

Peran AI dalam Mengatasi Tantangan Diagnosis Dini Autisme: Solusi Teknologi dan Implikasinya

Ni Luh Bella Dwijaksana^{1*}, Safrian Andromeda²

^{1,2}Teknik Elektro, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia
Email Korespondensi: ¹nfebriyanti@ft.unsika.ac.id

Abstrak– Diagnosis dini gangguan spektrum autisme (Autism Spectrum Disorder/ASD) merupakan langkah krusial dalam memastikan intervensi yang efektif dan meningkatkan kualitas hidup individu yang terdampak. Namun, proses ini kerap menghadapi berbagai tantangan, seperti keterbatasan akses ke tenaga profesional, waktu yang diperlukan untuk evaluasi menyeluruh, dan risiko kesalahan diagnosis akibat keterbatasan subjektivitas penilaian manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi tantangan tersebut dengan mengeksplorasi peran kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) dalam mendukung diagnosis dini autisme. Metode yang digunakan dalam penelitian ini mencakup tinjauan literatur sistematis dan analisis studi kasus implementasi teknologi AI dalam diagnosis medis, khususnya pada autisme. Berbagai teknik AI, seperti pembelajaran mesin (machine learning), analisis video, dan pengolahan bahasa alami (natural language processing), diidentifikasi dan dievaluasi untuk menilai keefektifannya dalam mendeteksi gejala autisme sejak dini. Penelitian ini juga menggunakan pendekatan kualitatif melalui wawancara mendalam dengan ahli medis dan pengembang teknologi untuk memahami tantangan dan peluang integrasi AI dalam praktik diagnosis. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi potensi dan keterbatasan AI dalam diagnosis dini autisme, serta menyusun rekomendasi strategis bagi pengembang teknologi dan tenaga medis dalam mengadopsi AI secara etis dan efektif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa AI dapat secara signifikan meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam diagnosis autisme, terutama dalam pengolahan data kompleks yang melibatkan pola perilaku dan interaksi sosial. Namun, penelitian ini juga mengungkapkan bahwa AI tidak dapat sepenuhnya menggantikan peran tenaga medis, karena masih terdapat risiko bias algoritma dan kebutuhan akan penilaian holistik dari seorang profesional. Selain itu, penggunaan AI dalam diagnosis memerlukan regulasi yang ketat serta pelatihan khusus bagi tenaga medis untuk memastikan teknologi ini digunakan dengan cara yang tepat dan bertanggung jawab. Penelitian ini menyimpulkan bahwa meskipun AI menawarkan solusi yang menjanjikan untuk tantangan diagnosis dini autisme, implementasinya harus dilakukan dengan pendekatan yang terukur dan berbasis bukti, dengan memperhatikan dampak sosial, etika, dan profesional.

Kata Kunci: Diagnosis dini autisme, Kecerdasan buatan (AI), Pembelajaran mesin (Machine learning), Analisis perilaku, Implikasi etika

Abstract– Early diagnosis of autism spectrum disorder (ASD) is an important step in ensuring effective interventions and improving the quality of life of affected individuals. However, this process often faces various challenges, such as limited access to professionals, the time required for a thorough evaluation, and the risk of misdiagnosis due to the limited subjectivity of human judgment. This study aims to overcome these challenges by exploring the role of artificial intelligence (AI) in supporting early diagnosis of autism. The methods used in this study include a systematic literature review and analysis of case studies on the application of AI technology in medical diagnosis, especially in autism. Various AI techniques, such as machine learning, video analysis, and natural language processing, were identified and evaluated to assess their effectiveness in detecting early symptoms of autism. The study also uses a qualitative approach through in-depth interviews with medical experts and technology developers to understand the challenges and opportunities of AI integration in diagnostic practice. The main objective of this study is to identify the potential and limitations of AI in early diagnosis of autism, as well as to develop strategic recommendations for technology developers and medical personnel in adopting AI ethically and effectively. The results suggest that AI can significantly improve accuracy and efficiency in autism diagnosis, especially in processing complex data involving behavioral patterns and social interactions. However, the study also reveals that AI cannot completely replace the role of medical personnel, as there is still a risk of algorithmic bias and the need for a holistic assessment from a professional. In addition, the use of AI in diagnosis requires strict regulation and specialized training for medical personnel to ensure that this technology is used in an appropriate and responsible manner. The study concludes that while AI offers a promising solution to the challenge of early diagnosis of autism, its implementation must be done with a measurable and evidence-based approach, taking into account social, ethical, and professional impacts.

Keywords: Early autism diagnosis, Artificial Intelligence (AI), Machine learning, Behavioral analysis, Ethical implications.

1. PENDAHULUAN

Autisme mencakup berbagai kondisi neurodevelopmental yang ditandai oleh kesulitan komunikasi sosial serta perilaku dan minat yang terbatas dan berulang sejak usia dini. Prevalensi global autisme diperkirakan sekitar 1%. Kondisi ini lebih sering terjadi pada laki-laki dibandingkan perempuan dan sering disertai komorbiditas, di mana lebih dari 70% individu mengalami kondisi lain bersamaan. Individu dengan autisme menunjukkan profil kognitif yang tidak biasa, termasuk gangguan dalam kognisi sosial dan persepsi sosial, disfungsi eksekutif, serta pemrosesan persepsi dan informasi yang atipikal, yang semuanya berakar pada perkembangan neural yang tidak biasa pada tingkat sistem. Genetika memiliki peran penting dalam penyebab autisme, bersama dengan faktor lingkungan awal perkembangan. Mutasi langka dengan efek besar dan varian umum dengan efek kecil sama-sama berkontribusi terhadap risiko. Penilaian yang bersifat multidisiplin dan berbasis perkembangan sangat penting, dan deteksi dini sangat krusial untuk

intervensi tepat waktu. Intervensi perilaku yang komprehensif dan terarah sejak dini dapat meningkatkan komunikasi sosial serta mengurangi kecemasan dan agresi. Meskipun obat-obatan dapat mengurangi gejala komorbid, obat-obatan tersebut tidak secara langsung memperbaiki komunikasi sosial. Penciptaan lingkungan yang mendukung, yang menerima dan menghormati perbedaan individu, sangatlah penting [1].

Diagnosis dini terhadap *Autism Spectrum Disorder* (ASD) dapat menyebabkan ketidakpastian seperti *overdiagnosis* dan *overtreatment*. Anak-anak yang didiagnosis dini sering kali menerima pengobatan dan terapi perilaku meskipun tidak memenuhi kriteria diagnostik ASD. Alat skrining untuk balita memiliki tingkat positif palsu (*false-positive rates*) yang tinggi, sehingga menyebabkan banyak anak dirujuk untuk penilaian lebih lanjut yang akhirnya tidak didiagnosis ASD. Diagnosis dini juga dapat menunda pengenalan kondisi lain seperti ADHD. Orang tua dari anak-anak yang didiagnosis dini sering merasa terstigmatisasi dan khawatir tentang dampak negatif label ASD pada masa depan anak mereka [2].

Autisme dapat diidentifikasi sejak usia 18 bulan atau lebih muda, tetapi diagnosis yang andal biasanya dilakukan pada usia dua tahun oleh profesional berpengalaman. Karena tidak ada tes medis seperti tes darah untuk mendiagnosis autisme, dokter harus melihat riwayat perkembangan dan perilaku anak. NCBDD (*National Center on Birth Defects and Developmental Disabilities*) merekomendasikan skrining pada usia sembilan bulan, 18 bulan, 24, dan 30 bulan. AAP (*American Association of Pediatrics*) juga menyarankan agar skrining autisme dilakukan pada pemeriksaan rutin usia 18 dan 24 bulan. Orang tua juga dianjurkan untuk berperan aktif dalam proses ini. Adapun memahami tonggak perkembangan anak sangat penting untuk diagnosis ASD. Tonggak perkembangan CDC adalah panduan untuk membantu melacak perkembangan anak dari lahir hingga lima tahun, mencakup keterampilan sosial dan emosional, bahasa dan komunikasi, perkembangan kognitif, dan pertumbuhan fisik. Hasil skrining tidak memberikan diagnosis pasti, tetapi dapat menunjukkan kebutuhan untuk evaluasi perkembangan formal oleh spesialis [2].

Berikut Alat Skrining yang Umum Digunakan[2]:

1. *Modified Checklist for Autism in Toddlers, Revised with Follow-Up* (M-CHAT-R/F): Alat skrining untuk anak usia 16 hingga 30 bulan, berupa kuesioner 20 item yang diisi oleh orang tua atau pengasuh.
2. *Ages and Stages Questionnaire* (ASQ): Alat skrining perkembangan yang menilai kesulitan pada usia tertentu.
3. *Screening Tool for Autism in Toddlers* (STAT): Dirancang untuk penyedia layanan komunitas, terdiri dari 12 item dan memakan waktu sekitar 20 menit untuk diadministrasikan.
4. *Social Communication Questionnaire* (SCQ): Terdiri dari 40 pertanyaan ya atau tidak, digunakan untuk anak usia empat hingga 40 tahun.
5. *Parents' Evaluation of Developmental Status* (PEDS): Wawancara orang tua untuk menilai perkembangan anak dalam berbagai bidang seperti keterampilan motorik dan bahasa.

Dalam beberapa kasus, waktu rata-rata untuk diagnosis dan deteksi jenis ini memakan waktu lebih dari tiga tahun [3]. Metode skrining yang telah dikembangkan oleh para peneliti tersebut, dapat membantu dalam memberikan indikasi awal mengenai adanya ciri-ciri ASD. Setelah orang tua memperhatikan ciri-ciri ASD, pasien perlu dinilai oleh dokter klinis bersertifikat dan profesional yang terlatih dengan baik untuk memastikan adanya ciri-ciri ASD. Di masa lalu, proses penilaian ini bisa memakan waktu hingga 90 menit. Selain itu, proses ini membutuhkan banyak pekerja terampil dan tidak terampil, sehingga menjadi mahal dan memakan waktu. Selain itu, periode yang lebih lama untuk menentukan ASD memberikan kerugian tambahan bagi kehidupan sehari-hari pasien, yang menunda perawatan mereka, terapi bicara dan perilaku, serta pengobatan lain yang dapat meningkatkan kualitas hidup dan kegiatan sosial-budaya pasien ASD [4].

Baru-baru ini, kecerdasan buatan (AI) telah muncul sebagai alternatif yang menjanjikan. Dibangun berdasarkan jaringan biologis otak manusia, AI mencakup berbagai teknologi yang mampu menjalankan fungsi kognitif dengan meniru kecerdasan manusia. Meskipun hasil yang menjanjikan telah ditunjukkan di bidang lain seperti teknik, bisnis, dan aplikasi sehari-hari, upaya yang semakin meningkat dilakukan untuk mengintegrasikan AI ke dalam perawatan kesehatan. Studi sebelumnya telah menerapkan AI dalam pengenalan gejala, klasifikasi, diagnosis, dan prediksi hasil berdasarkan data terstruktur atau tidak terstruktur. AI dapat meningkatkan akurasi melalui uji coba dan mengurangi kemungkinan kesalahan manusia. Misalnya, AI mampu menangkap data yang mungkin tidak terlihat oleh mata manusia selama observasi perilaku, yang dapat menghasilkan data yang lebih akurat. Dengan minat yang semakin meningkat pada AI, terdapat upaya untuk membuat program-program tersebut dapat diakses oleh masyarakat umum [5].

Penelitian ini juga bertujuan untuk menilai potensi kecerdasan buatan (AI) sebagai solusi inovatif dalam meningkatkan akurasi diagnosis dan mengurangi kesalahan manusia, serta mengeksplorasi bagaimana teknologi AI dapat diintegrasikan secara efektif dalam perawatan kesehatan untuk meningkatkan hasil bagi pasien dengan autisme.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Systematic Literature Review (SLR) adalah metode penelitian yang terstruktur dan sistematis untuk mengumpulkan, mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis semua studi yang relevan tentang topik atau pertanyaan penelitian tertentu. Proses ini dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah dan protokol yang telah ditetapkan untuk memastikan objektivitas, transparansi, dan cakupan yang menyeluruh dalam menilai literatur yang

Ni Luh Bella Dwijaksara, Copyright © 2024, JKN, Page 37

Submitted: 07/08/2024; Accepted: 18/08/2024; Published: 20/08/2024

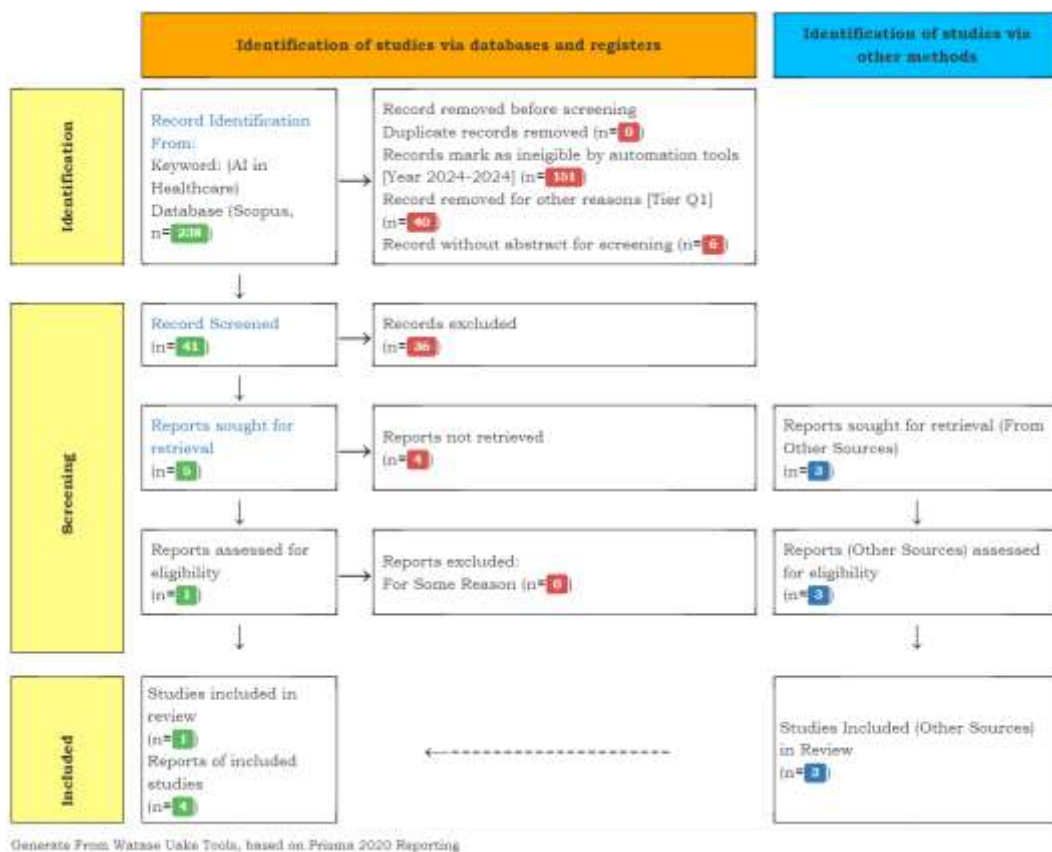
ada. Melalui SLR, peneliti dapat mendapatkan gambaran lengkap tentang perkembangan terbaru dalam bidang tertentu, menemukan kekurangan dalam penelitian, dan memberikan rekomendasi untuk penelitian di masa depan berdasarkan sintesis hasil studi sebelumnya. Dengan demikian, SLR bukan hanya tinjauan naratif, tetapi metode penelitian yang terorganisir dan terarah untuk memahami topik penelitian secara mendalam [6].

Pertama kali diperkenalkan pada tahun 2009, *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) bertujuan untuk membantu peneliti melaporkan secara jelas alasan di balik tinjauan sistematis, proses yang dilakukan, dan hasil yang diperoleh. Dengan berkembangnya metodologi dan istilah dalam tinjauan sistematis selama satu dekade terakhir, pedoman ini perlu diperbarui untuk mencerminkan kemajuan tersebut. Pernyataan PRISMA 2020 adalah pembaruan dari versi sebelumnya yang dirilis pada tahun 2009. Pedoman baru ini mencakup instruksi pelaporan yang disesuaikan dengan kemajuan terbaru dalam metodologi untuk mengidentifikasi, memilih, mengevaluasi, dan mensintesis studi yang relevan. Struktur dan penyajian item telah disesuaikan untuk memudahkan penerapan yang lebih sederhana [7].

Watase UAKE adalah sistem penelitian kolaboratif online yang diluncurkan pada tahun 2018. Pengembangan sistem ini dimulai pada tahun 2020 dan melibatkan peneliti dari berbagai universitas. Tujuan utama dari www.watase.web.id adalah untuk mempermudah peneliti dalam melakukan penelitian kolaboratif dengan rekan-rekan dari institusi berbeda. Dengan Watase UAKE, peneliti dapat berbagi informasi, data, dan sumber daya terkait penelitian mereka dengan peneliti lain dalam sistem. Salah satu fitur utamanya adalah pencarian literatur sistematis menggunakan metode PRISMA, yang mendukung peneliti dalam melakukan tinjauan literatur yang menyeluruh dan terstruktur [8].

Dalam studi ini, proses pengumpulan referensi dilakukan menggunakan aplikasi Watase UAKE. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian artikel terkait adalah "AI in Healthcare." Peneliti menggunakan aplikasi Watase UAKE yang terintegrasi dengan API Key dari mesin pencari Scopus untuk melakukan pencarian literatur. Pilihan mesin pencari Scopus bertujuan untuk memperoleh literatur ilmiah yang bereputasi baik dan terindeks di kuartil Q1, Q2, Q3, dan Q4. Proses pencarian ini menghasilkan 41 artikel yang relevan dengan topik penelitian, dengan tahun publikasi pada tahun 2024 dan dengan kuartil Q1. Selanjutnya dilakukan penyaringan berdasarkan kelengkapan dokumen, akses dan tema. Maka hasil akhirnya adalah 4 (empat) artikel yang relevan.

Dari penelusuran jurnal yang telah sesuai dengan topik bahasan, berikut adalah hasil PRISMA dari Watase UAKE dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Prisma dari Watase UAKE

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Terdapat 41 artikel yang telah diekstraksi dari 238 artikel yang tersaring melalui database. Selanjutnya, dipilih 1 artikel dan 3 artikel tambahan yang membahas penerapan AI dalam bidang kesehatan yaitu: Autisme dapat dilihat uraian hasil temuan pada tabel 1 berikut..

Tabel 1. Perbandingan Hasil Temuan Penelitian

Judul	Penulis	Bidang	Tujuan	Hasil
<i>Biosignal comparison for autism assessment using machine learning models and virtual reality [9] .</i>	Maria Eleonora Minissi, Alberto Altozano, Javier Marín-Morales, Irene Alice Chicchi Giglioli, Fabrizia Mantovani, Mariano Alcañiz.	<i>Autism Spectrum Disorder (ASD).</i>	Menyelidiki penerapan model <i>machine learning</i> dan perbandingan biosignal dalam penilaian <i>Autism Spectrum Disorder (ASD)</i> . Fokus penelitian ini adalah meningkatkan objektivitas evaluasi klinis dengan menggunakan biosignal implisit, seperti yang diperoleh dari pelacakan mata dan keterampilan motorik, dalam lingkungan realitas virtual yang imersif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat penilaian yang lebih sensitif dan akurat, sehingga dapat meningkatkan deteksi ASD dan membedakan gangguan ini dengan lebih baik, serta mengatasi keterbatasan yang ada pada metode penilaian tradisional.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa model <i>machine learning</i> berbasis keterampilan motorik memiliki kekuatan identifikasi <i>Autism Spectrum Disorder (ASD)</i> tertinggi, dengan area under the curve (AUC) sebesar 0,89. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan <i>machine learning</i> pada biosignal dapat secara signifikan memperbaiki proses penilaian ASD.
<i>Evaluation of AI tools for healthcare networks at the cloud-edge interaction to diagnose autism</i>	Yue Pan; Andia Foroughi.	<i>Autism Spectrum Disorder (ASD).</i>	Penelitian ini menekankan pentingnya penggunaan algoritma <i>machine learning</i> , khususnya	Mengembangkan model pengambilan keputusan yang efektif menggunakan analisis wajah

<i>in educational environments</i> [10].			arsitektur AlexNet, untuk mendiagnosis autisme dalam lingkungan pendidikan. Platform komputasi tepi berperan penting dalam meningkatkan kecepatan dan akurasi pemrosesan gambar wajah untuk mengidentifikasi ASD pada anak-anak.	untuk mengidentifikasi <i>Autism Spectrum Disorder</i> (ASD) pada anak-anak. Model ini memanfaatkan platform komputasi tepi untuk memproses data yang diperoleh melalui algoritma <i>deep learning</i> , dengan tujuan mencapai tingkat akurasi diagnosis yang tinggi dalam mengenali autisme berdasarkan gambar wajah anak-anak.
<i>An evaluation of machine learning approaches for early diagnosis of autism spectrum disorder</i> [4].	Rownak Ara Rasul, Promy Saha, Diponkor Bala, S.M. Rakib Ul Karim, Md. Ibrahim Abdullah, Bishwajit Saha.	<i>Autism Spectrum Disorder</i> (ASD)	Menilai dan membandingkan berbagai teknik <i>machine learning</i> dalam hal efektivitasnya untuk diagnosis dini <i>Autism Spectrum Disorder</i> (ASD)	Algoritma <i>machine learning</i> dapat secara efektif mengidentifikasi <i>Autism Spectrum Disorder</i> (ASD) dengan akurasi yang patut dipuji, serta menunjukkan bahwa kinerja model yang berbeda bervariasi tergantung pada dataset yang digunakan.
<i>Investigating multiclass autism spectrum disorder classification using machine learning techniques</i> [11].	Puneet Bawa, Virender Kadyan, Archana Mantri, Harsh Vardhan.	<i>Autism Spectrum Disorder</i> (ASD)	Meningkatkan deteksi, diagnosis, dan strategi intervensi yang dipersonalisasi bagi individu dengan <i>Autism Spectrum Disorder</i> (ASD). Penelitian ini berfokus pada pengembangan metodologi canggih, termasuk <i>machine learning</i> dan <i>data analytics</i> , untuk meningkatkan akurasi dalam mengklasifikasikan ASD.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa berbagai klasifikator <i>machine learning</i> , seperti <i>Naive Bayes</i> , <i>Decision Tree</i> , <i>Random Forest</i> , <i>KNN</i> , <i>Support Vector Machine</i> , dan <i>Logistic Regression</i> , efektif dalam mengidentifikasi dan mengategorikan individu dengan <i>Autism Spectrum Disorder</i> (ASD). Penelitian ini mencapai akurasi

tinggi, dengan beberapa model mencapai hingga 99% akurasi dalam mengklasifikasikan individu berdasarkan kelompok usia dan gejala ASD. Temuan ini juga menyoroti potensi peningkatan proses diagnosis dan intervensi yang dipersonalisasi melalui teknik analitik canggih.

Penggunaan *machine learning* dalam deteksi *Autism Spectrum Disorder* (ASD) telah mendapat perhatian signifikan dalam beberapa tahun terakhir sebagai pendekatan yang menjanjikan untuk meningkatkan diagnosis dini dan intervensi [12]. Penerapan teknik *machine learning* pada data medis, khususnya dalam konteks pengukuran genetik dan protein yang kompleks, dapat menawarkan wawasan berharga dan memfasilitasi diagnosis yang lebih akurat dan efisien. Hal ini sangat relevan dalam bidang *Autism Spectrum Disorder* (ASD), di mana deteksi dini dan intervensi tepat waktu sangat penting untuk meningkatkan hasil jangka panjang [13].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Yue Pan dan tim, pendidik harus memahami dampak lingkungan belajar terhadap keterlibatan dan perilaku anak-anak dengan *Autism Spectrum Disorder* (ASD). Bagian-bagian selanjutnya memberikan pertimbangan, saran, dan pendekatan untuk menciptakan lingkungan pendidikan yang inklusif sesuai dengan kebutuhan anak-anak ASD. Penelitian dilakukan dengan menyelidiki tantangan diagnosis autisme, berbagai metode seperti karakteristik wajah, rekaman otak, sinyal suara, dan neuroimaging telah diperiksa, dengan sebagian besar penelitian mengandalkan pengujian klinis. Teknik diagnostik ini memiliki berbagai kelebihan dan kekurangan yang umum dalam konteks *Big Data* dan *Machine Learning*. Algoritma *machine learning* mengungguli model yang lebih sederhana. Studi menunjukkan tingkat presisi sebesar 90%, yang bermanfaat bagi siswa sekolah dasar dan anak-anak non-autistik, serta tingkat akurasi diagnosis sebesar 92% untuk autisme [10].

Maria dan tim, melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengembangkan metode deteksi awal dan objektif untuk *Autism Spectrum Disorder* (ASD) menggunakan biosinyal implisit dan eksplisit dalam lingkungan VR. Studi ini menggunakan pengaturan *virtual reality* (VR) untuk mengumpulkan biosinyal dari peserta, termasuk keterampilan motorik, kinerja perilaku, dan gerakan mata. Para peserta ditempatkan dalam empat skenario virtual, di mana mereka berinteraksi dan bermain dengan anak virtual. Selama pengalaman tersebut, biosinyal implisit dan eksplisit direkam. Model *machine learning* dikembangkan untuk mengklasifikasikan *Autism Spectrum Disorder* (ASD) menggunakan masing-masing biosinyal, dan kinerja model dibandingkan untuk menentukan model dengan kinerja terbaik. Hasilnya menunjukkan bahwa model gabungan berdasarkan keterampilan motorik mencapai hasil klasifikasi terbaik, dengan AUC sebesar 0.89 (SD = 0.08). Sehingga, studi ini menyimpulkan bahwa keterampilan motorik adalah biosinyal yang menjanjikan untuk penilaian awal *Autism Spectrum Disorder* (ASD), dan bahwa biosinyal implisit, termasuk gerakan mata dan keterampilan motorik, mungkin lebih efektif daripada biosinyal eksplisit, seperti kinerja perilaku dan terkait verbal, dalam mengidentifikasi *Autism Spectrum Disorder* (ASD). Studi ini juga menyimpulkan bahwa klasifikasi *Autism Spectrum Disorder* (ASD) yang diusulkan berdasarkan biosinyal implisit dari keterampilan motorik direkam secara objektif oleh sistem VR dan dianalisis secara otomatis oleh perangkat lunak khusus, mengatasi keterbatasan penilaian *Autism Spectrum Disorder* (ASD) terkait kurangnya pengukuran objektif [9].

Metode *machine learning* digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik penting dari *Autism Spectrum Disorder* (ASD), meningkatkan dan mengotomatisasi proses diagnostik, serta menjelajahi efektivitas delapan model klasifikasi *machine learning* dan lima model klastering menggunakan dataset yang terkait dengan *Autism Spectrum Disorder* (ASD) pada anak-anak, orang dewasa, dan dataset gabungan. Studi dilakukan dengan menggunakan delapan model klasifikasi *machine learning* (*Naive Bayes*, *k-Nearest Neighbors*, *Logistic Regression*, *Support Vector Machine*, *Decision Tree*, *Random Forest*, *Artificial Neural Network*, dan *Linear Regression*) dan lima model klastering (*k-means*, *Agglomerative*, *GMM*, *Spectral*, dan *BIRCH*) untuk mengevaluasi efektivitas model menggunakan delapan metrik kinerja (akurasi, presisi, *recall*, spesifisitas, *F1-score*, *area under the curve*, *kappa*, dan *log loss*) dan tiga metrik klastering (*Normalized Mutual Information*, *Adjusted Rand Index*, dan *Silhouette Coefficient*). Hasil menunjukkan bahwa semua model klasifikasi mencapai kinerja yang baik. Model SVM dan LR mencapai akurasi tertinggi sebesar 100% untuk dataset anak-anak, model LR menghasilkan akurasi tertinggi sebesar 97,14% untuk dataset orang dewasa,

dan model ANN memberikan akurasi tertinggi sebesar 94,24% untuk dataset gabungan. Spectral clustering mengungguli semua model klastering lainnya dalam hal metrik NMI dan ARI. Studi ini menyimpulkan bahwa model *machine learning* dapat efektif dalam mengidentifikasi karakteristik *Autism Spectrum Disorder* (ASD) dan bahwa *spectral clustering* mengungguli model klastering lainnya. Namun, studi ini juga mengakui bahwa analisis memiliki keterbatasan karena ukuran dataset yang relatif terbatas terkait *Autism Spectrum Disorder* (ASD) [4].

Pengembangan pendekatan sistematis untuk deteksi dini *Autism Spectrum Disorder* (ASD) menggunakan teknik *machine learning* dan mengevaluasi kinerja berbagai model klasifikasi pada tugas klasifikasi biner dan multi-kelas. Studi ini menggunakan teknik *machine learning*, termasuk *Logistic Regression*, *SVM*, *Naive Bayes*, *Decision Tree*, *Random Forest*, dan *K-Nearest Neighbor*, untuk mengklasifikasikan *Autism Spectrum Disorder* (ASD) pada individu. Dataset digabungkan dan dipreproses, dan kinerja model dievaluasi menggunakan metrik akurasi, *recall*, presisi, dan *F1-score*. Pada studi ini juga menerapkan teknik *machine learning* seperti *Logistic Regression*, *SVM*, *Random Forest*, *Decision Tree*, *KNN*, dan *Naive Bayes*, dengan penyesuaian hiperparameter menggunakan *Grid Search* untuk meningkatkan kinerja model. Hasil studi menunjukkan bahwa algoritma *Logistic Regression* dan *SVM* mengungguli algoritma *machine learning* lainnya dalam mengklasifikasikan *Autism Spectrum Disorder* (ASD), dengan tingkat akurasi yang tinggi pada sistem klasifikasi biner dan multi-kelas. Model *Logistic Regression* memiliki tingkat akurasi tertinggi pada dataset anak-anak, sementara model *SVM* memiliki kinerja terbaik pada dataset orang dewasa. Dataset gabungan juga menunjukkan peningkatan kinerja dengan model *Logistic Regression*. Studi ini mencapai tingkat presisi yang tinggi dengan metode *Logistic Regression* dan *SVM*, dengan tingkat akurasi masing-masing sebesar 99,09% dan 99,55%. Studi ini menyimpulkan bahwa teknik *machine learning* dapat efektif dalam mendiagnosis *Autism Spectrum Disorder* (ASD) dan bahwa pengembangan sistem klasifikasi dapat meningkatkan deteksi dini dan pengobatan *Autism Spectrum Disorder* (ASD). Studi ini menunjukkan efektivitas teknik *machine learning* dalam mendeteksi *Autism Spectrum Disorder* (ASD) pada berbagai kelompok usia. Hasilnya menunjukkan bahwa model *Logistic Regression* dan *SVM* dapat digunakan untuk deteksi dini ASD. *Machine learning* memiliki potensi dalam membantu identifikasi dan penilaian *Autism Spectrum Disorder* (ASD) pada orang-orang di berbagai kelompok usia, dan bahwa metode *Logistic Regression* dan *Support Vector Machine* efektif dalam secara akurat membedakan orang dengan *Autism Spectrum Disorder* (ASD) [11].

Penelitian-penelitian ini memperkuat potensi *machine learning* sebagai alat yang ampuh dalam diagnosis dini dan penilaian *Autism Spectrum Disorder* (ASD), menunjukkan bahwa kombinasi berbagai biosinyal dan algoritma canggih dapat menghasilkan akurasi yang tinggi, sehingga membuka jalan untuk intervensi yang lebih awal dan lebih efektif.

4. KESIMPULAN

Autisme adalah kondisi neurodevelopmental yang kompleks dengan prevalensi global sekitar 1%, lebih sering terjadi pada laki-laki dan sering disertai kondisi komorbid. Deteksi dan diagnosis dini sangat penting, dengan penilaian multidisiplin dan intervensi perilaku sejak dini terbukti meningkatkan hasil. Kecerdasan buatan (AI) menawarkan potensi besar dalam meningkatkan akurasi diagnosis dan deteksi autisme melalui penggunaan model *machine learning* dan teknik analitik canggih. AI dapat mengidentifikasi karakteristik autisme lebih cepat dan akurat, membuka jalan untuk intervensi yang lebih awal dan efektif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini.

REFERENCES

- [1] M.-C. Lai, M. V. Lombardo, and S. Baron-Cohen, 'Autism', *The Lancet*, vol. 383, no. 9920, pp. 896–910, Mar. 2014, doi: 10.1016/S0140-6736(13)61539-1.
- [2] C. Okoye *et al.*, 'Early Diagnosis of Autism Spectrum Disorder: A Review and Analysis of the Risks and Benefits', *Cureus*, Aug. 2023, doi: 10.7759/cureus.43226.
- [3] R. J. Landa, 'Diagnosis of autism spectrum disorders in the first 3 years of life', *Nat. Clin. Pract. Neurol.*, vol. 4, no. 3, pp. 138–147, Mar. 2008, doi: 10.1038/ncpneuro0731.
- [4] R. A. Rasul, P. Saha, D. Bala, S. M. R. U. Karim, Md. I. Abdullah, and B. Saha, 'An evaluation of machine learning approaches for early diagnosis of autism spectrum disorder', *Healthc. Anal.*, vol. 5, p. 100293, Jun. 2024, doi: 10.1016/j.health.2023.100293.
- [5] E. V. Isaeva *et al.*, 'The Use of Collagen with High Concentration in Cartilage Tissue Engineering by Means of 3D-Bioprinting', *Cell Tissue Biol.*, vol. 15, no. 5, pp. 493–502, Sep. 2021, doi: 10.1134/S1990519X21050059.

-
- [6] E. Triandini, S. Jayanatha, A. Indrawan, G. Werla Putra, and B. Iswara, 'Metode Systematic Literature Review untuk Identifikasi Platform dan Metode Pengembangan Sistem Informasi di Indonesia', *Indones. J. Inf. Syst.*, vol. 1, no. 2, p. 63, Feb. 2019, doi: 10.24002/ijis.v1i2.1916.
 - [7] M. J. Page *et al.*, 'The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews', *BMJ*, p. n71, Mar. 2021, doi: 10.1136/bmj.n71.
 - [8] 'SYSTEMATIC LITERATUR REVIEW DENGAN METODE PRISMA: DAMPAK TEKNOLOGI BLOCKCHAIN TERHADAP PERIKLANAN DIGITAL', *J. Ilm. M-Prog.*, vol. 14, no. 1, Jan. 2024, doi: 10.35968/m-pu.v14i1.1182.
 - [9] M. E. Minissi, A. Altozano, J. Marín-Morales, I. A. Chicchi Giglioli, F. Mantovani, and M. Alcañiz, 'Biosignal comparison for autism assessment using machine learning models and virtual reality', *Comput. Biol. Med.*, vol. 171, p. 108194, Mar. 2024, doi: 10.1016/j.compbiomed.2024.108194.
 - [10] Y. Pan and A. Foroughi, 'Evaluation of AI tools for healthcare networks at the cloud-edge interaction to diagnose autism in educational environments', *J. Cloud Comput.*, vol. 13, no. 1, p. 39, Feb. 2024, doi: 10.1186/s13677-023-00558-9.
 - [11] P. Bawa, V. Kadyan, A. Mantri, and H. Vardhan, 'Investigating multiclass autism spectrum disorder classification using machine learning techniques', *E-Prime - Adv. Electr. Eng. Electron. Energy*, vol. 8, p. 100602, Jun. 2024, doi: 10.1016/j.prime.2024.100602.
 - [12] G.-D. Liu, Y.-C. Li, W. Zhang, and L. Zhang, 'A Brief Review of Artificial Intelligence Applications and Algorithms for Psychiatric Disorders', *Engineering*, vol. 6, no. 4, pp. 462–467, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.eng.2019.06.008.
 - [13] J. A. M. Sidey-Gibbons and C. J. Sidey-Gibbons, 'Machine learning in medicine: a practical introduction', *BMC Med. Res. Methodol.*, vol. 19, no. 1, p. 64, Dec. 2019, doi: 10.1186/s12874-019-0681-4.