

Pengaruh Latihan Sepeda Virtual Terhadap Sensori-Motor Ekstremitas Bawah Pasien Pasca Stroke

I Putu Dody Lesmana¹, Dia Bitari Mei Yuana^{*2}, Nanik Anita Mukhlisoh³, Beni Widiawan⁴, Lukman Hakim⁵, Arinda Lironika Suryana⁶

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Jember

⁶Jurusan Kesehatan, Politeknik Negeri Jember

Article Info

Article history:

Diterima 18 Oktober 2023

Revisi 20 Oktober 2023

Diterbitkan 27 Oktober 2023

Keywords:

Latihan Sepeda

Kayuhan Pedal

Sensori-Motor

Stroke

Virtual Reality

ABSTRAK

Defisit neurologis yang sering didapati pasca stroke adalah penurunan fungsi sensorik dan motorik. Terapi rehabilitasi yang tepat akan memberikan pemulihan sensori motor yang optimal. Fisioterapi menggunakan modalitas latihan motorik berupa latihan sepeda virtual merupakan salah satu pilihan program rehabilitasi. Jenis latihan ini dapat memperbaiki fungsi keseimbangan dan koordinasi ekstremitas bawah. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh latihan sepeda berbasis *Virtual Reality Augmented Cycling* (VRAC) terhadap respon sensorimotor pasien pasca stroke kronis. Penelitian ini menggunakan metode *quasi experimental* dengan *post test only control group design* sebagai rancangan dalam pengetahuan pengaruh latihan sepeda terapi pasca stroke terhadap sensori-motor ekstremitas bawah. Subyek penelitian sebanyak 15 orang yang terbagi dalam dua kelompok yaitu 8 orang pasien pasca stroke dan 7 orang kontrol sehat, diambil secara *purposive sampling* dan telah memenuhi kriteria inklusi. Semua subyek mengikuti program latihan sepeda virtual 2 kali dalam seminggu selama 3 bulan di Poli Rehabilitasi Medik RSD Kalisat Jember. Respon sensorimotor diukur dari kecepatan kayuhan (RPM) dengan tiga lintasan. Data dideskripsikan dalam bentuk $\text{mean} \pm \text{SD}$ dan dianalisis uji independent T-Test menggunakan SPSS V.22.0. Rata-rata kecepatan kayuhan pasien pasca stroke meningkat tiap minggu selama latihan. Terdapat perbedaan kayuhan pedal pada lintasan lebar, lintasan lebar berpenghalang dan lintasan sempit yang signifikan antara pasien pasca stroke dengan kontrol ($p < 0,001$).

Simpulan: Latihan sepeda virtual dapat memperbaiki sensorimotor pasien pasca stroke kronis.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Corresponding Author:

Dia Bitari Mei Yuana,

Jurusan Teknologi Informasi Politeknik Negeri Jember, Jl. Mastrip Po. Box 164, Kec. Sumbersari, Kab.

Jember Jawa Timur, Indonesia 68121

Email: dia.bitari@polije.ac.id

1. PENDAHULUAN

Stroke masih menjadi masalah kesehatan dengan angka kematian dan kesakitan yang tinggi. Saat ini, stroke menempati penyebab kematian kedua dan penyebab kecacatan ketiga terbanyak di dunia [1,2]. Data WHO (2016) menunjukkan setiap tahun terdapat 13,7 kasus stroke baru dan sekitar 5,5 juta kematian terjadi akibat stroke [3]. Menurut National Stroke Association, 40% pasien stroke dapat mengalami kecacatan sedang sampai berat hingga membutuhkan perawatan khusus [4]. Secara global, insidensi stroke meningkat 70%, prevalensi stroke meningkat 85%, kematian akibat stroke meningkat 43% dan kecacatan pasca stroke meningkat 32% [5]. Tidak jauh berbeda dengan keadaan di beberapa negara berkembang di dunia, Indonesia pun juga mengalami hal yang serupa. Hal ini sejalan dengan hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2007, 2013 dan 2018, yang menunjukkan angka prevalensi stroke di Indonesia meningkat signifikan dari tahun ke tahun dan stroke termasuk dalam tiga besar golongan penyakit katastrofik yang perlu mendapat perhatian serius karena memiliki dampak luas secara ekonomi dan sosial [6].

Stroke merupakan salah satu penyakit yang mengakibatkan defisit neurologis akut akibat sumbatan atau ruptur pembuluh darah otak yang menimbulkan gejala fokal maupun global lebih dari 24 jam [7]. Defisit neurologis pasca stroke yang sering dijumpai dan menjadi keluhan utama adalah penurunan fungsi sensorik dan fungsi motorik. Fungsi sensorimotor yang terpenting adalah koordinasi dan keseimbangan [8,9].

Gangguan fungsi motorik pasca stroke termasuk kurangnya koordinasi dalam gerakan, kehilangan gerakan selektif dan kurangnya kontrol motorik merupakan gejala yang sering muncul. Adanya kelumpuhan (hemiplegi) atau kelemahan otot ekstremitas di satu sisi (hemiparesis) juga menjadi ciri khas gangguan fungsi motorik pasca stroke. Sekitar 50% dari penderita stroke mengalami hemiparesis 6 bulan pasca stroke [10]. Pasien stroke juga dapat mengalami berbagai jenis gangguan sensori seperti kehilangan penglihatan, pendengaran, gangguan rasa, nyeri, sentuhan, suhu dan posisi/ proprioceptor [11].

Secara umum, ada tiga tahap pengobatan stroke yaitu; pencegahan, terapi segera setelah stroke, dan rehabilitasi pasca stroke. Terapi fisik dan latihan intensitas sedang atau tinggi direkomendasikan sebagai bagian dari rehabilitasi komprehensif pada fase kronis pasca stroke [12]. Ada dua modalitas terapi fisik untuk neurorehabilitasi pasien pasca stroke dengan gangguan gerak motorik ekstremitas bawah yaitu terapi berorientasi tugas dan virtual reality [13].

Virtual Reality (VR) adalah simulasi lingkungan nyata yang dihasilkan melalui perangkat lunak komputer dan dijalankan oleh pengguna melalui mesin antarmuka manusia (avatar). Pengguna memperoleh umpan balik sensori dari avatar dan kemudian digunakan untuk memandu interaksi pengguna dengan dunia maya [14]. VR tidak hanya menyediakan informasi multisensori yang kompleks tapi juga memungkinkan pasien untuk terlibat dalam praktik tugas tertentu dalam lingkungan visual yang dihasilkan komputer dengan cara yang naturalistik, yakni sebuah lingkungan yang lebih menarik dan memunculkan perasaan berada di dunia nyata sehingga dapat meningkatkan motivasi untuk berlatih [11]. Terapi rehabilitasi berbasis teknologi menjanjikan latihan terapi yang lebih interaktif, efektif dan independen, dibandingkan dengan terapi rehabilitasi yang konvensional [15]. Latihan bersepeda berbasis VR bagi pasien pasca stroke merupakan teknologi simulator bersepeda menggunakan realitas tertambah (virtual reality augmented cycling/VRAC) yang dikembangkan untuk memperbaiki keseimbangan dan kemampuan berjalan, serta memperluas gerak motorik (Range of Motion/ROM) pada ekstremitas bawah. Latihan ROM efektif dalam meningkatkan atau mempertahankan fleksibilitas dan kekuatan otot pasien stroke [16].

Penggunaan komponen pada sistem perangkat VRAC dirancang secara modular sehingga dapat digunakan untuk mengukur keseimbangan dan melatih gerak motorik ekstremitas bawah. Modul pedal memiliki desain untuk mendeteksi keseimbangan tekanan kaki kiri dan kanan. Keseimbangan tekanan pada kedua pedal akan mempengaruhi posisi vertikal atau kemiringan sepeda virtual, dimana pengguna harus mencoba menyeimbangkan sepeda virtual secara sistematis untuk menjaga arah pergerakan sepeda sesuai jalur bantuan. Masing-masing permukaan atas modul pedal dihubungkan dengan sensor load cell 50 kg dan pada permukaan bawah modul pedal dipasang sensor accelerometer untuk mendeteksi kemiringan pergelangan kaki pada bidang fleksi dorsi dan fleksi plantar. Akuisisi data dari modul pedal dikirim melalui komunikasi wireless ke kotak control [17] Manipulasi fitur jalur (track) dalam lingkungan virtual (VE) ini akan mempengaruhi perilaku bersepeda pengguna di dunia nyata. Penambahan modul Heart Rate berfungsi sebagai pengaman latihan VRAC dengan mengacu pada protokol YMCA [18].

Penelitian yang telah dilakukan, dihasilkan prototipe perangkat simulator VRAC yang telah dilakukan uji coba dan validasi komponen mekatronika-nya, manipulasi virtual environment (VE) untuk merubah perilaku gerak motorik, dan efektivitas dalam lingkungan laboratorium. [19,20,21] Penelitian ini bertujuan untuk menilai pengaruh latihan bersepeda dengan simulator VRAC terhadap respon sensorimotor pasien pasca stroke pada 3 bulan setelah menjalani terapi [19,20,21].

1.1 PERANGKAT SIMULATOR VRAC

VRAC dikembangkan untuk mengatasi kontrol motorik dan defisit kebugaran pasca stroke. Mekatronika Komponen VRAC bersifat modular dengan sensor pedal, stang, dan monitor Heart Rate (HR) yang mengontrol perilaku avatar pengguna di Lingkungan Virtual seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Perangkat simulator VRAC dibuat dari sepeda statik jenis recumbent yang ditambahkan komponen mekatronika untuk melatih keseimbangan dan gaya berjalan [22].

VE dari perangkat simulator VRAC pada penelitian ini mempunyai dua avatar yaitu rider yang mewakili pengguna dan pelatih virtual (pacer) sebagai non-player karakter yang ditunjukkan pada Gambar 2. Kecepatan sepeda dari pelatih virtual diatur menggunakan logika fuzzy dengan parameter HR dan jarak antara rider dan pacer.



Gambar 1. Komponen Perangkat Simulator VRAC : (A) Modul Pedal, (B) Modul Putaran Kayuhan, (C) Modul Kalibrasi Keseimbangan Pedal, (D) Modul Pengukur HR, (E) Modul Akuisisi Data, (F) Central Processing Unit, (G) Tampilan Lingkungan Virtual



Gambar 2. Lingkungan Virtual Simulator dari Perangkat Simulator VRAC

Pengguna di instruksikan mengikuti lintasan dari pacir dengan menjaga jarak aman dan menjaga HR tetap dibawah target HR. Hate Rate pengguna ditampilkan di pojok kanan bawah dari tampilan lingkungan virtual. Jika HR dari pengguna melebihi target HR yang ditentukan, simbol HR pada tampilan lingkungan virtual akan menunjukkan animasi denyut jantung yang berdetak lebih cepat dan lebih besar sehingga rider harus menurunkan kecepatan bersepeda agar tetap berada dalam jangkauan Latihan yang aman. Manipulasi lingkungan virtual bersepeda juga dilakukan dengan mengatur lebar lintasan, tingkat kesulitan lintasan, dan gain [23].

2. METODE

Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian quasi-experimental dengan Post test Only Control Group Design. Pada penelitian ini efektivitas intervensi setelah latihan bersepeda virtual pada pasien pasca stroke dibandingkan dengan kelompok kontrol. Penelitian dilaksanakan di RSD Kalisat Jember pada bulan September s.d November 2023. Persetujuan etik penelitian yang terkait dengan penggunaan manusia telah disetujui oleh Komite Etik Kedokteran Politeknik Negeri Jember (No. 1280/ PL17.4/ PG/ 2023). Informed consent telah diperoleh dari semua individu yang terlibat dalam penelitian ini.

Subyek dalam penelitian ini sebanyak 15 orang, diambil dengan metode purposive sampling, terbagi menjadi dua kelompok yaitu 8 orang pasien pasca stroke (usia 40 hingga 60 tahun, ≥ 2 tahun pasca stroke) dan 7 orang kontrol sehat (usia 40 hingga 60 tahun). Pasien pasca stroke merupakan pasien rawat jalan poli saraf di RSD Kalisat dengan diagnosis dokter stroke iskemik. Kriteria inklusi pasien pasca stroke lainnya yaitu memiliki sisa gangguan motorik ekstremitas bawah yang dinilai dengan Fugl-Meyer Low Extremity (skor FM-LE, dengan kisaran 24-26/34), memiliki ambulasi komunitas rumah tangga hingga terbatas (kecepatan berjalan berkisar antara 0,56 hingga 1,10 m/s) dan melaporkan gejala sisa seperti keterbatasan kemampuan berjalan. Pasien tidak sadar, dengan hemiplegia bilateral, afasia sensorik atau masalah komunikasi yang dapat menyebabkan hambatan untuk menyelesaikan latihan, memiliki riwayat penyakit jantung, aritmia dan PPOK, serta mengalami demensia atau gangguan mental tidak diikutkan dalam penelitian ini. Subyek kontrol sehat

diperlukan sebagai referensi untuk membandingkan respon sensorimotor pasien pasca stroke setelah diintervensi dengan latihan ini. Karakterisasi status fungsi sensorimotor pasien pasca stroke dilakukan dengan pemeriksaan Fugl Meyer Low Extrimity. FMA merupakan instrumen yang memiliki validitas dan reabilitas yang baik untuk mengukur fungsi sensorimotor [24,25]. Respon Sensori-motor dinilai dari putaran kayuhan pedal (RPM) pada manipulasi lingkungan virtual meliputi lebar lintasan, kesulitan lintasan dan optic gain [26]. Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan SPSS 22.0 berbasis windows. Normalitas distribusi dinilai dengan uji Shapiro Wilk. Statistik deskriptif disajikan sebagai mean \pm standar deviasi untuk data terdistribusi normal. Perbandingan variabel dianalisis menggunakan Uji Independent T-Test Signifikansi statistik ditetapkan pada $p < 0,05$.

Komponen mekatronik simulator VRAC pada penelitian ini bersifat modular dengan sensor pedal, setang dan monitor HR yang mengontrol perilaku avatar pengendara di VE seperti taman.19,20 Secara singkat, input ke VE mencakup gaya yang dihasilkan oleh setiap ekstremitas bawah pada pedal yang diinstrumentasi HR dari monitor HR. Pedal memiliki transduser gaya yang mengukur setiap ekstremitas bawah secara terpisah. Jika terjadi ketidakseimbangan gaya, pengendara di VE akan miring ke sisi yang lemah. Data HR ditransmisikan ke VE dan input ini akan mendorong kecepatan avatar. Saat HR pengendara di dunia nyata meningkat, avatar akan mengayuh lebih cepat. Data dari pedal dan monitor HR dikumpulkan oleh sistem dan digunakan sebagai ukuran kinerja. Lingkungan virtual (VE) dari perangkat simulator VRAC pada penelitian ini memiliki dua avatar yaitu rider yang mewakili pengguna di dunia nyata dan pacer sebagai non-player character yang merupakan pelatih virtual. Kecepatan alat pacu sepeda ditentukan menggunakan logika Fuzzy dengan tiga parameter yaitu target HR yang ditetapkan oleh fisioterapi, jarak antara rider dan pacer serta HR rider. Pengguna diinstruksikan untuk mengikuti alur bersepeda dari pacer dengan menjaga jarak aman dan menjaga HR tetap dibawah target HR. HR pengguna ditampilkan di VE. Jika HR pengguna melebihi target HR, jantung di VE berdetak lebih keras dan menjadi lebih besar, menunjukkan bahwa pengguna perlu mengerahkan diri lebih sedikit untuk tetap berada dalam jangkauan latihan yang aman, karena VRAC terintegrasi dengan fungsionalitas sepeda, beban kerja pengguna dan HR yang dihasilkan dapat disesuaikan dengan mengubah pengaturan pada sepeda seperti kecepatan kerja (dalam watt) dan mode resistensi (konstan atau isokinetik). Selain itu, fitur VE seperti peningkatan bersepeda (penguatan atau pengurangan putaran pengguna per menit), lebar jalur dan kesulitan jalur dapat digunakan untuk memodifikasi HR pengguna dan mempertahankan keterlibatannya.

Latihan bersepeda dengan menggunakan simulator VR berlangsung selama 12 minggu dengan 2 kali latihan dalam seminggu sesuai rekomendasi latihan fisik bagi penderita stroke oleh American Heart Association [27]. Intensitas latihan diatur pada awal sesi antara 20 dan 30 denyut per menit diatas HR istirahat. Subyek penelitian dapat melebihi intensitas selama latihan jika RPE berada ≤ 14 , dan pola bersepeda tidak menunjukkan inkoordinasi akibat kelelahan. Durasi dapat meningkat pada sesi latihan berikutnya hingga mencapai 60 menit. Latihan bersepeda berbasis VR mencakup sesi pemanasan, latihan dan pendinginan yang didampingi dan dibawah pengawasan dokter/fisioterapi dengan waktu di zona target HR yaitu 20-30 bpm diatas HR istirahat. Sesi pemanasan dilakukan dengan mengikuti protokol YMCA cycle ergometry submaximal VO₂ test.18 Kecepatan kayuhan pedal awal 50 putaran per menit selama 30 menit. Sesi latihan awal, subyek mengayuh sepeda selama 20-30 menit dan seiring waktu durasi latihan bertambah sampai mencapai 60 menit. Sesi pendinginan dilakukan seperti halnya sesi pemanasan dimana kecepatan kayuhan 50 putaran per menit selama 3 menit. Latihan diakhiri jika HR melebihi target HR dan tekanan darah melebihi 200/100 mmHg selama latihan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Subyek penelitian yang terlibat dalam penelitian ini sebanyak 15 orang dimana 8 orang pasien pasca stroke merupakan kelompok perlakuan dan 7 orang sehat merupakan kelompok kontrol. Pasien post-stroke adalah pasien yang berkunjung ke Poli saraf RSD Kalisat Jember dengan hemiparesis dextra (5 orang) dan hemiparesis sinistra (3 orang). Karakteristik secara umum dari subyek penelitian ditunjukkan pada tabel 1. Ada perbedaan yang signifikan secara statistik dalam nilai-nilai dasar sensorimotor (skor FM) yang diamati pada kedua kelompok.

3.1 Subyek Penelitian

Tabel 1. Jenis kelamin, umur dan berat badan subyek penelitian pada kedua kelompok tidak berbeda signifikan secara statistik. Ini membuktikan bahwa ketiga variabel homogen dan variabel ini tidak menjadi faktor perancu (confounding factor) dari hasil penelitian. Perbedaan yang signifikan terlihat pada skor FMA-LE antara kelompok pasien pasca stroke dan kelompok kontrol. Hal ini terjadi karena memang terdapat sisa gangguan fungsi sensorimotor ekstremitas bawah pada pasien pasca stroke dengan skor rata-rata 25,2 dari 34 nilai normalnya. Disabilitas yang ada dapat menunjukkan adanya efek jangka panjang akibat stroke yang dialami ≥ 2 tahun.

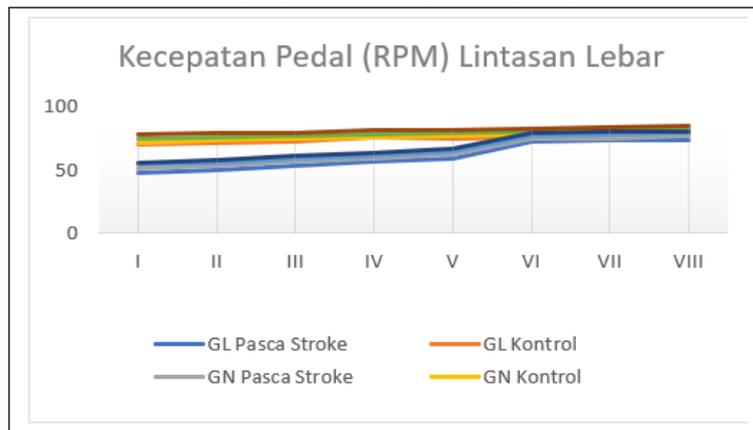
Tabel 1. Karakteristik Subyek Penelitian

Variabel	KATEGORI	
	Pasca Stroke (n)	Kontrol (n)
Jenis Kelamin :		
Laki-laki	4	4
Perempuan	4	3
Umur (tahun)	51,7 ± 4,4	47,1 ± 4,6
Berat Badan (kg)	63,4 ± 4,8	70,1 ± 9,8
Skor Fugl Meyer Low		
Extrimitas (FMA-LE)	25,2 ± 0,9*	34 ± 0,0*

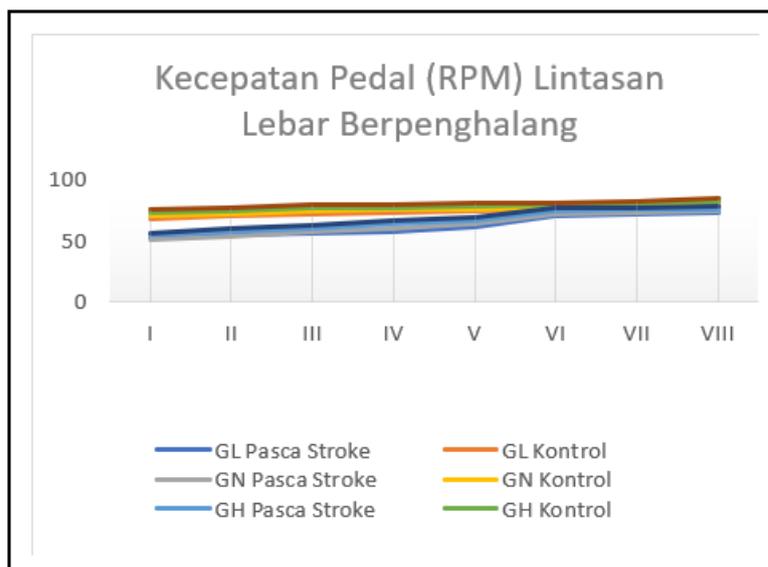
*Keterangan : Independen T-Test, Signifikasi $p < \alpha$ ($\alpha=0,05$)

3.2 Analisis Hasil Latihan Sepeda Terapi Pasca Stroke VRAC

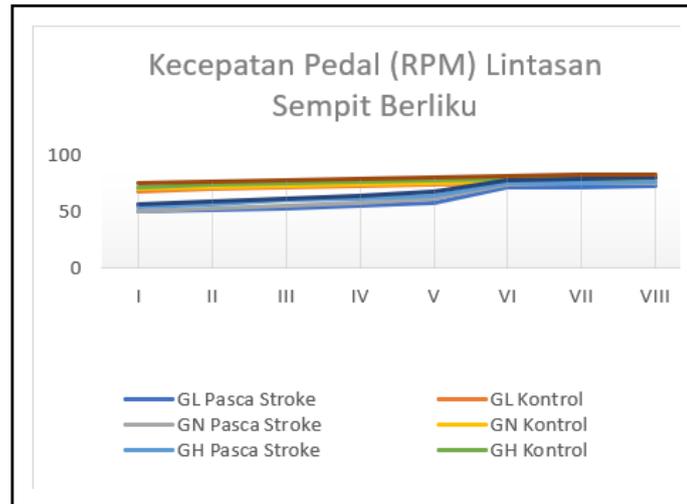
Rata-rata kecepatan kayuhan pedal dengan GL (Gain rendah), GN (Gain normal), GH (Gain Tinggi) dan GH2 (Gain sangat tinggi) di lintasan lebar, lintasan lebar berpenghalang dan lintasan sempit berlaku pada semua subjek penelitian diobservasi setiap minggu untuk melihat perkembangan perbaikan respon sensorimotor ektrimitas bawah. Hasil pengamatan ditunjukkan pada gambar 3-5.



Gambar 3. Kecepatan Pedal Pada Lintasan Lebar

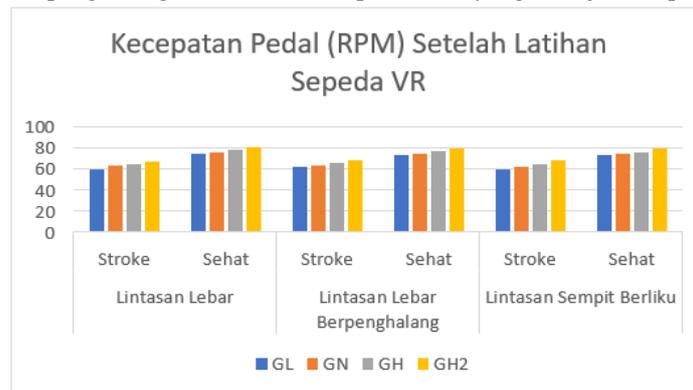


Gambar 4. Kecepatan Pedal Pada Lintasan Lebar Berpenghalang



Gambar 5. Kecepatan Pedal Pada Lintasan Sempit Berliku

Pada masa akhir latihan, rata-rata kecepatan kayuhan pedal pada pasien pasca stroke dibandingkan dengan kontrol ditinjau dari manipulasi jalur lintasan di lingkungan virtual (VE) pada penelitian ini, meliputi lintasan lebar, lintasan lebar berpenghalang dan lintasan sempit berliku yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Kecepatan Pedal Pasien Stroke dan Kontrol Pada Semua Lintasan dalam lingkungan VE

3.3 Kecepatan Pedal (RPM) Per Minggu Pada Pasien Post-Stroke dan Kontrol

Berdasarkan gambar 1-3, Peningkatan rata-rata kecepatan kayuhan pedal terjadi pada kedua kelompok selama latihan bersepeda berbasis VR. Metode terapi VR, memberikan motivasi dan dapat meningkatkan efek rehabilitasi pasca stroke dan dapat memberikan peluang bagi penggunanya untuk berpartisipasi dalam lingkungan realitas yang menyerupai peristiwa nyata dengan mengintegrasikan beberapa rangsangan sensorik melalui visual, pendengaran, taktil dan sistem somatosensori. Latihan sepeda VR meningkatkan ketegangan otot, kekuatan otot, rentang gerak sendi, gaya berjalan, dan keseimbangan. Dengan bersepeda, kekuatan otot meningkat karena tumpuan berasal dari kayuhan kaki pada pedal sepeda. Kecepatan pedal merupakan hasil interaksi latihan sensori dan motori memperbaiki jaringan otak yang mengalami kerusakan akibat stroke [30].

3.4 Perbedaan Kecepatan Pedal Pada Pasien Post-Stroke dan Kontrol Setelah Latihan Sepeda Virtual

Pada penelitian ini, didapatkan hasil analisis uji Independent T-Test yang menunjukkan adanya perbedaan kecepatan pedal yang signifikan pada lintasan lebar ($p=0,001$), lintasan lebar berpenghalang ($p=0,001$) dan lintasan sempit berliku ($p=0,001$) antara pasien pasca stroke dengan kontrol setelah mengikuti latihan sepeda VR. Hal ini tidak sejalan dengan penelitian Gade et al, 2013 yang menunjukkan tidak ada perbedaan kecepatan pedal terhadap manipulasi VE berupa lebar jalur, kesulitan jalur dan aliran optik antara kelompok usia tua, usia muda dan pasien stroke [26]. Hasil penelitian tersebut tidak sesuai dengan hipotesa yang memprediksi adanya perbedaan respon sensorimotor dalam menanggapi manipulasi kondisi pada lingkungan virtual (VE).

Pada gambar 4, dapat dilihat subyek penelitian cenderung menurunkan kecepatan pedal (RPM) pada lintasan lebar berpenghalang dan lintasan sempit berliku. Mereka lebih berhati-hati dalam mengayuh sepeda tergantung pada tingkat kesulitan manipulasi jalur di lingkungan virtual. Kecepatan pedal pasien pasca stroke

lebih rendah dibandingkan kontrol. Pada pasien stroke terjadi defisit pemrosesan gerak terutama ketika terjadi kerusakan di area oksipito-parietalis. Hal ini mempengaruhi tugas motorik dan gangguan visual. Kontrol motorik bergantung pada kemampuan menerima informasi visual dan pendengaran yang tertanam dalam sepeda VR. Ada gangguan integrasi multisensori yang menyebabkan pasien stroke lamban merespon manipulasi VE [32].

Pada orang sehat, peningkatan kecepatan diperlukan untuk merespon aliran optik yang pelan, sebaliknya ketika aliran optik lebih cepat maka terjadi penurunan kecepatan saat berjalan di lingkungan virtual. Pasien stroke berjalan dibawah kondisi yang sama tapi kurang baik dalam modulasi kecepatan sehingga kecepatan berjalan mereka mendekati normal [27,33]

Studi terbaru menunjukkan adanya potensi intervensi berbasis VR untuk memberikan manfaat bagi pasien pasca stroke dengan disfungsi neurologis. Dokter/fisioterapis menggunakan stimulasi sensoris yang dikembangkan pada VR sebagai alat untuk memfasilitasi jaringan otak yang ditargetkan, seperti area motorik dan area sensorik yang penting untuk pemulihan saraf dan fungsinya. VR dapat merangsang proses neurofisiologis pada otak yang mengalami kerusakan dan memicu perubahan neuroplastic [32].

Pasien pasca stroke lebih tidak responsif terhadap manipulasi fitur VE dibandingkan kontrol. Adanya penurunan kemampuan neuromuskular akibat defisit neurologis pasca stroke menyebabkan pasien tidak dapat mengubah perilaku bersepeda cukup cepat dalam waktu singkat (30 detik). Selain itu, diperlukan kekuatan lebih besar untuk merespon rangsangan VE. Namun, ketika diberikan instruksi mereka masih mampu beradaptasi dalam kecepatan berjalan sebagai respon terhadap manipulasi aliran optik. Defisit pemrosesan visual pada pasien pasca stroke membatasi kemampuan untuk merespon lebih cepat manipulasi VE [26].

Riwayat serangan pertama kali kejadian stroke juga mempengaruhi pemulihan kemampuan sensori-motor yang 80% akan terjadi pada 6 minggu pertama dan setelah itu cenderung menetap. Pada penelitian ini rerata onset stroke lebih dari 2 tahun. Hal ini akan mempengaruhi hasil yang diperoleh pasca latihan. Adanya hubungan yang kuat antara onset stroke sampai dimulainya rehabilitasi dengan keluaran fungsional. Makin cepat pasien mendapatkan rehabilitasi pasca stroke, hasil yang didapatkan akan semakin baik [33].

4. KESIMPULAN

Pasien pasca stroke yang terlibat pada penelitian ini yaitu 50% laki-laki dan 50% perempuan. Namun, laki-laki lebih berisiko terkena stroke tiga kali lipat dibanding dengan perempuan. Perempuan rentan terkena stroke pada usia yang lebih tua. Ini dikaitkan dengan peran hormon estrogen yang dapat menjaga pembuluh darah di otak tetap sehat dengan meningkatkan efisiensi mitokondria dalam pembuluh darah di otak. Estrogen mengikat otot polos pembuluh darah dan reseptor endotel sehingga memfasilitasi vasodilatasi pembuluh darah [28].

Rata-rata usia pasien pasca stroke pada penelitian ini lebih besar dibandingkan kontrol sehat. Insiden stroke meningkat seiring dengan bertambahnya usia, dua kali lipat setelah usia 55 tahun. Namun, terdapat tren yang mengkhawatirkan dimana stroke pada orang berusia 20-54 tahun meningkat dari 12,9% menjadi 18,6% dari semua kasus secara global pada kurun waktu tahun 1990 sampai 2016.28 Sekitar 10-15% dari semua stroke terjadi di dewasa berusia 25-49 tahun. Pertambahan usia memiliki kecenderungan untuk terjadinya aterosklerosis sebagai salah satu penyebab timbulnya gangguan pembuluh darah di otak. Selain itu, semakin meningkatnya usia akan menurunkan pemulihan secara signifikan. Umur dan jenis kelamin merupakan faktor yang tidak dapat dikontrol tetapi hal tersebut dapat dikendalikan dengan mengurangi dan mengontrol faktor risiko stroke lainnya [29].

Dari hasil pengujian sepeda VRAC sebagai alat terapi pasca stroke dapat disimpulkan bahwa teknologi Virtual Reality (VR) dapat menjadi alat yang optimal untuk merancang terapi yang menargetkan mekanisme neuroplastik dalam sistem saraf. Pada penelitian ini terdapat peningkatan respon sensorimotor pasien stroke secara signifikan selama latihan bersepeda dengan simulator VRAC. Luaran respon sensorimotor pasien stroke berbeda signifikan dengan kontrol sehat. Meskipun, keberhasilan latihan belum mengembalikan fungsi sensorimotor seperti sebelum terkena stroke atau stabil setara dengan kontrol sehat. Namun, latihan ini dapat direkomendasikan untuk terapi rehabilitasi pasca stroke fase kronis. Tidak ada batasan waktu yang mutlak untuk proses pemulihan pasca rehabilitasi tetapi disebutkan peningkatan paling cepat terjadi dalam waktu 6 bulan pertama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh Bantuan Pendanaan Program Matching Fund Tahun 2023 dengan Nomor 132/PKS/D.D4/PKK.01.APTV/2023 dari Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Direktorat Akademik Pendidikan Vokasi Tahun Anggaran 2023, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia.

REFERENSI

- [1] Johnson W, Onuma O, Owolabi M, Sachdev S. Stroke: "A global response is needed. *Bull World Health Organ*". 2016;94(9):634A-635A. doi:10.2471/BLT.16.181636
- [2] Feigin VL, Norrving B, Mensah GA. "Global Burden of Stroke. *Circ Res*". 2017;120(3):439-448. doi:10.1161/CIRCRESAHA.116.308413
- [3] Lindsay MP, Author C, Norrving B, et al. Global Stroke Fact Sheet 2019 Authors: "World Stroke Organ Glob Stroke Fact Sheet 2019". Published online 2019:806-817.
- [4] Harvey, R.L., & Roth EJ. "Rehabilitation of Stroke Syndrome. In Braddom, R.L Ed. *Physical Medicine and Rehabilitation 5th Ed*". WB Saunders Co.; 2018.
- [5] Feigin VL, Stark BA, Johnson CO, et al. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990-2019: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet Neurol*. 2021;20(10):1-26. doi:10.1016/S1474-4422(21)00252-0
- [6] Kemenkes RI. "Kementerian Kesehatan Republik Indonesia : Profil Kesehatan Indonesia" 2020.; 2020.
- [7] Coupland AP, Thapar A, Qureshi MI, Jenkins H, Davies AH. The definition of stroke. *J R Soc Med*. 2017;110(1):9-12. doi:10.1177/0141076816680121
- [8] McKenna, C., Chen, P., & Barret AM. "Stroke : Impact on Life and Daily Function. In Chiarravaloti, N.D., Goverover, Y Ed. *Changes in The Brain*". Springer-Verlag; 2017. doi:10.1007/978-0-387-98188-8
- [9] Utami MPU, Muhartono H, Widiasastuti MI. "The Difference of Sensorimotor Function Outcome in Patients With and Without post ischemic stroke fatigue". 2019;36(2).
- [10] Elliott KC, Bundy DT, Guggenmos DJ, Nudo RJ. "Physiological Basis of Neuromotor Recovery". Elsevier Ltd.; 2018. doi:10.1016/B978-0-12-811995-2.00001-1
- [11] Winstein CJ, Stein J, Arena R, et al. "Guidelines for Adult Stroke Rehabilitation and Recovery". A Guideline for Healthcare Professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. Vol 47.; 2016. doi:10.1161/STR.0000000000000098
- [12] Gunnes M, Indredavik B, Langhammer B, et al. "Associations Between Adherence to the Physical Activity and Exercise Program Applied in the LAST Study and Functional Recovery After Stroke". *Arch Phys Med Rehabil*. 2019;100(12):2251-2259. doi:10.1016/j.apmr.2019.04.023
- [13] Maier M, Ballester BR, Verschure PFMJ. "Principles of Neurorehabilitation After Stroke Based on Motor Learning and Brain Plasticity Mechanisms". *Front Syst Neurosci*. 2019;13(December):1-18. doi:10.3389/fnsys.2019.00074
- [14] Weiss, P. L., Keshner, E. A., Levin MF. "Virtual Reality for Physical and Motor Rehabilitation". Springer; 2014.
- [15] Ke L, Lange B, George S, Je D, Saposnik G, Crotty M. "Virtual Reality for Stroke Rehabilitation". EBSCOhost. 2017;(11). doi:10.1002/14651858.CD008349.pub4.www.cochranlibrary.com
- [16] Eka Pratiwi Syahrim W, Ulfah Azhar M, Risnah R. "Efektifitas Latihan ROM Terhadap Peningkatan Kekuatan Otot Pada Pasien Stroke". Study Systematic Review. *Media Publ Promosi Kesehat Indones*. 2019;2(3):186-191. doi:10.56338/mppki.v2i3.805
- [17] Ranky RG, Sivak ML, Lewis JA, Gade VK, Deutsch JE, Mavroidis C. "Modular mechatronic system for stationary bicycles interfaced with virtual environment for rehabilitation". *J Neuroeng Rehabil*. 2014;11(1):1-16. doi:10.1186/1743-0003-11-93
- [18] American College of Sports Medicine. "ACSM's Guidelines For Exercise Testing And Prescription"; 2013.
- [19] Lesmana IPD, Widiawan B, Hartadi DR. "Manipulation of Virtual Environment to Examine Perception and Vision Aspects of Individuals Post-Stroke When Driving VRAC Simulator". *J Phys Conf Ser*. 2020;1569(2). doi:10.1088/1742-6596/1569/2/022010
- [20] Lesmana IPD, Mukhlisoh NA. "Visual cueing modulation of cycling speed for training person with stroke in a virtual cycling system". *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 2021;672(1). doi:10.1088/1755-1315/672/1/012086
- [21] Al Haris, M. F., Rini, E. M., Yusuf, D., & Lesmana IPD. "Pengaruh Latihan Menggunakan Simulator Sepeda Berbasis Virtual Reality Pada Keseimbangan Dan Gaya Berjalan Penderita Pasca Stroke". *J Teknol Inf dan Terap*. 2020;7(2):102-106. doi:10.25047/jtit.v7i2.185
- [22] Lesmana, I. P., Destarianto, P., Widiawan, B., Suryana, A., & Hossain, F. (2023). The effectiveness of virtual reality cycling exercise towards the motoric and cardiorespiratory functions of post-stroke patients. *Physiotherapy Quarterly*, 32(2).
- [23] Lesmana IPD, Widiawan B, Suryana AL. "Development of a virtual reality system based cycling training for health promotion of individuals post-stroke". In: 2022 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (iSemantic). 2022:232-237; doi: 10.1109/iSemantic55962.2022.9920389.
- [24] Kim TL, Hwang SH, Lee WJ, et al. "The Korean Version of the Fugl-Meyer Assessment: Reliability and Validity Evaluation". *Ann Rehabil Med*. 2021;45(2):83-98. doi:10.5535/ARM.20225
- [25] Duncan PW, Propst M, Nelson SG. "Reliability of the Fugl-Meyer assessment of sensorimotor recovery following cerebrovascular accident". *Phys Ther*. 1983;63(10):1606-1610. doi:10.1093/ptj/63.10.1606
- [26] Gade V, Gallagher R, Patel C, Deutsch JE. "Path width, path difficulty and optic flow differentially affect young, older adults and individuals post-stroke in a virtual cycling environment". 2013 Int Conf Virtual Rehabil ICVR 2013. Published online 2013:177-182. doi:10.1109/ICVR.2013.6662103
- [27] Gordon NF, Gulanic M, Costa F, et al. "Physical Activity and Exercise Recommendations for Stroke Survivors". An American Heart Association Scientific Statement from the Council on Clinical Cardiology, Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention; the Council on Cardiovascula. *Circulation*. 2004;109(16):2031-2041. doi:10.1161/01.CIR.0000126280.65777.A4
- [28] Girijala RL, Sohrabji F, Bush RL. "Sex differences in stroke: Review of current knowledge and evidence". *Vasc Med (United Kingdom)*. 2017;22(2):135-145. doi:10.1177/1358863X16668263
- [29] Murphy SJ, Werring DJ. "Stroke: causes and clinical features". *Med (United Kingdom)*. 2020;48(9):561-566. doi:10.1016/j.mpmed.2020.06.002
- [30] Kuriakose D, Xiao Z. "IMP para qué es el ictus, tipos y causas". También para datos epidemiológicos y tratamientos. *Int J Mol Sci*. 2020;21(20):1-24.
- [31] Lee, H.S., Park, Y.J., & Park SW. "The Effect of Virtual Reality Training on Function in Chronic Stroke Patients : A Systematic Review and Meta-Analysis". *Hindawi BioMed Res Int*. Published online 2019. doi:10.1155/2019/7595639
- [32] Gallagher R, Damodaran H, Werner WG, Powell W, Deutsch JE. "Auditory and visual cueing modulate cycling speed of older adults and persons with Parkinson's disease in a Virtual Cycling (V-Cycle) system". *J Neuroeng Rehabil*. 2016;13(1):1-11. doi:10.1186/s12984-016-0184-z
- [33] De Smet K, Malcolm P, Lenoir M, Segers V, De Clercq D. "Effects of optic flow on spontaneous overground walk-to-run transition". *Exp Brain Res*. 2009;193(4):501-508. doi:10.1007/s00221-008-1648-6
- [34] Adamovich S V., Fluet GG, Tunik E, Merians AS. "Sensorimotor training in virtual reality: A review". *NeuroRehabilitation*. 2009;25(1):29-44. doi:10.3233/NRE-2009-0497