

Rancang Bangun Alat Terapi Eksoskeleton Elbow Berbasis IOT atau Bluetooth

Ahmad Rifqi^{1*}, Mohammad Rofi'i², Bayu Wahyudi³

¹⁻³ Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang, Indonesia

*Korespondensi penulis: ahmadrifqi1009@gmail.com¹

Abstract. Stroke is a physical disability disease, which affects the upper extremity motor system. To support post-stroke motor rehabilitation, research on IoT-based elbow exoskeleton therapy devices that help elbow therapy with flexion and extension movements. The therapy device uses DS-SERVORD5160 as the main driver to provide flexible movement. By using the ESP32 microcontroller control system equipped with a Bluetooth connection that is connected via the MIT App Inventor application from a smartphone that can be done at home to increase the effectiveness of post-stroke recovery. The results of this study with low (20°), medium (40°) and high (60°) modes by providing a maximum load of 2 Kg. It can be concluded that the device shows stable performance in low (20°) and medium (40°) modes, but in testing with high mode (60°) with a load of 2 Kg there is a decrease in servo performance which is indicated by the instability of the servo movement which shows an angle of 56°.

Keywords: Elbow; IoT; Servo; Stroke; Therapy.

Abstrak. Stroke adalah penyakit kecacatan fisik, yang mempengaruhi sistem motorik ekstermitas atas. Untuk mendukung rehabilitasi motorik pasca stroke penelitian alat terapi *exoskeleton elbow* berbasis IoT yang membantu terapi siku dengan gerakan fleksi dan ekstensi. Alat terapi menggunakan DS- SERVORD5160 sebagai penggerak utama untuk memberikan gerakan yang fleksibel. Dengan menggunakan sistem kendali mikrokontroler ESP32 yang dilengkapi dengan koneksi bluetooth yang terkoneksi melalui aplikasi MIT App Inventor dari smart phone yang dapat dilakukan di rumah untuk meningkatkan efektivitas pemulihan pasca stroke. Hasil penelitian ini dengan mode rendah (20°), sedang (40°) dan tinggi (60°) dengan memberikan beban maksimal 2 Kg. Dapat disimpulkan alat menunjukkan kinerja yang stabil pada mode rendah (20°) dan sedang (40°), namun pada pengujian dengan mode tinggi (60°) dengan beban 2 Kg terjadi penurunan performa servo yang ditandai dengan ketidakstabilan gerakan servo yang menunjukkan sudut 56°.

Kata kunci: IoT; Servo; Siku; Stroke; Terapi.

1. LATAR BELAKANG

Stroke merupakan salah satu penyakit neurologis yang menjadi masalah kesehatan global dengan angka kematian dan kecacatan yang tinggi. Organisasi Stroke Sedunia menyebutkan bahwa sekitar 85% populasi dunia berisiko terkena stroke, dan angka kematian akibat stroke diprediksi akan terus meningkat sejajar dengan penyakit jantung dan kanker (Laily, 2017). Salah satu faktor utama penyebab stroke adalah usia, di mana risiko meningkat secara signifikan setelah usia 55 tahun, meskipun stroke juga dapat terjadi pada kelompok usia muda (Chauhan & Dabette, 2016).

Secara medis, stroke terbagi menjadi dua jenis utama, yaitu stroke iskemik (akibat penyumbatan pembuluh darah) dan stroke hemoragik (akibat pecahnya pembuluh darah) (Konadi et al., 2016). Efek jangka panjang dari stroke yang paling umum adalah gangguan mobilitas, seperti hemiparesis, yang menyebabkan penurunan fungsi motorik pada salah satu sisi tubuh. Sekitar 30–60% pasien stroke mengalami kehilangan fungsi tangan dalam enam

bulan pertama pasca serangan (Stoykov & Corcos, 2009). Penanganan intensif melalui terapi latihan seperti Range of Motion (ROM) sangat dibutuhkan untuk mengembalikan fungsi otot, namun keterbatasan dalam konsistensi terapi, motivasi pasien, dan akses terhadap layanan rehabilitasi menjadi tantangan utama (Khumairoh & Bahari, 2025).

Penelitian sebelumnya yang mengembangkan alat terapi ini, yang dilakukan Abram Ali Sasono (2022) yang berjudul “Pengembangan Desain Terapi Elbow Exoskeleton Untuk Penderita Stroke”, penelitian ini menggunakan motor DC dimana kekurangannya alat terlalu berisik, dan berat untuk dipindahkan sehingga menyulitkan dalam proses pemindahan atau penggunaan secara mandiri oleh pasien di rumah.

Penelitian yang dilakukan oleh Ayu dan Rizky (2021) serta Zahra dan Nuraini (2021) menunjukkan potensi besar penggunaan teknologi berbasis Raspberry Pi dalam meningkatkan fleksibilitas dan kemudahan kontrol pada perangkat digital, termasuk dalam aplikasi medis dan pendidikan. Ayu dan Rizky (2021) mengidentifikasi bahwa penggunaan teknologi ini dapat memberikan solusi yang efisien dan terjangkau, memudahkan interaksi pengguna dengan perangkat melalui kontrol berbasis smartphone. Hal ini juga didukung oleh Zahra dan Nuraini (2021), yang menyarankan bahwa teknologi canggih, seperti kamera Sony IMX307, dapat meningkatkan kualitas dan fleksibilitas penggunaan alat, termasuk dalam aplikasi pengamatan ilmiah dan medis. Selain itu, penelitian oleh Mortazavi et al. (2019) juga menyoroti pentingnya penggunaan teknologi laser yang dapat dikendalikan dengan lebih mudah, serta menunjukkan efektivitas penggunaan perangkat medis yang dapat diakses dan dikendalikan melalui aplikasi smartphone. Dengan mengintegrasikan teknologi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengatasi keterbatasan yang ada pada alat terapi sebelumnya, seperti kontrol yang kurang fleksibel, serta memberikan solusi yang lebih efisien dan mudah dioperasikan bagi pasien dan fisioterapis.

2. KAJIAN TEORITIS

Stroke adalah gangguan fungsi otak yang terjadi akibat gangguan aliran darah, baik berupa sumbatan (stroke iskemik) maupun perdarahan (stroke hemoragik) (Konadi et al., 2016). Salah satu komplikasi utama yang terjadi setelah stroke adalah hemiparesis, yaitu kelemahan atau kelumpuhan pada satu sisi tubuh. Hal ini menyebabkan penurunan fungsi motorik yang signifikan, terutama pada lengan dan tangan, sehingga pasien mengalami kesulitan dalam melakukan aktivitas sehari-hari (Stoykov & Corcos, 2009).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan Abram Ali Sasono (2022) yang berjudul “Pengembangan Desain Terapi Elbow Exoskeleton Untuk Penderita Stroke”. Terpi exoskeleton

elbow ini adalah bentuk terapi rehabilitasi yang menggunakan alat bantu mekanik (exoskeleton) untuk membantu pergerakan sendi siku (elbow), terutama pada pasien yang mengalami gangguan motorik seperti penderita stroke (Abram.A.S, 2022)

Stroke

Stroke adalah kondisi medis serius yang terjadi ketika aliran darah ke sebagian otak terganggu atau berhenti, sehingga jaringan otak tidak mendapatkan suplai oksigen dan nutrisi yang dibutuhkan. Dalam hitungan menit, sel-sel otak mulai mengalami kerusakan permanen yang dapat menyebabkan kecacatan jangka panjang hingga kematian. Secara umum, stroke terbagi menjadi tiga jenis utama, yaitu stroke iskemik, stroke hemoragik, dan transient ischemic attack (TIA). Stroke iskemik merupakan jenis yang paling umum, terjadi akibat penyumbatan pembuluh darah oleh bekuan darah atau plak yang menghambat aliran darah ke otak. Stroke hemoragik terjadi ketika pembuluh darah di otak pecah, menyebabkan perdarahan yang merusak jaringan otak di sekitarnya. Sementara itu, TIA atau yang dikenal sebagai “mini-stroke” merupakan gangguan aliran darah ke otak yang bersifat sementara, di mana gejalanya biasanya hilang dalam waktu 24 jam tanpa menyebabkan kerusakan permanen. Kondisi ini tetap harus dianggap serius karena dapat menjadi tanda peringatan akan terjadinya stroke yang lebih berat di masa depan (Konadi et al., 2016).

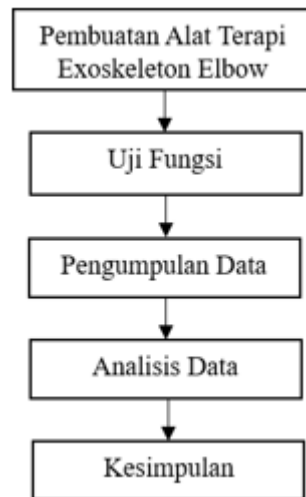
Internet of Things (IOT)

Internet of Things (IoT) adalah jaringan perangkat fisik yang dilengkapi dengan sensor dan teknologi untuk berkomunikasi melalui internet (Kevin Ashton, 1999). Menurut Al-Fuqaha et al. (2015), IoT adalah sistem yang memungkinkan objek-objek fisik untuk diidentifikasi, dipantau, dan dikendalikan melalui jaringan komunikasi, sehingga mendukung otomatisasi dan pengambilan keputusan secara real-time. Menurut

Bluetooth adalah teknologi komunikasi nirkabel jarak pendek yang memungkinkan perangkat bertukar data secara langsung tanpa kabel dalam radius tertentu. Menurut media TechTarget, Bluetooth adalah standar teknologi nirkabel yang menghubungkan perangkat dalam jarak sekitar 10 meter untuk menggantikan kabel dalam pertukaran data antar perangkat elektronik. Huang dan Rudolph (2007) menjelaskan Bluetooth sebagai protokol komunikasi nirkabel yang menghubungkan perangkat dalam jaringan area pribadi (PAN) untuk berbagai aplikasi seperti audio, transfer file, dan kontrol perangkat.

3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini pengambilan data dilakukan di Lab, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang menggunakan beban yang sudah terkalibrasi. Langkah awal dalam penelitian ini dengan membuat alat terapi Eksoskeleton Elbow Berbasis IOT (Internet Of Things) dengan kontrol menggunakan bluetooth yang terkoneksi dengan smart phone, melakukan uji fungsi, pengumpulan data, analisis data dan kesimpulan. Yang ditunjukkan pada gambar 1.

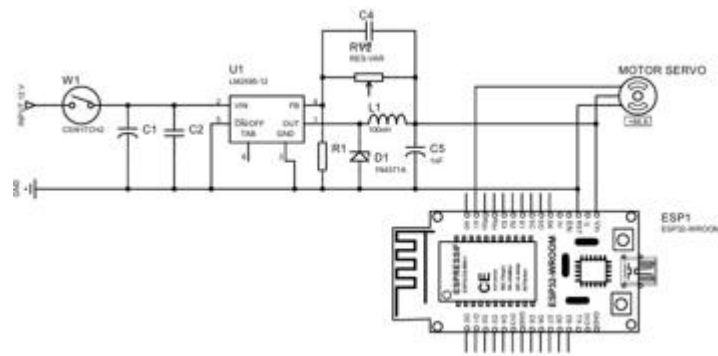


Gambar 1. Flowchart Penelitian.

Pada Gambar 1 dibuat alat terapi Eksoskeleton Elbow Berbasis IOT dengan kontrol menggunakan bluetooth yang terkoneksi dengan smart phone, sinyal yang dikirim dari smart phone dikirim ke ESP32 sebagai mikrokontroler, untuk dieksekusi agar motor servo bergerak. Motor servo yaitu penggerak dari alat terapi ini yang mendapat sinyal dari mikrokontroler yaitu ESP32. Alat terapi ini diberikan beban untuk mengetahui fungsi kerja dari alat.

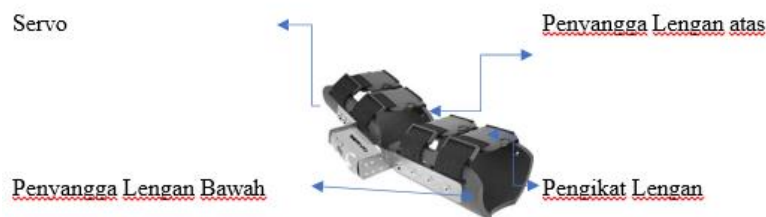
dibuat alat kalibrator autoclave berbasis iot dengan penyimpanan data, alat kalibrator autoclave berbasis iot dengan penyimpanan data ini menggunakan mikrokontroler ESP 32 sebagai programing dan sumber pada sistem IoT. ESP 32 ini digunakan sebagai pengatur input sensor waterproof DS18B20, sensor waterproof DS18B20 ini merupakan sensor digital yang tahan air berfungsi untuk membaca atau mendeteksi suhu pada autoclave. Data yang telah di baca oleh sensor akan di tampilkan di IoT yang berupa aplikasi Blynk IoT, setelah data hasil di tampilkan di IoT hasil tersebut akan disimpan di SD Card.

Perancangan Hadwer



Gambar 2. Wiring Alat.

Pada wiring Gambar 2 di atas penulis menggunakan komponen ESP32 adalah Mikrokontroler System-on-Chip ESP-32 mendukung Wi-Fi 802,11 b/g/n konsumsi mode ganda dan jarak transmisi jauh (20m) Bluetooth 4.2, (termasuk BLE) secara onboard. pada dasarnya adalah prosesor dua inti yang dapat memiliki clock hingga 240 MHz. Selain itu, ia memiliki memori flash 4MB, peningkatan jumlah pin GPIO dari 17 menjadi 36, dan tambahan 16 pin saluran PWM. Prosesor ini terdiri dari total dua inti pusat (prosesor Extensa LX6, dibuat dengan teknologi 40 nm). Inti CPU individual dapat dimanipulasi. Data dan instruksi dapat disimpan dalam SRAM on-chip sebesar 520 KB. Misalnya, modul SOC ESP32-Wrover memiliki flash SPI eksternal sebesar 4 MB dan tambahan PSRAM SPI sebesar 8 MB untuk digunakan dalam aplikasi khusus (RAM Pseudo-statis) (Babalola et al., 2022). Motor servo DSSERVO RDS5160 adalah servo digital berkekuatan tinggi yang banyak digunakan dalam aplikasi robotika dan proyek IoT karena memiliki torsi besar hingga 60–70 kg.cm, gear logam tahan lama, serta kontrol presisi menggunakan sinyal PWM standar. Servo ini mendukung tegangan tinggi hingga 8.4V, memiliki konstruksi tahan air (IP67), dan kompatibel dengan berbagai mikrokontroler seperti Arduino dan ESP32. Fitur-fitur tersebut membuatnya sangat ideal untuk proyek seperti lengan robot, kendaraan RC, atau sistem otomatisasi yang membutuhkan daya dorong besar dan akurasi gerakan tinggi. Informasi ini didukung oleh spesifikasi teknis yang tersedia di situs seperti Robot Pi Shop, Rees52, (Technology Co. Ltd)



Gambar 3. Desain Alat.

Pada gambar 3 yaitu desain dari alat terapi exoskeleton elbow berbasis IoT, yaitu: (1) Sebagai penyangga lengan atas yang dipasang pada lengan atas pasien. (2) Sebagai penyangga lengan bawah yang dipasang pada lengan bawah pasien yang bergerak naik turun untuk melakukan terapi. (3) Yaitu strip tali pengencang pada lengan pasien agar tidak bergeser dan 4. Motor servo yaitu komponen penggerak lengan bawah.

Flowchart Dan Perancangan Software



Gambar 4. Rancangan Softwer Alat.

Pada gambar 4 dibuat perancangan softwer yang diawali membuat aplikasi remot terapi menggunakan Aplikasi MIT App Inventor yang dengan blok-blok program terdapat pemilihan mode terapi dan koneksi bluetooth yang dapat terhubung dengan smart phone. Kemudian membuat program pada arduino IDE yang diunggah pada ESP32 cek uji fungsi sistem dan pastikan bluetooth terkoneksi dengan smart phone.



Gambar 5. Tampilan Aplikasi.

MIT App Inventor adalah platform pengembangan aplikasi Android berbasis web yang dikembangkan oleh Massachusetts Institute of Technology (MIT). Melalui antarmuka visual dengan metode drag-and-drop blok kode. Keunggulan MIT App Inventor mencakup kemudahan penggunaan dan kemampuan untuk langsung menguji aplikasi di perangkat Android menggunakan aplikasi pendamping MIT AI2 Companion. Platform ini juga mendukung pengembangan aplikasi yang memanfaatkan konektivitas Bluetooth.

Dalam perancangan aplikasi remote control menggunakan koneksi Bluetooth dengan MIT App Inventor, pengguna dapat membuat antarmuka aplikasi yang terhubung dengan perangkat seperti Arduino melalui modul Bluetooth (misalnya HC-05 atau HC-06). Cara membuatnya cukup mudah dengan desain tampilan aplikasi dengan komponen seperti tombol dan ListPicker untuk memilih perangkat Bluetooth, serta pemrograman logika menggunakan blok kode untuk mengirim perintah tertentu ke Arduino. Di sisi Arduino, perangkat diprogram untuk menerima perintah melalui komunikasi serial dan menjalankan aksi sesuai perintah.

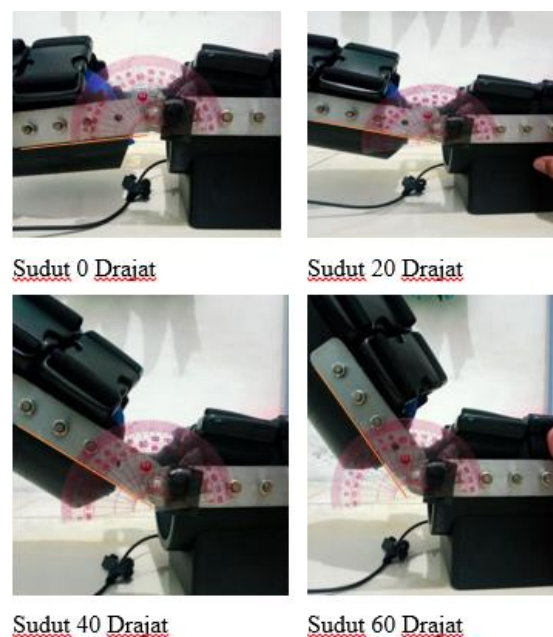


Gambar 6. Blok program MIT App Inventor.

Gambar 6 merupakan tampilan blok program aplikasi pengontrol pada alat terapi lengan. Dalam blok yang terdapat pemilihan koneksi bluetooth dan perintah untuk mengirimkan sinyal yang nantinya akan di kirimkan oleh ESP32 kemudian akan di terima dan di baca oleh mikrokontroler ESP32. Pada blok program terdapat program untuk memilih Bluetooth yang digunakan, serta terdapat kondisi status Terhubung jika bluetooth terkoneksi dan terputus jika Bluetooth tidak terkoneksi. Pada blok program aplikasi ini juga terdapat perintah ketika tombol rendah, sedang, tinggi atau stop ditekan maka memanggil bluetoothclient untuk mengirimkan kode atau sinyal yang sudah diprogram dan disesuaikan dengan program Arduino, dimana kode atau sinyal a mewakili perintah untuk melakukan terapi dengan mode rendah, kode atau sinyal b mewakili perintah untuk melakukan terapi dengan mode sedang, kode atau sinyal c mewakili perintah untuk melakukan terapi dengan mode tinggi dan kode atau sinyal z mewakili perintah untuk menghentikan terapi.

Uji Fungsi

Pada prose awal uji fungsi dari alat yang saya buat melakukan uji fungsi dengan meletakan beban pada penyangga lengan bawah alat menggunakan beban yang bervariasi yaitu 1 Kg dan 2Kg. Setelah itu nyalakan alat yang terapi Eksoskeleton Elbow. Hubungkan aplikasi remot kotrol menggunakan koneksi bluetooth ke ESP32 atau ke alat terapi eksoskeleton elbow. letakan beban pada penyangga lengan bawah. Seting mode terapi rendah, sedang dan tinggi, alat akan bekerja sesuai dengan mode terapi yang dipilih. Selanjtnya bandingkan perubahan pergerakan motor servo tanpa beban, beban 1 Kg dan beban 2 Kg. Saperti yang dilihat pada gambar.



Gambar 6. Uji Fungsi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Uji Fungsi.

Hasil Uji Fungsi Alat			
No	Mode	Beban	Keadaan
1	Rendah (20°)	Tanpa Beban	Stabil (20°)
		1 Kg	Stabil (20°)
		2 Kg	Stabil (20°)
2	Sedang (40°)	Tanpa Beban	Stabil (40°)
		1 Kg	Stabil (40°)
		2 Kg	Stabil (40°)
3	Tinggi (60°)	Tanpa Beban	Stabil (60°)
		1 Kg	Stabil (60°)
		2 Kg	Menurun (56°)

Dari tabel pengujian diatas dengan seting mode rendah (20°), sedang (40°) dan tinggi (60°) dengan memberikan beban 1 Kg, 2 kg dan tanpa beban menunjukan hasil yang stabil dan pergerakan mode tinggi dengan memberikan beban 2 Kg pergerakan servo menurun (56°) . Dari hasil tabel diatas bahwa kekuatan motor servo mampu bergerak dengan stabil pada mode rendah dengan baban 1 Kg, 2 Kg dan tanpa beban, mode sedang dengan beban 1 Kg, 2 Kg dan tanpa beban, dan mode tinggi dengan beban 1 Kg dan tanpa beban.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Alat Terapi Exoskeleton Elow Berbasis Iot dengan remot kontrol menggunakan aplikasi telah dibuat pada penelitian ini menggunakan motor servo DS-SERVO RD5160 sebagai penggerak. Berdasarkan hasil uji fungsi alat pada tiga mode pengoperasian, yaitu mode rendah (20°), sedang (40°) dan tinggi (60°) dengan variasi beban 1 Kg, 2 kg dan tanpa beban. Dari hasil ini dapat disimpulkan alat menunjukan kinerja yang setabil pada mode rendah (20°) dan sedang (40°), baik saat tanpa beban, 1 Kg maupun 2 Kg. Namun pada pengujian mode tinggi (60°) dengan beban 2 Kg terjadi penurunan performa servo yang ditandai dengan ketidak stabilan gerakan servo yang menunjukan seudut 56°.

DAFTAR REFERENSI

- Abram, A. S., Budi, S., & Rifky, I. (2022). *Jurnal Teknik Mesin: Pengembangan desain alat terapi elbow exoskeleton untuk penderita stroke*. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm>
- Al-Fuqaha, A., et al. (2015). Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347-2376. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>
- Ashton, K. (1999). That 'Internet of Things' thing. *RFID Journal*. Retrieved from <https://www.rfidjournal.com/articles/view?133>

- Ayu, D., & Rizky, P. (2021). Pengembangan mikroskop digital berbasis Raspberry Pi untuk pendidikan jarak jauh. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 17(2), 234-245. <https://doi.org/10.12345/jtp.2021.17.2.234>
- Chauhan, G., & Debette, S. (2016). Genetic risk factors for ischemic and hemorrhagic stroke. *Current Cardiology Reports*, 18(12), 80. <https://doi.org/10.1007/s11886-016-0804-z>
- Derison, M. B., & Surani, W. (2016). Latihan range of motion (ROM) terhadap rentang sendi pasien pasca stroke. *Idea Nursing Journal*, 7, 12-18.
- Huang, A. S., & Rudolph, L. (2007). *Bluetooth essentials for programmers*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511546976>
- Krisnawati, D., & Anggiat, L. (2021). Terapi latihan pada kondisi stroke: Kajian literatur. *Jurnal Fisioterapi Terapan Indonesia*, 1(1), 1-10.
- Litscher, G. (2016). A laser watch for simultaneous laser blood irradiation and laser acupuncture at the wrist. *Integrative Medicine International*, 3, 75-81. <https://doi.org/10.1159/000448099>
- Mortazavi, H., Noormohammadi, R., Khalighi, H., Goljanian, A., Mojahedi, M., & Sabour, S. (2019). Comparison of therapeutic effects of intra and extra oral low level laser radiation in maxillary chronic sinusitis. *International Journal of Dental Medicine*, 5(1), 1-10. <https://doi.org/10.11648/j.ijdm.20190501.14>
- Permadi, B. A., Ludiana, & Ayubbana, S. (2022). Penerapan ROM pasif terhadap peningkatan kekuatan otot pasien dengan stroke non-hemoragik. *Jurnal Cendekia Muda*, 2(4), 443-446. Retrieved from <http://www.jurnal.akperdharmawacana.ac.id/index.php/JWC/article/view/370/231>
- Rydwik, E., Eliasson, S., & Akner, G. (2006). The effect of exercise of the affected foot in stroke patients - A randomized controlled pilot trial. *Clinical Rehabilitation*, 20(8), 645-655. <https://doi.org/10.1191/0269215506cre986oa>
- Stoykov, M. E., & Corcos, D. M. (2009). A review of bilateral training for upper extremity hemiparesis. *Occupational Therapy International*, 16(3-4), 190-203. <https://doi.org/10.1002/oti.277>
- Susanti, S., & Bistara, D. N. (2019). Pengaruh range of motion (ROM) terhadap kekuatan otot pada pasien stroke. *Jurnal Kesehatan Vokasional*, 4(2), 112. <https://doi.org/10.22146/jkesvo.44497>
- Zahra, L., & Nuraini, M. (2021). Mikroskop digital berbasis kamera Sony IMX307 untuk riset biologi. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 15(3), 150-162. <https://doi.org/10.34567/jpp.2021.15.3.150>