

Scoping Review: Efektivitas Realitas Virtual sebagai Alternatif Terapi Keseimbangan Postur Tubuh pada Pasien Vertigo Perifer

Annisa Nur Fitriani*, Alya Tursina, Gatot C. Pratama

Prodi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*annisanurf55@gmail.com, alyanuryadin@gmail.com, gatotcpratama66@gmail.com

Abstract. Virtual reality is a computer-based technology that creates a three-dimensional environment. This technology can improve body balance and improve proprioceptive, visual and somatosensory information input through habituation and vestibular compensation so that it can improve posture in patients with peripheral vertigo. This study aims to determine the effectiveness of virtual reality technology on the posture balance of peripheral vertigo patients. This research was conducted using the scoping review method, analyzing scientific articles published on eight databases: Pubmed, Scopus, SpringerLink, ScienceDirect, ProQuest, Embase, Ebsco, Cochrane Library. The total number of articles obtained was 536 journals and articles that matched the inclusion and exclusion criteria were 210, articles that matched PICOS (population, intervention/exposure, comparison, outcome and study) totaled 10 articles and articles that met the eligibility criteria totaled four articles. This study showed that changes in the level of balance in the posture of peripheral vertigo patients after being given virtual reality therapy were tested using several methods, namely through detection of changes in the trajectory of the center of pressure and swaying gravity, gait, and walking speed. Virtual reality technology can effectively improve the effectiveness of peripheral vertigo patient's posture balance to a better degree.

Keywords: *Peripheral Vertigo, Postural Balance, Virtual Reality.*

Abstrak. Realitas *virtual* merupakan teknologi berbasis komputer yang menciptakan lingkungan tiga dimensi. Teknologi ini dapat meningkatkan keseimbangan tubuh dan memperbaiki input informasi propioseptif, visual serta somatosensori melalui pembiasaan dan kompensasi vestibular sehingga dapat memperbaiki postur tubuh pada pasien vertigo perifer. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas teknologi realitas *virtual* terhadap keseimbangan postur tubuh pasien vertigo perifer. Penelitian ini dilaksanakan menggunakan metode *scoping review*, menganalisis artikel-artikel ilmiah yang dipublikasikan pada delapan *database* yaitu *Pubmed, Scopus, Springer Link, Science Direct, ProQuest, Embase, Ebsco, Cochrane Library*. Total Artikel yang didapatkan berjumlah 536 jurnal dan artikel yang sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi berjumlah 210, dan artikel yang sesuai dengan PICOS (*population, intervention/exposure, comparison, outcome dan study*) berjumlah 10 artikel serta artikel yang sesuai dengan kriteria kelayakan berjumlah empat artikel. Penelitian ini menunjukkan adanya perubahan tingkat keseimbangan postur tubuh pasien vertigo perifer setelah diberikan terapi realitas *virtual* diuji menggunakan beberapa cara yaitu melalui deteksi perubahan lintasan dari pusat tekanan dan gravitasi bergoyang, gaya berjalan, dan kecepatan berjalan. Teknologi realitas *virtual* efektif dapat meningkatkan efektivitas keseimbangan postur tubuh pasien vertigo perifer dengan tingkat yang lebih baik.

Kata Kunci: *Keseimbangan Postur Tubuh, Realitas Virtual, Vertigo Perifer.*

A. Pendahuluan

Vertigo merupakan kejadian pusing berputar yang banyak ditemukan di pelayanan kesehatan dan diakibatkan oleh gangguan vestibular (1). Gejala ini diklasifikasikan menjadi dua yaitu vertigo perifer (telinga dalam, saraf vestibular) dan sentral (batang otak, serebelum) (1–3). Sebanyak 1,22 juta orang mengalami vertigo dan menjadi keluhan terbanyak di pelayanan kesehatan terutama untuk vertigo perifer, studi pada populasi umum sebanyak 34,860 pasien dengan vertigo perifer di Jerman dengan beragam kejadian vertigo seperti *Benign Paroxysmal Positional Vertigo* (BPPV), *meniere disease*, hipofungsi vestibular unilateral dan bilateral (3,4).

Tingkat resolusi dan dampak kesehatan yang ditimbulkan pada vertigo perifer berbeda-beda seperti adanya takut bergerak, kecemasan dan kaku pada bagian tubuh tertentu (5). Keluhan ini menyebabkan ketidakseimbangan postur tubuh saat melakukan aktivitas sehari-hari seperti; berjalan kaki, mengangkat atau membawa barang dan kejadian jatuh (6). Perawatan yang diberikan kepada pasien vertigo dengan gangguan vestibular dilakukan melalui rehabilitasi vestibular yang bertujuan untuk meningkatkan stabilitas keseimbangan postur tubuh statis dan dinamis, mengurangi gejala pusing, *oscillopsia*, depresi dan rasa cemas, serta menghasilkan peningkatan kualitas hidup seseorang (6,7).

Latihan rehabilitasi yang dapat dilakukan yaitu melalui reposisi manuver berdasarkan gangguan kanal semisirkularis seperti latihan Brand Darroff dan Epley.¹ Latihan tersebut harus dilakukan berulang kali dan dirasa membosankan bagi sebagian besar pasien selain itu juga memiliki efek samping seperti adanya mual, muntah, dan nistagmus (7–9). Latihan dengan teknologi realitas virtual mulai dikembangkan guna meningkatkan efektivitas terapi manuver sebagai bantuan rehabilitasi fisik (7–9).

Teknologi realitas virtual yang digunakan dalam bidang neurologi dinilai baik untuk memonitoring aktivitas otak secara langsung dan dapat memanipulasi stimulus serta meningkatkan aktivitas saraf motorik melalui objek virtual (1). Pasien yang telah diobati dengan terapi realitas virtual meningkat sebesar 59,2% (1). Penilaian efektivitas realitas virtual menggunakan *Berg Balance Test* (BBT), *dynamic posturography* biodex, *Visual Analog scale* (VAS) dan *Vertigo Symptom Scale Short Form* (VSS-SF) (1,8,9).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: “bagaimanakah efektivitas realitas virtual sebagai alternatif terapi keseimbangan postur tubuh pada pasien vertigo perifer?”. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini untuk menganalisis efektivitas realitas virtual sebagai terapi alternatif keseimbangan postur tubuh pada pasien vertigo perifer.

B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *scoping review* pada sembilan gerbang pencarian artikel, yaitu *PubMed*, *Scopus*, *SpringerLink*, *ScienceDirect*, *ProQuest*, *Embase*, *Ebsco*, *CochraneLibrary* dan *Sage Journals* dengan dua kata kunci pencarian yang berbeda pada gerbang pencarian artikelnya (Tabel 1).

Kemudian dilakukan skrining artikel yang sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi yang digunakan pada penelitian ini adalah artikel-artikel ilmiah yang telah dipublikasikan pada jurnal internasional, bersifat *full text* dan *open acces*, artikel riset dengan jenis studi *randomized control trial*, berbahasa Inggris, dan diterbitkan antara tahun 2011–2022. Kriteria eksklusi pada penelitian ini mencakup artikel berjenis penelitian *scoping review*, *systematic review*, atau *meta-analysis*, prosiding, skripsi, tesis, atau disertasi, dan artikel duplikasi pada gerbang pencarian lainnya.

Tabel 1. Kata Kunci pada Gerbang Pencarian Jurnal

Gerbang Pencarian	Kata Kunci
<i>PubMed</i> <i>Embase</i> <i>Ebsco</i>	"Virtual Reality" AND "Balance" AND "Vestibular Rehabilitation"

Cochrane Library

Sage Journals

Scopus

SpringerLink

Science Direct

Proquest

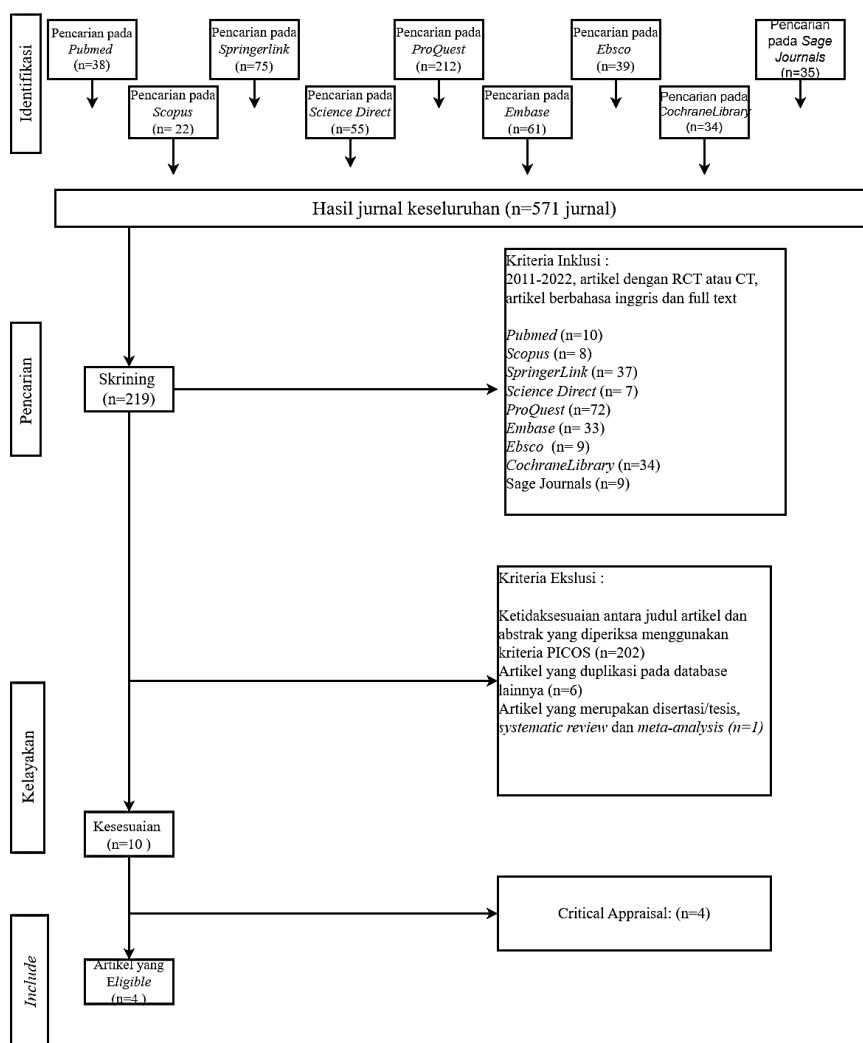
"Virtual Reality" AND "Postural Balance"
AND "Vertigo"

Setelah diskriming artikel yang telah didapatkan kemudian diuji kelayakannya melalui kriteria *population* (P), *intervention* (I), *comparison* (C), *outcome* (O), *study* (S) dan uji telaah kritis menggunakan *checklist* dari Joanna-Brigs Institute dengan jenis studi *randomized control trial*.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Efektivitas Realitas Virtual sebagai Terapi Keseimbangan Postur Tubuh Pasien Vertigo Perifer

Artikel yang diperoleh dari gerbang pencarian *Pubmed*, *Scopus*, *SpringerLink*, *Science Direct*, *Proquest*, *Embase*, *Ebsco*, *Cochrane Library*, dan *Sage Journals* didapatkan pada awal pencarian sebanyak 571 artikel, kemudian hasil skrining dengan kriteria inklusi didapatkan sebanyak 219 jurnal. Kemudian disesuaikan dengan kriteria PICOS dan kriteria eksklusi didapatkan sebanyak 10 artikel, dengan artikel yang memenuhi syarat untuk direview sebanyak 4 artikel disajikan dalam (Gambar 1).



Gambar 1. Diagram Prisma

Dari empat artikel yang telah di-review dapat diketahui bahwa:

Dianalisis dari karakteristik responden yang digunakan, hampir semuanya memiliki banyak kesamaan. Dari ke 4 artikel tersebut 3 artikel diantaranya menggunakan *unilateral peripheral vestibular loss* sebagai subjek penelitiannya, hal ini berkaitan dengan gejala yang ditimbulkan biasanya berlangsung selama beberapa hari hingga minggu, dengan intervensi utamanya pada defisit VOR. Pasien dengan UVL fase akut diberikan perawatan melalui proses kompensasi rehabilitasi vestibular pada pasien yang tetap menunjukkan gejala hingga periode yang lama. Selain itu pada artikel Su Yi Hsu (10) berkorelasi dengan gejala dan etiologinya yaitu defisit VOR sehingga perbaikan keseimbangan diintervensi melalui input tersebut. Kriteria eksklusi dari artikel dengan subjek *unilateral peripheral loss* adalah yang melaporkan adanya rehabilitasi vestibular sebelumnya, patologi vestibular bilateral, disfungsi sistem saraf pusat (SSP), *meniere disease*, *migraine* vertigo, dan BPPV akut ataupun kondisi medis lain yang akut (9,11). Sedangkan kriteria eksklusi pada subjek dengan bilateral *peripheral vestibular loss* tipe *meniere disease* adalah diagnosis vertigo tidak berhubungan dengan *meniere disease*, kondisi medis akut, disfungsi neurologi atau kognitif, paralisis pada ekstremitas bawah, dan memiliki rencana untuk program rehabilitasi dan bedah vestibular (10).

Karakteristik lainnya adalah kesamaan waktu dalam intervensi (realitas virtual) RV terhadap para subjek penelitian yaitu, 3 dari 4 artikel memberikan intervensi yang berkisar antara 4-6 minggu latihan. Intervensi ini terdiri atas tiga bagian yaitu latihan adaptasi, latihan keseimbangan dan program berjalan (9).

Hasil pengukuran yang diukur dalam 2 artikel memiliki kesamaan yaitu ukuran hasil utama adalah gait speed (m/s) yang diukur pada 8 minggu *follow up* (9). Titik akhir sekunder diukur pada 6 bulan hasil sekunder tersebut adalah melalui *Gait* parameter termasuk kecepatan, panjang langkah, lebar langkah, berjalan dengan kepala berputar sesuai dengan *Dynamic Gait Index* (DGA), berjalan dengan mata tertutup (jarak 3,75m) (9). Sedangkan pengukuran subjektifnya diukur dengan kuesioner manfaat rehabilitasi vestibular, kuesioner keyakinan aktivitas keseimbangan, serta skala kecemasan dan depresi (9),(11). Sebanyak 3 efek samping terkait studi terjadi namun hanya 1 kekambuhan nyeri punggung bawah yang dikaitkan dengan *Wii Fit Plus*, 2 lainnya adalah eksaserbasi nyeri leher, mual parah dan keduanya dianggap terkait dengan latihan stabilisasi pandangan (11). Pada artikel lain disebutkan efek samping pada kelompok HMD plus RV yaitu gejala mual, okulomotor, dan disorientasi, namun belum ada yang menimbulkan efek samping terhadap mata yang terkait dengan intervensi RV menurun seiring waktu (12). Ada penurunan yang signifikan pada skor mual, stres okulomotor dan disorientasi dari minggu pertama hingga minggu keempat program rehabilitasi RV (12). Hasil analisis *scoping review*: efektivitas realitas *virtual* sebagai alternatif terapi keseimbangan postur tubuh pasien vertigo perifer ditunjukkan pada Tabel 2. (9–11,13)

Tabel 2. Analisis Hasil *Scoping Review*

No	Judul, Tahun/ Peneliti	Intervensi	Metode Pengukuran	Hasil
1.	<i>Effectiveness Of Conventional Versus Virtual Reality Based Vestibular Rehabilitation In The Treatment Of Dizziness, Gait And Balance Impairment In</i>	80 pasien dengan kehilangan vestibular perifer unilateral akan diacak untuk rehabilitasi vestibular konvensional atau <i>Nintendo</i>	<i>Gait velocity, Vestibular Rehabilitation Benefits Questionnaire, Static posturography dan dynamic visual acuity.</i>	Pada kelompok realitas virtual (RV) dan konvensional mengalami peningkatan <i>gait speed</i> , dan keseimbangan, namun peningkatan kepatuhan, kenyamanan ketika melakukan rehabilitasi vestibular terlihat signifikan pada kelompok dengan

	<i>Adults With Unilateral Peripheral Vestibular Loss: A Randomized Controlled Trial 2012(9)</i> M. Dara, M.Roisin, M Deidre, dkk	<i>virtual reality based (NWFP)</i> selama 6 minggu.		menggunakan RV.
2.	<i>Effectiveness of Conventional Versus Virtual Reality Based Balance Exercises in Vestibular Rehabilitation for Unilateral Peripheral Vestibular Loss: Results of a Randomized Controlled Trial 2015(11)</i> Dara Meldrum, Susan Herdman, Roisin Vance dkk.	Kedua kelompok melakukan pelatihan selama 6 minggu. Terdiri atas latihan stabilisasi mata, dan latihan keseimbangan dengan kelompok kontrol menggunakan latihan konvensional sedangkan kelompok uji menggunakan NWFP berlangsung 15 menit/hari selama 5 hari seminggu.	<i>Primary Outcome</i> adalah kecepatan berjalan (m/s) selama 8 minggu. <i>Secondary outcome</i> terdiri atas <i>Gait parameters and tasks, Sensory Organization Test (SOT), Dynamic Visual Acuity (DHI), Hospital Anxiety and Depression scale, Vestibular Rehabilitation Benefits Questionnaire, dan activities balance confidence questionnaire</i> . Pengalaman subjektif rehabilitasi vestibular diukur dengan kuesioner.	Hasil tes menunjukkan tidak ada hasil yang signifikan dalam kecepatan berjalan, skor <i>Sensory Organization Test (SOT)</i> . Namun terjadi peningkatan kepatuhan latihan pada kelompok RV karena kenyamanan yang lebih tinggi dan lebih sedikit kelelahan setelah latihan keseimbangan.
3.	<i>Three-Dimensional, Virtual Reality Vestibular Rehabilitation For Chronic Imbalance Problem Caused By Meniere's Disease: A Pilot</i>	Dibagi menjadi pelatihan realitas virtual dan rehabilitasi vestibular <i>Cawthorne-Coksey</i> . Subjek menjalani program	<i>Center of Gravity Sway (cm), Statokinesi-grams (cm2), MeanAP, Mean ML(cm), Max AP, masML (cm)</i>	Perbedaan yang signifikan diamati pada perubahan rotasi kepala ($p 0,002$) dan skor tugas pelatihan total ($p 0,015$) antara kelompok uji dan kontrol. Pada kelompok kontrol, peningkatan yang signifikan diamati pada mata dan skor total

	<i>Study 2017(10)</i> Su Yi Hsu, Te Yung Fang, Shih Ching Yeh, dkk.	latihan 6 sesi latihan dalam 4 minggu. Kelompok Realitas Virtual menjalani pelatihan menggunakan perangkat lunak tiga dimensi <i>Microsoft Kinect</i> , Seattle. Kelompok <i>rehabilitasi vestibular</i> menggunakan <i>Cawthorne Cooksey Exercise</i>		tugas pelatihan. Kelompok uji menunjukkan peningkatan signifikan lebih besar dalam indeks statokinesigram, <i>MAxML</i> , <i>maxAP</i> .
4.	<i>Long-Term Effects Of Vestibular Rehabilitation And Head-Mounted Gaming Task Procedure In Unilateral Vestibular Hypofunction: A 12-Month Follow-Up Of A Randomized Controlled Trial</i> 2019(13) Viziano A, Miracelli A, Augimeri I, dkk.	Diberika selama satu bulan kemudian satu tahun setelah menyelesaikan rehabilitasi, pasien menjalani pengujian dengan posturografi statis, tes impuls kepala video, kuesioner laporan diri, dan ukuran kinerja.	<i>Vestibulo-ocular reflex gain, posturographic parameters such as length, surface, and fast Fourier transform power spectra, self-report, and gait performance measure scores.</i>	Peningkatan refleks vestibulo-okular secara signifikan lebih baik sehubungan dengan <i>pretreatment</i> pada kedua kelompok. Kelompok metode campuran menunjukkan skor perolehan yang lebih tinggi secara signifikan: rata-rata standar deviasi (SD) pada 12 bulan adalah 0,71 (0,04), dibandingkan 0,64 (0,03) untuk kelompok rehabilitasi vestibular ($P < 0,001$).

Artikel pada M. Dara, 2012 (9) menunjukkan terjadinya peningkatan efek gaya berjalan dan keseimbangan pada kelompok RV dikarenakan adanya efek umpan balik dan latihan pembelajaran motorik melalui sistem realitas virtual NWFP.(9) Teknologi NWFP menggabungkan *accelerometer* dan *forceplate* untuk memberikan umpan balik visual dan pendengaran dari pusat tekanan subjek selama latihan. Sehingga merangsang gerakan dan keseimbangan tubuh penggunaanya (9).

Pengukuran indeks keseimbangan pada kelompok sistem realitas *virtual* pada artikel Su Yi Hsu, 2017 (10) diuji dengan sensor tekanan dari platform video *game* yang menangkap lintasan dari pusat tekanan dan mendeteksi perubahan pada keseimbangan tubuh pasien

menunjukkan peningkatan yang lebih besar ditandai dengan adanya tren yang menurun (1,2 cm²) pada pusat gravitasi bergoyang dari *baseline* hingga akhir sesi latihan. Kemiringan permukaan pendukung ini bertujuan untuk mengganggu keseimbangan yang diukur melalui goyangan spontan dalam mata tertutup dan terbuka (10). Kemiringan permukaan pendukung ini bertujuan untuk mengganggu keseimbangan yang diukur melalui goyangan spontan dalam mata tertutup dan terbuka (14).

Pada Viziano, 2019 (13) kelompok uji yang menggunakan HMD menyelesaikan uji coba acak dengan baik dengan hasil pengukuran Vestibular Ocular Reflex (VOR) jauh lebih tinggi pada kelompok uji ketika diperiksa pada *follow up treatment* dengan ($P=0,003$) (13). Peningkatan VOR yang terjadi menunjukkan bahwa rehabilitasi realitas *virtual* yang disesuaikan dengan pasien dapat menginduksi adaptasi jangka panjang dalam SSP dan pasien dapat bebas dari gejala setelah jangka waktu yang lama (12). Hal tersebut dapat dikarenakan adanya perubahan gerakan kepala yang digabungkan dengan penguat input *visual* HMD sehingga dapat meningkatkan VOR (13). Namun pada artikel M Dara, 2015 (11) hasil yang didapatkan dari kedua kelompok tidak terlalu signifikan pada skor pelatihan *gait speed*, *gait task* ataupun parameter keseimbangan lainnya selama jangka pendek atau panjang (11). Penulis artikel mengatakan bahwa ada 3 individu yang berpindah ke kelompok konvensional karena kesulitan menggunakan Wii-Fit plus dan semuanya berusia lebih dari 70 tahun dan dibutuhkan banyak waktu untuk melatih kelompok relitas *virtual* (11).

Dari 4 artikel yang telah direview perbaikan postur keseimbangan tubuh dimodulasi melalui induksi ilusi realitas yang menghasilkan bidang pandang yang luas dari *optic field center* dan perifer dengan mengubah umpan balik sensorik dengan tampilan HMD (15). Alat HMD tersebut mampu mengontrol dan memanipulasi informasi perseptual secara tepat dari perubahan posisi dan orientasi kepala pengguna secara *real time* (15). Kemudian input visual HMD yang kaya seperti input retina, aliran optik, vertikal visual tersebut akan memberikan akses eksperimental ke integrasi sensorik *visual* SSP dan memperbaiki keseimbangan tubuh penggunaannya. Aliran optik akan memberikan informasi mengenai arah gerakan kepala juga berkontribusi pada stabilisasi goyangan postural yang lebih baik pada bidang aliran *visual* perifer (15). RV yang digunakan memungkinkan pasien untuk mencapai peningkatan habituasi, substitusi dan adaptasi melalui rehabilitasi vestibular yang lebih termotivasi dalam melakukannya (15).

D. Kesimpulan

Dari empat artikel yang telah direview dapat disimpulkan bahwa penggunaan realitas *virtual* efektif untuk memperbaiki keseimbangan postur tubuh dengan tingkat keberhasilan yang bervariasi dikarenakan perbedaan jenis alat dan durasi intervensinya yang dilakukan oleh masing-masing penelitian.

Acknowledge

Terimakasih kepada R. Anita Indriyanti dr., M.Kes, dan Fakultas Kedokteran Universitas Islam Bandung yang telah mendukung dalam penulisan artikel penelitian ini hingga selesai.

Daftar Pustaka

- [1] Stankiewicz T, Gujski M, Niedzielski A, Chmielik LP. Virtual reality vestibular rehabilitation in 20 patients with vertigo due to peripheral vestibular dysfunction. *Med Sci Monit.* 2020;26:1–9.
- [2] Meilani E, Savitri A, Irham P, Yojana E. Intervensi Fisioterapi Yang Efektif Mengurangi Risiko Jatuh Lansia Dengan Vertigo , Dizziness , And Balance Disorder. 2021;2(3).
- [3] Strupp M, Dlugaczky J, Ertl-Wagner BB, Rujescu D, Westhofen M, Dieterich M. Vestibular disorders: Diagnosis, new classification and treatment. *Dtsch Arztebl Int.* 2020;117(17):300–10.
- [4] Kovacs E, Wang X, Grill E. Economic burden of vertigo: A systematic review. *Health Econ Rev.* 2019;9(1).

- [5] Bhattacharyya N, Gubbels SP, Schwartz SR, Edlow JA, El-Kashlan H, Fife T, et al. Clinical Practice Guideline: Benign Paroxysmal Positional Vertigo (Update). *Otolaryngol - Head Neck Surg* (United States). 2017;156(3_suppl):S1–47.
- [6] Sulway S, Whitney SL. Advances in vestibular rehabilitation. *Adv Otorhinolaryngol*. 2019;82:164–9.
- [7] Bergeron M, Lortie CL, Guitton MJ. Use of Virtual Reality Tools for Vestibular Disorders Rehabilitation: A Comprehensive Analysis. *Adv Med*. 2015;2015:1–9.
- [8] Kanyılmaz T, Topuz O, Ardiç FN, Alkan H, Öztekin SNS, Topuz B, et al. Effectiveness of conventional versus virtual reality-based vestibular rehabilitation exercises in elderly patients with dizziness: a randomized controlled study with 6-month follow-up. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2021;(xx).
- [9] Dara M, Roisin M, Deirdre M, Douglas D, Kareena M, Helen, FrenchSusan H, et al. Effectiveness of conventional versus virtual reality based vestibular rehabilitation in the treatment of dizziness, gait and balance impairment in adults with unilateral peripheral vestibular loss: A randomised controlled trial. *BMC Ear, Nose Throat Disord*. 2012;12(1):1–8.
- [10] Hsu SY, Fang TY, Yeh SC, Su MC, Wang PC, Wang VY. Three-dimensional, virtual reality vestibular rehabilitation for chronic imbalance problem caused by Ménière's disease: a pilot study*. *Disabil Rehabil*. 2017;39(16):1601–6.
- [11] Meldrum D, Herdman S, Vance R, Murray D, Malone K, Duffy D, et al. Effectiveness of Conventional Versus Virtual Reality-Based Balance Exercises in Vestibular Rehabilitation for Unilateral Peripheral Vestibular Loss: Results of a Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil* [Internet]. 2015;96(7):1319-1328.e1. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2015.02.032>
- [12] Heffernan A, Abdelmalek M, Nunez DA. Virtual and augmented reality in the vestibular rehabilitation of peripheral vestibular disorders: systematic review and meta-analysis. *Sci Rep* [Internet]. 2021;11(1):1–11. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97370-9>
- [13] Viziano A, Micarelli A, Augimeri I, Micarelli D, Alessandrini M. Long-term effects of vestibular rehabilitation and head-mounted gaming task procedure in unilateral vestibular hypofunction: a 12-month follow-up of a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* [Internet]. 2019;33(1):24–33. Available from: <https://doi.org/10.1177/0269215518788598>
- [14] Soltani P, Andrade R. The Influence of Virtual Reality Head-Mounted Displays on Balance Outcomes and Training Paradigms: A Systematic Review. *Front Sport Act Living*. 2021;2.
- [15] Assländer L, Streuber S. Virtual reality as a tool for balance research: Eyes open body sway is reproduced in photo-realistic, but not in abstract virtual scenes. *PLoS One*. 2020;15(10 October):1–13.
- [16] Ika Monita, S. F. (2022). Efektivitas Realitas Virtual sebagai Alternatif Terapi Keseimbangan Postur Tubuh Pasien Stroke Kronis. *Jurnal Riset Kedokteran* , 7-14.