

PEMANFAATAN TEKNOLOGI DAN INTERVENSI DIGITAL DALAM PENCEGAHAN RISIKO JATUH PADA LANSIA

Blandina Easter Grace Wairata¹, Retno Indarwati², Dianis Wulan Sari³
Universitas Airlangga^{1,2,3}
blandina.easter.grace-20222@fkp.unair.ac.id¹

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi intervensi digital dalam mencegah terjadinya jatuh pada individu berusia 65 tahun ke atas. Metode yang digunakan adalah literatur review dengan menilai efektivitas berbagai teknologi dalam mengurangi risiko jatuh serta mengidentifikasi kelebihan dan kelemahan dari masing-masing pendekatan tersebut. Penelitian ini melibatkan partisipan lanjut usia yang menggunakan teknologi atau intervensi digital dibandingkan dengan kelompok kontrol yang menerima perawatan standar atau tidak ada intervensi. Outcome yang dipertimbangkan adalah pengurangan risiko jatuh, insiden jatuh, atau keparahan cedera terkait jatuh. Studi yang memenuhi kriteria inklusi meliputi desain eksperimental (*randomized controlled trials*, *controlled trials*) atau studi observasional dengan kontrol yang memadai, tersedia dalam bahasa Inggris. Basis data PubMed, Scopus, dan IEEE Xplore digunakan hingga 19 Juni 2024, dengan pencarian referensi tambahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 608 artikel yang diidentifikasi, 10 studi memenuhi kriteria inklusi setelah proses penyaringan. Studi-studi ini menggunakan teknologi yang beragam seperti aplikasi *mobile*, realitas virtual (VR), realitas tambahan (AR), pembelajaran mesin, dan robotika. Studi ini dilakukan di berbagai negara yang menunjukkan aplikasi yang berbeda. Misalnya, studi dari Inggris menggunakan aplikasi *mobile* dan permainan 3D untuk kesadaran jatuh, studi dari Tiongkok menggunakan VR untuk rehabilitasi, dan studi dari Jerman mengeksplorasi robotika untuk pencegahan jatuh. Simpulan, penelitian ini menyoroti potensi teknologi seperti VR, AR, pembelajaran mesin, dan robotika dalam mengurangi risiko jatuh pada lanjut usia, sehingga meningkatkan praktik kesehatan dan kualitas hidup.

Kata Kunci: Lanjut Usia, Pencegahan, Risiko Jatuh, Teknologi

ABSTRACT

The aim of this research is to evaluate digital interventions aimed at preventing falls among individuals aged 65 and older. The methodology employed involves a literature review assessing the effectiveness of various technologies in reducing fall risks, as well as identifying the strengths and weaknesses of each approach. The study includes elderly participants using digital technology or interventions compared to a control group receiving standard care or no intervention. Outcomes considered include reduced fall risk, fall incidents, or severity of fall-related injuries. Studies meeting inclusion criteria encompass experimental designs (randomized controlled trials, controlled trials) or observational studies with adequate controls, available in English. PubMed, Scopus, and IEEE Xplore databases were utilized up to June 19, 2024, with

additional reference searches. Research findings indicate that out of 608 identified articles, 10 studies met inclusion criteria following screening processes. These studies utilized a variety of technologies such as mobile applications, virtual reality (VR), augmented reality (AR), machine learning, and robotics. Conducted in various countries, these studies demonstrate diverse applications; for instance, UK studies used mobile apps and 3D games for fall awareness, Chinese studies employed VR for rehabilitation, and German studies explored robotics for fall prevention. The research concludes by highlighting the potential of technologies like VR, AR, machine learning, and robotics in reducing fall risks among the elderly, thereby enhancing healthcare practices and quality of life.

Keywords: Elderly, Falls Risk, Prevention, Technology

PENDAHULUAN

Populasi lansia di seluruh dunia terus mengalami peningkatan yang signifikan. Menurut data dari Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), pada tahun 2020, terdapat sekitar 727 juta orang berusia 65 tahun ke atas, dan diperkirakan akan meningkat menjadi 1,5 miliar pada tahun 2050. Peningkatan ini disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk kemajuan dalam perawatan kesehatan, penurunan angka kelahiran di banyak negara, dan peningkatan usia harapan hidup secara umum. Seiring dengan peningkatan jumlah lansia, risiko terkait kesehatan seperti jatuh juga menjadi masalah utama yang perlu ditangani (Iida et al., 2024).

Diperkirakan setiap tahun, sekitar 28-35% lansia mengalami jatuh, dan insiden ini dapat menyebabkan cedera parah, bahkan kematian (World Health Organization, 2020). Data menunjukkan bahwa antara 28 hingga 35 persen lansia mengalami kejadian jatuh setiap tahunnya, yang sering kali menyebabkan cedera yang mempengaruhi kualitas hidup dan kemandiriannya (Dewi, 2024). Jatuh juga merupakan salah satu penyebab utama cedera fatal pada lansia, menyoroti pentingnya intervensi yang tepat waktu dan efektif untuk mengurangi risiko ini (Wibowo & Prastowo, 2024).

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi dan intervensi digital telah menjadi fokus utama dalam upaya pencegahan risiko jatuh pada lansia. Berbagai perangkat seperti sensor gerakan, sistem peringatan jatuh, aplikasi kesehatan digital, dan solusi telemedicine telah dikembangkan untuk memantau aktivitas sehari-hari, mengevaluasi risiko jatuh, dan memberikan intervensi yang sesuai secara personal (Nurhasanah et al., 2022; Oh-Park et al., 2021). Teknologi ini tidak hanya memungkinkan deteksi dini potensi bahaya, tetapi juga meningkatkan respons *time-to-intervention* yang dapat mengurangi dampak jatuh pada lansia.

Beberapa penelitian terdahulu seperti yang dilakukan oleh Diener et al. (2022) dalam "*Effectiveness and Acceptability of e- and m-Health Interventions to Promote Physical Activity and Prevent Falls in Nursing Homes*" menunjukkan bahwa teknologi e- dan m-health, seperti exergaming, efektif dalam mengurangi risiko jatuh di panti jompo. Studi ini menggunakan eksergaming sebagai bagian dari intervensi yang dapat mengurangi jumlah kejadian jatuh dan risiko jatuh pada penghuni panti jompo. Metode yang digunakan dalam penelitian ini berfokus pada efektivitas dan penerimaan teknologi e- dan m-health dalam meningkatkan aktivitas fisik serta mencegah jatuh. Tonga et al. (2022) dalam "*Components, design and effectiveness of digital physical rehabilitation interventions for older people*" menemukan bahwa meskipun ada banyak aplikasi digital untuk rehabilitasi lansia, bukti tentang efektivitasnya masih terbatas.

Penelitian ini menyoroti perlunya lebih banyak penelitian untuk mengevaluasi efektivitas intervensi digital dalam meningkatkan fungsi fisik dan kualitas hidup lansia.

Aspek kebaruan dari penelitian ini adalah berbeda dengan studi-studi sebelumnya yang seringkali berfokus pada satu jenis teknologi saja, tinjauan ini mengintegrasikan berbagai teknologi digital seperti sensor gerakan, aplikasi kesehatan digital, solusi telemedicine, realitas virtual (VR), realitas tambahan (AR), pembelajaran mesin, dan robotika. Pendekatan holistik ini memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana berbagai teknologi tersebut dapat secara sinergis berkontribusi pada pencegahan jatuh.

Tinjauan sistematis ini bertujuan untuk menyajikan gambaran komprehensif tentang pemanfaatan teknologi dan intervensi digital dalam pencegahan risiko jatuh pada lansia. Secara khusus, review ini akan menganalisis berbagai jenis teknologi dan intervensi yang digunakan, efektivitasnya dalam mengurangi risiko jatuh, serta mengidentifikasi kelebihan dan kelemahan masing-masing pendekatan. Diharapkan hasil tinjauan ini dapat memberikan wawasan baru yang diperlukan bagi para profesional kesehatan dalam meningkatkan praktik pencegahan, memandu pembuat kebijakan dalam mengembangkan strategi pencegahan yang lebih efektif, dan memberikan arahan bagi penelitian lebih lanjut dalam bidang ini.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah tinjauan literatur yang mengikuti panduan PRISMA untuk menyajikan gambaran pemanfaatan teknologi dan intervensi digital dalam pencegahan risiko jatuh pada lansia. Kriteria PICOS digunakan untuk menentukan kriteria inklusi dan eksklusi artikel. Kriteria inklusi mencakup lansia (berusia 65 tahun ke atas), penggunaan teknologi atau intervensi digital, kelompok kontrol yang tidak menerima intervensi teknologi atau menerima intervensi standar, pengurangan risiko jatuh, insiden jatuh, atau tingkat keparahan cedera akibat jatuh, serta penelitian yang tersedia dalam bahasa Inggris. Kriteria eksklusi meliputi artikel yang tidak relevan atau tidak memiliki data lengkap. Basis data yang digunakan adalah *PubMed*, *Scopus*, dan *IEEE Xplore*, dengan tanggal pencarian terakhir pada 19 Juni 2024, menggunakan kombinasi kata kunci terkait pencegahan jatuh pada lansia. Proses seleksi dilakukan oleh tiga reviewer melalui penyaringan judul, abstrak, dan teks penuh, dengan penyelesaian ketidaksepakatan melalui diskusi atau konsensus. Data dikumpulkan oleh dua reviewer secara independen dan mencakup penulis, tahun, negara, karakteristik partisipan, karakteristik intervensi, hasil efektivitas teknologi, serta kelebihan dan kelemahan intervensi. Mendeley digunakan sebagai alat manajemen referensi untuk memfasilitasi seleksi dan pengumpulan data. Data dianalisis secara sistematis dalam bentuk tabel, dengan penilaian bias pelaporan untuk mengidentifikasi potensi bias. Penilaian risiko bias dilakukan menggunakan *JBIs critical appraisal tools* oleh dua reviewer secara independen, dengan penyelesaian ketidaksepakatan melalui diskusi atau konsensus.

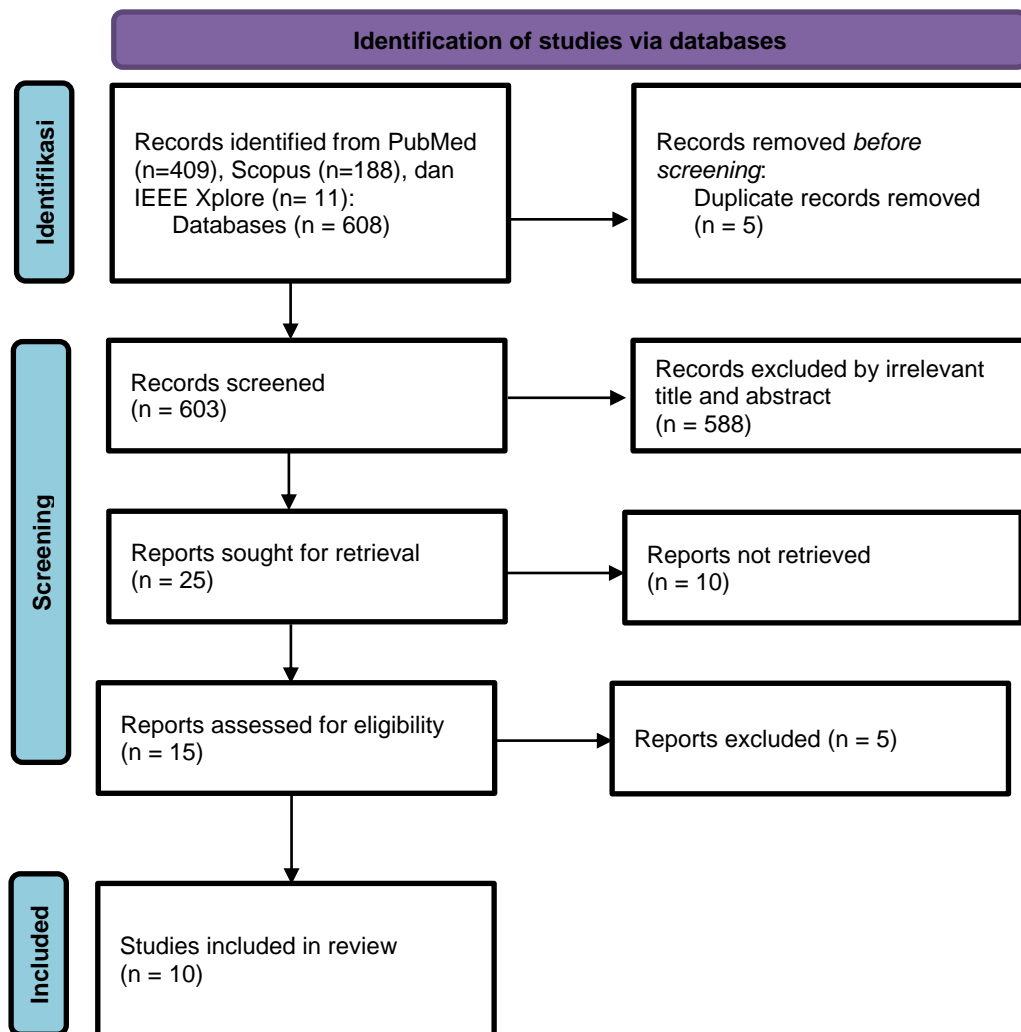
HASIL PENELITIAN

Sebanyak 608 artikel diidentifikasi dari PubMed (409 artikel), Scopus (188 artikel), dan IEEE Xplore (11 artikel). Setelah menghilangkan duplikat sebanyak 5 artikel, dilakukan proses screening terhadap 603 artikel. Dari proses ini, sebanyak 588 artikel dikeluarkan karena tidak relevan berdasarkan judul dan abstrak. Kemudian, 25 laporan diidentifikasi untuk diambil, tetapi 10 di antaranya tidak berhasil diperoleh.

Sebanyak 15 laporan dievaluasi untuk memenuhi kriteria kelayakan, dan akhirnya 10 studi masuk dalam tinjauan ini setelah melewati proses seleksi (Gambar 1).

Artikel yang terkumpul dari berbagai negara menunjukkan beragam pendekatan dalam mengatasi risiko jatuh pada lansia. Di United Kingdom, penelitian menggunakan aplikasi mobile dan permainan eksplorasi 3D untuk meningkatkan kesadaran terhadap bahaya jatuh. Di China, pelatihan realitas virtual, algoritma pembelajaran mesin untuk identifikasi risiko jatuh, dan sistem permainan exergame berbasis augmented reality digunakan. Di Jerman, algoritma pada perangkat yang dapat dipakai dan penggunaan robot dalam pelatihan pencegahan jatuh diterapkan. Di Taiwan, teknologi *stacked autoencoder* digunakan untuk memantau mobilitas dan risiko jatuh. Terakhir, di Spanyol, sistem pemantauan posisi tidur dengan deteksi jatuh otomatis dikembangkan, sedangkan di Portugal, platform berbasis teknologi untuk deteksi dan pencegahan jatuh pada lansia di rumah diimplementasikan.

Penelitian-penelitian ini menunjukkan upaya lintas negara dalam memanfaatkan teknologi untuk meningkatkan keamanan dan kualitas hidup lansia dalam menghadapi risiko jatuh.



Gambar 1.

PRISMA *flow chart* pencarian artikelTabel 1.
Hasil Sintesis 10 Artikel Terpilih

Penulis, Tahun, Negara	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Hamm, J., Money, A. G., & Atwal, A. (2019). <i>Enabling older adults to carry out paperless falls-risk self-assessments using guidetomeasure-3D: A mixed methods study.</i>	Studi <i>mixed-mehod</i> dengan 34 lansia, aplikasi 3D <i>mobile</i> dibandingkan dengan panduan kertas 2D	Akurasi lebih baik, efisiensi tugas lebih tinggi, usabilitas lebih baik; meningkatkan visualisasi, panduan lebih jelas, instruksi audio <i>real-time</i> . Tidak ada kelemahan signifikan dilaporkan.
Money, A. G., Atwal, A., Boyce, E., Gaber, S., Windeatt, S., & Alexandrou, K. (2019). <i>Falls Sensei: A serious 3D exploration game to enable the detection of extrinsic home fall hazards for older adults.</i>	Eksperimen dengan 15 lansia, penggunaan permainan eksplorasi 3D Falls Sensei	Skor SUS 77.5/100, peningkatan kesadaran bahaya jatuh di rumah, persepsi positif; menarik dan informatif, meningkatkan kesadaran bahaya rumah, mudah digunakan oleh berbagai usia. Perlu penelitian lebih lanjut untuk perbandingan dengan intervensi lain.
Ruiz, J. F. B., Chaparro, J. D., Romero, M. J. S., Molina, F. J. V., García, X. D. T., Peño, C. B., Solano, H. L., Colantonio, S., Flórez-Revuelta, F., & López, J. C. (2022). <i>Bedtime Monitoring for Fall Detection and Prevention in Older Adults.</i>	Eksperimen dengan lansia, sistem pemantauan posisi tempat tidur dan deteksi jatuh otomatis	Akurasi deteksi jatuh 93,51%, sensitivitas 92,04%, spesifisitas 95,45%; solusi berbiaya rendah, menjaga privasi, akurasi tinggi dalam mendeteksi risiko keluar tempat tidur. Divalidasi dengan orang dewasa muda, perlu validasi pada lansia.
Zhao, R., Zhao, X., Guan, J., Zhang, C., & Zhu, K. (2023). <i>The effect of virtual reality technology on anti-fall ability and bone mineral density of the elderly with osteoporosis in an elderly care institution.</i>	Eksperimen dengan 50 lansia dengan osteoporosis, pelatihan rehabilitasi realitas virtual (VR)	Peningkatan BBS, FGA, BMD; penurunan TUGT; insiden jatuh stabil; peningkatan BMD dan kemampuan anti-jatuh, pelatihan menarik. Tidak ada perbedaan signifikan dalam insiden kejadian buruk antara kelompok.
Haescher, M., Chodan, W., Höpfner, F., Bieber, G., Aehnelt, M., Srinivasan, K., & Murphy, M. A. (2020). <i>Automated fall risk assessment of elderly using wearable devices.</i>	Eksperimen dengan 13 lansia, algoritma otomatis menggunakan perangkat <i>wearable</i>	Kesesuaian tinggi dengan penilaian observasional, mengurangi risiko kesalahan manusia; mengurangi kebutuhan penilaian observasi yang memakan waktu, meningkatkan efisiensi penilaian. Tidak ada satu tes yang dapat memprediksi risiko jatuh secara keseluruhan, memerlukan model yang lebih kompleks.
Lyu, Z., Wang, L., Gao, X., & Ma, Y. (2023). <i>The Identification of Elderly People with High Fall Risk Using Machine Learning Algorithms.</i>	Eksperimen dengan 46 lansia, algoritma multifraktal dan pembelajaran mesin	Pengklasifikasi <i>Gradient Boosting Decision Tree</i> menunjukkan kinerja terbaik; identifikasi faktor risiko individual, intervensi jatuh yang disesuaikan. Memerlukan model yang kompleks dan data koordinat tiga dimensi yang akurat.
Morat, T., Snyders, M., Kroeber, P., De Luca, A., Squeri, V., Hochheim, M., Ramm, P., Breitkopf, A., Hollmann, M., & Zijlstra, W. (2023). <i>Evaluation of a novel technology-</i>	Eksperimen dengan 48 lansia dengan risiko jatuh, penggunaan robot hunova untuk	Potensi mengurangi jumlah jatuh dan pelaku jatuh; menyediakan pelatihan berbasis teknologi yang efektif. Perlu penelitian lebih lanjut untuk menilai efektivitas biaya dan implementasi.

Penulis, Tahun, Negara	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
<i>supported fall prevention intervention – study protocol of a multi-centre randomised controlled trial in older adults at increased risk of falls.</i>	pelatihan pencegahan jatuh	
Chen, M., Tang, Q., Xu, S., Leng, P., & Pan, Z. (2020). <i>Design and evaluation of an augmented reality-based exergame system to reduce fall risk in the elderly.</i>	Eksperimen dengan 25 lansia, <i>exergame</i> berbasis <i>augmented reality</i> (AR)	Skor kualitas pragmatik: 1.652 ± 0.868 , kualitas hedonic: 1.880 ± 0.962 , skor keseluruhan: 1.776 ± 0.819 ; memberikan pengalaman pengguna yang positif, kategori baik untuk kualitas pragmatik dan sangat baik untuk kualitas hedonic. Studi dilakukan pada populasi kecil, perlu validasi lebih lanjut.
Chen, S. H., Lee, C. H., Jiang, B. C., & Sun, T. L. (2021). <i>Using a Stacked Autoencoder for Mobility and Fall Risk Assessment via Time-Frequency Representations of the Timed Up and Go Test.</i>	Eksperimen dengan 44 lansia dengan gangguan mobilitas, algoritma pembelajaran DNN berbasis SAE untuk penilaian risiko jatuh	Akurasi prediksi: 89.1% (vertikal), 93.4% (mediolateral), 94.1% (anteroposterior); metode cocok untuk pemantauan jarak jauh dan jangka panjang tanpa memerlukan ahli. Perlu validasi lebih lanjut dengan populasi yang lebih besar.
Araújo, F., Nogueira, M. N., Silva, J., & Rego, S. (2021). <i>A technological-based platform for risk assessment, detection, and prevention of falls among home-dwelling older adults: Protocol for a quasi-experimental study.</i>	Studi Kuasi-eksperimental dengan 30 lansia tinggal di rumah, penggunaan <i>Otago Exercise Program</i> (OEP) melalui platform teknologi	Penggunaan teknologi untuk deteksi dan pencegahan jatuh, peningkatan fungsionalitas lansia; intervensi diintegrasikan dengan solusi teknologi canggih, dapat dilakukan di rumah. Rekrutmen tertunda karena pandemi COVID-19, perlu validasi hasil dalam populasi yang lebih luas.

Tabel ini menguraikan berbagai penelitian tentang teknologi dan intervensi digital untuk pencegahan risiko jatuh pada lansia. Penelitian menemukan bahwa aplikasi 3D *mobile* lebih akurat dan efisien dibandingkan panduan kertas 2D dalam penilaian risiko jatuh, dan permainan eksplorasi 3D meningkatkan kesadaran bahaya jatuh di rumah. Sistem pemantauan posisi tempat tidur menunjukkan akurasi tinggi dalam mendeteksi jatuh, sementara pelatihan realitas virtual (VR) meningkatkan kemampuan anti-jatuh dan kepadatan mineral tulang. Penggunaan perangkat *wearable* membantu penilaian risiko jatuh dengan akurasi tinggi, dan algoritma pembelajaran mesin efektif dalam identifikasi risiko jatuh. Penelitian juga mengevaluasi pelatihan pencegahan jatuh berbasis robot, *exergame* berbasis *augmented reality* (AR), dan algoritma DNN untuk penilaian risiko jatuh dengan hasil yang menjanjikan. Platform teknologi untuk deteksi dan pencegahan jatuh di rumah menunjukkan peningkatan fungsionalitas lansia. Meskipun penelitian ini menunjukkan efektivitas teknologi, masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk validasi hasil dan peningkatan model intervensi.

PEMBAHASAN

Penelitian oleh Hamm et al. (2019) menunjukkan bahwa aplikasi mobile panduan pengukuran 3D lebih akurat dan efisien dibandingkan panduan kertas 2D dalam penilaian risiko jatuh. Money et al. (2019) mengembangkan permainan eksplorasi 3D yang meningkatkan kesadaran terhadap bahaya jatuh di rumah. Ruiz et al. (2022) memperkenalkan Sistem Pemantauan Posisi Saat Tidur dengan deteksi jatuh otomatis

yang akurat. Zhao et al. (2023) menemukan bahwa pelatihan VR meningkatkan kemampuan anti-jatuh dan kepadatan tulang pada lansia dengan osteoporosis.

Haescher et al. (2020) mengembangkan algoritma penilaian risiko jatuh menggunakan perangkat *wearable* dengan akurasi tinggi. Lyu et al. (2023) mengaplikasikan algoritma pembelajaran mesin untuk identifikasi dini risiko jatuh. Morat et al. (2023) mengevaluasi robot hunova dalam pelatihan pencegahan jatuh, yang mengurangi jumlah jatuh pada lansia. M. Chen et al. (2020) mengembangkan exergame AR untuk pencegahan jatuh dengan pengalaman pengguna yang realistis. S. H. Chen et al. (2021) menggunakan stacked autoencoder (SAE) untuk pemantauan mobilitas dan risiko jatuh dengan akurasi tinggi. Araújo et al. (2021) mengintegrasikan platform teknologi untuk penilaian, deteksi, dan pencegahan jatuh pada lansia di rumah, menawarkan solusi komprehensif untuk pengelolaan risiko jatuh.

Hasil tinjauan ini menunjukkan bahwa teknologi telah dimanfaatkan secara luas untuk mencegah risiko jatuh pada lansia dengan berbagai pendekatan yang inovatif. Aplikasi mobile dan permainan eksplorasi 3D terbukti efektif dalam meningkatkan kesadaran lansia terhadap bahaya jatuh di lingkungan mereka serta mendorong kepatuhan terhadap faktor risiko (Hamm et al., 2019; Money et al., 2019). Hal ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menekankan pentingnya peningkatan kesadaran dan edukasi dalam strategi pencegahan jatuh pada lansia. Pemanfaatan teknologi realitas virtual (VR) dalam pelatihan pencegahan jatuh juga menunjukkan hasil yang positif. Zhao et al. (2023) menemukan bahwa pelatihan VR dapat meningkatkan kemampuan anti-jatuh dan kepadatan tulang pada lansia dengan osteoporosis. Temuan ini sesuai dengan studi sebelumnya yang menunjukkan potensi VR dalam meningkatkan keseimbangan dan mobilitas pada lansia.

Teknologi augmented reality (AR) menawarkan solusi menjanjikan dalam pencegahan jatuh, seperti yang dikembangkan oleh Chen et al. (2020) mengembangkan sistem permainan exergame berbasis AR yang memberikan pengalaman pengguna yang lebih realistis dan imersif. Hal ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang menemukan bahwa AR dapat meningkatkan motivasi dan kepatuhan dalam program latihan pada lansia (P. J. Chen et al., 2020; Chung et al., 2021). Pendekatan lain yang dieksplorasi dalam tinjauan ini adalah pemanfaatan algoritma pembelajaran mesin dan robotika.

Lyu et al. (2023) menggunakan algoritma pembelajaran mesin untuk mengidentifikasi lansia dengan risiko jatuh tinggi, memungkinkan intervensi yang lebih tepat sasaran. Sementara itu, Morat et al. (2023) mengevaluasi penggunaan robot dalam pelatihan pencegahan jatuh, yang berhasil mengurangi jumlah jatuh pada lansia. Kedua pendekatan ini mencerminkan tren pemanfaatan teknologi canggih dalam perawatan kesehatan lansia, yang berpotensi untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas intervensi (Hassannataj Joloudari et al., 2022).

Selain itu, tinjauan ini juga mengidentifikasi pendekatan sistem pemantauan berbasis teknologi untuk deteksi dini dan identifikasi situasi risiko jatuh (S. H. Chen et al., 2021; Ruiz et al., 2022). Hal ini sejalan dengan pentingnya pemantauan dan penilaian risiko yang akurat dalam pencegahan jatuh pada lansia. Meskipun demikian, integrasi teknologi dalam praktik klinis dan kebijakan pendukung sangat penting untuk meningkatkan efektivitas intervensi pencegahan jatuh pada lansia serta memastikan akses yang luas ke solusi teknologi ini.

SIMPULAN

Hasil tinjauan literatur menunjukkan bahwa teknologi seperti aplikasi mobile, permainan 3D, VR, AR, algoritma pembelajaran mesin, dan robotika dapat meningkatkan kesadaran, penilaian risiko, pelatihan, dan pemantauan risiko jatuh.

Dengan dukungan kebijakan yang memadai, integrasi teknologi ini berpotensi meningkatkan kualitas hidup dan kesejahteraan lansia secara signifikan.

SARAN

Penelitian di masa depan masih diperlukan studi dengan ukuran sampel yang lebih besar dan desain yang lebih kuat, seperti uji coba terkontrol acak, untuk memperkuat bukti efektivitas intervensi berbasis teknologi. Selain itu, penelitian lebih lanjut juga diperlukan untuk mengeksplorasi penggunaan teknologi pada populasi lansia yang lebih beragam, termasuk di negara-negara berkembang, serta mengevaluasi dampak jangka panjang dari intervensi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Araújo, F., Nogueira, M. N., Silva, J., & Rego, S. (2021). A Technological-Based Platform for Risk Assessment, Detection, and Prevention of Falls Among Home-Dwelling Older Adults: Protocol For A Quasi-Experimental Study. *JMIR Research Protocols*, *10*(8), e25781. <https://doi.org/10.2196/25781>
- Chen, M., Tang, Q., Xu, S., Leng, P., & Pan, Z. (2020). Design and Evaluation of An Augmented Reality-Based Exergame System to Reduce Fall Risk in The Elderly. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(19). <https://doi.org/10.3390/ijerph17197208>
- Chen, P. J., Penn, I. W., Wei, S. H., Chuang, L. R., & Sung, W. H. (2020). Augmented Reality-Assisted Training with Selected Tai-Chi Movements Improves Balance Control and Increases Lower Limb Muscle Strength in Older Adults: A Prospective Randomized Trial. *Journal of Exercise Science and Fitness*, *18*(3). <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2020.05.003>
- Chen, S. H., Lee, C. H., Jiang, B. C., & Sun, T. L. (2021). Using A Stacked Autoencoder for Mobility and Fall Risk Assessment Via Time–Frequency Representations of The Timed Up and Go Test. *Frontiers in Physiology*, *12*. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.668350>
- Chung, H. L., Chin, K. Y., & Wang, C. S. (2021). Development of a Head-Mounted Mixed Reality Museum Navigation System. *4th IEEE International Conference on Knowledge Innovation and Invention 2021, ICKII 2021*. <https://doi.org/10.1109/ICKII51822.2021.9574731>
- Dewi, S. K. (2024). Validitas dan reliabilitas Two-Level Quick-Steadi Algorithm untuk Skrining Risiko Jatuh Lansia di Indonesia: Studi Observasional Analitik. *Majalah Ilmiah Fisioterapi Indonesia*, *12*(1), 81. <https://doi.org/10.24843/mifi.2024.v12.i01.p14>
- Diener, J., Rayling, S., Bezold, J., Krell-Roesch, J., Woll, A., & Wunsch, K. (2022). Effectiveness and Acceptability of E- And M-Health Interventions to Promote Physical Activity and Prevent Falls in Nursing Homes—A Systematic Review. in *Frontiers in Physiology* (Vol. 13). <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.894397>
- Haescher, M., Chodan, W., Höpfner, F., Bieber, G., Aehnelt, M., Srinivasan, K., & Murphy, M. A. (2020). Automated fall Risk Assessment of Elderly Using Wearable Devices. *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering*, *7*. <https://doi.org/10.1177/2055668320946209>
- Hamm, J., Money, A. G., & Atwal, A. (2019). Enabling Older Adults to Carry Out Paperless Falls-Risk Self-Assessments Using Guidetomeasure-3D: A Mixed Methods Study. *Journal of Biomedical Informatics*, *92*. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2019.103135>
- Hassannataj Joloudari, J., Mojriani, S., Nodehi, I., Mashmool, A., Kiani Zadegan, Z., Khanjani Shirkharkolaie, S., Alizadehsani, R., Tamadon, T., Khosravi, S., Akbari

- Kohneishari, M., Hassannatajjeloudari, E., Sharifrazi, D., Mosavi, A., Loh, H. W., Tan, R. S., & Acharya, U. R. (2022). Application of Artificial Intelligence Techniques for Automated Detection of Myocardial Infarction: A Review. In *Physiological Measurement* (Vol. 43, Issue 8). <https://doi.org/10.1088/1361-6579/ac7fd9>
- Iida, H., Seki, T., Takegami, Y., Osawa, Y., Kato, D., Takemoto, G., Ando, K., Ishizuka, S., Hasegawa, Y., & Imagama, S. (2024). Association Between Locomotive Syndrome and Fall Risk in The Elderly Individuals in Japan: The Yakumo Study. *Journal of Orthopaedic Science*, 29(1). <https://doi.org/10.1016/j.jos.2022.11.023>
- Lyu, Z., Wang, L., Gao, X., & Ma, Y. (2023). The Identification of Elderly People with High Fall Risk Using Machine Learning Algorithms. *Healthcare (Switzerland)*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/healthcare11010047>
- Money, A. G., Atwal, A., Boyce, E., Gaber, S., Windeatt, S., & Alexandrou, K. (2019). Falls Sensei: A serious 3D Exploration Game to Enable The Detection of Extrinsic Home Fall Hazards for Older Adults. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12911-019-0808-x>
- Morat, T., Snyders, M., Kroeber, P., De Luca, A., Squeri, V., Hochheim, M., Ramm, P., Breitkopf, A., Hollmann, M., & Zijlstra, W. (2023). Evaluation of A Novel Technology-Supported Fall Prevention Intervention – Study Protocol of A Multi-Centre Randomised Controlled Trial in Older Adults at Increased Risk of falls. *BMC Geriatrics*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s12877-023-03810-8>
- Nurhasanah, A., Nurdahlia, Hartini, T., & Maryam, R. S. (2022). Edukasi Multimedia Interaktif dan Pendampingan Keluarga Meningkatkan Kemampuan Keluarga dalam Deteksi Dini Risiko Jatuh pada Lansia. *Prosiding Seminar Nasional Poltekkes Jakarta III*.
- Oh-Park, M., Doan, T., Dohle, C., Vermiglio-Kohn, V., & Abdou, A. (2021). Technology Utilization in Fall Prevention. in *American Journal of Physical Medicine And Rehabilitation*, 100(1). <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001554>
- Ruiz, J. F. B., Chaparro, J. D., Romero, M. J. S., Molina, F. J. V., García, X. D. T., Peño, C. B., Solano, H. L., Colantonio, S., Flórez-Revuelta, F., & López, J. C. (2022). Bedtime Monitoring for Fall Detection and Prevention in Older Adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(12). <https://doi.org/10.3390/ijerph19127139>
- Tonga, E., Srikesavan, C., Williamson, E., & Lamb, S. E. (2022). Components, Design and Effectiveness of Digital Physical Rehabilitation Interventions for Older People: A Systematic Review. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 28(3). <https://doi.org/10.1177/1357633X20927587>
- Wibowo, H., & Prastowo, B. (2024). Program Preventif dan Kuratif untuk Menurunkan Risiko Jatuh pada Lansia oleh Persatuan Wredatama Republik Indonesia, Lamongan. *Jurnal Inovasi Dan Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 3(1). <https://doi.org/10.26714/jipmi.v3i1.205>
- World Health Organization. (2020). *Falls*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/falls>
- Zhao, R., Zhao, X., Guan, J., Zhang, C., & Zhu, K. (2023). The Effect of Virtual Reality Technology on Anti-Fall Ability and Bone Mineral Density of The Elderly with Osteoporosis in An Elderly Care Institution. *European Journal of Medical Research*, 28(1). <https://doi.org/10.1186/s40001-023-01165-9>