

P-ISSN: 2774-4574; E-ISSN: 363-4582  
TRILOGI, 7(1), Januari- Maret 2026 (1-9)  
@2026 Lembaga Penerbitan, Penelitian,  
dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP3M)  
Universitas Nurul Jadid Paiton Probolinggo  
DOI: [10.33650/trilogi.v7i1.13782](https://doi.org/10.33650/trilogi.v7i1.13782)



## **Pengaruh Terapi Penggunaan Sarung Tangan Elektrik Menggunakan Alat Pemantau Stroke Berbasis Arduino**

### **Toto Aminoto**

Poltekkes Kemenkes Jakarta III, Indonesia  
[aminoto2008@gmail.com](mailto:aminoto2008@gmail.com)

### **Mohammad Ali**

Poltekkes Kemenkes Jakarta III, Indonesia  
[dedek.ali@yahoo.com](mailto:dedek.ali@yahoo.com)

### **Ganesa Puput Dinda Kurniawan**

Poltekkes Kemenkes Jakarta III, Indonesia  
[ganesakurniawan@gmail.com](mailto:ganesakurniawan@gmail.com)

### **Abdurahmah Berbudi BL**

Poltekkes Kemenkes Jakarta III, Indonesia  
[budiabdurahman@gmail.com](mailto:budiabdurahman@gmail.com)

### **Abstract**

Background: Post-stroke rehabilitation is a crucial process to help patients recover motor function and increase independence in daily activities. One way to recover after a stroke is through the use of electric gloves. The success of this therapy can be determined by observing finger movement. If the fingers can move, the therapy is considered successful. To monitor this movement, a prototype monitoring device using an Arduino-based device has been created to assess its objectivity. Objective: developing an Arduino-based stroke therapy development monitoring tool. Methods: The device design includes hardware and software design. Hardware design includes the necessary components, wiring, and device installation. Software design includes flowcharts and software development related to the device's operating principles. Data collection was conducted on stroke patients who were then treated using electric gloves. Results: The results showed that the electric glove improved the functionality of post-stroke patients, particularly in fine motor rehabilitation. This was evident in the readings, which showed an increase in the degree of finger flexion.

**Keywords:** Stroke; Electronic gloves; Flex sensor application; Stroke monitoring device.

### **Abstrak**

Latar Belakang: Rehabilitasi pasca-stroke adalah proses penting untuk membantu pasien memulihkan fungsi motorik dan meningkatkan kemandirian dalam aktivitas sehari-hari. Untuk memulihkan pasca stroke salah satunya dapat diintervensi dengan menggunakan sarung tangan elektrik. Untuk mengetahui tingkat keberhasilan terapi tersebut dengan melihat pergerakan jari-jari tangan. Apabila jari dapat digerakan maka terapi tersebut dianggap berhasil. Untuk melihat gerakan tersebut sudah dilakukan pembuatan prototype alat pemantau menggunakan alat berbasis arduino untuk melihat tingkat obyektifitasnya.

Tujuan Penelitian: mengembangkan alat pemantau perkembangan terapi stroke berbasis arduino; Metode: Perancangan alat meliputi desain *hardware* dan desain *software*. Desain *hardware* meliputi komponen apa saja yang diperlukan, Jalur perkabelan (*wiring*) dan Instalasi alat. Desain *software* meliputi diagram alur (*flow chart*) dan pembuatan *software* terkait dengan prinsip kerja alat. Pengambilan data dilakukan terhadap pasien yang terkena stroke kemudian diterapi menggunakan sarung tangan elektrik Hasil: Hasil menunjukkan bahwa sarung tangan elektrik mampu meningkatkan fungsional pasien pasca stroke terutama dalam merehabilitasi motorik halus. Hal ini terlihat dari pembacaan yang menunjukkan nilai derajat tekukan jari yang semakin meningkat.

**Katakunci:** Stroke; Sarung tangan elektrik; aplikasi flex sensor; alat pemantau stroke.

## 1 Pendahuluan

Stroke merupakan salah satu penyebab utama kecacatan dan kematian di dunia. Menurut data World Health Organization (WHO), stroke adalah penyebab kematian kedua secara global dan penyebab kecacatan ketiga di dunia (WHO 2020). Di Indonesia, stroke menjadi penyebab kematian tertinggi dengan prevalensi yang terus meningkat setiap tahunnya (Mona, Kandou et al. 2022). Stroke terjadi ketika pasokan darah ke otak terganggu, baik karena penyumbatan (stroke iskemik) atau pecahnya pembuluh darah (stroke hemoragik), yang mengakibatkan kerusakan sel-sel otak. Kerusakan ini sering menyebabkan kelumpuhan atau kelemahan pada salah satu sisi tubuh (hemiparesis), terutama pada tangan dan kaki, yang secara signifikan memengaruhi kualitas hidup pasien (Krishnamurthi and Feigin 2021).

Rehabilitasi pasca-stroke adalah proses penting untuk membantu pasien memulihkan fungsi motorik dan meningkatkan kemandirian dalam aktivitas sehari-hari. Namun, proses rehabilitasi ini seringkali memakan waktu lama dan membutuhkan bantuan terapis secara intensif. Rehabilitasi yang dimulai secara dini dan dilakukan secara konsisten dapat meningkatkan peluang pemulihan fungsi motorik pada pasien stroke (Langhorne, Bernhardt et al. 2011). Namun, ketersediaan terapis yang terbatas dan biaya rehabilitasi yang tinggi menjadi kendala utama, terutama di negara berkembang seperti Indonesia (Prabhakaran, Ruff et al. 2015).

Salah satu tantangan utama dalam rehabilitasi stroke adalah pemulihan fungsi motorik halus, terutama pada tangan dan jari. Kemampuan motorik halus sangat penting untuk melakukan aktivitas sehari-hari seperti makan, menulis, dan memegang benda. Namun, pemulihan fungsi ini seringkali lebih lambat dibandingkan pemulihan fungsi motorik kasar seperti berjalan (Kwakkel, Kollen et al. 2008). Hal ini disebabkan oleh

kompleksitas sistem saraf dan otot yang terlibat dalam gerakan halus, serta tingkat kerusakan otak yang bervariasi pada setiap pasien.

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi telah memainkan peran penting dalam meningkatkan efektivitas rehabilitasi stroke. Salah satu inovasi yang menjanjikan adalah penggunaan perangkat wearable seperti sarung tangan terapi yang dilengkapi dengan sensor dan stimulasi elektrik. Sarung tangan terapi ini dirancang untuk membantu pasien melatih gerakan tangan dan jari secara mandiri, sekaligus memberikan umpan balik (feedback) tentang perkembangan terapi mereka. Studi oleh Maciejasz et al. (2014) menunjukkan bahwa penggunaan perangkat berbasis sensor dan stimulasi elektrik dapat meningkatkan plastisitas otak (neuroplastisitas), yang merupakan kunci untuk pemulihan fungsi motorik pasca-stroke (Kwakkel, Kollen et al. 2008, Maciejasz, Eschweiler et al. 2014)

Stimulasi elektrik, khususnya Functional Electrical Stimulation (FES), telah terbukti efektif dalam meningkatkan kekuatan otot dan koordinasi gerakan pada pasien stroke. FES bekerja dengan memberikan rangsangan listrik ke otot-otot yang lemah, sehingga memicu kontraksi otot dan membantu pasien melakukan gerakan yang sulit dilakukan secara mandiri (Sheffler and Chae 2007). Selain itu, integrasi sensor gerak dalam sarung tangan terapi dapat memantau aktivitas tangan dan jari secara real-time, memberikan data yang akurat tentang perkembangan terapi pasien (Szabo, Neagu et al. 2023).

Meskipun teknologi ini menjanjikan, pengembangan sarung tangan terapi untuk pasien stroke masih menghadapi beberapa tantangan. Pertama, desain sarung tangan harus nyaman dan ringan agar dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama tanpa menyebabkan ketidaknyamanan. Kedua, sistem sensor dan stimulasi elektrik harus dapat disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan masing-masing pasien, mengingat tingkat

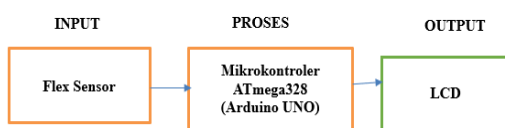
kerusakan dan kemampuan motorik yang bervariasi (Krebs, Volpe et al. 2009). Ketiga, biaya produksi harus terjangkau agar dapat diakses oleh pasien di negara berkembang.

Di Indonesia, penelitian dan pengembangan perangkat medis untuk rehabilitasi stroke masih terbatas. Sebagian besar perangkat terapi yang digunakan di fasilitas kesehatan masih mengandalkan alat-alat konvensional seperti bola karet, gelang resistensi, dan alat bantu lainnya yang kurang efektif dalam melatih motorik halus. Oleh karena itu, pengembangan sarung tangan terapi berbasis sensor dan stimulasi elektrik dapat menjadi solusi inovatif untuk mengatasi tantangan ini. Untuk melihat keberhasilan penggunaan sarung tangan elektrik maka perlu dilakukan pemantauan terutama jari tangan dalam hal menekuk. Apabila pasien semakin tinggi sudut kelekukannya maka akan semakin tinggi tingkat keberhasilannya. Proses menekuk sangat subyektif untuk itu perlu dikembangkan juga alat untuk eantaunya supaya ebih obyektif.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan alat pemantau perkembangan terapi stroke berbasis arduino . Alat ini digunakan untuk melihat pengaruh terapi penggunaan sarung tangan elektrik terhadap peningkatan kemampuan fungsional penderita stroke terutama dalam proses rehabilitasi motorik halus. Kemampuan fungsional dilihat dengan variabel seberapa jari-jari tangan dapat digerakan dengan satuan derajat ( $^{\circ}$ ).

## 2 Metode

Diagram alirdalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Rancangan Alat Pembacaan FlexSensor

**Gambar 1.** Rancangan Alat Pembacaan Flex Sensor menunjukkan alur kerja sistem pemantauan gerakan tekukan jari tangan menggunakan flex sensor berbasis mikrokontroler Arduino Uno sebagai pusat pengolah data. Pada sistem ini, flex sensor berfungsi sebagai komponen utama yang mendeteksi perubahan sudut tekukan jari melalui perubahan nilai resistansi ketika sensor ditekuk. Perubahan resistansi tersebut kemudian dikonversi menjadi tegangan analog melalui rangkaian pembagi tegangan dan selanjutnya dibaca oleh pin analog pada Arduino Uno untuk diproses menjadi nilai

sudut dalam satuan derajat ( $^{\circ}$ ). Sebelum digunakan, sensor terlebih dahulu dikalibrasi menggunakan sudut referensi tertentu agar menghasilkan pembacaan yang akurat dan stabil. Data hasil pembacaan yang telah diproses kemudian ditampilkan melalui media output berupa LCD Keypad Shield serta laptop yang terhubung melalui Arduino IDE untuk keperluan monitoring dan pencatatan data secara real-time. Dengan demikian, rancangan alat ini berfungsi sebagai sistem pemantau perkembangan terapi motorik halus pasien pasca-stroke secara objektif melalui pengukuran tingkat kelengkungan jari tangan selama proses rehabilitasi berlangsung.

Alat yang digunakan adalah laptop Lenovo idea 330. Laptop digunakan untuk memproses data sekaligus menampilkan pembacaan flex sensor yang dihasilkan. Mikrokontroler yang digunakan menggunakan Arduiono UNO sedangkan perangkat lunak yang digunakan berupa program IDEA. Sedangkan sensor yang digunakan adalah Flex sensor. Sensor ini yang akan membaca tingkat lekukan atau sudut pergerakan sensorik yang terdeteksi. Sedangkan perhitungan sudut menggunakan flex sensor.(Zakri, Arfianti et al. 2022)

Flex sensor adalah sebuah komponen elektronika pasif yang resistansinya berubah secara proporsional ketika komponen tersebut ditekuk (bent). Pada dasarnya, sensor adalah sebuah variabel resistor yang dikendalikan oleh pembengkokan.(Sreejan and Narayan 2017)

Semakin besar tekukan (bend), semakin besar nilai resistansinya. Saat lurus, resistansinya pada nilai terendah (biasanya sekitar 10k $\Omega$ ). Saat ditekuk sepenuhnya, resistansinya mencapai nilai tertinggi (biasanya hingga 40k $\Omega$  atau lebih, tergantung model (Hendri and Pujianti 2020).



**Gambar 2.** Flex Sensor

Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno. Alat ini adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 (datasheet). Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno

ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang-ke adaptor-DC atau baterai untuk menjalankannya. Setiap 14 pin digital pada arduino uno dapat digunakan sebagai input dan output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Fungsi fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 volt, Setiap pin dapat memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40 mA dan mempunyai sebuah resistor pull-up (terputus secara default) 20-50 kOhm. LCD digunakan untuk membacahasil pemantauan.LCD yang digunakan tipe Keypad Shield (Ruokamo 2012)

### 3 Hasil dan Diskusi

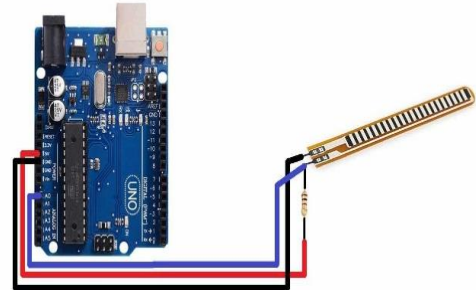
Untuk merancang pengembangan alat pemantau stroke , langkah pertama adalah merangkai seperti pada Gambar 2 dibawah:



**Gambar 2.** Setting Flex Sensor dengan arduino Uno

Gambar 2. Setting Flex Sensor dengan Arduino Uno menunjukkan proses perancangan rangkaian dasar yang menghubungkan flex sensor dengan mikrokontroler Arduino Uno sebagai sistem utama pembaca data tekukan jari. Pada rangkaian ini, flex sensor berfungsi sebagai komponen input yang mendeteksi perubahan sudut tekukan melalui perubahan nilai resistansi ketika sensor dibengkokkan. Sensor kemudian dihubungkan dengan sumber tegangan 5V (VCC) pada Arduino serta jalur ground sebagai referensi tegangan, sedangkan keluaran sensor dihubungkan ke pin analog Arduino untuk membaca perubahan tegangan hasil pembengkokan sensor. Agar perubahan resistansi flex sensor dapat terbaca secara stabil, digunakan rangkaian pembagi tegangan yang berfungsi mengubah perubahan resistansi menjadi sinyal tegangan analog yang proporsional terhadap tingkat tekukan sensor. Sinyal analog tersebut selanjutnya diproses oleh Arduino Uno menjadi data digital dalam bentuk nilai sudut tekukan yang kemudian ditampilkan melalui media monitoring seperti LCD atau laptop menggunakan Arduino IDE. Dengan pengaturan

rangkaian ini, sistem mampu membaca perubahan gerakan jari secara real-time sebagai indikator perkembangan fungsi motorik halus pasien pasca-stroke selama proses terapi berlangsung. Adapun pin yang menghubungkan antara sensor dan Arduino Uno ditampilkan pada Gambar 3 dibawah.



**Gambar 3.** Pin yang digunakan untuk menghubungkan Sensor dengan arduino Uno

Gambar 3. Pin yang digunakan untuk menghubungkan sensor dengan Arduino Uno menunjukkan konfigurasi jalur koneksi antara modul flex sensor dan papan mikrokontroler Arduino Uno yang berfungsi sebagai pusat pengolah data dalam sistem pemantauan gerakan jari. Pada rangkaian tersebut, pin **VCC** pada modul flex sensor dihubungkan dengan pin **5V** pada Arduino Uno sebagai sumber tegangan utama untuk mengaktifkan sensor, sedangkan pin **GND** dihubungkan dengan pin **ground Arduino** sebagai jalur referensi arus listrik agar rangkaian bekerja stabil. Selanjutnya, pin **analog output (AO)** pada modul flex sensor dihubungkan ke salah satu **pin analog Arduino (misalnya A0)** yang berfungsi membaca perubahan tegangan hasil perubahan resistansi sensor saat terjadi tekukan. Perubahan tegangan analog tersebut kemudian diproses oleh Arduino menjadi data digital yang merepresentasikan nilai sudut tekukan jari dalam satuan derajat. Konfigurasi pin ini sangat penting karena menentukan kestabilan pembacaan sensor serta akurasi data yang dihasilkan dalam proses pemantauan perkembangan fungsi motorik halus pasien pasca-stroke secara real-time. Adapun pin VCC modul flex sensor dengan pin VCC 5V arduino, Dan Analog output dengan analog AO pada analog arduino. Setelah itu keduanya dihubungkan dengan laptop untuk memulai pembuatan perangkat lunak. Untuk tahap pertama ini dilakukan pembacaan resistansi terlebih dahulu.

Pada Gambar 2 diatas sensor perlu perlu dikalibrasi terlebih dahulu. Proses kalibrasi dilakukan dengan cara sensor ditebuk disesuaikan

dengan penggaris busur. Kemudian hasil pembacaan disesuaikan dengan lengkung penggaris. Perlakuan ini diulang sampai menghasilkan pembacaan yang presisi. Dalam penelitian ini dilakukan pengulangan sampai 10 kali. Nilai sudut diletakan pada sudut 60 derajat.

**Tabel 1.** Hasil kalibrasi

No	Hasil pembacaan Alat (derajat)
1	60,32
2	60,14
3	60,41
4	60,22
5	60,51
6	60,71
7	60,12
8	60,65
9	60,11
10	60,21

Hasil pembacaan menunjukkan  $60 \pm 0,22$  derajat. RMSE 0,399. Hasil tersebut menunjukkan bahwa data hasil pembacaan alat lebih akurat (Rosita and Moonlight 2024). **Tabel 1. Hasil Kalibrasi** menunjukkan hasil pengujian akurasi pembacaan flex sensor setelah dilakukan proses kalibrasi menggunakan sudut acuan sebesar  $60^\circ$  sebagai standar pembandingan. Proses kalibrasi dilakukan sebanyak **10 kali pengulangan** untuk memastikan kestabilan dan konsistensi pembacaan sensor terhadap perubahan sudut tekukan. Berdasarkan hasil pengukuran, nilai yang diperoleh berada pada rentang  $60,11^\circ$  hingga  $60,71^\circ$ , dengan nilai rata-rata pembacaan sebesar  $60 \pm 0,22^\circ$ , yang menunjukkan bahwa selisih pembacaan alat terhadap sudut referensi relatif kecil. Selain itu, nilai **RMSE (Root Mean Square Error) sebesar 0,399** mengindikasikan tingkat kesalahan pengukuran yang rendah sehingga sensor memiliki tingkat presisi yang baik dalam mendeteksi perubahan sudut tekukan. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem pembacaan berbasis flex sensor dan Arduino Uno mampu menghasilkan data yang stabil dan cukup akurat untuk digunakan sebagai alat pemantau perkembangan terapi motorik halus pasien pasca-stroke secara objektif dan berkelanjutan selama proses rehabilitasi berlangsung.



**Gambar 4.** Tampilan sarung tangan elektrik

Pasien yang sudah terkena stroke diuji coba menggunakan sarung tangan elektrik. Dalam hal ini peneliti menguji coba dengan pasien stroke sebanyak tiga orang. Penggunaan sarung tangan ini dilaksanakan sebulan dengan durasi waktu 60 menit per hari. Setelah itu untuk melihat perkembangan maka dilakukan gerakan menggunakan sarung tangan biasa yang sudah ditempelkan sensor flex diantara jari yang ada Seperti Gambar 5 dan 6 dibawah.



**Gambar 5. (a)** Pemantauan kondisi pasca stroke

Gambar 5. (a) Pemantauan kondisi pasca stroke menunjukkan proses pengukuran awal kondisi kemampuan motorik halus jari pasien sebelum atau pada tahap awal setelah menjalani terapi menggunakan sarung tangan elektrik. Pada tahap ini, flex sensor dipasang pada bagian jari tangan pasien untuk mendeteksi tingkat tekukan jari sebagai indikator kemampuan gerakan motorik halus pasca-stroke. Sensor yang

terpasang kemudian membaca perubahan sudut tekukan jari dan mengirimkan sinyal analog ke Arduino Uno untuk diproses menjadi data sudut dalam satuan derajat. Hasil pembacaan tersebut digunakan sebagai data dasar (baseline) untuk mengetahui tingkat kemampuan awal pasien dalam menggerakkan jari sebelum dilakukan evaluasi lanjutan setelah terapi berlangsung. Proses pemantauan ini penting karena berfungsi sebagai acuan perbandingan terhadap hasil pengukuran berikutnya sehingga perkembangan fungsi motorik halus pasien dapat diamati secara objektif, terukur, dan sistematis selama proses rehabilitasi berlangsung.



**Gambar 6.** (b) Pemantauan kondisi pasca stroke

Gambar 6. (b) Pemantauan kondisi pasca stroke menunjukkan proses pengukuran lanjutan terhadap kemampuan motorik halus jari pasien setelah menjalani terapi menggunakan sarung tangan elektrik dalam periode waktu tertentu. Pada tahap ini, flex sensor tetap digunakan untuk membaca perubahan sudut tekukan jari tangan pasien sebagai indikator perkembangan fungsi motorik halus dibandingkan dengan kondisi awal sebelumnya. Sensor yang dipasang pada jari akan mendeteksi tingkat kelengkungan jari saat pasien melakukan gerakan tertentu, kemudian sinyal yang dihasilkan dikirim ke Arduino Uno untuk diproses menjadi data sudut dalam satuan derajat dan ditampilkan melalui media monitoring. Hasil pengukuran pada tahap ini digunakan sebagai data evaluasi untuk mengetahui peningkatan kemampuan gerakan jari setelah terapi dilakukan, sehingga perkembangan rehabilitasi pasien dapat dianalisis secara objektif melalui perbandingan

nilai sudut tekukan sebelum dan sesudah terapi. Dengan demikian, proses pemantauan ini berperan penting dalam menilai efektivitas penggunaan sarung tangan elektrik terhadap peningkatan fungsi motorik halus pasien pasca-stroke secara terukur dan berkelanjutan. Hasil pembacaan menggunakan alat ditampilkan pada Gambar 7 dibawah.



**Gambar 7.** menunjukkan Hasil pembacaan tekukan jari

Gambar 7. Hasil Pembacaan Tekukan Jari menunjukkan tampilan keluaran sistem pemantauan yang merepresentasikan nilai sudut tekukan jari pasien pasca-stroke dalam satuan derajat sebagai indikator perkembangan fungsi motorik halus setelah dilakukan terapi menggunakan sarung tangan elektrik berbasis flex sensor dan mikrokontroler Arduino Uno. Pada tahap ini, sistem telah melewati proses perancangan perangkat keras, pengaturan koneksi sensor, serta proses kalibrasi sebagaimana dijelaskan pada gambar sebelumnya, sehingga data yang dihasilkan dapat digunakan sebagai parameter objektif dalam menilai tingkat keberhasilan terapi rehabilitasi. Rentang pembacaan sudut pada sistem diatur antara **0° hingga 90°**, yang merupakan batas operasional pengukuran gerakan tekukan jari yang relevan dengan aktivitas motorik halus tangan manusia dalam konteks rehabilitasi pasca-stroke.

Pengaturan rentang sudut antara 0° sampai dengan 90° dilakukan berdasarkan pertimbangan anatomi gerakan jari tangan serta kemampuan sensor flex dalam mendeteksi perubahan resistansi secara stabil pada kisaran tersebut. Sudut 0° merepresentasikan kondisi jari dalam posisi lurus atau tidak mengalami tekukan, sedangkan sudut mendekati 90° menunjukkan kondisi jari dalam posisi menekuk secara maksimal sesuai kemampuan pasien. Dengan adanya pengaturan rentang pembacaan tersebut, sistem mampu memberikan representasi yang

jelas mengenai tingkat fleksibilitas jari pasien selama proses pemantauan berlangsung. Rentang ini juga dipilih untuk memastikan bahwa hasil pembacaan tetap berada dalam batas sensitivitas optimal sensor sehingga kesalahan pengukuran dapat diminimalkan.

Sebagaimana dijelaskan pada proses sebelumnya, flex sensor bekerja berdasarkan perubahan nilai resistansi yang terjadi akibat pembengkokan sensor. Ketika sensor mengalami tekukan mengikuti gerakan jari pasien, resistansi sensor akan meningkat secara proporsional terhadap besar sudut tekukan yang terjadi. Perubahan resistansi tersebut kemudian dikonversi menjadi sinyal tegangan analog melalui rangkaian pembagi tegangan yang selanjutnya dibaca oleh pin analog pada Arduino Uno. Mikrokontroler kemudian memproses sinyal tersebut menggunakan program yang telah dirancang sebelumnya sehingga menghasilkan nilai sudut tekukan yang ditampilkan pada media monitoring seperti LCD maupun laptop melalui Arduino IDE. Oleh karena itu, hasil pembacaan yang ditampilkan pada Gambar 7 merupakan hasil akhir dari proses konversi data analog menjadi data digital yang telah dikalibrasi sebelumnya.

Hasil pembacaan tekukan jari yang ditampilkan pada Gambar 7 memiliki peran penting sebagai indikator perkembangan kemampuan motorik halus pasien pasca-stroke. Kemampuan motorik halus merupakan salah satu aspek yang paling sering mengalami gangguan akibat kerusakan sistem saraf setelah terjadinya stroke. Gangguan tersebut biasanya ditandai dengan berkurangnya kemampuan pasien dalam melakukan gerakan sederhana seperti menggenggam benda, menulis, atau menggerakkan jari secara terkoordinasi. Oleh karena itu, pengukuran sudut tekukan jari secara kuantitatif menjadi salah satu metode yang efektif untuk menilai perkembangan fungsi motorik halus pasien selama proses rehabilitasi berlangsung.

Penggunaan sistem pemantauan berbasis flex sensor sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7 memberikan keunggulan dibandingkan metode pengamatan manual yang selama ini banyak digunakan dalam proses rehabilitasi konvensional. Pada metode manual, penilaian perkembangan terapi biasanya dilakukan berdasarkan observasi visual oleh tenaga medis atau terapis, sehingga hasil penilaian cenderung bersifat subjektif dan sulit diukur secara kuantitatif. Sebaliknya, dengan menggunakan sistem berbasis sensor, perubahan sudut tekukan jari dapat diukur secara langsung dalam bentuk angka sehingga memberikan data yang lebih objektif, konsisten, dan dapat

digunakan sebagai dasar evaluasi terapi secara ilmiah.

Selain itu, hasil pembacaan tekukan jari pada rentang  $0^\circ$  hingga  $90^\circ$  juga memungkinkan tenaga medis untuk melakukan analisis perkembangan terapi secara bertahap. Sebagai contoh, peningkatan sudut tekukan jari dari nilai yang rendah menuju nilai yang lebih tinggi menunjukkan adanya peningkatan kemampuan kontraksi otot serta koordinasi gerakan jari pasien. Hal ini berkaitan erat dengan proses neuroplastisitas, yaitu kemampuan sistem saraf untuk beradaptasi dan membentuk kembali jalur saraf baru setelah terjadi kerusakan akibat stroke. Dengan demikian, peningkatan nilai sudut tekukan jari yang terukur melalui sistem ini dapat digunakan sebagai indikator keberhasilan proses rehabilitasi yang sedang dijalani pasien.

Hubungan antara hasil pembacaan pada Gambar 7 dengan tahapan sebelumnya juga sangat erat, khususnya dengan proses kalibrasi sensor yang telah dijelaskan pada Tabel 1. Proses kalibrasi tersebut memastikan bahwa nilai sudut yang ditampilkan oleh sistem memiliki tingkat akurasi yang tinggi sehingga dapat digunakan sebagai data yang valid dalam penelitian. Nilai RMSE sebesar 0,399 yang diperoleh pada tahap kalibrasi menunjukkan bahwa kesalahan pembacaan sensor relatif kecil sehingga sistem mampu menghasilkan data pengukuran yang stabil dan dapat dipercaya. Dengan demikian, hasil pembacaan pada Gambar 7 tidak hanya menunjukkan nilai sudut tekukan jari secara langsung, tetapi juga mencerminkan hasil pengukuran yang telah melalui proses validasi teknis sebelumnya.

Selain berkaitan dengan proses kalibrasi, hasil pembacaan pada Gambar 7 juga merupakan kelanjutan dari proses pemantauan kondisi pasien yang ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Pada Gambar 5 dijelaskan mengenai kondisi awal kemampuan motorik halus pasien sebelum terapi dilakukan, sedangkan pada Gambar 6 ditunjukkan kondisi pasien setelah menjalani terapi menggunakan sarung tangan elektrik. Perbandingan antara kedua kondisi tersebut kemudian divisualisasikan secara lebih jelas melalui hasil pembacaan sudut tekukan jari yang ditampilkan pada Gambar 7. Dengan demikian, gambar ini berfungsi sebagai representasi kuantitatif dari perkembangan kemampuan motorik halus pasien selama proses terapi berlangsung.

Penggunaan sarung tangan elektrik dalam penelitian ini juga berperan penting dalam meningkatkan efektivitas proses rehabilitasi yang

diukur melalui sistem pemantauan tersebut. Sarung tangan elektrik bekerja dengan memberikan stimulasi listrik ringan pada otot-otot tangan sehingga membantu pasien dalam melakukan gerakan yang sebelumnya sulit dilakukan secara mandiri. Stimulasi tersebut membantu meningkatkan kekuatan otot serta koordinasi gerakan jari sehingga secara bertahap meningkatkan nilai sudut tekukan yang terukur oleh flex sensor. Oleh karena itu, peningkatan nilai sudut tekukan jari yang ditampilkan pada Gambar 7 dapat diinterpretasikan sebagai hasil dari kombinasi antara terapi stimulasi elektrik dan pemantauan berbasis sensor yang terintegrasi dalam satu sistem rehabilitasi.

Selain memberikan manfaat dalam proses evaluasi terapi, hasil pembacaan tekukan jari yang ditampilkan pada Gambar 7 juga memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai bagian dari sistem rehabilitasi berbasis teknologi digital. Data sudut tekukan jari yang diperoleh secara real-time dapat disimpan dalam basis data sehingga memungkinkan dilakukan analisis perkembangan pasien dalam jangka waktu yang lebih panjang. Dengan adanya pencatatan data secara sistematis, tenaga medis dapat melakukan evaluasi terapi secara lebih komprehensif serta menentukan strategi rehabilitasi yang lebih tepat sesuai dengan kondisi masing-masing pasien.

Lebih lanjut, sistem pemantauan berbasis flex sensor sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7 juga memiliki potensi untuk diintegrasikan dengan teknologi Internet of Things (IoT) sehingga memungkinkan proses monitoring dilakukan secara jarak jauh. Integrasi tersebut akan sangat bermanfaat terutama bagi pasien yang menjalani terapi mandiri di rumah, karena tenaga medis tetap dapat memantau perkembangan kondisi pasien tanpa harus melakukan pemeriksaan secara langsung di fasilitas kesehatan. Dengan demikian, hasil pembacaan tekukan jari tidak hanya berfungsi sebagai indikator perkembangan terapi dalam konteks penelitian, tetapi juga memiliki potensi aplikasi yang lebih luas dalam pengembangan sistem rehabilitasi medis berbasis teknologi di masa mendatang.

**Tabel 2.** Hasil pengukuran

Responden	Sebelum (°)	Sesudah (°)
1	27	38
2	30	36

3	40	49
---	----	----

Hasil pengukuran ditampilkan pada tabel 2 diatas. Dari tiga orang menunjukkan peningkatan fungsional rehabilitasi motorik halus. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sarung tangan elektrik mampu meningkatkan fungsional motorik halus. Sementara alat pemantau stroke dapat berfungsi membaca tingkat fungsional motorik halus. Hal ini dilihat dari semakin besar nilai derajat lekukan jarinya. Penelitian ini hanya dibatasi pembuatan alat prototype untuk memantau perkembangan stroke. Dari penelitian masih terdapat banyak kekurangan terutama untuk uji coba belum dilakukan ke banyak pasien sehingga akurasi dan presisi belum dapat ditentukan.

## 4 Kesimpulan

Dalam penelitian ini sudah dibuat alat pemantau stroke berbasis arduino. Alat ini digunakan untuk memantau perkembangan penyakit stroke pasca diintervensi menggunakan sarung tangan elektrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa latihan menggunakan sarung tangan elektrik mampu meningkatkan fungsional pasien pasca stroke terutama dalam rehabilitasi motorik halus. Keterbatasan penelitian karena alat ini masih bersifat prototype maka jumlah responden masih terbatas. Disamping itu sensor yang digunakan masih berjumlah satu, sehingga belum menggambarkan secara utuh mengenai peningkatan fungsional motorik halus. Untuk selanjutnya perlu dikembangkan lagi alat ini terutama yang memuat sensor sebanyak 5 buah sesuai dengan jumlah jari, sehingga semua jari dapat dipantau perkembangannya.

## 5 Referensi

- World Health Organization (WHO). (2020). Global Health Estimates 2020: Disease Burden by Cause, Age, Sex, by Country and by Region, 2000-2019. Geneva: WHO.
- Hendri, H. and L. Pujianti (2020). SARUNG TANGAN PENERJEMAH HURUF SIBI (A~ Z), Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
- Krebs, H. I., et al. (2009). "A working model of stroke recovery from rehabilitation robotics practitioners." *Journal of neuroengineering and rehabilitation* 6(1): 6.

- Krishnamurthi, R. V. and V. L. Feigin (2021). "Global burden of stroke." *Stroke: Pathophysiology, Diagnosis, and Management*, 7th ed.; Grotta, J., Albers, G., Broderick, J., Kasner, S., Lo, E., Sacco, R., Wong, L., Day, A., Eds: 163-178. *Advanced Engineering* 12(12): 23-31.
- Kwakkel, G., et al. (2008). "Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: a systematic review." *Neurorehabilitation and neural repair* 22(2): 111-121.
- Langhorne, P., et al. (2011). "Stroke rehabilitation." *The lancet* 377(9778): 1693-1702.
- Maciejasz, P., et al. (2014). "A survey on robotic devices for upper limb rehabilitation." *Journal of neuroengineering and rehabilitation* 11(1): 3.
- Mona, J. D., et al. (2022). "Proporsi Obesitas Sentral dan Stroke Menurut Provinsi di Indonesia Tahun 2018." *KESMAS: Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi* 11(2).
- Prabhakaran, S., et al. (2015). "Acute stroke intervention: a systematic review." *Jama* 313(14): 1451-1462.
- Rosita, Y. D. and L. S. Moonlight (2024). "Perbandingan Metode Prediksi untuk Nilai Jual USD: Holt-Winters, Holt's, dan Single Exponential Smoothing." *Jurnal Teknologi Informasi Dan Multimedia* 5(4): 322-333.
- Ruokamo, J. (2012). "Arduino Shield Designs for Electronics Laboratory Studies."
- Sheffler, L. R. and J. Chae (2007). "Neuromuscular electrical stimulation in neurorehabilitation." *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine* 35(5): 562-590.
- Sreejan, A. and Y. S. Narayan (2017). "A review on applications of flex sensors." *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering* 7(7): 97-100.
- Szabo, D. A., et al. (2023). "The role and importance of using sensor-based devices in medical rehabilitation: a literature review on the new therapeutic approaches." *Sensors* 23(21): 8950.
- WHO, A. (2020). "WHO methods and data sources for life tables 1990–2019." *World Health Organization Geneva*.
- Zakri, A. A., et al. (2022). "Designing flex sensor gloves with temperature sensor & pulse sensor to help stroke patients." *International Journal of Emerging Technology and*