

Smart hand glove terapi pasien pasca stroke berbasis internet of things (IoT)

Lis Diana Mustafa¹, Azam Muzakhim Imamuddin², Yoyok HP Isnomo³

email: lis.diana@polinema.ac.id, azam@polinema.ac.id, yoyok.heru@polinema.ac.id

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 1 Februari 2023

Direvisi 2 April 2023

Diterbitkan 30 April 2023

Kata kunci:

Hand glove

IoT

Tastech

Keywords:

Hand glove

IoT

Tastech

ABSTRAK

Stroke *Transient Ischemic Attack (TIA)* adalah kondisi stroke ringan yang dapat disebabkan oleh berkurangnya suplai darah menuju otak diakibatkan pembuluh darah tersumbat. Kurangnya aliran darah ke otak dapat menyebabkan kelumpuhan, biasanya hanya pada satu sisi tubuh. Fisioterapi pada pasien pasca stroke ringan dilakukan dengan metode terapi gerakan antara lain yaitu *elbow* dan *knee flexion*. Fisioterapi adalah metode pengobatan yang umum digunakan oleh masyarakat, pengobatan ini mahal dan memerlukan mobilitas. Berdasarkan data riset kesehatan dasar, ditemukan bahwa status ekonomi merupakan salah satu penentu utama efektivitas fisioterapi. Oleh karena itu, dibuatlah alat smart hand glove terapi pasien pasca stroke yang digunakan pada bagian tangan dan dilengkapi sebuah aplikasi yang disebut sebagai "Therapy Stroke Technology (TASTECH) untuk monitoring. Alat ini bekerja dengan integrasi antara sensor MPU6050 dan MAX30102 yang terhubung dengan ESP32 serta dapat dimonitoring oleh dokter atau terapis. Dari hasil pengujian akurasi sensor MPU6050 mampu mendeteksi sudut dari 10⁰-90⁰ sebesar 98,64%. Kemudian untuk sensor MAX30102 setelah diuji akurasi dengan perbandingan pulse oximeter tipe Lk87 didapatkan nilai akurasi SPO2 99,37% dan rata-rata BPM 99,22%. Aplikasi TASTECH ini dilengkapi dengan berbagai menu menarik seperti pusat informasi dan konsultasi yang dibuat dengan *user friendly*, TASTECH juga dapat digunakan dimana dan kapan saja dikarenakan bentuk alat ini yang portable dan tentunya ergonomis.

ABSTRACT

Transient Ischemic Attack (TIA) stroke is a mild stroke condition that can be caused by reduced blood supply to the brain due to blocked blood vessels. Lack of blood flow to the brain can cause paralysis, usually on only one side of the body. Physiotherapy in post-stroke patients is carried out using movement therapy methods, including elbow and knee flexion. Physiotherapy is a treatment method that is commonly used by the community, this treatment is expensive and requires mobility. Based on Basic Health Research data, it was found that economic status is one of the main determinants of the effectiveness of physiotherapy. Therefore, a Smart Hand Glove tool was created for post-stroke patient therapy which was used on the hands and equipped with an application called "Therapy Stroke Technology (TASTECH) for monitoring. TASTECH works by integrating the MPU6050 and MAX30102 sensors that are connected to the ESP32 and can be monitored by a doctor or therapist. From the results of testing the accuracy of the MPU6050 sensor is able to detect angles from 10⁰-90⁰ by 98.64%. Then for the MAX30102 sensor after being tested for accuracy with a comparison of the Lk87 type pulse oximeter, the SPO2 accuracy value is 99.37% and the BPM average is 99.22%. The TASTECH application is equipped with various interesting menus such as an information center and consultation which is made user friendly, TASTECH can also be used anywhere and anytime due to the shape of this tool which is portable and of course ergonomic.

Penulis Korespondensi:

Lis Diana Mustafa,

Jurusan Teknik Elektro,

Politeknik Negeri Malang,

Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia.

Email: lisdianamustafa16@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Kecenderungan masyarakat untuk mengonsumsi makanan cepat saji seperti makanan instan berdampak negatif bagi kesehatan. Selain itu, banyak hal lain yang dapat memperburuk kesehatan seperti kurangnya waktu untuk berolahraga dan kurangnya istirahat. Hal seperti ini akan menurunkan daya tahan terhadap penyakit dan memicu berkembangnya penyakit pada manusia. Penyakit yang dahulu cenderung terjadi karena infeksi dan penyakit yang tampak dipermukaan tubuh kini mulai berubah menjadi penyakit vaskuler dan metabolik seperti hipertensi, stroke, dan penyakit jantung koroner [1]. Stroke merupakan penyebab kematian kedua dan penyebab disabilitas ketiga di dunia. Stroke terdapat 3 macam yaitu, Stroke Iskemik, Stroke Hemoragik, *Stroke Transient Ischemic Attack (TIA)*. *Stroke Transient Ischemic Attack (TIA)* disebut juga dengan istilah ministroke atau stroke ringan. Serangan ini terjadi akibat suplai darah menuju otak berkurang akibat pembuluh darah tersumbat. Kurangnya aliran darah ke otak dapat menyebabkan kelumpuhan, biasanya hanya pada satu sisi tubuh seperti pada siku dan lutut.

Prevalensi penyakit tidak menular seperti kanker, penyakit ginjal kronis, diabetes melitus, hipertensi dan stroke berdasarkan hasil Riskesdas tahun 2018 meningkat dibandingkan tahun 2013, stroke sendiri meningkat dari angka 7% menjadi 10,9%. Secara nasional, prevalensi stroke di Indonesia tahun 2018 berdasarkan diagnosis dokter pada penduduk 15 tahun sebesar 10,9% atau diperkirakan sebanyak 2.120.362 orang [2]. Sedangkan upaya perawatan pasca stroke meliputi usaha rehabilitasi yang bertujuan untuk mengembalikan fungsi dan kapabilitas tubuh untuk dapat berfungsi kembali secara normal. Berdasarkan data Riset Kesehatan Dasar, ditemukan bahwa status ekonomi merupakan salah satu penentu utama efektivitas fisioterapi [3]. Oleh karena itu, diperlukan latihan berulang-ulang untuk melatih anggota tubuh yang belum bisa berfungsi secara normal setelah terkena serangan stroke. Latihan tersebut bertujuan untuk mendorong perubahan neuroplastis otak. Latihan untuk mengembalikan fungsi gerakan tubuh yang biasa disebut sebagai fisioterapi [4]. Di sisi lain, tingkat kepatuhan pasien pasca stroke dalam melakukan fisioterapi juga menjadi salah satu pengaruh tingkat efektivitas penyembuhan. Rehabilitasi medis berupa fisioterapi ini menjadi salah satu pilihan untuk membantu pemulihan pada pasien stroke. Program fisioterapi pada pasien stroke memerlukan waktu yang relatif lama, sehingga diperlukan kepatuhan pasien dalam menjalaninya [5]. Ketidakepatuhan banyak ditemukan pada pasien dengan penyakit kronis, di mana pengobatan membutuhkan jangka waktu yang lama dan tidak memperlihatkan hasil yang cepat terhadap perubahan kesehatan pasien. Selain itu, fisioterapi juga tergolong mahal dan memerlukan mobilitas. Penelitian menunjukkan bahwa usia, jenis kelamin, dan pengetahuan mempunyai hubungan bermakna dengan kepatuhan pasien menjalani fisioterapi pasca stroke [6]. Hal ini menunjukkan perlu adanya pemantauan berkala agar pasien patuh menjalani fisioterapi untuk membantu proses pemulihan pasca stroke.

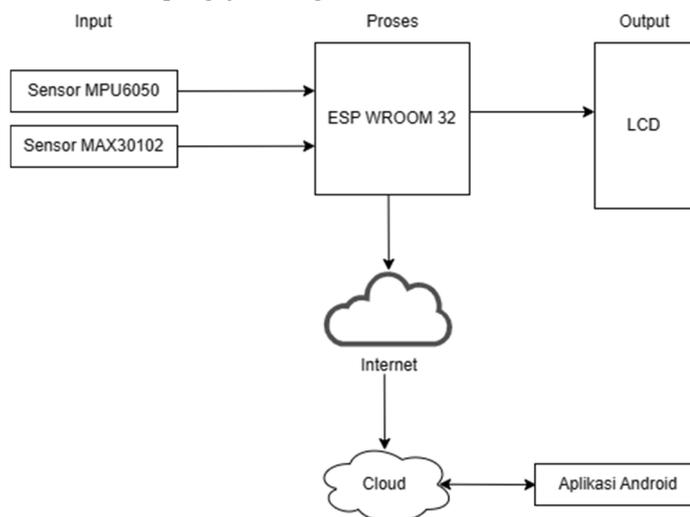
Pada penelitian ini penulis menggunakan tiga jurnal sebagai bahan referensi. Jurnal pertama berjudul “*Desain dan Manufaktur Robot Rehabilitasi Lutut untuk Pasien Pasca Stroke*”, menjelaskan tentang proses pembuatan robot untuk rehabilitasi lutut pasien pasca stroke menggunakan bahan aluminium dan kuningan yang dimanufaktur dengan proses *machining* dan *joining*, serta menggunakan motor DC PG45, *belt* dan *pulley* sebagai penggerak utama. Penggunaan robot ini diletakkan dilutut pasien atau penderita kemudian robot menggerakkan lutut pasien dengan jarak 0 – 47 cm atau 0-46,88 [7]. Sedangkan pada jurnal yang kedua yang berjudul “*Perancangan Alat Ukur Sudut Tekuk Lutut Wireless Menggunakan Sensor Gyroscope berbasis ATmega 328 dan ATmega 2560*” menjelaskan bahwa penelitian ini menggunakan sensor Gyroscope yang digunakan untuk mengukur sudut yaitu tipe GY-21 dengan chip MPU6050 menghasilkan monitoring sudut tekuk lutut yang terdiri dari tiga sistem yaitu, tungkai bawah sistem tungkai atas, dan sistem komunikasi data yang menggunakan modul komunikasi NRF24101 [8]. Kemudian untuk jurnal yang ketiga yaitu “*Perancangan Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan Pasien Pasca Stroke yang Digerakkan Motor Servo*” dijelaskan bahwa alat ini bekerja melalui pemrograman Arduino yang akan menggerakkan motor servo sesuai dengan program latihan yang sudah disiapkan [9]. berdasarkan referensi dan inovasi, penelitian ini akan merancang alat fisioterapi serta memonitoring sudut pada pergerakan tangan yang lebih portable dan efektif serta dilengkapi dengan deteksi detak jantung dan saturasi oksigen dalam darah dengan menggunakan aplikasi android.

Inovasi smart handglove yang dilengkapi dengan aplikasi TASTECH mengedepankan layanan terapis yang dilengkapi dengan monitoring kondisi pasien saat menggunakan alat ini. Inovasi ini bertujuan untuk membuat alat telemonitoring fisioterapi untuk pasien pasca stroke berbasis *Internet of Things* yang inovatif, efisien, dan ergonomis yang dapat diakses meskipun tanpa bertemu langsung dengan terapis. Inovasi ini juga bertujuan untuk memudahkan pasien berkonsultasi dengan terapis atau

dokter yang memiliki kredibilitas tinggi melalui perancangan aplikasi berbasis android bernama “TASTECH” yang mudah digunakan (*mobile friendly*). “TASTECH” memberikan layanan telemonitoring fisioterapi berupa sarung tangan pintar yang dilengkapi sensor pulse oximeter yang terjangkau sehingga masyarakat dari kalangan menengah ke bawah juga dapat melakukan fisioterapi secara optimal dan diharapkan dapat menjadi solusi inovatif yang dapat membantu pemulihan pasien pasca stroke.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental laboratorium dan metode eksperimental di lapangan. Metode eksperimental laboratorium meliputi pembuatan untai elektronik dan pengujian bagian demi bagian. Metode pengujian di lapangan meliputi pengujian kinerja sensor MPU6050 dan MAX30102 serta pengujian fungsionalitas alat



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Berikut penjelasan fungsi dari masing masing diagram blok pada Gambar 1 di atas:

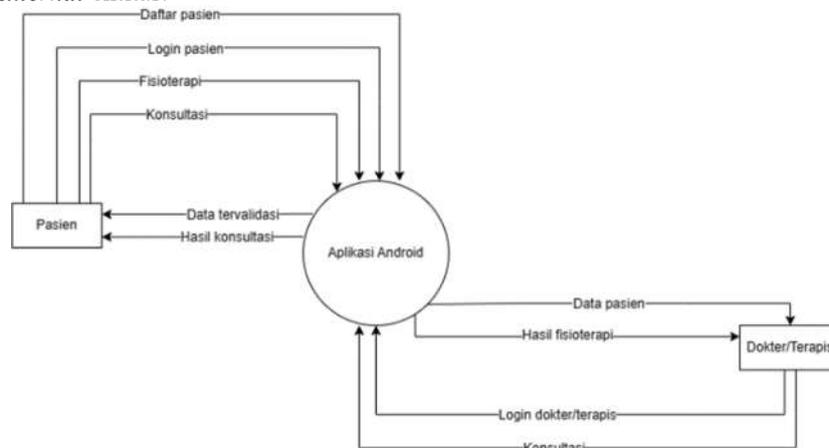
1. ESP WROOM 32
Berfungsi untuk menerima data sensor MPU6050 dan MAX30102 untuk dibaca kemudian ditampilkan pada aplikasi di smartphone.
2. Sensor MPU6050
Berfungsi sebagai sudut untuk membaca nilai sudut yang dari pergerakan tangan pasien.
3. Sensor MAX30102
Berfungsi mirip dengan pulse oximeter untuk mengetahui detak jantung dan saturasi oksigen pasien.
4. Baterai Polimer
Sebagai satu daya dari alat dan dapat dicharge untuk diisi ulang.
5. LCD Display
Berfungsi sebagai output dari pengukuran sensor yang ditampilkan pada alat.
6. Smartphone
Berfungsi untuk menampilkan data yang dikirim dari alat tersebut kemudian di kirim ke server.

Prosedur ataupun alur dari blok diagram pada Gambar 1 yaitu ketika pasien melakukan fisioterapi dengan menekuk siku maka sensor MPU6050 akan membaca sudut yang akan dikirimkan langsung ke ESP WROOM 32 dan langsung diproses untuk ditampilkan ke LCD. Kemudian untuk sensor MAX30102 bekerja ketika jari telunjuk pasien dijepitkan pada alat dan sensor akan membaca nilai saturasi oksigen dan denyut jantung pasien. Kedua nilai ini nanti yang akan dikirimkan langsung ke ESP32 serta nilainya akan ditampilkan pada aplikasi. Kegunaan firebase ini digunakan sebagai database secara realtime, yang akan ditampilkan pada aplikasi.

2.1 Perancangan Data Flow Diagram Aplikasi Android

DFD adalah suatu diagram yang menggambarkan aliran data dari sebuah proses yang sering disebut dengan sistem informasi. Di dalam data flow diagram juga menyediakan informasi mengenai *input* dan *output* dari tiap entitas dan proses itu sendiri. Berikut ini adalah data flow diagram level 0

yang merupakan level diagram paling rendah yang menggambarkan bagaimana sistem berinteraksi dengan *external* entitas.



Gambar 2. DFD level 0

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Akurasi Sensor MPU6050

Pengujian akurasi sensor ini bertujuan untuk mendapatkan seberapa persen akurasi sudut antara sensor MPU6050 yang dipakai dengan sudut yang berada pada busur serta akurasi kuantitas gerakan yang dilakukan dengan yang tercatat pada aplikasi.

Langkah untuk melakukan pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Nyalakan alat monitoring fisioterapi pasien pasca stroke
2. Buka aplikasi TASTECH melalui smartphone android
3. Koneksikan alat dengan aplikasi melalui wifi
4. Siapkan sebuah busur sebagai media pembanding
5. Catat nilai yang dideteksi oleh alat serta pada busur
6. Catat akurasi kuantitas gerakan pada alat
7. Lakukan pengukuran

Berikut ini rumus yang digunakan untuk menghitung nilai akurasi sensor

$$\text{Nilai Akurasi Sudut} = \frac{SB - |ST - SB|}{SB} \times 100\%$$

Keterangan:

SB = Nilai sudut pada busur

ST = Nilai sudut pada TASTECH

Tabel 1. Pengujian Akurasi Sudut Pada Tangan

No	Sudut	Pembacaan TASTECH	Akurasi (%)
1.	10°	10,01°	99,9
2.	20°	20,64°	96,8
3.	30°	29,54°	98,46
4.	40°	40,73°	98,17
5.	50°	51,09°	97,82
6.	60°	59,95°	99,9
7.	70°	70,87°	98,75
8.	80°	80,57°	99,28
9.	90°	91,12°	98,75
Rata-rata			98,64

Dari hasil pengujian akurasi pembacaan sudut di alat yang terlihat melalui aplikasi dengan dibandingkan bacaan dari busur diperoleh akurasi rata-rata 98,64%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor MPU6050 layak digunakan untuk pembacaan sudut pada sistem ini.

3.2 Pengujian Akurasi Sensor MAX30102

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dari pulse oximeter tipe Lk87 dengan sensor MAX30102 pada TASTECH. Pengujian dilakukan oleh peneliti dengan koresponden.

Berikut ini rumus yang digunakan untuk menghitung nilai akurasi sensor

$$\text{Nilai Akurasi Pulse Oximeter} = \frac{NP - |NT - NP|}{NP} \times 100\%$$

Keterangan:

NP = Nilai pulse oximeter

NT = Nilai TASTECH

Tabel 2. Hasil pengujian Akurasi Sensor MAX30102

No	Koresponden (Nama)	Pembacaan Pulse Oximeter		Pembacaan TASTECH		Akurasi (%)	
		SPO2	BPM	SPO2	BPM	Spo2	BPM
1.	Deski	97	81	96	80	98,96	98,76
2.	Alvin	96	95	96	96	100	98,94
3.	Reza	97	95	97	95	100	100
4.	Nabila	95	87	95	87	100	100
5.	Atika	97	92	96	92	98,96	100
6.	Dila	98	90	96	90	97,95	100
7.	Ryan	95	89	95	87	100	97,75
8.	Grendis	96	85	95	86	98,95	98,82
9.	Wicak	97	88	96	88	98,96	100
10.	Shafa	96	90	96	89	100	98
Rata-rata						99,37	99,22

Dari hasil data pengujian akurasi perbandingan sensor MAX30102 dengan alat pulse oximeter tipe Lk87 didapatkan nilai akurasi SPO2 99,37% dan rata-rata BPM 99,22%



Gambar 3. Pengujian akurasi

3.3 Pengujian Fungsional

Setelah dilakukan perancangan sistem, maka langkah selanjutnya adalah pengujian aplikasi yaitu berupa pengujian fungsional sistem masing-masing aplikasi untuk memastikan sistem berjalan sesuai dengan target yang telah ditentukan menggunakan metode pengujian *blackbox*. Pada tahap ini, dilakukan pengujian dengan cara pengujian black box dengan mengamati hasil implementasi melalui data uji melalui aplikasi android pada Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Pengujian Fungsionalitas

Kelas Uji	Poin Pengujian
Pilihan <i>Login</i>	Tampil pilihan ikon dokter dan pasien Memilih ikon dokter atau pasien
Daftar akun pasien	Input data daftar pasien Validasi daftar

Kelas Uji	Poin Pengujian
<i>Login user pasien</i>	Input data login user pasien Validasi login sesuai user pasien
Hai TASTECH	Pilih jenis informasi meliputi makanan, upaya preventiv, dan gaya hidup Tampil informasi sesuai yang dibutuhkan
<i>List Dokter dan Terapis</i>	Tampil pilihan beberapa dokter dan terapis Pilih dokter atau terapis Menekan tombol next
Metode pembayaran	Tampil pilihan metode pembayaran Pilih jenis metode pembayaran Menekan tombol see account number Konfirmasi pembayaran
Input biodata	Input nama pasien
Latihan terapi	Tampil halaman terapi Pilihan untuk konsultasi dan <i>history</i>
<i>History</i>	Tampil halaman <i>history</i>
Konsultasi	Tampil halaman konsultasi dengan dokter atau terapis Pilihan fitur <i>live chat</i> , <i>video call</i> , telepon
<i>Login user dokter atau terapis</i>	Input data login <i>user</i> dokter
<i>List pasien</i>	Tampil pilihan pasien sesuai pasien dokter Pilih pasien
Hasil Terapi	Tampil nama pasien dan hasil terapi pasien
Konsultasi	Tampil halaman konsultasi dengan pasien

Berdasarkan hasil pengujian fungsionalitas, dapat disimpulkan bahwa semua fungsionalitas kelas uji yang dilakukan pengujian semuanya sudah berjalan dengan baik dan terlihat pada gambar berikut:



4a. 1



4a. 2



4a. 3



4a. 4



4a. 5



4a. 6



4a. 7



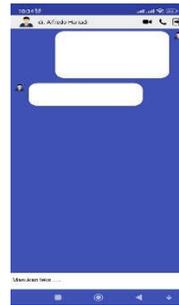
4a. 8



4a. 9



4a. 10



4a. 11

Gambar 4a. Tampilan pada menu sebagai pasien

Pada Gambar 4a terlihat tampilan menu pada pasien yang terdiri dari: menu pilihan login sebagai dokter atau pasien. Pada Gambar 4a. 2 merupakan menu pembuatan akun pasien yang nantinya digunakan untuk login seperti pada Gambar 4a. 3. Kemudian pada Gambar 4a. 4 merupakan pilihan dari menu TATA yang merupakan ikon dari TASTECH dalam menu ini terdapat tiga pilihan yaitu mengenai makanan, upaya preventif dan gaya hidup bagi penderita pasca stroke. Selanjutnya pada Gambar 4a. 5 merupakan menu pilihan dokter atau terapis, setelah memilih dokter atau terapis maka halaman akan berpindah pada biodata dokter atau terapis seperti pada Gambar 4a. 6. Kemudian setelah klik next, pasien akan diarahkan pada menu metode pembayaran yang akan digunakan dapat dilihat Gambar 4a. 7 dan pasien akan melakukan penyelesaian pembayaran pada Gambar 4a. 8. Pada Gambar 4a. 9 pasien disini akan mulai melakukan sesi fisioterapi dimulai dengan mengisi nama pasien, dilanjutkan dengan menggerakkan alat fisioterapi yang nantinya akan membaca sudut, saturasi oksigen dan detak jantung pasien. Selanjutnya pasien dapat melihat *history* fisioterapi pada dengan menekan tombol history dan akan dialihkan ke menu history pada Gambar 4a. Selain itu pasien juga dapat melakukan konsultasi dengan dokter atau terapis dengan menekan tombol konsultasi dan akan diarahkan ke halaman konsultasi dengan dokter seperti pada Gambar 4a.11.



4b. 1



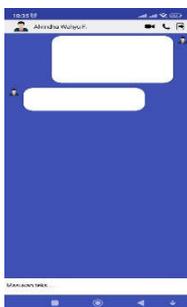
4b. 2



4b. 3



4b. 4



4b. 5

Gambar 4b. Tampilan pada menu sebagai terapis

Pada Gambar 4b terlihat tampilan menu terapis yang terdiri dari: menu pilihan login sebagai dokter atau pasien. Pada Gambar 4b. 2 merupakan menu login bagi dokter. Kemudian setelah login dokter atau terapis akan diarahkan pada menu list daftar pasien yang terdaftar seperti terlihat pada Gambar 4b. 3. Selanjutnya dokter akan memilih pasien sesuai notifikasi dan akan

masuk pada menu hasil terapi pasien yang akan menampilkan hasil pembacaan sudut, saturasi oksigen, dan detak jantung pasien seperti yang terlihat pada Gambar 4b. 4. Kemudian dokter atau terapis dapat masuk ke menu konsultasi untuk menjawab dan mereview hasil pasien pada Gambar 4b.5.

4. KESIMPULAN

Smart Hand Glove dilengkapi dengan aplikasi TASTECH merupakan inovasi di bidang teknologi kesehatan berupa alat telemonitoring fisioterapi. Inovasi ini dilatarbelakangi oleh tingginya angka penderita stroke di Indonesia, namun faktor ekonomi menjadi salah satu faktor penentu utama yang mempengaruhi tidak efektifnya proses fisioterapi pada pasien pasca stroke. Pengujian pada sensor MPU6050 yang dilakukan pengujian nilai akurasi didapatkan nilai akurasi yang tinggi yakni diangka 98,64%. Kemudian untuk sensor MAX30102 setelah diuji akurasi dengan perbandingan *pulse oximeter* tipe Lk87 didapatkan nilai akurasi SPO2 99,37% dan rata-rata BPM 99,22%. Hal ini menunjukkan bahwa TASTECH layak untuk digunakan sebagai salah satu inovasi fisioterapi penderita pasca stroke. Perancangan software pada penelitian ini menggunakan Kodular yang memiliki beberapa tampilan halaman yang *user friendly* untuk digunakan. Dengan terintegrasi melalui aplikasi dokter atau terapis dapat melakukan telemonitoring secara *real-time*, dan pasien dapat berkonsultasi dengan dokter atau terapis.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. A. Laksono, N. D. Mukti, and D. Nurhamidah, "Dampak Makanan Cepat Saji Terhadap Kesehatan pada Mahasiswa Program Studi 'X' Perguruan Tinggi 'Y,'" *Jurnal Ilmiah Kesehatan Masyarakat : Media Komunikasi Komunitas Kesehatan Masyarakat*, vol. 14, no. 1, pp. 35–39, Feb. 2022, doi: 10.52022/jikm.v14i1.282.
- [2] Kemenkes RI, "Stroke: Don't be the One," Jakarta, Nov. 2018.
- [3] W. Riyadina and E. Rahajeng, "Determinan Penyakit Stroke," *Kesmas: National Public Health Journal*, vol. 7, no. 7, p. 324, Feb. 2013, doi: 10.21109/kesmas.v7i7.31.
- [4] D. Krisnawati and L. Anggiat, "Terapi Latihan Pada Kondisi Stroke: Kajian Literatur = Exercise Therapy In Stroke Condition: A Literature Review," *Jurnal Fisioterapi Terapan Indonesia*, vol. 1, pp. 1–10, Aug. 2021.
- [5] M. A. Sulistiyowati, "Hubungan Lama Menderita Stroke Dengan Kepatuhan Menjalani Fisioterapi pada Pasien Stroke," *Jurnal Smart Keperawatan*, vol. 7, no. 2, p. 104, Dec. 2020, doi: 10.34310/jskp.v7i2.353.
- [6] Siti Fadlilah, Fransiska Lanni, and Romadhani Tri Purnomo, "Analisis Faktor yang Berhubungan dengan Kepatuhan Fisioterapi Pasien Pasca Stroke di RS Bethesda Yogyakarta," *Jurnal Ilmu Kesehatan*, vol. 10, no. 2, pp. 112–120, Dec. 2019.
- [7] SYAHRUL FITRA and S. T. , M. Eng. Dr.Eng. Herianto, "DESAIN DAN MANUFAKTUR ROBOT REHABILITASI LUTUT UNTUK PASIEN PASCA STROKE," Thesis, Universitas Gadjah Mada, DIY, 2016.
- [8] T. PERKASA and H. H. RACHMAT, "Perancangan Alat Ukur Sudut Tekuk Lutut Wireless menggunakan Sensor Gyroscope berbasis ATMega 328 dan ATMega 2560," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 5, no. 1, p. 30, Mar. 2018, doi: 10.26760/elkomika.v5i1.30.
- [9] L. Y. Amali and I. M. L. Batan, "Perancangan Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan Pasien Pasca Stroke yang Digerakkan Motor Servo," *Jurnal Sains dan Seni ITS*, vol. 10, no. 1, Sep. 2021, doi: 10.12962/j23373520.v10i1.59127.
- [10] Hayder J Hassaballah and Rashid A Fayad, 2020, Implementation of wireless sensor network for medical applications, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering
- [11] Antonio Carlos Bento 2020, An Experimental Survey with NodeMCU12e+Shield with Tft Nextion and MAX30102 Sensor, IEE Proceedings, December 2020