

ANALISIS PERUBAHAN CENTER OF PREASSURE DISPLACEMENT PADA INDIVIDU DEWASA MUDA SAAT PENGGUNAAN VIRTUAL REALITY

Tasya Okdzan Setyaningrum; Taufik Eko Susilo

Program Studi Fisioterapi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Latar belakang: Dengan adanya kemajuan teknologi, pengembang game video 3D sudah merancang fitur permainan kebugaran atau disebut juga *exergaming*. *Virtual Reality* memiliki beberapa aplikasi *exergaming* sehingga dapat digunakan untuk berolahraga dirumah. Walaupun demikian, semakin lama peredaman *virtual reality* mengekspos manusia maka semakin besar ketidakstabilan posturalnya. Keseimbangan postur dapat diukur dari *Center Of Preassure* (COP). Adanya goyangan yang terjadi pada tubuh secara tidak langsung dapat diukur menggunakan pelat gaya dengan mencatat perubahan *COP displacement* nya selama menggunakan VR. **Tujuan :** Untuk mengetahui apakah ada perubahan *center of preassure displacement* saat penggunaan *virtual reality* pada individu dewasa muda dengan tenggang waktu tertentu. **Hasil :** Dari 30 individu dewasa muda yang sudah diambil sampelnya, setiap individu memperlihatkan perubahan *COP displacement* yang berbeda saat mereka sedang bermain *body and brain* di *virtual reality* dan sebelum bermain. Tetapi semuanya menunjukkan adanya perubahan COP displacement walaupun hanya bermain VR selama 5 menit. Di 5 menit pertama dan 5 menit ketiga perubahan *COP displacement* yang terjadi di setiap individu menunjukkan adanya peningkatan. Semakin lama peredaman yang terjadi pada VR makan semakin besar juga perubahan *COP displacement* yang terjadi. Selain dipengaruhi oleh peredaman VR, peningkatan perubahan *COP displacement* juga dipengaruhi oleh kerja kognitif. **Kesimpulan :** penggunaan VR dapat memperburuk keseimbangan postural pengguna. Dengan demikian, kehati-hatian harus digunakan untuk mengembangkan pedoman masa depan untuk meningkatkan keamanan VR.

Kata kunci : *Center of Preassure, Virtual Reality*

Abstract

Background: With advances in technology, 3D video game developers have designed fitness game features or also called *exergaming*. *Virtual Reality* has several *exergaming* applications so it can be used to exercise at home. However, the longer *virtual reality* exposure exposes humans, the greater the postural instability. Postural balance can be measured from the *Center of Pressure* (COP). The presence of swaying that occurs in the body can be indirectly measured using a force plate by recording changes in COP displacement while using VR. **Objective:** To find out whether there is a change in the center of pressure displacement when using *virtual reality* in young adults over a certain period of time. **Results:** Of the 30 young adult individuals who were sampled, each individual showed different changes in COP displacement when they were playing *body and brain* in *virtual reality* and before playing. But all of them showed a change in COP displacement even though they only played VR for 5 minutes. In the first 5 minutes and the third 5 minutes, changes in COP displacement that occurred in each individual showed an increase. The longer the damping occurs in VR, the greater the change in COP displacement that occurs. Apart from being influenced by VR damping, the increase in

COP displacement changes is also influenced by cognitive work. **Conclusion:** the use of VR can worsen the user's postural balance. Thus, caution must be used to develop future guidelines for improving VR safety.

Keywords : Center of pressure, virtual reality

1. PENDAHULUAN

Menerapkan pola hidup sehat memang sederhana dan mudah, namun harus dilakukan secara rutin setiap hari. Mencapai pola hidup sehat tidak memerlukan banyak pengeluaran dan dapat dicapai melalui aktivitas fisik seperti olahraga. Dengan aktivitas fisik yang teratur dapat mempengaruhi dan merangsang pertumbuhan saraf di otak sehingga mencegah kemunduran fungsi kognitif. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia menganggap segala gerakan tubuh yang meningkatkan energi dan pengeluaran energi atau membakar kalori dapat disebut sebagai aktivitas fisik (Napitupulu, 2021)

Tetapi di era sekarang ini ada pula anak muda yang malas dan mudah bosan saat berolahraga akibat gerakan yang berulang-ulang dan kurangnya motivasi. Mereka lebih suka menghabiskan waktu dengan bermain beberapa permainan, dan permainan yang paling populer di kalangan anak muda saat ini adalah permainan grafis 3D. Penggunaan lingkungan permainan 3D sebagai peralatan olahraga dapat menjadi salah satu cara untuk merangsang minat dan semangat anak muda agar dapat menggerakkan bagian tubuhnya yang terdapat dalam sebuah permainan. (Latif Priyadi et al., 2023).

Bermain video permainan secara tradisional tidak melibatkan banyak gerakan dan olahraga, tetapi dengan teknologi canggih dan pengenalan fitur-fitur baru di konsol permainan, pengembang video permainan sekarang dapat merancang "permainan kebugaran" dengan menggunakan teknologi, yang memungkinkan *permainan* untuk "mengikuti" gerakan tubuh pemain. Permainan kebugaran sendiri dikategorikan sebagai genre video permainan yang disebut *exergaming*. *Exergaming* adalah jenis aktivitas permainan yang rumit gerakan tubuh aktif dan reaksi tubuh ke dalam *gameplay*-nya. Aplikasi *Virtual Reality* adalah cara yang bagus untuk berolahraga di rumah. Ada berbagai aplikasi *exergaming* yang tersedia yang dapat memberikan latihan sambil juga bersenang-senang (Mambu et al., 2022).

Definisi *Virtual Reality* yaitu dapat digunakan sebagai jenis antarmuka pengguna komputer yang menerapkan simulasi aktivitas atau lingkungan secara nyata, yang bahkan memungkinkan pengguna berinteraksi melalui berbagai modalitas sensorik, selain itu metode terapi VR juga dapat dilakukan di rumah dan tidak mahal (Zannah & Fahreza Raihan, 2023). Selama beberapa tahun terakhir, konsol permainan mandiri seperti *Microsoft Kinect XBOX 360*,

Sony Playstation Eyetoy, dan *Nintendo Wii* telah meresap. Sistem seperti ini telah memperkenalkan gaya baru interaksi fisik berdasarkan gerak tubuh dan gerakan seluruh tubuh dan telah digunakan untuk tujuan medis sebagai alat rehabilitasi dan melatih keseimbangan (Chartomatsidis & Goumopoulos, 2019).

Penelitian sebelumnya telah memvalidasi *Kinect* sebagai system penangkapan gerak. Akurasi dan sensitivitas pengukuran kinematik yang diperoleh dari *Kinect*, seperti jarak jangkauan, sudut sambungan, dan parameter gaya berjalan spasial-temporal, sebanding dengan sistem *Vicon*, yang merupakan yang tercanggih di antara 3- D sistem penangkapan gerak (Yeung et al., 2014). Perkembangan teknologi telah menghasilkan teknologi VR yang lebih canggih, dengan tingkat imersi dan realisme yang lebih tinggi. Murata melakukan penelitian untuk menyelidiki stabilitas postural dalam perendaman *virtual reality* yang berkepanjangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama perendaman *virtual reality* mengekspos manusia, semakin besar ketidakstabilan postural (Pujiartati et al., 2020).

Salah satu cara untuk mengukur keseimbangan postural adalah dengan mengukur seberapa besar variasi *Center of Pressure* (COP) pada bidang *anteroposterior* dan *mediolateral* selama berdiri tenang. Gerakan yang disebut dengan goyangan ini dapat diukur secara tidak langsung dengan menggunakan pelat gaya untuk mencatat perubahan COP selama berdiri diam. Goyangan postur tubuh khususnya merupakan indikator penting dari stabilitas keseimbangan individu secara keseluruhan (Sylcott et al., 2021). Santos dan tim menemukan bahwa ketika seseorang mengantisipasi adanya goyangan postural, perpindahan COP ke arah *anterior-posterior* lebih kecil, menyiratkan keseimbangan dan stabilitas postural yang lebih besar jika dibandingkan dengan gangguan yang tidak terduga, yang menunjukkan bahwa pengetahuan sebelumnya mengubah respons postural yang reaksioner (Chander et al., 2019). Dengan adanya sistem yang telah dirancang dengan canggih yaitu *Microsoft Kinect Xbox 360*, saya akan melakukan penelitian apakah masih ada kekurangan yang dihasilkan selama penggunaan system ini. Hal ini dapat diamati secara efisien pada analisis perubahan *center of pressure displacement* pada individu dewasa muda saat penggunaan *virtual reality*.

2. METODE

2.1 Desain Penelitian

Dalam penelitian ini saya menggunakan metode penelitian *observasional*, Dimana metode ini merupakan jenis penelitian deskriptif analitis yang dilakukan dalam jangka waktu tertentu. Metode penelitian observasi ini dilaksanakan dengan pengukuran dalam satu waktu, rancangan

penelitian ini menggunakan pendekatan *Cross Sectional Study*.

2.2 Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilakukan pada 29 Januari – 12 Februari di Laboratorium Gymnasium Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta.

2.3 Identifikasi variable

Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu *Virtual Reality*, variable terikat adalah keseimbangan statis. Instrumen alat ukur yang dipakai pada penelitian ini yaitu pelat gaya FDM-SX (Zebris).

2.4 Populasi dan sampel

Dalam penelitian yang dilakukan, terdapat satu grup yang berisi 30 responden yang dipilih menggunakan non probability sampling serta pendekatan purposive sampel yang mengacu pada kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi meliputi : (1) Usia 18- 34 tahun; (2) Bersedia menjadi responden dalam penelitian sampai selesai. Untuk kriteria eksklusi meliputi : (1) Pernah mengalami cedera *muskuloskeletal* di bawah 6 bulan; (2) Memiliki gangguan *auditori* dan *visual*; (3) Perbedaan panjang tungkai 2-3 cm; (4) Berolahraga berat 24 jam ke belakang mengakibatkan *doms* ; (5) Obesitas; (6) Sedang dalam masa pengobatan.

2.5 Definisi operasional

Tabel 1. Definisi Operasional

No	Variabel	Definisi	Cara Ukur	Instrumen	Skala
1	X : <i>Virtual Reality</i>	Jenis antarmuka pengguna komputer yang menerapkan simulasi aktivitas atau lingkungan secara nyata, yang bahkan memungkinkan pengguna berinteraksi melalui berbagai modalitas sensorik (Zannah	Pengukuran	<i>Microsoft Kinect Xbox 360</i>	Rasio

		& Fahreza Raihan, 2023)			
2	Y: Keseimbangan statis	Kemampuan untuk mempertahankan posisi dan sikap di tempat (Setyaningrahayu et al., 2021)	Pengukuran	<i>Center Of Preassure displacement</i>	Rasio

2.6 Ethical clearance

Penelitian ini menggunakan Ethical Clearance dengan nomor surat 887EC/IV/2024 yang dikeluarkan oleh rumah sakit Tk.II 04.04.01 dr Soedjono.

2.7 Teknik analisis data

Data yang telah didapatkan melalui proses penelitian akan diteliti dengan menggunakan IBM SPSS Statistics 22, dikaji dan disusun secara sistematis sehingga mudah dipahami. Teknik analisis data yang pertama diawali dengan uji normalitas data dengan menggunakan Shapiro wilk test karena jumlah sampel < 50 . Data berdistribusi normal jika hasil dari sig 2 tailed $> 0,05$ dan jika hasil sig 2 tailed $< 0,05$ maka artinya data tidak berdistribusi normal. Selanjutnya uji pengaruh untuk melihat efek perlakuan terhadap objek penelitian. Apabila hasil uji normalitas data menunjukkan bahwa data berdistribusi normal maka digunakan uji statistik parametrik yaitu *Repeated Measure Anova*. Namun, jika hasil uji normalitas menunjukkan bahwa data berdistribusi tidak normal maka digunakan uji statistik non parametrik yaitu *Friedman*. Jika hasil signifikansi (2-tailed) $< 0,05$ yang artinya ada pengaruh, dan jika hasil signifikansi (2-tailed) $> 0,05$ hal ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh yang bermakna terhadap masing – masing variable setelah diberikan perlakuan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Tabel 2 Karakteristik responden

	Karakteristik	Frekuensi	Presentasi
Jenis kelamin	Laki-laki	14	47%

	Perempuan	16	53%
Usia	21-22 tahun	5	17%
	23-24 tahun	22	73%
	25-26 tahun	3	10%
IMT	<18,5 kurang	6	20%
	18,6-24,9 normal	14	47%
	25-29,9 berlebih	10	33%
	>30 obesitas	0	0%
	N	30	

Berdasarkan tabel 2 yang merupakan hasil analisa univariat menggunakan SPSS didapatkan jumlah subjek penelitian yaitu 30 sampel. Berdasarkan jenis kelamin didapatkan 47% merupakan sampel laki-laki dan 53% sampel perempuan. Maka dalam penelitian ini mayoritas subjek berjenis kelamin perempuan. Berdasarkan usia didapatkan 17% berusia 21-22 tahun; 73% berusia 23-24 tahun; dan 10% berusia 25-26 tahun. Maka dalam penelitian ini mayoritas subjek berusia 23-24 tahun. Berdasarkan IMT didapatkan 20% sampel memiliki IMT <18,5 kurang; 47% memiliki IMT 18,6-24,9 normal; 33% memiliki IMT 25-29,9 berlebih; dan 0% memiliki IMT >30 obesitas. Maka pada penelitian ini mayoritas subjek memiliki IMT 18,6-24,9 yaitu normal.

Tabel 3. Uji normalitas

Variabel	Sig.
5 menit (1)	0,037
5 menit (2)	0,347
5 menit (3)	0,009

Berdasarkan tabel 2. mengenai uji normalitas, peneliti menggunakan uji *Shapiro- Wilk* dikarenakan jumlah responden dibawah 50 orang yaitu 30 orang. Pada data didapat hasil pada 5 menit (1) p-value $0,037 < 0,05$; 5 menit (2) diperoleh hasil p-value $0,347 > 0,05$ dan 5 menit (3) diperoleh hasil p-value $0,009 < 0,05$. Dikarenakan ada data yang

tidak normal, maka uji hipotesis menggunakan uji statistic non parametrik yaitu uji *Friedman*.

Tabel 4. Uji hipotesis

Variabel	Sig(2-Tailed)
5 (1) – 5 (2) – 5 menit (3)	0.000

Berdasarkan tabel 3. Uji hipotesis, peneliti menggunakan uji *Friedman* karena sampel berdistribusi tidak normal. Pada hasil data selama 5 menit (1), 5 menit (2) dan 5 menit (3) diperoleh p-value $0,000 < 0,05$ sehingga H_a diterima dan H_0 ditolak maka artinya ada perubahan COP *Displacement* pada individu dewasa muda saat menggunakan VR.

Tabel 5. Uji Wilcoxon mean ranks

Variabel	Negative mean ranks	Positive mean rakns
5 menit (1) – 5 menit (2)	0,00	15,50
5 menit (2) – 5 menit (3)	0,00	15,50
5 menit (1) – 5 menit (3)	0,00	15,50

Berdasarkan table 4. mengenai uji *mean ranks*, peneliti menggunakan uji *Wilcoxon* dikarenakan sampel berdistribusi tidak normal. Pada hasil data selama percobaan 5 menit (1) – 5 menit (2), 5 menit (2) – 5 menit (3) dan 5 menit (1) – 5 menit (3) menunjukkan bahwa adanya peningkatan yang signifikan terhadap nilai indikator COP *displacement* karena angka *positive mean ranks* sebesar 15.50, sedangkan angka *negative mean ranks* sebesar 0.00 yang berarti tidak adanya penurunan. Dapat ditarik kesimpulan bahwa pada setiap 5 menitnya, *virtual reality* dapat menyebabkan adanya peningkatan COP *displacement* bagi individu dewasa muda.

3.2 Pembahasan

3.2.1 Perubahan *Center of Preassure Displacement*

Hasil uji statistika pada tabel 3 didapati p-value $0,000 < 0,05$ maka H_a diterima. dan H_0 ditolak dalam hasil ini terjadi perubahan jika dilihat dari pengukuran COP *displacement* per 5 menitnya selama 15 menit bermain VR. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Pujiartati et al., 2020) dengan judul *Effect of virtual reality usage on postural stability* membuktikan adanya kekurangan selama penggunaan virtual reality, yaitu terganggunya stabilitas postur pada individu dewasa muda. Hal ini didukung dengan adanya hasil dari pengukuran yang menunjukkan adanya perubahan COP per 10 menitnya selama 30 menit bermain VR.

Sedangkan dalam penelitian ini saya mengukur *COP displacement* 30 responden per 5 menit selama 15 menit mereka bermain VR. Hal ini didasari karena adanya studi yang dilakukan oleh (Martirosov & Kopecek, 2017) dengan judul *Cybersickness in Virtual Reality* membuktikan bahwa individu yang menghabiskan waktu lebih dari 20 menit bermain VR dapat mengalami gejala penyakit yang semakin banyak. Studi ini menunjukkan bahwa durasi paparan dan paparan berulang secara signifikan berhubungan linier dengan hasil penyakit. *Simulation Sickness Questionnaire* (SSQ) telah ditemukan sebagai alat ukur subjektif yang valid dan dapat diandalkan untuk penyakit simulator dan efek samping yang dialami pada VR. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ketidaknyamanan CS dapat menyebabkan penurunan kemampuan kontrol diri dan menyebabkan kematian akibat kecelakaan lalu lintas yang serius. Dan seperti yang disebutkan bahwa ketidaknyamanan dari semua penyakit yang berhubungan dengan gerakan bahkan dapat berlangsung sepanjang hari.

Hasil uji statistika pada table 4 didapati hasil *pada positive mean rank* 15,50 dan *negative mean rank* 0,00 menunjukkan bahwa adanya peningkatan yang signifikan terhadap nilai indikator *COP displacement* setiap per lima menitnya. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh ((Irfan et al., 2023) dengan judul Analisis *Cybersickness* Pada Permainan Metaverse Gamelan Demung Virtual Reality, yaitu berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa beberapa sampel penelitian sudah mulai merasakan gejala *motion sickness* setelah bermain permainan pada *Virtual Reality* selama lima menit, contohnya pusing, mual dan keringat dingin dalam jangka waktu tertentu.

Peningkatan tingkat ketidakstabilan postur pada setiap individu terkait dengan IMT responden. Pada penelitian ini terdapat IMT <18,5 kurang, IMT 18,6-24,9 normal dan IMT 25-29,9 berlebih, dari beberapa kelompok ini, menunjukkn bahwa kelompok dengan IMT <18,5 kurang memiliki ketidakstabilan paling tinggi dalam menyeimbangkan postur tubuh. Hal ini sesuai dengan (Hesty Susanti, Husneni Mukhtar et al., 2022) dengan judul Pengukuran *Somatotype* dan *Center of Preasure (COP)* dengan *Force Platfom* untuk Mengetahui Pengaruh Morfologi Tubuh terhadap Keseimbangan Postur Berdiri, menyatakan bahwa kelompok *ectomorphic* menunjukkan kecenderungan *sway* paling tinggi di antara dua kelompok lainnya karena memiliki kecenderungan tinggi tubuh lebih tinggi dan lebih kurus sehingga kemungkinan terjadinya *sway* menjadi lebih tinggi relatif terhadap letak COP di batang tubuh. Selain itu, rasio yang besar antara tinggi dan massa tubuh menyebabkan distribusi sebagian massa tubuh berada pada posisi yang lebih tinggi dari pusat massa tubuh.

Ketidakstabilan postural responden selama bermain VR yang ditunjukkan oleh adanya perubahan COP *displacement* dipengaruhi oleh rangsangan *visual* yang ditimbulkan dari VR. Hal ini sesuai pada studi yang dilakukan oleh (Park & Lee, 2020) dengan judul *Full-immersion virtual reality: Adverse effects related to static balance* menyatakan bahwa dalam VR, jarak fokus semua objek dalam sebuah adegan tidak konsisten, dan oleh karena itu, gangguan antara vergence dan akomodasi menghasilkan efek buruk seperti kelelahan mata dan penyakit yang disebabkan olehburuknya in-tegrasi antara informasi *visual*, *vestibular*, dan informasi *proprioceptif*.

Selain itu ketidakstabilan postur yang terjadi juga dipengaruhi oleh factor fungsi *kognitif* dalam bermain VR. Dalam penelitian ini *Body and Brain Game* saya gunakan sebagai permainan yang dimainkan oleh semua responden. Hal ini sesuai pada studi yang dilakukan oleh (Imaoka et al., 2022) pada judul *Linking cognitive functioning and postural balance control through virtual reality environmental manipulations*. Perilaku goyangan postural yang dirangsang oleh rangsangan *visual* dapat dikaitkan dengan kinerja *kognitif*, fungsi *kognitif* akan lebih terkait dengan sistem *visual* dan *vestibular* daripada sistem *proprioseptif* seperti yang diharapkan. Fungsi *kognitif* yang lebih rendah mungkin terkait dengan masalah dalam mempertahankan goyangan postural di lingkungan VR. Hasil penelitian ini mungkin menunjukkan bahwa fungsi kognitif dapat diukur secara tidak langsung melalui kinerja goyangan tubuh ketika rangsangan *visual* VR.

3.2.2 Keterbatasan penelitian

Di sini saya melakukan penelitian dengan desain penelitian observasional. Penelitian *observasional* juga memiliki keterbatasan. Salah satu keterbatasan utamanya adalah sulitnya mengontrol variabel luar yang dapat memengaruhi hasil pengamatan, contohnya jarak pandang pengguna VR dengan layar VR, volume suara dan intensitas cahaya ruangan saat bermain VR. Saya melakukan desain penelitian ini karena untuk mengetahui cara yang efisien untuk menentukan apakah suatu permasalahan yang terjadi layak untuk diselidiki lebih lanjut.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

System VR dalam penelitian ini telah dirancang dengan lebih canggih daripada sebelumnya, yaitu menggunakan *Microsoft Kinect Xbox 360*. Namun, berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan dari penelitian kali ini, dapat ditarik kesimpulan penggunaan *virtual reality* pada individu dewasa muda dengan kurun waktu kurang lebih selama 15 menit ini tetap dapat

meningkatkan ketidakstabilan postur yang dilihat dari COP *displacement* nya dengan diperoleh hasil uji hipotesis $p\text{-value } 0,00 < 0,05$. Hal ini diakibatkan karena adanya paparan *visual*, kerja *kognitif* dari *virtual reality* dan pengaruh IMT tubuh, semakin lama paparan VR dan kognitif bekerja, serta semakin tinggi dan kurus masa tubuh pengguna VR maka akan semakin meningkat ketidakstabilan postur bagi individu dewasa muda saat bermain VR. Maka dari itu, penggunaan virtual reality dapat membantu individu dewasa muda untuk mencapai tujuannya salah satunya sebagai alat *exercise* agar tercapai pola hidup sehat jika digunakan dalam waktu yang cukup dan tidak berlebihan

4.2 Saran

Mungkin di penelitian selanjutnya nanti dapat mengangkat sebuah kasus untuk dijadikan sebagai kelompok perbandingan agar validitas hipotesisnya menjadi lebih kuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Chander, H., Arachchige, S. N. K. K., Hill, C. M., Turner, A. J., Deb, S., Shojaei, A., Hudson, C., Knight, A. C., & Carruth, D. W. (2019). Virtual-reality-induced visual perturbations impact postural control system behavior. *Behavioral Sciences*, 9(11), 1–12. <https://doi.org/10.3390/bs9110113>
- Chartomatsidis, M., & Goumopoulos, C. (2019). A balance training game tool for seniors using Microsoft Kinect and 3D Worlds. *ICT4AWE 2019 - Proceedings of the 5th International Conference on Information and Communication Technologies for Ageing Well and e-Health, Ict4awe*, 135–145. <https://doi.org/10.5220/0007759001350145>
- Hesty Susanti, Husneni Mukhtar, D., Rahmawati, M. A. G., & Fauzi, S. S. (2022). *Pengukuran Somatotype dan Center of Pressure (CoP) dengan Force Platform untuk Mengetahui Pengaruh Morfologi Tubuh terhadap Keseimbangan Postur Berdiri*. 14(2), 87–99.
- Imaoka, Y., Hauri, L., Flury, A., & de Bruin, E. D. (2022). Linking cognitive functioning and postural balance control through virtual reality environmental manipulations. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 14. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.954050>
- Irfan, I., Primasari, C. H., Sidhi, T. A. P., Wibisono, Y. P., Setyohadi, D. B., & Cininta, M. (2023). Analisis Cybersickness Pada Permainan Metaverse Gamelan Demung Virtual Reality. *JIKO (Jurnal Informatika Dan Komputer)*, 7(1), 126. <https://doi.org/10.26798/jiko.v7i1.754>
- Latif Priyadi, A., Sutrisno, S., & Rahutomo, F. (2023). Rancang Bangun Game Bersepeda Berbasis 3D Map Tersinkronisasi Dengan Sistem Kendali Gyroscope Dan Infrared. *Jurnal FORTECH*, 3(2), 73–84. <https://doi.org/10.56795/fortech.v3i2.104>
- Mambu, J. Y., Rotikan, R., Lontaan, R. J., Umar, F. D. S., & Mawuntu, M. (2022). Virtual Runner: A Virtual Reality-based Exergaming Application using Accelerometer. *CogITO Smart Journal*, 8(2), 469–478. <https://doi.org/10.31154/cogito.v8i2.426.469-478>
- Martirosov, S., & Kopecek, P. (2017). Cyber sickness in virtual reality - Literature review. *Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium, December*, 718–726. <https://doi.org/10.2507/28th.daaam.proceedings.101>
- Napitupulu, R. M. (2021). Hubungan Antara Aktifitas Fisik Dan Manajemen Stres Pada Mahasiswa Fisioterapi Correlation Between Physical Activity With Stress Management Among Physiotherapy Students. *Jurnal Fisioterapi Dan Rehabilitasi*, 5(1), 76–95.

- Park, S. H., & Lee, G. C. (2020). Full-immersion virtual reality: Adverse effects related to static balance. *Neuroscience Letters*, 733(March), 21–24. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2020.134974>
- Pujiartati, D. A., Ananta, M. F., Muslim, K., Setiawati, N. L. P. L. S., & Iridiastadi, H. (2020). Effect of virtual reality usage on postural stability. *Journal of Physics: Conference Series*, 1517(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1517/1/012026>
- Setyaningrahayu, F., Rahmanto, S., & Multazam, A. (2021). Hubungan Kejadian Flat Foot Terhadap Keseimbangan Dinamis Pada Pelajar Di Sman 3 Malang. *Physiotherapy Health Science (PhysioHS)*, 2(2), 83–89. <https://doi.org/10.22219/physiohs.v2i2.14494>
- Sylcott, B., Lin, C. C., Williams, K., & Hinderaker, M. (2021). Investigating the use of virtual reality headsets for postural control assessment: Instrument validation study. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*, 8(4). <https://doi.org/10.2196/24950>
- Yeung, L. F., Cheng, K. C., Fong, C. H., Lee, W. C. C., & Tong, K. Y. (2014). Evaluation of the Microsoft Kinect as a clinical assessment tool of body sway. *Gait and Posture*, 40(4), 532–538. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.06.012>
- Zannah, M., & Fahreza Raihan, M. (2023). Telerehabilitation Virtual Reality Berbasis Video Exercise Terhadap Keseimbangan Pasien Post Stroke Non Haemoragik Sebagai Cost Effective Pelayanan Fisioterapi Telerehabilitation Virtual Reality Based On Video Exercise For Balance On Post Stroke Non Hemor. *Jurnal Fisioterapi Dan Rehabilitasi*, 7(2), 143–148.