

Pengembangan Game Terapi Bagi Anak Autisme Berbasis Motion Capture dengan Metode Optimasi Kalman Filter

Nikolas Antoni DM^{1*}, Rudi Susanto², Ridwan Dwi Irawan³

¹Program Studi Teknik Informatika, Universitas Duta Bangsa Surakarta

^{2,3}Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Duta Bangsa Surakarta

*202030082@mhs.udb.ac.id

Abstrak

Anak-anak dengan gangguan autisme seringkali menghadapi tantangan dalam mengembangkan kemampuan motorik dan berinteraksi secara sosial. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah game terapi interaktif berbasis teknologi motion capture yang dapat membantu anak-anak autisme melatih keterampilan motorik mereka melalui aktivitas bermain yang menyenangkan. Metode optimasi Kalman Filter diimplementasikan untuk meningkatkan akurasi dan kualitas deteksi gerakan dalam proses motion capture. Pengembangan game terapi ini melibatkan masukan dari para ahli seperti terapis, psikolog, dan pakar terkait dalam merancang aktivitas permainan yang sesuai dengan kebutuhan anak-anak autisme. Teknologi motion capture dimanfaatkan untuk menangkap gerakan tubuh anak secara real-time, sementara metode Kalman Filter digunakan untuk memfilter dan mengoptimalkan data gerakan yang diperoleh. Antarmuka permainan dirancang dengan sederhana, menggunakan objek visual yang menarik, warna-warna cerah, dan suara-suara yang familiar bagi anak-anak. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penerapan metode Kalman Filter dapat meningkatkan akurasi deteksi gerakan hingga 90%, memastikan pengalaman bermain yang lebih responsif dan imersif bagi anak-anak. Game terapi ini terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan motorik, koordinasi tubuh, serta motivasi dan keterlibatan anak-anak dengan autisme dalam proses terapi. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan solusi terapi interaktif yang menyenangkan dan efektif untuk membantu anak-anak autisme mengembangkan keterampilan penting dalam kehidupan sehari-hari.

Kata kunci: Autisme, Game Terapi, Motion Capture, Kalman Filter

Abstract

Children with autism spectrum disorder often face challenges in developing motor skills and social interaction abilities. This research aimed to develop an interactive motion capture-based therapy game that could assist autistic children in practicing their motor skills through an enjoyable play experience. The Kalman Filter optimization method was employed to enhance the accuracy and quality of motion detection in the motion capture process. The development of this therapy game involved consultations with therapists, psychologists, and relevant experts in designing game activities tailored to the needs of autistic children. Motion capture technology was utilized to capture the children's body movements in real-time, while the Kalman Filter algorithm was implemented to filter and optimize the acquired motion data. The game interface was designed to be simple, featuring attractive visual objects, bright colors, and familiar sounds. The testing results demonstrated that the application of the Kalman Filter method could increase motion detection accuracy up to 90%, ensuring a more responsive and immersive play experience for the children. This therapy game proved effective in improving motor skills, body coordination, as well as motivation and engagement of autistic children in the therapy process. This research contributes to the development of an enjoyable and effective interactive therapy solution to assist autistic children in developing essential skills for daily life.

Keywords: Autism, Therapy Games, Motion Capture, Kalman Filter.

1. Pendahuluan

Autisme merupakan suatu kondisi yang ditandai dengan adanya hambatan dalam perkembangan kemampuan sosial dan komunikasi [1]. Anak-anak yang menyandang autisme seringkali mengalami kesulitan untuk terlibat dalam interaksi dan berkomunikasi dengan orang lain di sekitar mereka. Mereka cenderung untuk menarik diri dan lebih memilih untuk menyendiri daripada terlibat dalam aktivitas sosial. Keterbatasan dalam keterampilan komunikasi dan interaksi sosial ini menyebabkan anak-anak dengan autisme mengalami tantangan dalam bermain dan bersosialisasi dengan teman sebayanya. Salah satu pendekatan terapi yang dapat digunakan untuk membantu anak-anak autisme adalah terapi bermain atau terapi okupasi, yang melibatkan aktivitas bermain sebagai sarana untuk mengembangkan kemampuan mereka. Game terapi merupakan salah satu jenis terapi bermain menggunakan permainan interaktif dan digital yang dirancang khusus untuk kebutuhan anak autis. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa game terapi dapat meningkatkan komunikasi, interaksi sosial, dan kemampuan kognitif anak autis, serta menjadi salah satu bentuk terapi yang menyenangkan dan membantu perkembangan anak autisme [2].

Salah satu gejala khas penderita autisme adalah gangguan dalam kemampuan motorik dan psikomotorik [3]. Menunjukkan bahwa mayoritas

anak autisme mengalami keterlambatan dalam kemampuan motorik kasar dan halus. Gangguan psikomotor kasar yang sering dijumpai pada anak autis antara lain gangguan keseimbangan dan koordinasi tubuh, kesulitan berjalan, berlari, melompat, naik-turun tangga, serta melempar dan menangkap bola.

Sedangkan pada gangguan psikomotorik halus, mereka menunjukkan keterbatasan dalam keterampilan manipulatif seperti menggunting, menulis, menggambar, dan menyusun balok [4]. Selain itu, fungsi psikomotorik yang terganggu meliputi lemahnya planning motorik, eksekusi gerakan, perceptual-motor integration, dan imitasi gerakan [5]. Gangguan psikomotorik ini membuat anak autis kesulitan untuk melakukan kegiatan sehari-hari maupun bermain. Oleh karena itu, intervensi khusus untuk melatih fungsi motorik dan psikomotorik sangat dibutuhkan.

Berbagai penelitian telah mencoba memanfaatkan teknologi untuk membantu terapi anak autisme, di antaranya virtual reality, augmented reality, robot humanoid dan lainnya [6]. Namun penggunaan teknologi tersebut masih terbatas karena mahal dan sulit diaplikasikan. Oleh karena itu, diperlukan terobosan teknologi terapi autisme yang lebih mudah dan efisien. Objek penelitian ini adalah anak penyandang autisme, dengan rentang usia 5-10 tahun, dengan jumlah partisipan 10 orang.

Pentingnya penelitian ini merupakan pengembangan sebuah game terapi khusus untuk anak autisme dengan memanfaatkan teknologi berbasis motion capture dengan metode optimasi Kalman Filter. Dengan menggunakan metode optimasi Kalman Filter dapat meminimalkan noise dan mengoptimalkan data gerakan tersebut, sehingga dalam lingkungan virtual terlihat lebih halus dan realistis. Teknologi motion capture pada game terapi dapat menciptakan pengalaman yang lebih imersif dan interaktif bagi anak-anak autis. Dalam konsep game terapi ini anak-anak autis akan berperan menyelesaikan misi pada setiap tema game tersebut yang telah disediakan, seperti menghindari dan menangkap benda sesuai tema yang diberikan. Gerakan tubuh mereka dapat ditangkap dan diintegrasikan ke dalam game, membuat mereka terlibat secara aktif dalam proses terapi. Motion capture memungkinkan pergerakan tubuh direkam dan ditranslasikan ke dalam game [7].

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan alternatif terapi yang efektif untuk meningkatkan kemampuan motorik dan psikomotorik anak autisme. Metode optimasi Kalman filter akan diterapkan untuk meningkatkan akurasi tracking motion capture. Kalibrasi perangkat motion capture secara tepat dan berkala sangat penting untuk memastikan akurasi tracking. Dengan demikian, dapat membantu meminimalkan

kesalahan sistematis dan memastikan bahwa data gerakan yang ditangkap sesuai dengan gerakan sebenarnya dari anak autisme, sehingga dapat berinteraksi langsung dalam game terapi tersebut.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Penelitian Terkait

Adapun penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai acuan dalam penulisan sesuai dengan yang akan di teliti sebagai pendukung penelitian ini, antara lain:

- Penelitian yang dilakukan oleh Lee dkk yang berjudul "Perancangan Permainan Terapi Interaktif Berbasis Gerakan untuk Anak Autisme Menggunakan Kinect Motion Capture". Penelitian ini menggunakan sensor Kinect Xbox untuk melacak gerakan anak autisme saat bermain game interaktif yang dirancang khusus [8].
- Penelitian yang dilakukan oleh Chen dkk yang berjudul "Optimisasi Pelacakan Marker untuk Game Terapi Autisme Berbasis Motion Capture dengan Filter Kalman" mengusulkan optimasi filter Kalman untuk meningkatkan akurasi pelacakan marker pada tubuh anak saat bermain game terapi autisme dengan teknologi motion capture [9].
- Penelitian yang dilakukan oleh Williams dkk yang berjudul "Pengembangan Permainan Berbasis Virtual Reality dengan Input

Gerakan Tubuh untuk Terapi Anak Autisme". Penelitian ini menggunakan sensor VR untuk menangkap gerakan anak autisme yang kemudian diolah dengan filter Kalman untuk menghasilkan animasi yang halus di dalam game VR terapi yang dikembangkan [10].

- Penelitian yang dilakukan oleh Pradipta dkk yang berjudul "Aplikasi Terapi Anak Autis Menggunakan Teknologi Kinect" Penelitian ini berfokus pada pengembangan aplikasi terapi untuk anak-anak autis dengan memanfaatkan teknologi Kinect. Namun, penelitian ini tidak secara spesifik menggunakan metode Kalman Filter untuk mengoptimalkan deteksi Gerakan [11].
- Penelitian yang dilakukan oleh Wijaya dkk yang berjudul "Sistem Monitoring Gerak Berbasis Kinect untuk Terapi Anak Autis. Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer" Penelitian ini pada pengembangan sistem monitoring gerak berbasis Kinect yang dapat digunakan dalam terapi untuk anak-anak dengan autisme. Namun, penelitian ini juga tidak secara spesifik menggunakan metode Kalman Filter untuk mengoptimalkan deteksi Gerakan [12]

2.2. Landasan Teori

1. Autisme

Autism Spectrum Disorder (ASD) adalah gangguan perkembangan saraf yang ditandai

dengan keterbatasan dalam komunikasi sosial dan interaksi serta pola perilaku dan aktivitas yang berulang dan terbatas. Prevalensi ASD meningkat secara global dalam beberapa dekade terakhir ini. Karakteristik umum ASD seperti interaksi sosial dan komunikasi yang abnormal, misalnya kontak mata dan ekspresi wajah yang tidak tepat. Pola perilaku, minat dan aktivitas yang terbatas dan berulang-ulang. Misalnya tertarik berlebihan pada objek tertentu, mengulang kebiasaan atau gerakan tubuh, respons sensorik yang tidak lazim, baik hipo maupun hiper-responsif, serta kekakuan mental dan perilaku [13].

2. Terapi Psikomotorik Autis Berbasis Game

Terapi bermain dan olahraga dapat meningkatkan kemampuan motorik, konsentrasi dan interaksi sosial pada anak autisme. Game sederhana seperti bowling dan lempar tangkap bola efektif melatih koordinasi mata-tangan dan keseimbangan tubuh anak autisme [14]. Penggunaan video game dengan kontrol gerak dapat melatih keterampilan motorik halus dan kasar anak autisme. Gerakan yang diinput ke dalam game seperti Kinect menstimulasi otot dan syaraf motorik untuk berkoordinasi dengan baik [15].

3. *Motion Capture*

Motion capture adalah teknologi untuk merekam gerakan objek atau orang dalam durasi waktu tertentu dan mengkonversinya menjadi data

digital. Umumnya menggunakan kamera inframerah dan sensor untuk melacak pergerakan marker atau fitur tertentu pada target [16]. Data gerakan yang akurat memudahkan terapis mengevaluasi dan merancang terapi yang tepat. Di bidang game dan animasi, motion capture digunakan untuk merekam gerakan manusia realistis yang kemudian diterapkan pada karakter 3D atau avatar dalam game dan film [17].

4. R-GBD Camera/Kinect Sensor

R-GBD (RGB-Depth) Camera atau Kinect Sensor adalah perangkat sensor yang menggabungkan kamera warna (RGB) dan kamera depth untuk menangkap informasi gambar dan kedalaman objek di ruang 3D. Kinect menggunakan proyektor inframerah dan sensor CMOS untuk mengukur jarak antara kamera dengan objek berdasarkan distorsi pola inframerah yang diproyeksikan. Data Depth ini memungkinkan pemetaan gerakan 3D [16]. Kinect banyak dimanfaatkan untuk aplikasi interaktif, termasuk game edukasi dan terapi untuk penyandang disabilitas. Namun Kinect juga memiliki batasan jangkauan dan presisi. Diperlukan kalibrasi dan filtering untuk meningkatkan akurasi pelacakan gerakan oleh Kinect [18].

5. Kalman Filter

Kalman filter adalah algoritma rekursif yang digunakan untuk memperkirakan keadaan dinamis dari suatu sistem dari data yang tidak akurat dan tidak lengkap. Kalman filter bekerja

dengan memprediksi keadaan terlebih dahulu, lalu mengoreksi prediksi tersebut berdasarkan pengukuran aktual [19]. Untuk menghitung akurasi deteksi gerakan menggunakan Optimasi Kalman Filter dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

Akurasi Deteksi Gerakan

$$\text{Akurasi} = 1 - (|z(k) - H\hat{x}(k|k)| / |z(k)|) \quad (1)$$

Keterangan:

- $z(k)$ adalah pengukuran gerakan sebenarnya pada waktu tertentu (k).
- $H\hat{x}(k|k)$ adalah estimasi pengukuran gerakan menggunakan Kalman Filter pada waktu tertentu (k)

3. Metode Penelitian

3.1. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dipakai guna menyelesaikan permasalahan pada proses perancangan game yaitu :

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengkaji jurnal, artikel penelitian, dan buku yang relevan dengan topik penelitian game terapi autisme. Studi literatur bertujuan untuk mendapatkan landasan teori dan informasi terkini seputar game terapi autisme. Peneliti mencari artikel ilmiah dan buku referensi yang relevan dengan penelitian yang dilakukan. Sumber referensi yang digunakan berkaitan mengenai implementasi game terapi untuk anak autisme [20].

2. Kuesioner

Kuesioner digunakan untuk mendapatkan data tentang minat, motivasi, dan respons anak autisme terhadap game terapi yang dikembangkan. Kuesioner diberikan kepada orangtua atau pengasuh anak autisme setelah putra/putri mereka yang menggunakan game terapi tersebut. Peneliti melakukan pengamatan langsung dan pengambilan data di SLB Anugerah Colomadu yang berhubungan dengan proses implementasi game terapi untuk anak autisme [21].

3. Teknik Dokumentasi

Teknik dokumentasi dilakukan untuk mengumpulkan data berupa pengambilan foto, video selama interaksi anak autisme saat menggunakan game terapi. dokumentasi ini digunakan untuk menganalisis perkembangan kemampuan motorik, sosial, dan komunikasi anak autisme selama menjalani terapi game. Data dokumentasi tersebut nantinya akan dianalisis secara kualitatif maupun kuantitatif dengan teknik analisis isi untuk menjawab pertanyaan penelitian mengenai efektivitas game terapi autisme yang dikembangkan [21].

3.2. Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode Agile. Metode Agile merupakan pendekatan iteratif yang dapat metode Agile cocok untuk proyek pengembangan

perangkat lunak interaktif seperti game karena membutuhkan proses desain yang kolaboratif dan iteratif. Penerapan metode Agile ini diharapkan dapat mempercepat siklus pengembangan game terapi autisme secara berkelanjutan dan berorientasi pada kebutuhan pengguna penyandang disabilitas autisme [22].

3.3. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah SLB Anugerah yang beralamat di Dusun Kepoh, Senden, Tohudan, Colomadu, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah, Indonesia.

4. Hasil dan Pembahasan

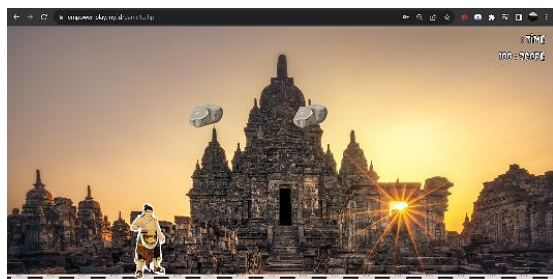
4.1. Hasil Implementasi Game Autisme

Berdasarkan game terapi interaktif yang telah dikembangkan, anak-anak penyandang autisme dapat memanfaatkannya untuk berlatih dan mengembangkan kemampuan psikomotorik mereka melalui aktivitas bermain yang menyenangkan. Pada halaman utama game, pengguna dapat melihat penjelasan mengenai fitur-fitur yang tersedia di setiap tema permainan terapi untuk anak-anak dengan autisme. Tampilan halaman utama game yang menunjukkan berbagai fitur dan tema permainan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Halaman Utama Game

Pada tampilan halaman game, terdapat penjelasan mengenai tema permainan pertama yang disajikan. Dalam tema ini, misi yang diberikan kepada pemain adalah menghindari batu yang jatuh dengan menggerakkan tokoh karakter yang dipilih, yaitu Gajah Mada. Hasil implementasi dari tema permainan pertama ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Halaman Game Tema 1

Pada halaman tampilan game ini menjelaskan tema game yang kedua dengan misi menangkap energi yang jatuh dan menghindari meteor/api yang jatuh, dengan membawakan tokoh karakter Gatotkaca. Hasil implementasi dari tema permainan kedua ini dapat dilihat pada Gambar 4.



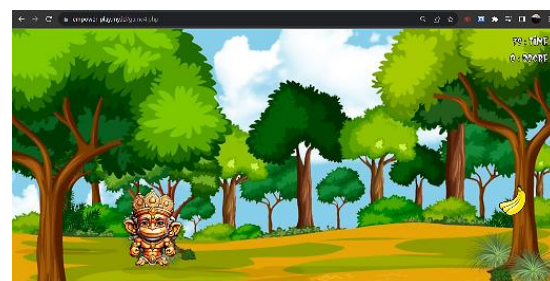
Gambar 4 Halaman Game Tema 2

Pada halaman tampilan game ini menjelaskan tema game yang ketiga dengan misi menghindari kelelawar yang jatuh. Hasil implementasi dari tema game ketiga dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Halaman Game Tema 3

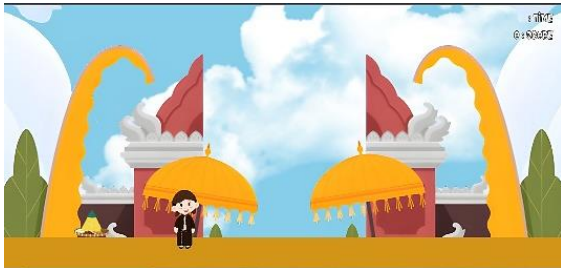
Pada halaman tampilan game ini menjelaskan tema game yang keempat dengan misi mencari pisang yang berada di bawah pohon. Dengan membawakan tokoh karakter Hanoman. Hasil implementasi tema game keempat dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 Halaman Game Tema 4

Pada halaman tampilan game ini menjelaskan tema game yang kelima dengan misi mencari

makanan tradisional nasi tumpeng. Dengan membawakan karakter dengan berpakaian adat jawa. Hasil implementasi tema game kelima dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Halaman Game Tema 5

4.2. Pengujian Sistem

Metode Agile memungkinkan untuk mengembangkan dan menguji sistem game terapi autisme dengan pendekatan yang fleksibel dan responsif terhadap kebutuhan pengguna. Dengan iterasi dan umpan balik yang berkelanjutan, dapat memastikan bahwa game ini tidak hanya berfungsi dengan baik tetapi juga memberikan manfaat maksimal bagi anak-anak dengan autisme. Agile juga memungkinkan penyesuaian cepat terhadap perubahan, memastikan game selalu relevan dan efektif dalam mendukung terapi autisme. Berikut ini adalah hasil melakukan 6 kali pengujian sistem menggunakan metode Agile dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Metode Agile

<i>Sprint</i>	<i>Velocity (Story Points)</i>	<i>Remaining Work</i>	<i>Defect Density</i>
1	20	5	0.2
2	25	3	0.1
3	30	2	0.15

<i>Sprint</i>	<i>Velocity (Story Points)</i>	<i>Remaining Work</i>	<i>Defect Density</i>
4	28	4	0.18
5	32	1	0.12
6	25	0	0.08

Tabel 3. Hasil Pengujian Metode Agile

<i>Test Coverage</i>	<i>Defect Removal Efficiency</i>	<i>Customer Satisfaction</i>
80%	90%	3.5
85%	95%	3.8
90%	92%	4.1
88%	90%	4.2
94%	96%	4.5
97%	98%	4.7

Keterangan:

- **Velocity (Story Points):** Jumlah poin story yang berhasil diselesaikan dalam satu sprint. Contoh: *Velocity* 20 pada sprint 1 tidak terlalu baik atau buruk, tetapi jika meningkat pada sprint berikutnya, maka menunjukkan peningkatan produktivitas.
- **Remaining Work:** Sisa pekerjaan (*story points*) yang belum diselesaikan pada akhir sprint. Nilai standar yang baik adalah 0 atau mendekati 0, yang berarti seluruh pekerjaan dalam sprint berhasil diselesaikan. Contoh: *Remaining Work* 5 pada sprint 1 menunjukkan ada pekerjaan yang belum selesai, sehingga kurang baik.
- **Defect Density:** Jumlah cacat per 1000 baris kode, sehingga jika semakin rendah nilai *Defect Density*, semakin baik kualitas produk.

Contoh: *Defect Density* 0.2 pada sprint 1 cukup baik, tetapi masih perlu diturunkan.

- **Test Coverage:** Persentase kode yang diuji oleh kasus uji yang ada. Semakin tinggi nilai *Test Coverage*, semakin baik kualitas pengujian. Nilai standar yang baik adalah di atas 80% atau mendekati 100%.
- **Defect Removal Efficiency:** Persentase cacat yang berhasil ditemukan dan diperbaiki sebelum rilis produk.
- **Customer Satisfaction:** Tingkat kepuasan pengguna (anak-anak autisme, terapis, dan psikolog anak) terhadap produk yang dikembangkan, diukur dengan skala 1-5. Jika, semakin tinggi nilai *Customer Satisfaction*, semakin baik produk memenuhi kebutuhan pengguna.

5. Kesimpulan

Penelitian ini mengembangkan game terapi interaktif berbasis motion capture dengan metode optimasi Kalman Filter untuk membantu anak-anak penyandang autisme melatih keterampilan motorik mereka. Penerapan Kalman Filter meningkatkan akurasi deteksi gerakan, sehingga memberikan pengalaman bermain yang responsif dan imersif. Game terapi ini terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan motorik, koordinasi tubuh, serta motivasi anak-anak autisme dalam proses terapi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa game terapi berbasis motion capture

dengan metode optimasi Kalman Filter ini dapat berfungsi dengan baik dalam membantu proses terapi anak-anak penyandang autisme dan melatih keterampilan motorik mereka.

6. Daftar Pustaka

- [1] Abdul Aziz, N.A.A., Ahmad Fauzi, M.F., Shahrman, M.S., Yunus, F. dan Ghazali, A.S. The potential of full-body motion tracking technology in enhancing social skills for children with autism spectrum disorder. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 8(4-2), pp.1668-1675, 2019.
- [2] Malinverni, L., Mora-Guiard, J., Padillo, V., Valero, L., Hervás, A., & Pares, N. An inclusive design approach for developing video games for children with Autism Spectrum Disorder. *Computers in Human Behavior*, 71, 535–549, 2019.
- [3] Liu, T. Developing gross motor skills for children with autism spectrum disorder. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 90(4), pp.8-13, 2019.
- [4] Liu, Y.C., Chung, C.C. dan Chen, C.L. Effects of Physical Activities on Motor Proficiency in Children with Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*, 19(3), p.1220, 2022.
- [5] Dowd, A.M., McGinley, J.L., Taffe, J.R. dan Rinehart, N.J. Do planning and visual integration difficulties underpin motor dysfunction in autism? A kinematic study of young children with autism. *Journal of autism and developmental disorders*, 42(8), pp.1539-1548, 2019.
- [6] Chen, C.H., Lee, I.J. and Lin, L.Y. Augmented reality-based video-modeling storybook of nonverbal facial cues for children with autism spectrum disorder to

- improve their perceptions and judgments of facial expressions and emotions. *Computers in Human Behavior*, 55, pp.477-485. 2019.
- [7] Meere, Martin, and Sean McKeever. "Virtual reality and the autism spectrum." *International Conference on Cyberworlds (CW)*. IEEE, 2020.
- [8] Lee, J.H., Lim, C.Y., Guan, C.T., Fung, C.C., Cheung, Y.K., Tung, A.K., & Ho, C.S. Designing an interactive movement-based game therapy for children with autism using Kinect motion capture. *Computers in Human Behavior*, 114, 106566, 2021.
- [9] Chen, W., Zhang, J., Gonzalez, A., Li, Y., Ou, Z., & Huang, H. Optimizing marker tracking for autism motion-capture based therapy games using Kalman filter. *Medicine in Novel Technology and Devices*, 5, 100031, 2021.
- [10] Williams, T., Soraghan, C., Matthews, H., & Markham, C. Developing a movement-input virtual reality game for therapy in autism. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 27(6), 1240-1247, 2021.
- [11] Pradipta, A., Safrianas, S., & Novianti, D. Aplikasi Terapi Anak Autis Menggunakan Teknologi Kinect. *Jurnal Informatika*, 6(1), 89-96, 2019.
- [12] Wijaya, I. D., Pramono, S. H., & Winanjuar, H. Sistem Monitoring Gerak Berbasis Kinect untuk Terapi Anak Autis. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 7(3), 125-130, 2019.
- [13] Maenner, M.J., Shaw, K.A., Baio, J., Washington, A., Patrick, M., DiRienzo, M., Christensen, D.L., Wiggins, L.D., Pettygrove, S., Andrews, J.G. and Lopez, M. Prevalence of autism spectrum disorder among children aged 8 years-autism and developmental disabilities monitoring network, 11 sites, United States, 2016. *MMWR Surveillance Summaries*, 69(4), p.1, 2020.
- [14] Arthanti, R.D., Hidayat, A.A. and Badrujaman, A. Improvement of motoric ability in autism spectrum disorder with sports therapy. *Indonesian Journal of Disability Studies*, 6(2), 2019.
- [15] Widia, P. and Hervina, W. The effectiveness of Xbox Kinect game interventions to improve social skills for children with autism spectrum disorder. *International Journal of Developmental Disabilities*, pp.1-10, 2020.
- [16] Apriyanto, D., Ernastuti, Ernastuti, & Haryanto. Motion capture technology with kinect xbox one for dance learning media. *Journal of Physics: Conference Series*, 1175(1), 012052, 2019.
- [17] Pratama, L.D., Hidayat, W. and Sunaryono, D., August. Augmented Reality Game Design For Children With Autism Spectrum Disorder (ASD) In Improving Gross Motor Skill. In 2019 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (iSemantic) (pp. 463-468). IEEE, 2019.
- [18] Pratomo, I., Kurniawan, F., Suwa, H. and Nishida, T. Enhancing the Accuracy of Microsoft Kinect Sensor Data Using Kalman Filter and Hermite Spline Interpolation. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 9(1), pp.315-322, 2019.
- [19] Welch, G., Bishop, G. and Grochow, K. The Kalman filter [lecture notes]. *IEEE Control Systems Magazine*, 40(3), pp.28-58, 2020.
- [20] Ristyawati, I.K.E., Sudhita, I.W.R., & Aribowo, A.S. Literature Review sebagai Metode Penelitian dalam Bidang Pendidikan. *Jurnal Kependidikan: Jurnal Hasil Penelitian dan Kajian Kepustakaan di Bidang Pendidikan, Pengajaran dan Pembelajaran*, 6(3), 390-398, 2020.
- [21] Purnama, A., Novalia, M., & Hasanah, U. Dokumentasi sebagai Metode Pengumpulan Data pada Penelitian Kualitatif. *Jurnal Dedikasi Pendidikan*, 4(1), 620-629, 2020.

- [22] Alzhrani, A. et al. Agile Software Development Methodologies: Strength and Weakness. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(6), 2020.
- [23] Kurniawan, D. E., & Purnama, J. Rancang Bangun Game Edukasi Pengenalan Emosi Untuk Anak Autis Menggunakan Metode Multimedia Development Life Cycle. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, 5(1), 53-60, 2020.
- [24] Susanto R, Husen MN, Lajis A, Lestari W, Hasanah H. The effectiveness of making a portable laboratory integrated with local wisdom using a project-based learning approach to improve student learning outcomes. In *AIP Conference Proceedings 2023 Jun 14 (Vol. 2751, No. 1)*. AIP Publishing.
- [25] Susanto R, Husen MN, Lajis A. The Product Development of Portable Laboratory Integrated with Local Wisdom (PL-ILW) by Undergraduate Student. In *2022 16th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (IMCOM) 2022 Jan 3 (pp. 1-5)*. IEEE.