



*Original Article*

## Efektivitas *Robotic Therapy* dalam Meningkatkan *Range of Motion* dan Memperbaiki Tonus Pasien Stroke Iskemik

Adelia Pangesti<sup>1</sup>, Hari Peni Julianti<sup>2</sup>, Dwi Pudjonarko<sup>3</sup>,  
Maria Belladonna Rahmawati<sup>3</sup>, Rifky Ismail<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Bagian Ilmu Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro

<sup>3</sup>Bagian Neurologi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro

<sup>4</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

### Abstrak

p-ISSN: 2301-4369 e-ISSN: 2685-7898  
<https://doi.org/10.36408/mhjcm.v8i1.530>

**Diajukan:** 10 Desember 2020  
**Diterima:** 02 Maret 2021

**Afiliasi Penulis:**

Fakultas Kedokteran,  
Universitas Diponegoro,  
Semarang

**Korespondensi Penulis:**

Adelia Pangesti  
Jl. Prof. H. Soedarto, SH., Tembalang,  
Semarang, Jawa Tengah 50275,  
Indonesia

**E-mail:**

adelpangesti@gmail.com

**Latar belakang :** Setelah serangan stroke, penderita umumnya mengalami hemiparesis ekstremitas superior. Keterbatasan gerakan terjadi karena penurunan ROM sendi siku dan abnormalitas tonus otot lengan atas sehingga penderitanya perlu menjalani terapi rehabilitasi. Selain terapi konvensional, kini telah berkembang *robotic therapy* dalam memperbaiki fungsi motorik. Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan bahwa efek *robotic therapy* dalam meningkatkan ROM aktif sendi siku dan memperbaiki tonus otot lengan atas pasien stroke iskemik lebih baik daripada efek latihan rehabilitasi konvensional.

**Metode :** Penelitian *true-experimental* dengan desain *two group pre-test and post-test* terhadap pasien stroke iskemik rawat jalan di Rumah Sakit Nasional Diponegoro dan Rumah Sakit William Booth Semarang (n= 18) yang dipilih secara *consecutive sampling*. Intervensi berupa pemberian *robotic therapy* pada kelompok robot dan latihan rehabilitasi konvensional pada kelompok kontrol sebanyak 16 kali. Uji beda data *pre-test* dan *post-test* pada kelompok robot dilakukan dengan Uji *Wilcoxon*. Uji beda data *pre-test* dan *post-test* pada kelompok kontrol dilakukan dengan Uji *Wilcoxon* dan Uji *t*-berpasangan. Uji beda *pre-test* dan *post-test* antar kelompok menggunakan uji *Mann-Whitney* dan Uji *t* tidak berpasangan.

**Hasil :** Kelompok robot mengalami peningkatan ROM yang tidak signifikan ( $p=0,593$ ) dan perbaikan tonus otot yang signifikan ( $p=0,025$ ). Kelompok kontrol mengalami penurunan ROM yang tidak bermakna ( $p=0,980$ ) dan perbaikan tonus otot yang tidak signifikan ( $p=0,081$ ).

**Simpulan :** Terdapat perbaikan signifikan nilai tonus otot lengan atas pasien stroke iskemik sesudah menjalankan latihan dengan *exoskeleton robotic hand*.

**Kata kunci :** Stroke, ROM sendi siku, tonus otot, *exoskeleton robotic*

## Effectiveness of robotic therapy on range of motion and muscle tone in ischemic stroke patients

### Abstract

**Background :** After stroke occurs, the patients generally have upper extremity hemiparesis. It makes movement restrictions due to decreased elbow active ROM and abnormal upper arm muscle tone, so they need to get rehabilitation therapy. Besides conventional therapy, robotic therapy has now been developed to restore their motor functions. The objectives of this study was to prove that the effect of robotic therapy in increasing elbow active ROM and improving upper arm muscle tone in ischemic stroke patients is better than the effect of conventional rehabilitation exercises.

**Methods :** A true-experimental study with two groups pre-test and post-test design was carried out among outpatient ischemic stroke patients in Diponegoro National Hospital and William Booth General Hospital Semarang which was chosen using consecutive sampling. The interventions were by doing exercises using an exoskeleton robotic hand in the robotic group and conventional rehabilitation exercises in the control group. Pre-test and post-test data of robotic group were analyzed using Wilcoxon test, while pre-test and post-test data of control group were analyzed using Wilcoxon test and paired t-test. Pre-test and post-test data between two groups were analyzed using Mann-Whitney test and unpaired-t test.

**Results :** The robotic group experienced an insignificant increase in ROM ( $p=0.593$ ) and significant improvement in muscle tone ( $p=0.025$ ). The control group experienced insignificant reduction in ROM ( $p=0.980$ ) and insignificant improvement in muscle tone ( $p=0.081$ ).

**Conclusion :** There was a significant improvement of upper arm muscle tone in ischemic stroke patients after had exoskeleton robotic hand exercise.

**Keywords :** Stroke, elbow active ROM, muscle tone, exoskeleton robotic

### PENDAHULUAN

Stroke merupakan salah satu masalah kesehatan utama di dunia maupun di Indonesia. *World Stroke Organization* menyatakan bahwa terdapat 17 juta kasus stroke di dunia pada tahun 2017.<sup>1</sup> Data dari Riset Kesehatan Dasar 2018 menunjukkan angka prevalensi stroke menurut diagnosis dokter pada penduduk umur  $\geq 15$  tahun di Indonesia sebanyak 10,9% penduduk.<sup>2</sup> Menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia tahun 2018, sebesar 50% penderita stroke akan mengalami hemiparesis. Adapun hemiparesis ekstremitas superior terjadi pada 77% kasus stroke yang dapat mengganggu aktivitas sehari-hari karena adanya penurunan ketangkasan gerakan.<sup>3,4</sup> Penurunan ketangkasan gerakan di antaranya terjadi karena penurunan kekuatan otot, penurunan *Range of Motion* (ROM), dan perubahan abnormal pada tonus otot penderita stroke.<sup>5</sup> Penurunan ROM ekstremitas superior dapat terjadi di berbagai lokasi, salah satunya pada sendi siku yang frekuensi penggunaannya cukup tinggi.<sup>6,7</sup> Gangguan pasca stroke lainnya adalah abnormalitas tonus otot. Tonus otot penderita stroke menurun pada fase awal kemudian meningkat pada tahap selanjutnya.<sup>8</sup> Akibat gangguan fungsi motorik ini penderita stroke perlu menjalani terapi rehabilitasi medik. Terapi rehabilitasi medik konvensional yang dipakai untuk memperbaiki fungsi motorik pada bagian siku umumnya masih memakai latihan *elbow stretch*, *weighted bicep curl*, *elbow flexion*, dan *elbow extension*.<sup>9,10</sup> Terapi rehabilitasi medik konvensional tersebut dilakukan dengan bantuan fisioterapis. Jumlah fisioterapis di Indonesia tahun 2019 adalah 3.779 orang yang tidak sesuai dengan estimasi kebutuhan fisioterapis

tahun 2019 yaitu sebesar 4.479.<sup>11</sup> Seiring kemajuan teknologi, kini telah berkembang *robot-assisted therapy* dalam memperbaiki fungsi motorik pasca stroke. Secara umum *therapeutic robot* dibedakan menjadi tipe *end-effector* dan tipe *exoskeleton*. Tipe *exoskeleton* unggul dalam ukurannya yang relatif kecil, massa yang ringan, dapat dibawa, dan desain aktuator yang fleksibel di sepanjang aksis sehingga dapat menghasilkan gerakan secara halus.<sup>12,13</sup> Sebuah *review* sistematis dengan meta analisis menunjukkan bahwa *robot-assisted therapy* menghasilkan pemulihan fungsi motorik lebih baik dibandingkan dengan terapi rehabilitasi konvensional yang diuji dengan *Fugl-Meyer Assessment*.<sup>14</sup> Penelitian oleh Antonio Frisoli dkk telah membuktikan bahwa latihan dengan *exoskeleton robotic* mampu meningkatkan ROM siku untuk gerak fleksi dan ekstensi pada penderita stroke dengan perbedaan yang bermakna secara statistik.<sup>15</sup> Hasil studi lain oleh Balasubramanian dkk menunjukkan bahwa latihan dengan robot juga terbukti memperbaiki tonus otot penderita stroke yang diuji dengan *Modified Ashworth Scale*.<sup>16</sup> Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang efek latihan dengan bantuan robot dalam meningkatkan ROM siku dan memperbaiki tonus otot lengan atas pasien stroke iskemik.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk membuktikan bahwa efek *robotic therapy* dalam meningkatkan ROM aktif sendi siku dan memperbaiki tonus otot lengan atas pasien stroke iskemik lebih baik daripada efek latihan rehabilitasi konvensional. Hipotesis dalam penelitian ini meliputi:

- 1) Efektivitas latihan *wearable elbow exoskeleton robotic hand* dalam meningkatkan ROM aktif sendi siku

- pasien stroke iskemik lebih baik daripada efek latihan rehabilitasi konvensional.
- 2) Efektivitas latihan *wearable elbow exoskeleton robotic hand* dalam memperbaiki tonus otot lengan atas pasien stroke iskemik lebih baik daripada efek latihan rehabilitasi konvensional.

### METODE

Penelitian ini adalah penelitian *true-experimental* dengan desain *two group pre-test and post-test*. Penelitian dilakukan di Rumah Sakit Nasional Diponegoro dan Rumah Sakit William Booth Semarang pada bulan Juli – September tahun 2020. Subjek penelitian adalah pasien stroke iskemik yang menjalani rawat jalan di RSND dan RSWB Semarang pada bulan Juli – September 2020 yang dipilih secara *consecutive sampling*. Jumlah seluruh subjek penelitian adalah 18 pasien. Subjek penelitian dibagi menjadi 2 kelompok yaitu 9 pasien kelompok robot yang berasal dari RSND dan 9 pasien kelompok kontrol yang berasal dari RSWB. Perhitungan besar subjek minimal adalah sebagai berikut:

$$n1 = n2 = 2 \left[ \frac{Sd (Z\alpha + Z\beta)}{x1 - x2} \right]^2$$

$$n1 = n2 = 2 \left[ \frac{6,5 (1,96 + 0,842)}{7,3} \right]^2$$

$$n = 13 + 10\%(13) = 14,3$$

Keterangan:

n1 = jumlah sampel kelompok robot

n2 = jumlah sampel kelompok kontrol

Z $\alpha$  = 1,960 ( $\alpha$  = 0,05)

Z $\beta$  = 0,842 ( $\beta$  = 0,2)

Sd = Simpangan baku untuk goniometer

X1 = rerata nilai ROM aktif sendi siku sebelum latihan

X2 = rerata nilai ROM aktif sendi siku sesudah latihan.

Kriteria inklusi penelitian ini antara lain pasien stroke iskemik, memiliki kekuatan otot 3 berdasarkan *Manual Muscle Testing* dan berusia 40–80 tahun. Subjek penelitian dieksklusi apabila mengalami depresi berdasarkan *Patient Health Questionnaire* (PHQ-9) dengan skor  $\geq 10$  dan atau mengalami gangguan kognitif berdasarkan *Mini Mental State Examination* (MMSE) dengan skor  $\geq 23$ .

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *wearable elbow exoskeleton robotic hand*, goniometer, kuesioner MMSE dan PHQ-9, alat tulis, beban ½ kilogram, formulir lembar data subjek penelitian dan hasil pengukuran, serta formulir kesediaan menjadi subjek penelitian. Pada penelitian ini tidak dilakukan uji statistik Kappa untuk menilai realibilitas goniometer dalam mengukur ROM. Kelompok robot mendapatkan

latihan *wearable elbow exoskeleton robotic hand*, sedangkan kelompok kontrol mendapatkan latihan rehabilitasi konvensional. Subjek penelitian kelompok robot maupun kelompok kontrol menjalani latihan sebanyak 16 kali dengan frekuensi 2 kali setiap minggu. Satu kali latihan dengan bantuan robot terdiri dari 2 set mode otomatis dengan kecepatan 3 rotasi per menit (rpm), 1 set mode otomatis dengan kecepatan 4 rotasi per menit (rpm), dan 1 set mode pasif dengan beban 500 gram. Setiap set dilakukan sebanyak 10 kali repetisi. Satu kali latihan rehabilitasi konvensional terdiri dari 3 set gerak pasif fleksi-ekstensi siku dan 1 set gerak aktif fleksi-ekstensi siku disertai pembebanan 500 gram. Setiap set dilakukan sebanyak 10 kali repetisi. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer. ROM aktif sendi siku dan tonus otot lengan atas diukur sebelum latihan ke-1 dan sesudah latihan ke-16. ROM diukur menggunakan goniometer dalam satuan derajat sedangkan tonus otot diamati dan dipalpasi kemudian dinyatakan dalam skala *Modified Ashworth*. *Outcome* primer penelitian ini adalah nilai ROM aktif sendi siku dan tonus otot lengan atas pasien stroke iskemik pasca latihan dengan robot maupun latihan konvensional. *Outcome* sekunder penelitian ini adalah berbagai karakteristik pasien stroke iskemik yang menjalani terapi rawat jalan di instalasi rehabilitasi medik RSND maupun RSWB.

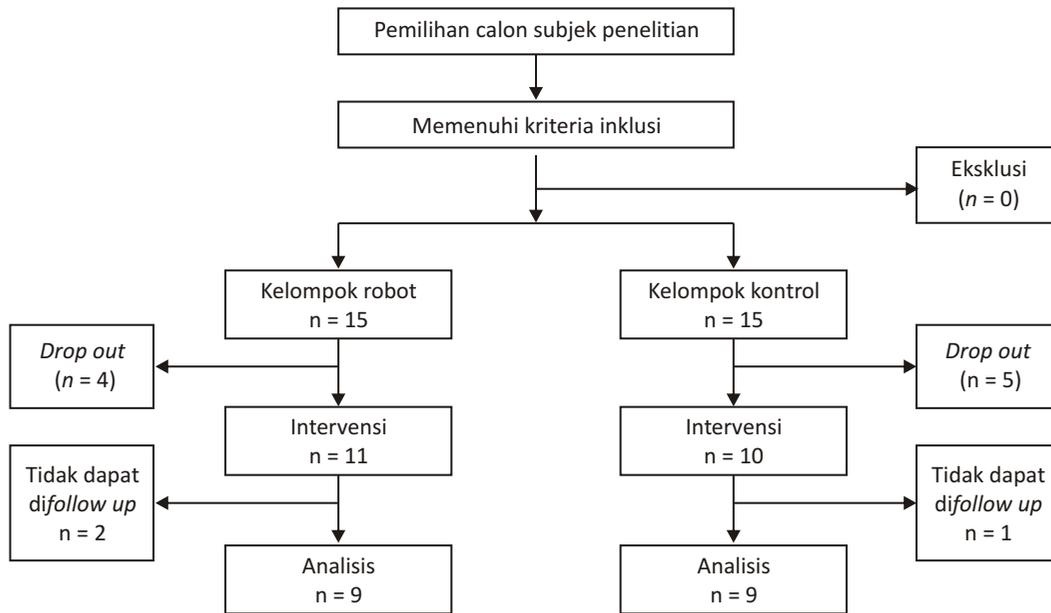
Analisis data menggunakan program SPSS versi 26.0. Analisis data meliputi analisis deskriptif dan uji beda. Uji normalitas menggunakan uji *Shapiro Wilk*. Data *pre-test* ROM dan *pre-test* tonus antar kelompok dianalisis menggunakan uji *Mann-Whitney*. Data *post-test* ROM dan *post-test* tonus antar kelompok juga dianalisis menggunakan uji *Mann-Whitney*. Data *pre-test* dan *post-test* ROM kelompok robot dianalisis menggunakan Uji *Wilcoxon*, sedangkan data *pre-test* dan *post-test* ROM kelompok kontrol dianalisis menggunakan Uji *t*-berpasangan. Data *pre-test* dan *post-test* tonus kelompok robot maupun kelompok kontrol dianalisis dengan Uji *Wilcoxon*. Semua hasil uji beda dianggap signifikan jika nilai  $p < 0,05$  dengan interval kepercayaan 95%.

Seluruh prosedur penelitian telah disetujui dengan diterbitkannya *Ethical Clearance* Nomor 108/EC/KEPK/FK-UNDIP/VI/2020 dari Komisi Etik Penelitian Kedokteran dan Kesehatan (KEPK) Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang. Subjek penelitian telah diberikan penjelasan terkait maksud, tujuan, manfaat, protokol penelitian, dan efek samping yang dapat terjadi serta mengisi kuesioner dan surat *informed consent* sebelum intervensi dilakukan.

### HASIL

#### Alur Penelitian

Diagram *consort* dapat diamati pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Consort

TABEL 1  
Karakteristik Kelompok Robot dan Kelompok Kontrol

Variabel		Kelompok		<i>p</i> *
		Robot	Kontrol	
Jenis kelamin	Laki-laki	5	6	1,000 <sup>a</sup>
	Perempuan	4	3	
Sisi hemiparesis	Dextra	8	5	0,294 <sup>a</sup>
	Sinistra	1	4	
Gangguan depresi	Normal	8	9	1,000 <sup>a</sup>
	Ringan	1	0	
Gangguan kognitif	Normal	9	9	0,500 <sup>a</sup>
Onset stroke	Akut	0	1	0,050 <sup>a</sup>
	Subakut	2	5	
	Kronik	7	3	

Keterangan : *p*\* signifikan ( $p < 0,05$ ); a = uji Fisher's exact

### Karakteristik Subjek Penelitian

Karakteristik subjek dalam penelitian ini terdiri dari jenis kelamin, sisi hemiparesis, gangguan depresi, gangguan kognitif dan onset stroke dapat diamati pada tabel 1.

### Uji Beda *Pre-Test* dan *Post-Test* Antar Kelompok

Perbedaan nilai *pre-test* ROM aktif sendi siku antara kelompok robot dan kelompok kontrol, perbedaan nilai

*pre-test* tonus otot lengan atas antara kelompok robot dan kelompok kontrol, perbedaan nilai *post-test* ROM aktif sendi siku antara kelompok robot dan kelompok kontrol, serta perbedaan nilai *post-test* tonus otot lengan atas antara kelompok robot dan kelompok kontrol ditunjukkan pada tabel 2. Hasil uji hipotesis sudah termasuk ke dalam tabel 2 tersebut yakni pada pengukuran *post-test* ROM aktif sendi siku dan *post-test* tonus otot lengan atas.

**TABEL 2**  
**Uji Beda Pre-Test dan Post-Test Antar Kelompok**

Pengukuran dan Variabel	Kelompok	N	Mean	SD	Statistic	p*
Pre-test ROM aktif sendi siku	R	9	128	6	U = 36,00	0,650 <sup>a</sup>
	K	9	127,56	11,04		
Pre-test tonus otot lengan atas	R	9	1,00	1,00	t = -0,839	0,414 <sup>b</sup>
	K	9	1,44	1,236		
Post-test ROM aktif sendi siku	R	9	130	11,45	U = 36,00	0,682 <sup>a</sup>
	K	9	127,44	16,20		
Post-test tonus otot lengan atas	R	9	0,44	0,726	U = 36,00	0,682 <sup>a</sup>
	K	9	1,11	1,054		

Keterangan : p\* signifikan ( $p < 0,05$ ); a = uji Mann-Whitney ; b = uji t tidak berpasangan

**TABEL 3**  
**Uji Beda Pre-Test dan Post-Test Masing-Masing Kelompok**

Kelompok	Pengukuran dan Variabel	N	Mean	SD	Statistic	p*
Kontrol	Pre-test ROM aktif sendi siku	9	127,56	11,043	t = 0,026	0,980 <sup>a</sup>
	Post-test ROM aktif sendi siku	9	127,44	16,203		
Kontrol	Pre-test tonus otot lengan atas	9	1,44	1,236	t = 2,000	0,081 <sup>a</sup>
	Post-test tonus otot lengan atas	9	1,11	1,054		
Robot	Pre-test ROM aktif sendi siku	9	128	6	Z = -0,535	0,593 <sup>b</sup>
	Post-test ROM aktif sendi siku	9	130	11,45		
Robot	Pre-test tonus otot lengan atas	9	1,00	1,00	Z = -2,236	0,025 <sup>b</sup>
	Post-test tonus otot lengan atas	9	0,44	0,726		

Keterangan : p\* signifikan ( $p < 0,05$ ); a = uji t-berpasangan; b = uji Wilcoxon

**Uji Beda Pre-Test dan Post-Test Masing-Masing Kelompok**

Perbedaan nilai *pre-test* dan *post-test* ROM kelompok robot, perbedaan nilai *pre-test* dan *post-test* tonus otot kelompok robot, perbedaan nilai *pre-test* dan *post-test* ROM kelompok kontrol, serta perbedaan nilai *pre-test* dan *post-test* tonus otot kelompok kontrol dapat dilihat pada tabel 3.

**DISKUSI**

Pada awal pemilihan subjek penelitian, dilakukan pendataan dan didapatkan 15 subjek penelitian kelompok robot dan 15 subjek penelitian kelompok kontrol yang sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi penelitian. Terdapat 11 subjek penelitian kelompok robot

dan 10 subjek kelompok kontrol berkenan dilakukan intervensi, sedangkan 4 subjek kelompok robot dan 5 subjek kelompok kontrol tidak berkenan dilakukan intervensi dengan alasan kekhawatiran terhadap transmisi COVID-19 di RSND maupun di RSWB. Kemudian seiring waktu, terdapat 2 subjek penelitian kelompok robot dan 1 subjek penelitian kelompok kontrol yang tidak dapat *follow up*. Peneliti tidak dapat menindaklanjuti intervensi pada 1 subjek penelitian kelompok robot dan 1 subjek penelitian kelompok kontrol karena dilaporkan bahwa kedua subjek penelitian meninggal dunia. Sedangkan 1 subjek penelitian kelompok robot lainnya menyatakan tidak berkenan melanjutkan intervensi dengan alasan belum bersedia datang kembali ke RSND dalam situasi pandemi COVID-19, sehingga data penelitian yang sampai di tahap analisis berjumlah 18 yang terdiri dari 9 kelompok

robot dan 9 kelompok kontrol.

Hasil penelitian ini menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan pada jenis kelamin subjek penelitian ( $p=1,000$ ); sisi hemiparesis ( $p=0,294$ ); gangguan depresi ( $p=1,000$ ); gangguan kognitif ( $p=0,500$ ); dan onset stroke ( $p=0,050$ ) pada kelompok robot dan kelompok kontrol.

Pada tabel 3 didapatkan bahwa tidak ada perbedaan bermakna nilai *pre-test* ROM aktif sendi siku antara kelompok robot dan kelompok kontrol ( $p=0,650$ ). Tidak terdapat pula perbedaan bermakna nilai *pre-test* tonus otot lengan atas antara kelompok robot dan kelompok kontrol ( $p=0,414$ ). Secara klinis rerata nilai *post-test* ROM aktif sendi siku kelompok robot lebih tinggi daripada kelompok kontrol. Namun, pada uji *Mann-Whitney* perbedaan tersebut tidak bermakna ( $p=0,682$ ). Secara klinis *post-test* tonus otot lengan atas kelompok robot lebih baik daripada kelompok kontrol, namun pada uji *Mann-Whitney* perbedaan tersebut tidak bermakna ( $p=0,682$ ).

Pada tabel 4 didapatkan bahwa secara klinis rerata nilai *pre-test* lebih tinggi daripada *post-test*, artinya terdapat penurunan nilai ROM aktif sendi siku setelah intervensi pada kelompok kontrol. Pada uji *t*-berpasangan dengan membandingkan nilai *pre-test* dan *post-test*, perbedaan tersebut tidak bermakna secara statistik ( $p=0,980$ ). Secara klinis terdapat perbaikan nilai tonus otot lengan atas setelah intervensi pada kelompok kontrol, namun pada uji *t*-berpasangan perbaikan tersebut tidak bermakna ( $p=0,081$ ). Secara klinis terdapat peningkatan nilai ROM aktif sendi siku setelah intervensi kelompok robot, namun pada uji *Wilcoxon* peningkatan tersebut tidak bermakna ( $p=0,593$ ). Terdapat perbaikan nilai tonus otot lengan atas setelah intervensi pada kelompok robot yang bermakna secara statistik ( $p=0,025$ ).

#### **Pengaruh Latihan *Wearable Elbow Exoskeleton Robotic Hand* terhadap ROM Aktif Sendi Siku dan Tonus Otot Lengan Atas**

Hasil penelitian ini menunjukkan terdapat peningkatan nilai ROM aktif sendi siku setelah pemberian latihan *wearable elbow exoskeleton robotic hand*, namun peningkatan tersebut tidak bermakna secara statistik ( $p=0,593$ ). Hasil penelitian ini bersinergi dengan beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh Pedrocchi *et al* pada tahun 2013<sup>17</sup>, Antonio Cerasa *et al* pada tahun 2018<sup>18</sup>, Emilio Trigili *et al* tahun 2016.<sup>19</sup>

Peningkatan ROM aktif sendi siku pada penelitian ini terjadi karena latihan dengan *wearable elbow exoskeleton robotic hand* membuat otot dilatih untuk berkontraksi, sehingga terjadi peningkatan kekuatan otot serta fleksibilitas sendi dapat dipertahankan.<sup>15,20</sup> Latihan rehabilitasi motorik pada sisi paretik di ekstremitas superior terbukti meningkatkan reorganisasi neuron baik pada subjek penelitian manusia maupun hewan coba.<sup>8</sup> Latihan menyebabkan peningkatan aktivasi

neuron afferen yang semakin memacu reinervasi pada regio denervasi serta peningkatan densitas sinaptik dan maturasi sinaps. Selain itu, juga terjadi peningkatan aktivasi fMRI (*Functional Magnetic Resonance Imaging*) selama stimulasi dan penggerakkan sisi paretik yang menandakan peningkatan aliran darah sebagai tanda adanya aktivasi neuronal.<sup>21</sup>

Peningkatan ROM aktif sendi siku pada penelitian ini menunjukkan hasil tidak signifikan yang dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Di antaranya karena subjek yang tidak memenuhi perhitungan jumlah minimal dan terdapat beberapa karakteristik yang tidak dapat dikendalikan dalam penelitian ini.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa terdapat perbaikan tonus otot lengan atas pasca latihan menggunakan *wearable elbow exoskeleton robotic hand*, di mana perbaikan tersebut bermakna secara statistik ( $p=0,025$ ). Hasil penelitian ini bersinergi dengan beberapa penelitian oleh Alberto Borboni *et al* pada tahun 2017<sup>22</sup>, Takahashi *et al* pada tahun 2008<sup>23</sup>, Anirban *et al* pada tahun 2019.<sup>24</sup>

Perbaikan tonus otot lengan atas yang terjadi pada penelitian ini terjadi karena *exoskeleton robotic* menciptakan gerakan yang memfasilitasi mobilitas lengan sehingga meregangkan otot, mempertahankan panjang tendon, dan ligamen yang dapat mengurangi spastisitas.<sup>8</sup> Prinsip penurunan spastisitas otot ini sama dengan mekanisme yang terjadi apabila penderita menjalani latihan terapi fisik secara konvensional, yaitu pembatasan retraksi dan fiksasi sendi.<sup>25</sup>

Pada akhir pengukuran dari penelitian ini didapatkan bahwa tidak ada perbedaan antara nilai *post-test* ROM aktif sendi siku kelompok robot dengan kelompok kontrol ( $p=0,682$ ) dan tidak ada pula perbedaan antara nilai *post-test* tonus otot lengan atas kelompok robot dengan kelompok kontrol ( $p=0,682$ ).

#### **Pengaruh Latihan Rehabilitasi Konvensional terhadap ROM Aktif Sendi Siku dan Tonus Otot Lengan Atas**

Hasil penelitian ini menunjukkan terdapat penurunan nilai ROM aktif sendi siku setelah latihan rehabilitasi konvensional pada kelompok kontrol dengan perbedaan yang tidak bermakna secara statistik ( $p=0,980$ ). Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya oleh Fransiska Anita dkk pada tahun 2018 di Makassar.<sup>26</sup> Penurunan ROM aktif sendi siku pada penelitian ini dapat disebabkan oleh beberapa hal. Adanya keterbatasan dalam memperoleh subjek penelitian di masa pandemi COVID-19 membuat subjek kelompok kontrol yang berhasil menjalani intervensi selama 16 minggu hanya berjumlah 9 orang. Sama halnya dengan kelompok robot, beberapa karakteristik kelompok kontrol juga tidak dapat dikendalikan seperti onset stroke yang berbeda antara satu subjek dengan subjek lainnya, ukuran lesi di otak, lokasi terjadinya

oklusi pembuluh darah di otak, dan obesitas yang dapat mempengaruhi nilai ROM.<sup>27-29</sup>

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa terdapat perbaikan nilai tonus otot lengan atas setelah latihan rehabilitasi konvensional, namun peningkatan tersebut tidak bermakna secara statistik ( $p=0,081$ ). Hasil penelitian ini bersinergi dengan penelitian sebelumnya oleh Della Purwaningtyas dkk pada tahun 2016.<sup>30</sup> Perbaikan tonus otot lengan atas pada penelitian ini menunjukkan hasil tidak signifikan yang dapat disebabkan oleh jumlah subjek kelompok kontrol yang tidak memenuhi perhitungan minimal serta onset stroke, ukuran lesi di otak, lokasi oklusi pembuluh darah di otak yang berbeda antara satu subjek dengan subjek lainnya.

Kesimpulan penelitian ini adalah efektivitas latihan *wearable elbow exoskeleton robotic hand* dalam meningkatkan ROM aktif sendi siku dan memperbaiki tonus otot lengan atas pasien stroke iskemik tidak lebih baik daripada efek latihan rehabilitasi konvensional. Namun hasil uji statistik menunjukkan adanya penurunan signifikan nilai tonus otot lengan atas pada kelompok robot pasca menjalani latihan *wearable elbow exoskeleton robotic hand*.

### Keterbatasan Penelitian

Keterbatasan pada penelitian ini adalah peneliti yaitu minimnya jumlah subjek dan peneliti tidak dapat mengendalikan seluruh karakteristik dari subjek penelitian. Karena keterbatasan dalam memperoleh subjek penelitian di masa pandemi COVID-19, maka jumlah subjek kelompok robot yang berhasil menjalani intervensi selama 16 minggu hanya berjumlah 9 orang, padahal menurut perhitungan seharusnya besar subjek minimal adalah 15 orang untuk setiap kelompok. Selain itu, karena kesulitan dalam memperoleh subjek penelitian, maka beberapa karakteristik tidak dapat dikendalikan seperti onset stroke yang berbeda antara satu subjek dengan subjek lainnya, di mana reorganisasi sistem saraf yang berlangsung pada onset stroke lebih dari 6 bulan tidak secepat pada periode sebelum 6 bulan.<sup>21</sup> Faktor lainnya yang dapat berpengaruh terhadap hasil yang tidak signifikan dan tidak dapat dikontrol dalam penelitian ini yaitu ukuran lesi di otak, lokasi terjadinya oklusi pembuluh darah di otak, dan obesitas yang dapat mempengaruhi nilai ROM.<sup>27-29</sup> Kurangnya durasi dan frekuensi terapi yang dijalankan pasien juga dapat menyebabkan hasil peningkatan ROM yang tidak signifikan. Diketahui bahwa untuk dapat meningkatkan ROM aktif pada pasien stroke maka dibutuhkan waktu terapi sekitar 3 sampai dengan 6 bulan.<sup>17,18</sup> Peningkatan ROM pasca latihan robot menunjukkan hasil yang tidak signifikan juga disebabkan oleh nilai *pre-test* ROM yang sebagian besar sudah mendekati nilai ROM normal sehingga kenaikannya tidak terlalu bermakna. Seluruh

keterbatasan tersebut di atas berdampak pada subjek penelitian yang tidak dapat mewakili populasi secara umum sehingga beberapa hasil uji statistik tidak menunjukkan perbedaan signifikan bahkan ada yang menunjukkan hasil yang berlawanan dengan penelitian terdahulu.

Dibutuhkan jumlah subjek penelitian yang lebih banyak, randomisasi, meningkatkan durasi, dan atau frekuensi serta memperhitungkan berbagai faktor yang dapat mempengaruhi *outcome* pasien stroke iskemik, di antaranya onset stroke, obesitas, tempat oklusi pembuluh darah di otak, dan lainnya pada penelitian lebih lanjut.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Kemenkes RI. Kebijakan dan Strategi Pencegahan dan Pengendalian Stroke di Indonesia. Jakarta: Direktorat Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit; 2018.
2. Kemenkes RI. Hasil Utama Riset Kesehatan Dasar 2018. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan; 2018.
3. Högg S, Holzgraefe M, Wingendorf J, Mehrholz J, Herrmann C, Obermann M. Upper limb strength training in subacute stroke patients: Study protocol of a randomised controlled trial. *Trials*. 2019;20(1):1-11.
4. Da Silva FC, Da Silva DFT, Mesquita-Ferrari RA, Fernandes KPS, Bussadori SK. Correlation between upper limb function and oral health impact in stroke survivors. *J Phys Ther Sci*. 2015;27(7):2065-8.
5. Eby S, Zhao H. Quantitative Evaluation of Passive Muscle Stiffness in Chronic Stroke. *J Phys Med Rehabil*. 2017;176(1):139-48.
6. De Haan J. Stability of the Elbow Joint: Relevant Anatomy and Clinical Implications of In Vitro Biomechanical Studies. *Open Orthop J*. 2011;5(1):168-76.
7. Oosterwijk AM, Nieuwenhuis MK, van der Schans CP, Mouton LJ. Shoulder and elbow range of motion for the performance of activities of daily living: A systematic review. *Physiother Theory Pract*. 2018;34(7):505-8.
8. Li S. Spasticity, motor recovery, and neural plasticity after stroke. *Front Neurol*. 2017;8(4):1-8.
9. Susanti S, B Istara DN. Pengaruh Range of Motion (ROM) terhadap Kekuatan Otot pada Pasien Stroke. *J Kesehat Vokasional*. 2019;4(2):112.
10. Kang T, Seo Y, Park J, Dong E, Seo B, Han D. The effects of elbow joint angle change on the elbow flexor muscle activation in pulley with weight exercise. *J Phys Ther Sci*. 2013;25(9):1133-6.
11. Kemenkes RI. Rencana Pengembangan Tenaga Kesehatan Tahun 2011- 2025. Jakarta; 2011.
12. Xiloyannis M, Chiaradia D, Frisoli A, Masia L. Physiological and kinematic effects of a soft exosuit on arm movements. *J of NeuroEngineering Rehabil*. 2019;16(29):1-15.
13. Yue Z, Zhang X, Wang J. Hand Rehabilitation Robotics on Poststroke Motor Recovery. *Behav Neurol*. 2017;16(8):3-6.
14. Bertani R, Melegari C, De Cola MC, Bramanti A, Bramanti P, Calabrò RS. Effects of robot-assisted upper limb rehabilitation in stroke patients: a systematic review with meta-analysis. *Neurol Sci*. 2017;38(9):1561-9.
15. Frisoli A, Procopio C, Chisari C, Creatini I, Bonfiglio L, Bergamasco M, et al. Positive effects of robotic exoskeleton training of upper limb reaching movements after stroke. *J Neuroeng Rehabil*. 2012;9(1):1-16.
16. Balasubramanian S, Klein J, Burdet E. Robot-assisted rehabilitation of hand function. *Curr Opin Neurol*.

- 2010;23(6):661-70.
17. Frolov AA, Kozlovskaya IB, Biryukova E V., Bobrov PD. Use of Robotic Devices in Post-Stroke Rehabilitation. *Neurosci Behav Physiol*. 2018;48(9):1053-66.
  18. Cerasa A, Pignolo L, Gramigna V, Serra S, Olivadese G, Rocca F, *et al*. Exoskeleton-Robot Assisted Therapy in Stroke Patients: A Lesion Mapping Study. *Front Neuroinform*. 2018;12(7):1-10.
  19. Crea S, Cempini M, Moise M, Baldoni A, Trigili E, Marconi D, *et al*. A novel shoulder-elbow exoskeleton with series elastic actuators. *Biomed Robot Biomechatronics*. 2016;16(7):1248-53.
  20. Dinh BK, Xiloyannis M, Cappello L, Antuvan CW, Yen SC, Masia L. Adaptive backlash compensation in upper limb soft wearable exoskeletons. *Rob Auton Syst*. 2017;92(18):173-86.
  21. Jones TA, Adkins DL. Motor system reorganization after stroke: Stimulating and training toward perfection. *Int Union Physiol Sci*. 2015;30(5):358-70.
  22. Borboni A, Villafañe JH, Mullè C, Valdes K, Faglia R, Taveggia G, *et al*. Robot-Assisted Rehabilitation of Hand Paralysis After Stroke Reduces Wrist Edema and Pain: A Prospective Clinical Trial. *J Manipulative Physiol Ther*. 2017;40(1):21-30.
  23. Takahashi CD, Der-Yeghiaian L, Le V, Motiwala RR, Cramer SC. Robot-based hand motor therapy after stroke. *Brain*. 2008;131(2):425-37.
  24. Chowdhury A, Nishad SS, Meena YK, Dutta A, Prasad G. Hand-Exoskeleton Assisted Progressive Neurorehabilitation Using Impedance Adaptation Based Challenge Level Adjustment Method. *IEEE Trans Haptics*. 2019;12(2):128-40.
  25. Thibaut A, Chatelle C, Ziegler E, Bruno MA, Laureys S, Gosseries O. Spasticity after stroke: Physiology, assessment and treatment. *Brain Inj*. 2013;27(10):1093-105.
  26. Anita F, Pongantung H, Ada PV, Hingkam V. Pengaruh Latihan Range Of Motion terhadap Rentang Gerak Sendi Ekstremitas Atas pada Pasien Pasca Stroke Di Makassar. *J Islam Nurs*. 2018;3(1):97-9.
  27. Rotzinger DC, Mosimann PJ, Meuli RA, Maeder P, Michel P. Site and rate of occlusive disease in cervicocerebral arteries: A CT angiography study of 2209 patients with acute ischemic stroke. *Am J Neuroradiol*. 2017;38(5):868-74.
  28. Robert M, Norhayati M. Chapter 3: Background Concepts in Stroke Rehabilitation [Internet]. 2018 [cited 2020 Feb 11]. p. 34. Available from: [www.ebrsr.com](http://www.ebrsr.com)
  29. Park W, Ramachandran J, Weisman P, Jung ES. Obesity effect on male active joint range of motion. *Ergonomics*. 2010;53(1):102-8.
  30. Purwaningtyas D. Pengaruh Pemberian Hold Relax terhadap Spastisitas pada Pasien Pasca Stroke. *J Nas Ilmu Kesehat*. 2016;22(03):84-8.