan dari alat dan sistem.

3.1 Kontroler dan Sarung Tangan



Gambar 3.1 Hasil Akhir Kontroler dan Sarung Tangan

Hasil perakitan dari kotak kontroler dapat dilihat pada Gambar 3.1 Pada kotak kontroler terdapat tombol *ROM Aktif Resistif*; tombol *Auto*; tombol *Fleksi*; tombol *Ekstensi*; tombol *Power*; *LCD TFT 2”*. Sedangkan pada sarung tangan terdapat *fitting pneumatic* yang digunakan saluran udara menuju *SPAs* dan *SPAs* yang terletak pada masing-masing jari tangan.

3.2 Pengujian Sensor dan Kalibrasi Sensor

Pada tahap ini ada 3 sensor yang dilakukan pengujian dan kalibrasi, yaitu sensor *Air Pressure*, sensor *Flex* dan sensor *Force Flex*. Tujuan pengujian dari sensor ini digunakan untuk mengetahui tingkat kepresisian sensor dengan kondisi *riil* atau kondisi berdasarkan alat ukur. Pengujian pertama sensor *Air Pressure* dengan dibandingkan dengan alat ukur manual *bar gauge*. Nilai error yang diperoleh dengan menghitung menggunakan persamaan (1) dan persamaan (2).

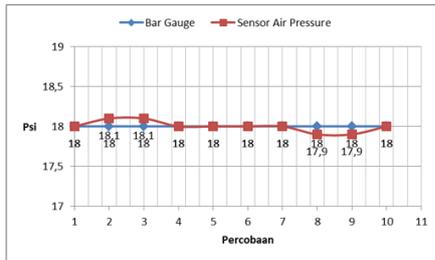
$$Error = \text{Nilai Pembacaan Alat Ukur} - \text{Nilai Pembacaan Sensor} \quad (1)$$

$$Error = \frac{\text{Nilai Pembacaan Alat Ukur} - \text{Nilai Pembacaan Sensor}}{\text{Nilai Pembacaan Sensor}} \times 100\% \quad (2)$$

Tabel 3.2.1 Pengujian Sensor *Air Pressure*

Percobaan	Pembacaan Sensor (Psi)	Pembacaan Bar Gauge (Psi)	Error	Error (%)
1	18,0	18	0	0
2	18,1	18	0,1	0,5
3	18,1	18	0,1	0,5
4	18,0	18	0	0
5	18,0	18	0	0
6	18,0	18	0	0
7	18,0	18	0	0

8	17,9	18	0,1	0,5
9	17,9	18	0,1	0,5
Rata-rata	0,04	0,2	Rata-rata	0,04



Gambar 3.2.1 Pengujian Sensor *Air Pressure*

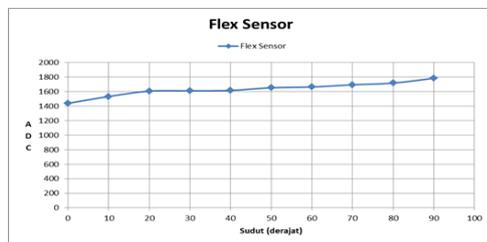
Pengujian sensor *Flex* dengan mengukur tingkan tekukan atau Fleksibilitas dengan nilai *outputnya*. Pada pengujian ini didapatkan hasil, semakin besar nilai derajat sensor atau tekukan, maka semakin besar juga nilai ADC-nya.

Pengujian sensor *Flex* dengan mengukur tingkan tekukan atau Fleksibilitas dengan nilai *outputnya*. Pada pengujian ini didapatkan hasil, semakin besar nilai derajat sensor atau tekukan, maka semakin besar juga nilai ADC-nya.

Tabel 3.2.2 Pengujian Sensor *Flex*

Percobaan	Posisi Sensor (derajat)	Nilai ADC sensor
1	0	1439
2	10	1533
3	20	1607
4	30	1611
5	40	1616
6	50	1653
7	60	1664
8	70	1694
9	80	1718
10	90	1784

Grafik perbandingan hasil pengujian dari sensor *Air Pressure* dengan *Bar Gauge*, dapat dilihat grafik menunjukkan kenaikan, dimana semakin besar sudut, maka semakin besar ADC.

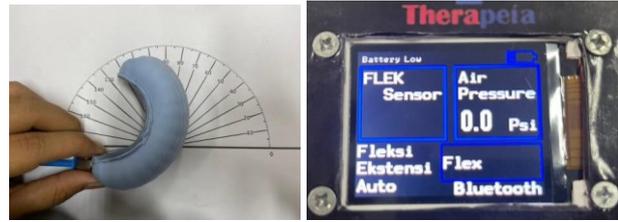


Gambar 3.2.2 Pengujian Sensor *Flex*

3.3 Pengujian tingkat tekukan (*bending*) pada *Soft Pneumatic Actuator*

Diperlukan pengujian pada *Soft Pneumatic Actuator* untuk mengetahui tingkat tekukan dari *actuator* dengan menggunakan alat ukur busur.

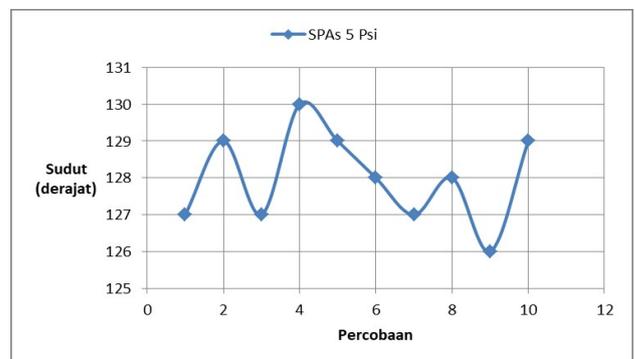
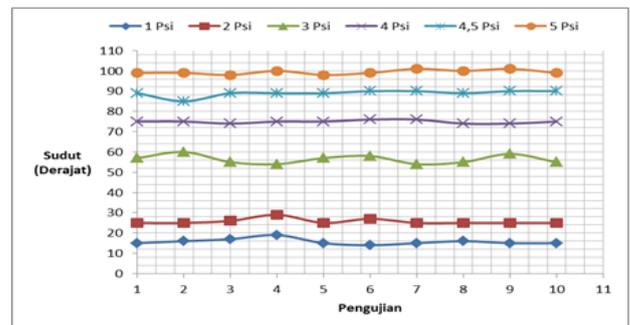
Pengujian dengan tekanan udara 5 Psi yang diukur menggunakan alat ukur busur.



Gambar 3.2.3 (a) Pengujian *SPAs* dengan busur
 (b) Pembacaan Tekanan Udara 5 Psi

Tabel 3.3 Pengujian Posisi Tekukan *SPAs* dengan tekanan 1, 2, 3, 4, 4.5, dan 5 Psi, dengan hasil pengujian posisi tekukan *SPAs* (derajat)

Percobaan	1 PSI	2 PSI	3 PSI	4 PSI	4.5 PSI	5 PSI
1	15	25	57	75	89	99
2	16	25	60	75	85	99
3	17	26	55	74	89	98
4	19	29	54	75	89	100
5	15	25	57	75	89	98
6	14	27	58	76	90	99
7	15	25	54	76	90	101
8	16	25	55	74	89	100
9	15	25	59	74	90	101
10	15	25	55	75	90	99
Rata - rata	15,7	25,7	56,4	74,9	89	99,4



Gambar 3.2.4 (a) Pengujian Posisi Tekukan *SPAs*
 (b) Grafik *Bending Actuator* 5 Psi

Didapatkan hasil, jika semakin besar tekanan udara yang diberikan, maka semakin besar nilai tekukan atau derajat dari *SPAs*.

3.4 Pengujian *Soft Pneumatic Actuators Glove* Untuk Terapi Jari Tangan Pasca Stroke

3.4.1 Pengujian Gerak *Fleksi*

Hasil pengujian dari gerak *Fleksi* ini adalah jari tangan dapat bergerak *Fleksi*, namun jari tangan hanya dapat bergerak rata-rata 75,2 derajat. Hasil pengujian waktu yang diperlukan sarung tangan untuk bergerak *fleksi* dalam satu kali gerakan didapatkan rata-rata waktu 9,8 detik.

Tabel 3.4.1 Tingkat tekukan jari tangan saat bergerak *Fleksi* dan Lama Waktu *Set Point*

Percobaan / Pengujian	Posisi Tekukan Sarung Tangan (Derajat)	Lama Waktu Mencapai Set Point <i>Fleksi</i> (detik)
1	70	11
2	75	8,74
3	70	10,12
4	75	9,79
5	75	8,09
6	77	10,42
7	80	10,73
8	75	10
9	80	9,77
10	75	9,36
Rata-rata	75,2	9,8

3.4.2 Pengujian Gerak *Ekstensi*

Hasil pengujian dari gerak *Ekstensi* ini adalah jari tangan dapat bergerak *Ekstensi*, jari tangan dapat bergerak terbuka dan dapat dilihat tekanan udara yang terbaca adalah 0 Psi.

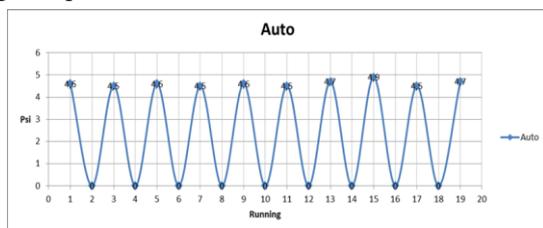
Tabel 3.4.2 Pengujian gerak *Ekstensi*

Pengujian	Lama Waktu Mencapai Set Point <i>Ekstensi</i> (detik)
1	5,06
2	4,80
3	4,80
4	4,55
5	4,41
6	4,88
7	4,28
8	5,30
9	4,59
10	4,77
Rata-rata	4,74

Hasil pengujian waktu yang diperlukan sarung tangan untuk bergerak *Ekstensi* dalam satu kali gerakan didapatkan rata-rata waktu 4,74 detik.

3.4.3 Pengujian Sarung Tangan Gerak *Auto*

Hasil pengujian dari gerak *auto* ini adalah jari tangan dapat bergerak *Ekstensi*/membuka dan *Fleksi*/menggenggam secara otomatis, namun saat jari tangan bergerak *Fleksi* hanya dapat bergerak sekitar 75,2 derajat dari jari tangan saat menggenggam sempurna dan gerak pada saat gerak *Ekstensi* jari tangan dapat membuka.



Gambar 3.2.5 Grafik Pengujian Sarung Tangan Gerak *Auto*

Grafik hasil dari perubahan nilai tekanan udara dari 0 Psi menunjukkan sarung tangan bergerak *ekstensi* dan nilai tekanan udara 4,5 Psi menunjukkan sarung tangan bergerak *fleksi*. Rata-rata nilai tekanan udara dalam mencapai *set point* adalah 4,61 Psi

3.4.4 Pengujian Sarung Tangan Gerak Aktif *Resistif*

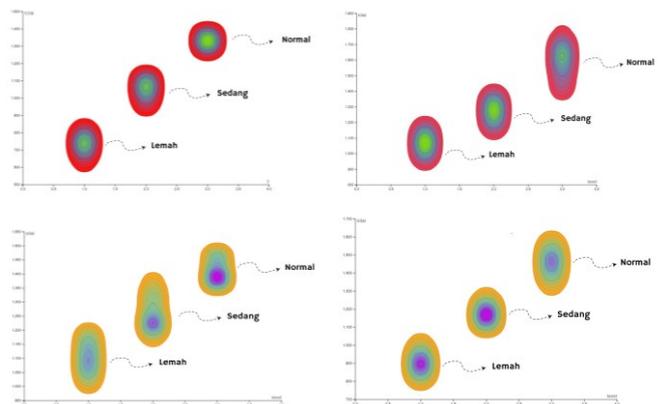
Hasil pengujian dari gerak aktif *Resisif* ini adalah jari tangan tidak dapat menahan *Soft Pneumatic Actuators*, dikarenakan *SPAs* hanya bergerak rata-rata 75,2 derajat pada saat mendorong jari tangan menggenggam, sehingga sensor *Force* tidak dapat menekan bagian telapak tangan, pengujian gerak aktif *Resistif* tidak sesuai atau tidak berhasil.

3.4.5 Pengujian Sarung Tangan Gerak Aktif *Asistif*

Pengujian ini dilakukan dengan gerak tangan Aktif *Asistif* dengan diujikan pada tangan manusia dengan kondisi sehat gerakan menggenggam sebuah benda. Hasil pengujian dari gerak aktif-*asistif* ini adalah jari tangan dapat menggenggam sebuah benda dengan kekuatan genggam yang dapat di *monitoring* pada layar LCD TFT 2⁵.

3.4.6 Pengujian *Clustering* Kekuatan Otot dengan Metode *Machine Learning*

Proses Training *Machine Learning* dilakukan sebanyak 400 dataset, dari hasil training dapat ditampilkan perubahan nilai titik centroid masing-masing *cluster*. Dari percobaan yang dilakukan terdapat 3 centroid *cluster* lemah, sedang, dan Normal. Grafik perubahan nilai centroid masing-masing cluster dapat dilihat pada gambar 12. Data nilai centroid akan terus mengalami perubahan dalam proses training, hal ini terjadi karena *machine learning* melakukan learning terus menerus setiap kali menggunakan metode *A-resistif* sampai mendapatkan nilai yang stabil dan tidak ada perubahan, serta sesuai dengan batasan maksimal kemampuan mikrokontroler dalam melakukan proses *Write* data yaitu sebanyak 100.000 kali.



Gambar 3.4.7 Grafik Pengujian *Machine Learning*

Setelah dilakukan proses learning sebanyak 400 Dataset. Maka kemudian dilakukan proses Pengujian dengan menggunakan 100 dataset. Hal ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dari *machine learning* dengan menggunakan Algoritma K-means. Metode ini memanfaatkan rumus matematis yang mempertimbangkan jumlah data, rata-rata lama yang di simpan dalam *EEPROM*, dan data baru dari 90% sensor *flex* dan 10% sensor *EMG*. Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa tingkat Akurasi *Soft Pneumatic Actuator Glove* ini mencapai 80%.

IV. KESIMPULAN

Dari pembuatan dan pengujian pada “*Soft Pneumatic Actuators Glove Untuk Terapi Jari Tangan Pasca Stroke*” maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pembuatan *Soft Pneumatic Actuator* menggunakan bahan *Silicone Rubber RTV-48* dengan menggunakan cetakan yang terbuat dari Filament PETG yang dicetak menggunakan *3D Print*. *Soft Pneumatic Actuators* memiliki rongga bersekat pada bagian tengah dan pada bagian bawah terdapat serat katun yang berfungsi untuk membatasi pemanjangan bagian bawah *SPAs*;
2. Perancangan dan pembuatan sistem *Soft Pneumatic Actuators Glove Untuk Terapi Jari Tangan Pasca Stroke* adalah membuat rangkaian *elektrikal* mulai dari pembuatan PCB rangkaian *relay*, *Air Compressor* hingga *Solenoid Valve*, pembuatan rangkaian *fitting pneumatic*, pembuatan sarung tangan, pemasangan sensor dan pengujian sensor;
3. Pengujian tingkat tekukan (*bending*) pada *Soft Pneumatic Actuator* dengan ukuran panjang 8,5 cm dan tebal 2 cm. Hasil dari pengujian menunjukkan tekanan udara maksimal yang dapat diberikan pada, *Soft Pneumatic Actuator* sekitar 5 psi dengan nilai *bending* 130 derajat, jika melebihi tekanan udara tersebut *Soft Pneumatic Actuator* mengalami kelebihan udara dan meledak;
4. Pengujian ini dilakukan dengan gerak sarung tangan secara *Ekstensi*, *Fleksi*, ROM Aktif-*Resistif* dan ROM Aktif-*Asistif*. Pada pengujian *Ekstensi* didapatkan hasil dimana jari tangan dapat membuka. Pengujian *Fleksi* didapatkan hasil *SPAs* dapat menggerakkan jari namun hanya dapat menekuk rata-rata 75,2 derajat, karena dimensi dari *SPAs* yang kurang panjang dan bentuk dari bagian dalam *SPAs* mulai dari bagian sekat-sekat udara dan juga tingkat ketebalan bagian atas *SPAs* yang mengalami pemanjangan saat diberikan tekanan udara. Pada pengujian baterai ini arus dari baterai tidak dapat mencukupi kebutuhan arus dari *Solenoid Valve*, ketika

Solenoid Valve aktif, arus listrik dari baterai akan *drop*, sehingga *ESP-32* akan *Reset* dengan sendirinya. Pada pengujian konektivitas *Bluetooth ESP-32*, *Bluetooth* dapat mengirim dan menerima data sesuai data yang dikirim dan diterima, namun pada saat *Bluetooth* terhubung tampilan layar dari LCD TFT 2” akan *blank* dikarenakan *crash* program dari *library Bluetooth Low Energy* dengan *library LCD TFT 2”*.

5. Pengujian ini menunjukkan bahwa penggunaan metode rata-rata baru menghasilkan klasterisasi yang lebih akurat dibandingkan dengan metode konvensional. Perubahan rata-rata klaster yang mempertimbangkan data baru secara proporsional membantu mencari titik pusat klaster.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hakim, A.E., Kusbandono, H., Hafidz Jihaadi, F., & Fata, R. (2021). RANCANG BANGUNELEKTROMIOGRAFI PERMUKAAN PORTABEL. *Jurnal Elektro Dan Telekomunikasi Terapan (E-Journal)*, 8(1), 997 - 1005. doi:10.25124/jett.v8i1.3844
- [2] Hakim, A.E., Setyawan, S. B., Sartika, D. A., Arrosida, H., Wicaksono, R. P., Yudha, R. G. P., ... & Putri, N. A. F. (2022). Development of Low-Cost Multi-channel Portable sEMG for Arm Muscle Strength Scale. *Research Journal of Advanced Engineering and Science*, 7(4), 12-17.
- [3] Balgis, B., Sumardiyono, S., & Handayani, S. (2022). Hubungan Antara Prevalensi Hipertensi, Prevalensi Dm Dengan Prevalensi *Stroke* Di Indonesia (Analisis Data Riskesdas Dan Profil Kesehatan 2018). *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip)*, 10(3), 379-384. <https://doi.org/10.14710/jkm.v10i3.33243>
- [4] Li Min., Wang, T., Zhuo, Y., He Bo, Tao, T., Xie, J., Xu, G. (2020). A soft robotic glove for hand rehabilitation training controlled by movements of the healthy hand. *International Conference on Ubiquitous Robots (UR)*. https://doi.org/10.0/Linux-x86_64
- [5] Putra Kusuma, A., Tri Utami, I., & Purwono, J. (2022). Pengaruh Terapi “Menggenggam Bola Karet Bergerigi” Terhadap Perubahan Kekuatan Otot Pada Pasien *Stroke* Diukur Menggunakan Hangryp Dynamometer Di Ruang Syaraf Rsud Jend A Yani Kota Metro. *Jurnal Cendikia Muda*, 2(1).
- [6] Risangtuni, A. G., & Putri, D. T. (2018). Sarung Tangan Rehabilitasi Dengan Soft-actuator Pneumatik. *Ktrl.Inst (J.Auto.Ctrl.Inst)*, 10(1).
- [7] Sulistiawan, A., Husna, E., Prima, S., & Bukittinggi, N. (2014). Pengaruh Terapi Aktif Menggenggam Bola Terhadap Kekuatan Otot Pasien *Stroke* Di RSSN Bukittinggi. *Jurnal Kesehatan STIKes Prima Nusantara Bukittinggi (Vol. 5, Issue 1)*.