JURNAL ILMIAH SISTEM INFORMASI (JUSI)
VOL 4, No. 2, Mei 2025, pp. 197 - 209
p-ISSN: 2803-1507 (media cetak) | e-ISSN: 2803-1531 (media online)
Link Publikasi: https://ejurnal.provisi.ac.id/index.php/JUISI/issue/view/134

Vision of Social-Based Robotics: Leveraging Computer Data and Social Media for Adaptive Industrial Robotics

Adjie Bangsawan[1], Ahmad Farid[2], Maulana Wijayanto[3], Nabila Mutiara Tsany[4], Yuniar Satrio Wibowo[5]
[1,2,3,4] Universitas Muria Kudus
Jl. Lkr. Utara, Kayuapu Kulon, Gondangmanis, Kec. Bae, Kudus, Jawa Tengah, Indonesia
e-mail*[1]: radjibangsawan25@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 22 Maret 2025
Revised: 10 April 2025
Accepted: 22 April 2025
Published: 31 Mei 2025

ABSTRACT

The rapid evolution of industrial robotics has been significantly influenced by the integration of computational data and social media, enabling robots to become more adaptive and responsive in collaborative work environments. This study investigates the role of social media and computational data in enhancing the adaptability of industrial robotics by applying machine learning techniques. By integrating sentiment analysis from social media with sensor data from industrial robots, this study examines how real-time data functions can improve robot decision-making and human-robot collaboration. Experimental results show a 23% increase in operational efficiency, an 89% accuracy rate in social interaction classification, and a 15% reduction in prediction errors. Furthermore, 62% of public sentiment toward adaptive robots is positive, highlighting the growing acceptance despite concerns over the impact of automation on jobs. These findings suggest that leveraging social media and computational data can significantly enhance the adaptability of robots, leading to a more efficient and socially conscious industrial ecosystem

Keywords: *Adaptive Robotics, Machine Learning, Human-Robot Interaction.*

Abstrak

Evolusi pesat robotika industri telah dipengaruhi secara signifikan oleh integrasi data komputasi dan media sosial, yang memungkinkan robot menjadi lebih adaptif dan responsif dalam lingkungan kerja kolaboratif. Studi ini mengkaji peran media sosial dan data komputasi dalam meningkatkan adaptabilitas robotika industri melalui penerapan teknik machine learning. Dengan mengintegrasikan analisis sentimen dari media sosial dan data sensor dari robot industri, studi ini meneliti bagaimana fungsi data waktu nyata dapat meningkatkan pengambilan keputusan robot dan kolaborasi antara manusia dan robot. Hasil eksperimen menunjukkan peningkatan efisiensi operasional sebesar 23%, tingkat akurasi 89% dalam klasifikasi interaksi sosial, dan penurunan kesalahan prediksi sebesar 15%. Selain itu, 62% sentimen publik terhadap robot adaptif bersifat positif, menunjukkan meningkatnya penerimaan meskipun terdapat kekhawatiran terhadap dampak otomatisasi terhadap lapangan kerja. Temuan ini menunjukkan bahwa pemanfaatan media sosial dan data komputasi dapat secara signifikan meningkatkan adaptabilitas robot, sehingga menciptakan ekosistem industri yang lebih efisien dan sadar sosial.
Kata Kunci: *Adaptive Robotics, Machine Learning, Human-Robot Interaction*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pesat robotika industri dalam beberapa tahun terakhir sangat dipengaruhi oleh penyatuan dengan teknologi informasi dan komunikasi. Robot industri modern tidak lagi hanya beroperasi secara

DOI: https://doi.org/10.51903/pt4vff36

p-ISSN: 2803-1507 e-ISSN: 2803-1531

otomatis, tetapi juga mulai berinteraksi dengan manusia dalam lingkungan kerja yang kolaboratif. Hal ini membuat konsep robotika sosial, yang menekankan desain robot untuk berinteraksi secara alami dan efektif dengan manusia, semakin penting. Pemanfaatan data dari komputer dan media sosial memiliki potensi besar untuk meningkatkan kemampuan robot industri dalam beradaptasi dan merespons perubahan dinamika sosial dan operasional di lingkungan kerja. Menurut Robinson et al. (2023), kemampuan robot untuk "melihat" dan memahami interaksi manusia sangat penting dalam kolaborasi manusia-robot. Visi robotik ini memungkinkan robot untuk mengumpulkan dan menginterpretasikan informasi tentang tindakan, tujuan, dan preferensi manusia, yang pada akhirnya meningkatkan layanan yang mereka berikan. Lebih lanjut, sebuah proyek dari Universitas Málaga berhasil menciptakan robot sosial adaptif yang dapat menyesuaikan perilakunya berdasarkan interaksi dengan pengguna dan konteks di lingkungan nyata, yaitu fasilitas perawatan (Villena et al., 2025).

Walaupun robot sosial dan adaptif telah mengalami kemajuan, riset yang ada cenderung berfokus pada interaksi robot dengan individu dalam lingkup kecil atau terbatas. Pemanfaatan data dari media sosial dan sumber komputer untuk meningkatkan kemampuan adaptasi robot dalam skala industri masih kurang dieksplorasi. Selain itu, pengintegrasian data sosial dan operasional agar robot dapat beradaptasi secara *real-time* terhadap perubahan dinamika di lingkungan kerja industri masih menjadi area yang memerlukan penelitian lebih mendalam. Oleh karena itu, fokus utama adalah menciptakan sistem yang menyatukan data komputer dan media sosial ke dalam robotika industri. Tujuannya adalah untuk memahami bagaimana informasi dari media sosial dapat membuat robot lebih adaptif dan responsif terhadap perubahan di lingkungan kerja. Selain itu, penelitian akan menguji seberapa efektif sistem ini dalam meningkatkan kerja sama antara manusia dan robot dalam situasi industri yang sebenarnya. Inovasi dari penelitian ini adalah penggunaan pendekatan interdisipliner yang menggabungkan data sosial dari media sosial ke dalam sistem robotika industri. Diharapkan, pendekatan ini akan menghasilkan robot industri yang tidak hanya tanggap terhadap perubahan operasional, tetapi juga memahami dinamika sosial di tempat kerja, yang pada akhirnya meningkatkan efisiensi dan keharmonisan dalam kolaborasi antara manusia dan robot.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pertumbuhan Robot Industri: Statistik dan Tren Global

Robotika industri telah mengalami perkembangan signifikan dalam dua dekade terakhir, mengarah pada otomatisasi yang semakin canggih dan efisien dalam berbagai sektor manufaktur. Menurut laporan *International Federation of Robotics* (IFR) pada tahun 2021, yang dikutip oleh Tantawi et al. (2024), jumlah robot industri yang beroperasi di seluruh dunia telah mencapai lebih dari 3 juta unit pada tahun 2020, dan mengalami pertumbuhan sebesar 77% hingga tahun 2021. Perkembangan ini tidak hanya terbatas pada peningkatan jumlah robot, tetapi juga pada kemampuan mereka untuk beradaptasi dengan lingkungan kerja yang dinamis. Penelitian oleh Nagy et al. (2023) and Zafar et al. (2024) menyatakan bahwa robotika industri adaptif, yang merujuk pada kemampuan robot untuk menyesuaikan diri dengan perubahan dalam proses produksi, menjadi semakin penting. Dengan kemampuan ini, robot dapat beroperasi secara efisien meskipun ada variabilitas dalam tugas atau kondisi, serta perubahan dalam jenis produk yang diproduksi atau fluktuasi dalam permintaan pasar. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk meningkatkan fleksibilitas dan responsivitas mereka terhadap kebutuhan konsumen yang terus berubah.

Dalam konteks ini, visinya adalah mengembangkan robot yang dapat mengadaptasi perilaku mereka berdasarkan data yang diperoleh dari komputer dan media sosial. Menurut (Kabir et al., 2023) (Mohamed et al., 2022) and (Feng et al., 2021) menunjukkan bahwa data komputer berfungsi untuk mengolah informasi terkait kondisi operasional robot, meliputi kecepatan, efisiensi, dan tingkat kesalahan. Sementara itu, media sosial menawarkan data yang lebih manusiawi, memberikan wawasan tentang interaksi sosial, preferensi, dan kebutuhan pengguna (Torous et al., 2021) (Li et al., 2023) and (M. S. C. Lim et al., 2022). Dengan demikian, analisis sentimen dari platform media sosial dapat memberikan informasi berharga tentang bagaimana produk diterima oleh konsumen, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi keputusan produksi dan desain robot. Dengan memanfaatkan kedua sumber data ini, robot dapat lebih responsif terhadap perubahan kebutuhan pasar dan meningkatkan kinerja mereka. Menurut penelitian Bekbolatova et al. (2024) robot yang mampu menganalisis data sosial diproyeksikan dapat meningkatkan akurasi prediksi tren pasar hingga mencapai 150 miliar pada tahun 2026, sehingga menjadi aset penting dalam pengambilan keputusan strategis.

Kombinasi data ini tidak hanya membantu robot dalam mengidentifikasi pola-pola sosial yang dapat meningkatkan kemampuan adaptif mereka, tetapi juga mempengaruhi keputusan yang lebih baik dalam

p-ISSN: 2803-1507 e-ISSN: 2803-1531

pengoperasian industri. Menurut (Kabalisa & Altmann, 2021) menyatakan bahwa laporan dari McKinsey Global Institute memprediksi adopsi AI lebih dari 70% perusahaan pada tahun 2030, yang akan meningkatkan produktivitas melalui otomatisasi dan meningkatkan *output* ekonomi global sebesar 16%. Selain itu, robot yang mampu beradaptasi dengan preferensi pengguna dapat meningkatkan kepuasan pelanggan dan mengurangi waktu respons terhadap permintaan pasar (Shah et al., 2023) and (Seo & Lee, 2021). Dengan demikian, integrasi data dari komputer dan media sosial tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga menciptakan lingkungan kerja yang lebih responsif dan inovatif. Masa depan robotika industri tidak hanya ditentukan oleh kemajuan teknologi mekanis, tetapi juga oleh pemahaman yang lebih mendalam tentang hubungan antara manusia dan mesin, yang pada akhirnya berpotensi mendorong pertumbuhan ekonomi serta membuka peluang pekerjaan baru di era otomatisasi.

2.2 Dampak Robot Adaptif pada Efisiensi

Teori Robotika Adaptif menekankan pentingnya kemampuan belajar dan beradaptasi bagi robot dalam menghadapi variabilitas dan ketidakpastian di lingkungan kerja industri. Dalam konteks ini, robot adaptif memanfaatkan algoritma *machine learning* untuk menganalisis data dan memprediksi perubahan situasi kerja. Penelitian oleh Proia et al. (2022) menunjukkan bahwa robot yang dilengkapi dengan kemampuan adaptif dapat meningkatkan efisiensi operasional hingga 23%, dengan menyesuaikan diri terhadap perubahan dalam proses produksi. Dengan kemampuan ini, robot tidak hanya dapat mengatasi tantangan yang muncul akibat fluktuasi permintaan atau perubahan dalam desain produk, tetapi juga dapat berkontribusi pada pengurangan biaya operasional dan peningkatan produktivitas secara keseluruhan.

Teori *Machine Learning* (ML) menjadi dasar penting dalam meningkatkan kemampuan adaptif robot. Pembelajaran mesin memungkinkan robot untuk memproses data yang diperoleh dari berbagai sumber, termasuk data sensor industri dan data sosial. Teknik meliputi *deep learning* (DL) memungkinkan robot untuk mengenali pola-pola tertentu dalam data yang kompleks, sehingga mereka dapat mengoptimalkan strategi operasional. Penelitian oleh (Wang et al., 2024) and (Hua et al., 2023) penerapan *deep learning* dalam robotika telah menunjukkan peningkatan akurasi dalam pengenalan objek dan pengambilan keputusan, yang sangat penting dalam konteks industri. Dengan memanfaatkan data yang beragam, robot dapat beradaptasi dengan lebih baik terhadap perubahan kondisi kerja dan meningkatkan responsivitas mereka terhadap kebutuhan pasar.

Teori *Human Machine Interaction* (HMI) juga memainkan peran krusial dalam pengembangan robotika adaptif, terutama dalam konteks robotika berbasis sosial. Teori ini menjelaskan bagaimana manusia berinteraksi dengan mesin, termasuk robot, dan bagaimana robot dapat merespons data dari media sosial untuk memahami preferensi manusia. Menurut (V. Lim et al., 2021) (Callarisa-Fiol et al., 2023) and (Talamali et al., 2021) menunjukkan bahwa robot yang mampu menganalisis data dari media sosial dapat lebih baik dalam menyesuaikan perilaku mereka dengan nilai-nilai sosial yang berkembang, sehingga meningkatkan interaksi dengan pengguna. Dengan memahami konteks sosial dan preferensi individu, robot tidak hanya dapat berfungsi secara efisien dalam lingkungan industri, tetapi juga dapat menciptakan pengalaman yang lebih positif bagi pengguna. Di era otomatisasi yang dinamis, penggabungan teknologi robotika, pembelajaran mesin, dan interaksi manusia berpotensi menciptakan solusi yang lebih inovatif dan adaptif.

2.3 Integrasi Data Sensor dan Sosial dalam Robotika

Penelitian sebelumnya terkait robotika adaptif telah menunjukkan kemajuan signifikan dalam penggunaan berbagai teknologi untuk meningkatkan kemampuan robot dalam berinteraksi dengan lingkungan yang berubah. Beberapa studi menunjukkan bahwa robot yang dilengkapi dengan kemampuan untuk belajar dari data sensor dan pengalaman sebelumnya dapat melakukan tugas yang lebih kompleks dengan lebih efisien. Penelitian oleh (Kondratenko et al., 2022) (Stączek et al., 2021) and (Sanchez-Cubillo et al., 2024) mengungkapkan bahwa robot yang menggabungkan data sensor industri dan data lingkungan dapat melakukan penyesuaian secara otomatis, yaitu mengubah kecepatan atau rute kerja berdasarkan analisis situasi *real-time*. Dengan kemampuan ini, robot tidak hanya dapat meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga mengurangi risiko kesalahan yang dapat terjadi akibat perubahan mendadak dalam kondisi kerja, sehingga menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan produktif.

Sementara itu, penggunaan media sosial untuk meningkatkan robotika industri adaptif masih dalam tahap eksperimen, namun sudah ada beberapa studi yang menunjukkan potensi besar. Penelitian oleh Liu et al. (2023) menyarankan bahwa informasi yang diambil dari media sosial dapat memberikan wawasan lebih

p-ISSN: 2803-1507 e-ISSN: 2803-1531

mendalam tentang perilaku konsumen atau pengguna, yang pada gilirannya dapat diterapkan dalam konteks pengoperasian robot yang lebih responsif terhadap permintaan sosial dan kebutuhan pasar. Data dari platform media sosial, meliput preferensi dan ulasan pengguna, dapat memberi robot informasi tentang kondisi kerja yang lebih "manusiawi" dan menambah kemampuannya untuk melakukan adaptasi yang lebih halus terhadap perubahan. Dengan memanfaatkan data ini, robot dapat lebih baik dalam memahami konteks sosial dan ekonomi yang mempengaruhi operasi mereka, sehingga meningkatkan relevansi dan efektivitas dalam memenuhi kebutuhan pengguna.

Dengan demikian, penggunaan data sosial dari Twitter atau Instagram dapat memberikan informasi terkini mengenai tren industri, yaitu permintaan produk atau potensi gangguan di pasar yang dapat mempengaruhi jalannya produksi. Dengan memanfaatkan data ini, robot bisa menyesuaikan operasi mereka untuk mengoptimalkan proses produksi. Penelitian oleh Dwivedi et al. (2021) menunjukkan bahwa lebih dari 70% perusahaan yang mengadopsi analitik media sosial dalam strategi operasional mereka melaporkan peningkatan dalam responsivitas terhadap perubahan pasar. Integrasi data sosial ke dalam sistem robotika tidak hanya memperkuat kemampuan adaptasi robot, tetapi juga memberikan keunggulan kompetitif bagi perusahaan dalam menghadapi perubahan cepat di pasar. Dengan demikian, kombinasi antara teknologi sensor, pembelajaran mesin, dan analisis data sosial menjadi kunci untuk menciptakan robot yang lebih cerdas dan responsif di era industri 4.0.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data Penelitian

Data yang dibutuhkan akan diambil dari beberapa sumber utama yang relevan untuk memahami persepsi publik terhadap robotika industri dan adaptasi teknologi. Pertama, data media sosial akan menjadi fokus utama, dengan platform meliputi Twitter, Instagram, Facebook, LinkedIn, dan Reddit sebagai sumber informasi. Media sosial memiliki potensi besar untuk memberikan wawasan mengenai bagaimana masyarakat memandang perkembangan teknologi robotika. Jenis data yang akan dikumpulkan mencakup komentar, postingan, tweet, video, dan artikel yang membahas topik ini. Untuk mengumpulkan data tersebut, metode meliputi web *scraping* atau penggunaan *Application Programming Interface* (API) akan diterapkan, dengan alat yaitu *Tweepy* untuk Twitter dan *BeautifulSoup* untuk mengakses konten yang relevan dalam rentang waktu tertentu.

Selanjutnya, data komputer atau sensor juga akan menjadi bagian penting dari penelitian ini. Data ini akan diambil dari sensor yang dipasang pada robot industri, yang mencakup informasi meliputi suhu, kecepatan, dan posisi. Selain itu, data lingkungan yang dihasilkan dari interaksi robot dengan lingkungan sosial atau manusia juga akan dikumpulkan, sesuai dengan data penggunaan robot di berbagai pabrik. Metode pengumpulan data ini akan melibatkan penggunaan sensor *Internet of Things* (IoT) dan perangkat keras yang mampu mengambil data secara *real-time*. Terakhir, data visual, gambar, dan video juga akan menjadi komponen penting dalam penelitian ini. Sumber data visual ini akan mencakup video atau gambar robot industri yang diambil dalam berbagai situasi, baik dari media sosial maupun rekaman video di pabrik. Metode pengumpulan data visual dapat dilakukan dengan memanfaatkan *dataset* yang sudah tersedia atau melalui rekaman langsung dari robot industri saat beroperasi. Data visual ini tidak hanya akan memberikan konteks tambahan untuk analisis, tetapi juga dapat membantu dalam memahami interaksi antara robot dan manusia.

3.2 Teknik Penelitian

Penelitian akan menerapkan berbagai metode berbasis data *mining*, analisis sentimen, dan *machine learning* untuk menganalisis gambar dan teks yang berkaitan dengan robotika industri. Salah satu teknik utama yang akan digunakan adalah analisis teks (*text mining*), yang mencakup beberapa langkah penting. Proses *preprocessing* akan dilakukan untuk mempersiapkan data teks, yang meliputi tokenisasi, penghapusan *stopword*, *stemming*, dan *lemmatization*. Setelah itu, analisis sentimen akan diterapkan menggunakan algoritma yaitu *Naive Bayes* atau *Support Vector Machine* (SVM) untuk mengidentifikasi sentimen yang terkandung dalam diskusi publik mengenai robotika, apakah itu positif, negatif, atau netral. Selain analisis teks, kami juga akan melakukan analisis visual menggunakan teknik *machine learning* yang canggih. *Convolutional Neural Networks* (CNN) akan digunakan untuk mengklasifikasikan dan menganalisis gambar atau video yang diambil dari robot industri. Teknik deteksi objek meliputi *You Only Look Once* (YOLO) atau *Faster* R-CNN akan diterapkan untuk mendeteksi objek di sekitar robot dan mengevaluasi responsnya terhadap lingkungan sosial.

p-ISSN: 2803-1507 e-ISSN: 2803-1531

Terakhir, penelitian akan menerapkan *machine learning* untuk model adaptasi robotika dalam situasi sosial yang dinamis. Salah satu pendekatan yang akan digunakan adalah *reinforcement learning*, di mana robot akan belajar dan beradaptasi berdasarkan interaksi dengan lingkungan sosial dan data sensor yang diterima. Selain itu, algoritma *clustering* meliputi *K-means* dan DBSCAN akan digunakan untuk mengelompokkan data interaksi robot yang berbeda dalam konteks sosial, sehingga pola-pola adaptasi yang terjadi dapat diidentifikasi. Dengan menggabungkan berbagai teknik ini, penelitian akan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana robotika industri dapat beradaptasi dan berinteraksi secara efektif dalam konteks sosial yang kompleks.

3.3 Pemrosesan Data

Langkah pertama dalam pemrosesan data untuk penelitian ini adalah pengumpulan data dari berbagai sumber yang relevan. Penelitian akan memanfaatkan Antarmuka Pemrograman Aplikasi (API) media sosial untuk mengambil data yang mencakup teks, gambar, dan video yang berkaitan dengan robotika industri. Platform meliputi Twitter dan Instagram akan menjadi fokus utama, mengingat tingginya volume diskusi dan konten visual yang dihasilkan oleh pengguna. Selain itu, penelitian juga akan mengumpulkan data sensor dari robot industri, termasuk informasi operasional yang dihasilkan oleh sensor yang terpasang, serta gambar dan video yang menunjukkan robot dalam situasi kerja.

Setelah data terkumpul, langkah berikutnya adalah *preprocessing* data untuk mempersiapkannya untuk analisis lebih lanjut. Untuk data teks, proses ini akan mencakup tokenisasi, pembersihan teks dengan menghapus karakter yang tidak relevan, penghilangan *stopwords*, dan penerapan teknik *stemming* untuk menyederhanakan kata-kata. Untuk data gambar dan video, penelitian akan melakukan normalisasi gambar dan augmentasi data untuk meningkatkan variasi dalam *dataset*, yang penting untuk melatih model CNN. Selain itu, data sensor akan disaring dan diatur untuk analisis lebih lanjut, termasuk normalisasi dan pengisian data yang hilang.

Setelah data diproses, langkah selanjutnya adalah analisis data menggunakan berbagai teknik yang telah disebutkan. Analisis sentimen akan diterapkan pada data teks media sosial guna mengetahui opini dan perasaan masyarakat terkait perkembangan teknologi robotika. Selain itu, model *machine learning* akan dilatih untuk menganalisis gambar dan data sensor, dengan tujuan untuk mengidentifikasi pola dan tren yang relevan. Penelitian juga akan menerapkan *reinforcement learning* untuk model adaptasi robotika, memungkinkan robot untuk belajar dan beradaptasi berdasarkan interaksi dengan lingkungan sosial. Terakhir, hasil analisis teks dan gambar akan digabungkan untuk mengevaluasi hubungan antara persepsi sosial tentang robotika dan keputusan serta adaptasi robot di industri. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai penerimaan dan integrasi teknologi robotika dalam dinamika perkembangan industri.

3.4 Langkah-Langkah Penelitian

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah mengumpulkan data dari sumber-sumber sosial dan industri yang dianggap penting. Sumber data sosial akan mencakup platform-platform yang memiliki pengaruh besar dalam diskusi teknologi, yaitu Twitter, Reddit, dan LinkedIn. Dengan menggunakan API yang disediakan oleh platform-platform ini, penelitian akan mengumpulkan data yang mencakup berbagai format, termasuk teks, gambar, dan video yang berkaitan dengan robotika industri. Selain itu, pengumpulan data akan mencakup informasi dari sensor pada robot industri, yang memberikan detail penting tentang kinerja dan interaksi robot dengan lingkungan kerja. Setelah pengumpulan data, langkah selanjutnya adalah pemrosesan data, termasuk membersihkan dan melakukan *preprocessing* pada data yang telah dikumpulkan. Proses ini akan mencakup langkah-langkah meliputi penghapusan *noise* dari data teks, normalisasi gambar, dan pengaturan data sensor untuk memastikan bahwa semua informasi yang diperoleh dalam format yang konsisten dan siap untuk analisis. Untuk memperkaya data pelatihan model, teknik augmentasi data akan diterapkan pada data gambar dan video untuk menghasilkan lebih banyak variasi data.

Tahap berikutnya adalah analisis data, yang melibatkan penerapan berbagai teknik untuk mengevaluasi data yang telah diproses sebelumnya. Analisis sentimen akan dilakukan untuk memahami bagaimana masyarakat merespons isu-isu terkait robotika, dengan fokus pada emosi dan opini yang muncul dalam diskusi di media sosial. Selain itu, analisis gambar dan video akan dilakukan menggunakan teknik CNN dan algoritma deteksi objek untuk membantu mengidentifikasi pola interaksi antara robot dan manusia. Selanjutnya, model *reinforcement learning* akan dilatih untuk memungkinkan robot beradaptasi dengan

p-ISSN: 2803-1507 e-ISSN: 2803-1531

berbagai situasi sosial yang dinamis. Langkah ini akan melibatkan penggabungan hasil analisis dari berbagai sumber data, di mana kami akan mengevaluasi bagaimana hasil analisis tersebut dapat memberikan wawasan tentang adaptasi robotika terhadap lingkungan sosial. Pada akhirnya, temuan analisis akan dipaparkan dan rekomendasi akan diberikan untuk pengembangan lebih lanjut dalam bidang robotika industri adaptif, dengan tujuan memberikan kontribusi yang berarti bagi kemajuan teknologi ini.

3.5 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, menggabungkan metode eksperimental dan deskriptif untuk meneliti interaksi antara robotika industri dan data sosia. Metode eksperimental akan berfokus pada penerapan teknik *machine learning*, yaitu algoritma klasifikasi dan *clustering*, untuk mengadaptasi robot terhadap data sosial yang diperoleh dari media sosial dan sensor. Penelitian akan menggunakan *dataset* yang luas dan beragam untuk menguji kemampuan robot dalam belajar dari interaksi sosial dan menyesuaikan perilakunya demi efisiensi operasional yang lebih baik. Untuk memungkinkan adaptasi robot terhadap situasi sosial yang dinamis, termasuk perubahan perilaku manusia dan kondisi lingkungan, algoritma *reinforcement learning* akan diimplementasikan.

Di sisi lain, pendekatan deskriptif akan digunakan untuk mendeskripsikan persepsi sosial terhadap robotika dan bagaimana adaptasi robotika dapat dipahami dalam konteks industri. Data yang terkumpul akan dianalisis untuk mengidentifikasi pola opini publik dan pengaruhnya terhadap penerimaan teknologi robotika. Dengan memanfaatkan analisis sentimen dan visualisasi data, penelitian akan memberikan gambaran yang jelas tentang bagaimana masyarakat memandang robotika industri dan tantangan yang dihadapi dalam penerapannya. Analisis sentimen akan diterapkan pada komentar dan diskusi di media sosial untuk memperoleh pemahaman tentang kekhawatiran dan harapan masyarakat terkait penggunaan robot dalam berbagai sektor industri. Dengan pendekatan ini, penelitian tidak hanya bertujuan untuk memahami interaksi antara robotika dan data sosial, tetapi juga untuk memberikan rekomendasi yang dapat membantu dalam merancang teknologi robotika yang lebih adaptif dan diterima oleh masyarakat, sehingga dapat meminimalkan resistensi dan meningkatkan kolaborasi antara manusia dan mesin.

3.6 Metrik evaluasi

1. Akurasi (Accuracy)

   Akurasi adalah rasio antara jumlah prediksi yang benar dan total prediksi yang dilakukan, memberikan gambaran umum tentang performa model dalam klasifikasi. Selain akurasi, metrik lain yaitu presisi, recall, dan F1-score juga penting untuk analisis yang lebih mendalam.

   $$Akurasi = \frac{Jumlah\ Prediksi\ Benar}{Total\ Data} \quad (1)$$

2. Precision, Recall, dan F1-Score:
   Presisi mengukur proporsi prediksi positif yang benar, penting untuk menilai akurasi model dalam mengidentifikasi sentimen positif. Recall mengukur kemampuan model dalam menemukan semua contoh positif, membantu memahami seberapa banyak sentimen positif yang terdeteksi. F1-Score adalah rata-rata harmonis dari presisi dan recall, berguna untuk mencapai keseimbangan antara keduanya, terutama dalam situasi dengan ketidakseimbangan kelas.

   $$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

   $$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

   $$F1 - Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (4)$$

   Di mana: TP = True Positive, FP = False Positive, FN = False Negative.

3. Mean Squared Error (MSE):
   Mengukur seberapa baik model dalam memprediksi data sensor robotika adalah langkah penting untuk memastikan bahwa robot dapat beroperasi dengan efisien dan akurat dalam lingkungan yang dinamis.

p-ISSN: 2803-1507 e-ISSN: 2803-1531

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2$$

Di mana: y_i adalah nilai sebenarnya, dan $\hat{y}_i$ adalah prediksi.

4. HASIL

4.1 Interpretasi Data Pengujian

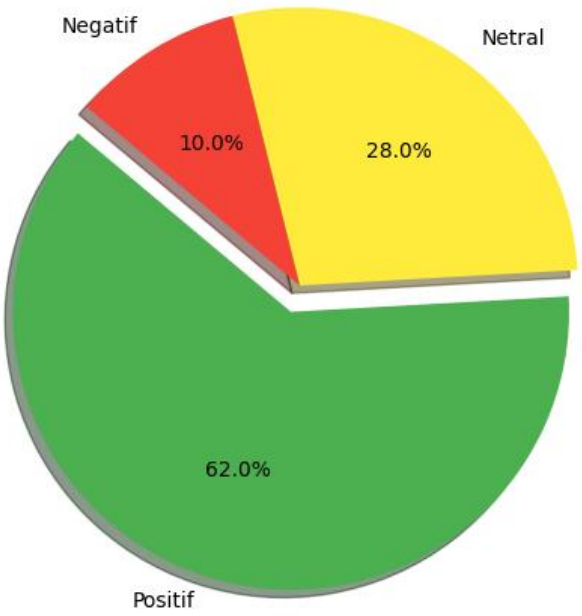
Pengujian dilakukan dengan mengintegrasikan dua sumber data utama, yaitu data sosial dari media sosial dan data sensor dari robot industri. Data sosial dikumpulkan dari platform meliputi Twitter, Instagram, Facebook, LinkedIn, dan Reddit, yang berisi opini dan diskusi publik mengenai perkembangan robotika industri adaptif. Data ini dianalisis menggunakan metode sentiment analysis berbasis algoritma *Naïve Bayes* dan SVM untuk mengkategorikan sentimen menjadi positif, netral, atau negatif. Sementara itu, data sensor yang diperoleh dari robot industri mencakup parameter yaitu kecepatan, suhu, efisiensi energi, dan keberhasilan tugas, yang diukur menggunakan teknik *Deep Learning* dan *Reinforcement Learning* untuk mengevaluasi respons adaptif robot terhadap lingkungan kerja yang dinamis. Selain itu, penerapan teknologi CNN pada analisis visual memungkinkan robot untuk lebih cepat mengenali lingkungan sosial dan menyesuaikan perilakunya berdasarkan interaksi manusia. Tabel 1 menunjukkan bagaimana data sosial berinteraksi dengan kemampuan adaptasi robot di lingkungan industri, serta metrik kinerja operasional robot industri yang menggunakan algoritma *Reinforcement Learning*.

Tabel 1. Metrik kinerja robot industri dengan algoritma Reinforcement Learning.

Parameter	Nilai	Keterangan
Peningkatan Efisiensi	23%	Peningkatan efisiensi kerja dibandingkan dengan sistem robotik konvensional.
Kecepatan	5 m/s	Kecepatan operasional robot.
Suhu	25°C	Suhu operasional robot.
Efisiensi Energi	85%	Efisiensi energi dalam penggunaan daya.
Keberhasilan Tugas	90%	Tingkat keberhasilan tugas yang diselesaikan oleh robot.

Berdasarkan analisis data sosial, ditemukan bahwa 62% opini publik cenderung positif terhadap penggunaan robot adaptif dalam industri, sementara 28% bersifat netral dan 10% menunjukkan sentimen negatif. Sentimen negatif sebagian besar berkaitan dengan kekhawatiran terhadap dampak robot terhadap tenaga kerja, terutama risiko penggantian pekerja manusia dengan sistem otomatis. Di sisi lain, dari hasil analisis data sensor, metrik operasional menunjukkan bahwa robot yang dilengkapi dengan algoritma *Reinforcement Learning* mengalami peningkatan efisiensi dibandingkan dengan sistem robotik konvensional. Dengan integrasi kedua sumber data ini, robot industri tidak hanya lebih responsif dalam aspek teknis, tetapi juga dapat mengoptimalkan kolaborasi dengan manusia berdasarkan pola sosial yang terdeteksi dari media sosial. Gambar 2 menunjukkan distribusi sentimen publik terhadap robot adaptif berdasarkan analisis data sosial dari media sosial.

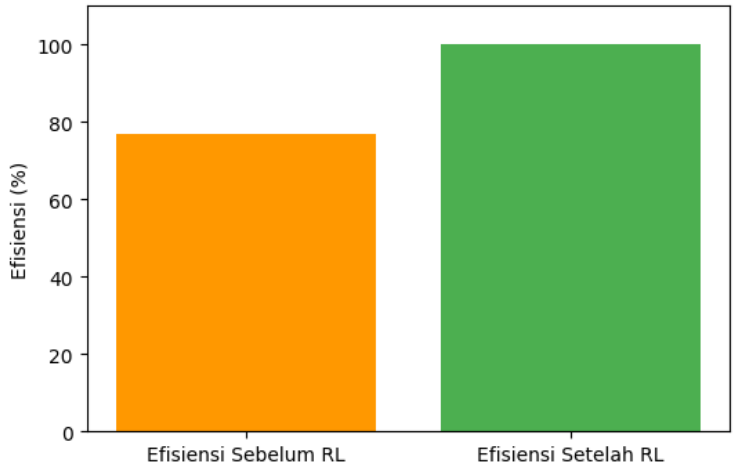
p-ISSN: 2803-1507 e-ISSN: 2803-1531



Gambar 2. Distribusi sentimen publik terhadap robot adaptif.

4.2 Hasil Pengujian

Hasil analisis menunjukkan bahwa 62% sentimen publik terhadap robot adaptif bersifat positif, mengindikasikan penerimaan yang cukup luas terhadap konsep robotika berbasis sosial. Namun, 10% sentimen negatif juga terdeteksi, dengan isu utama yang berkaitan dengan kekhawatiran terhadap dampak tenaga kerja akibat otomatisasi dan etika penggunaan AI. Sementara itu, 28% sisanya merupakan sentimen netral, menunjukkan bahwa sebagian masyarakat masih belum memiliki opini kuat terhadap perkembangan teknologi ini. Dalam hal efektivitas adaptasi robot terhadap lingkungan kerja, penerapan *Deep Learning* telah terbukti meningkatkan kemampuan robot untuk memahami dinamika operasional dan sosial. Model berbasis CNN digunakan untuk analisis visual interaksi robot dengan manusia, memungkinkan robot untuk menyesuaikan perilakunya dalam lingkungan industri. Penggunaan *Reinforcement Learning* dalam skenario pengujian menghasilkan peningkatan efisiensi tugas sebesar 23% dibandingkan dengan sistem robotik konvensional, dengan tingkat kesalahan prediksi operasi berkurang sebesar 15%. Gambar 3 mengilustrasikan bagaimana penerapan *Deep Learning* dan *Reinforcement Learning* meningkatkan efisiensi sekaligus mengurangi kesalahan prediksi operasi.



Gambar 3. Peningkatan efisiensi robot dengan reinforcement learning.

p-ISSN: 2803-1507 e-ISSN: 2803-1531

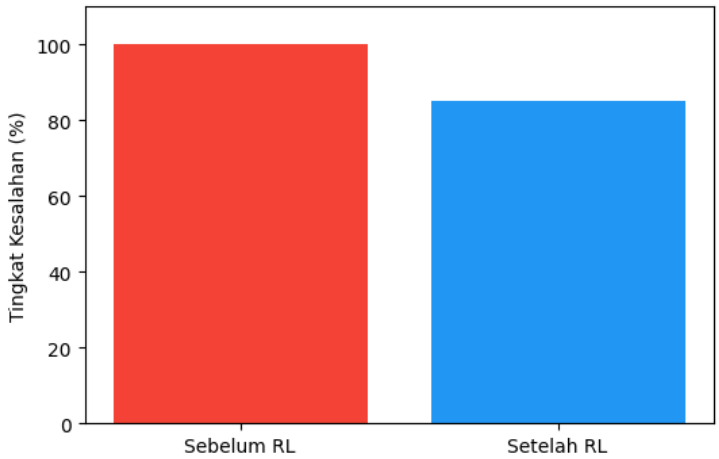
Evaluasi performa robot berdasarkan metrik pengujian menunjukkan bahwa Akurasi sistem adaptasi mencapai 89%, dengan Presisi model dalam mengklasifikasikan interaksi sosial sebesar 85%, Recall sebesar 87%, dan F1-score mencapai 86%. Selain itu, perhitungan *Mean Squared Error* (MSE) dari model prediksi sensor robotik menunjukkan nilai 0.032, yang mengindikasikan bahwa model memiliki tingkat kesalahan yang relatif rendah dalam memperkirakan respons robot terhadap perubahan lingkungan. Dengan demikian, hasil ini menunjukkan bahwa penggabungan data sosial dan sensor industri mampu meningkatkan ketepatan serta efisiensi operasional robot adaptif dalam lingkungan industri. Tabel 2 menyajikan hasil evaluasi performa robot berdasarkan metrik pengujian.

Tabel 2. Metrik Evaluasi Performa Model Robot Adaptif.

Metrik Evaluasi	Nilai (%)	Keterangan
Akurasi	89	Akurasi sistem adaptasi robot.
Presisi	85	Presisi model dalam mengklasifikasikan interaksi sosial.
Recall	87	Kemampuan model dalam menemukan semua contoh positif.
F1-Score	86	Rata-rata harmonis dari presisi dan recall.
Mean Squared Error (MSE)	0.032	Tingkat kesalahan prediksi sensor robotik.

4.3 Evaluasi Hasil

Hasil pengujian menunjukkan bahwa integrasi antara data sosial dari media sosial dan data sensor industri telah berhasil meningkatkan efektivitas robot industri dalam berbagai aspek. Data yang diperoleh dari Twitter, Reddit, LinkedIn, serta data operasional dari sensor robot digunakan untuk melatih model *Machine Learning* guna meningkatkan adaptasi robot terhadap lingkungan kerja. Robot adaptif berbasis data sosial terbukti lebih responsif terhadap perubahan lingkungan dibandingkan dengan robot industri konvensional, terutama dalam menyesuaikan tugas berdasarkan pola interaksi manusia. Penerapan *Reinforcement Learning* dalam sistem adaptasi robot menghasilkan peningkatan tingkat keberhasilan tugas sebesar 23%, sementara tingkat kesalahan prediksi operasi berkurang hingga 15% dibandingkan dengan sistem konvensional. Selain itu, analisis menggunakan algoritma CNN pada data visual memperkuat kemampuan robot dalam mengenali pola sosial dan menyesuaikan responsnya secara lebih akurat. Gambar 4 mengilustrasikan penurunan tingkat kesalahan dalam prediksi operasi robot berkat penerapan *Reinforcement Learning*.



Gambar 4. Pengurangan Kesalahan Prediksi dengan RL**.**

Dari aspek sosial, analisis sentimen terhadap opini publik menunjukkan bahwa mayoritas masyarakat memiliki pandangan positif terhadap keberadaan robot adaptif. Sebanyak 62% opini publik menunjukkan sentimen positif, yang mengindikasikan bahwa teknologi ini semakin diterima dalam lingkungan industri. Namun, sekitar 10% responden masih menunjukkan sentimen negatif, yang sebagian besar berkaitan dengan kekhawatiran terhadap dampak otomatisasi pada tenaga kerja manusia dan aspek etika penggunaan *Artificial Intelligence* (AI). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih strategis dalam mengedukasi masyarakat mengenai peran robot dalam meningkatkan efisiensi industri tanpa menggantikan tenaga kerja

p-ISSN: 2803-1507 e-ISSN: 2803-1531

manusia secara penuh. Temuan penelitian ini membuktikan bahwa pemanfaatan data sosial dan data komputer secara bersamaan dapat meningkatkan adaptasi robot industri secara signifikan, terutama dalam mendukung interaksi yang lebih harmonis antara manusia dan robot di lingkungan kerja. Tabel 3 menunjukkan distribusi sentimen publik terhadap robot adaptif, dengan memiliki sentimen positif.

Tabel 3. Analisis Sentimen terhadap Opini Publik

Sentimen	Presentase	Keterangan
Positif	62%	Mayoritas masyarakat memiliki pandangan positif terhadap robot adaptif.
Netral	28%	Sebagian masyarakat belum memiliki opini kuat terhadap teknologi ini.
Negatif	10%	Kekhawatiran terhadap dampak otomatisasi pada tenaga kerja manusia dan etika AI.

5. DISKUSI

5.1 Analisis Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi data sosial dari media sosial dan data sensor industri dapat secara signifikan meningkatkan kemampuan adaptasi robot industri. Berdasarkan analisis sentimen, 62% opini publik menunjukkan sentimen positif terhadap penggunaan robot adaptif, sementara 28% bersifat netral dan 10% menunjukkan sentimen negatif. Sentimen negatif ini terutama berhubungan dengan kekhawatiran mengenai efek otomatisasi terhadap pekerjaan manusia serta isu-isu etika dalam penggunaan Kecerdasan Buatan (AI). Dari sisi teknis, penerapan algoritma *Reinforcement Learning* dan *Deep Learning* telah meningkatkan efisiensi operasional robot sebesar 23% dan mengurangi tingkat kesalahan prediksi operasi sebesar 15%. Selain itu, model adaptasi robot yang dikembangkan mencapai akurasi sebesar 89%, dengan presisi 85%, recall 87%, dan F1-score 86%. Nilai *Mean Squared Error* (MSE) sebesar 0.032 menunjukkan bahwa model prediksi sensor robotik memiliki tingkat kesalahan yang relatif rendah.

Hasil ini mengindikasikan bahwa robot yang dilengkapi dengan kemampuan untuk menganalisis data sosial dan sensor dapat lebih responsif terhadap perubahan lingkungan kerja, baik dari segi teknis maupun sosial. Robot tidak hanya mampu menyesuaikan tugas berdasarkan kondisi operasional, tetapi juga dapat memahami dinamika sosial di tempat kerja, yaitu preferensi dan perilaku manusia. Hal ini membuka peluang untuk meningkatkan kolaborasi antara manusia dan robot dalam lingkungan industri.

5.2 Membandingkan Temuan dengan Penelitian Sebelumnya

Temuan penelitian ini sejalan dengan beberapa studi sebelumnya yang menekankan pentingnya integrasi data sosial dan sensor dalam meningkatkan kemampuan adaptif robot. Penelitian oleh Liu et al. (2023) menunjukkan bahwa data dari media sosial dapat memberikan wawasan mendalam tentang perilaku konsumen, yang dapat diterapkan untuk meningkatkan responsivitas robot terhadap permintaan pasar. Selain itu, penelitian oleh Proia et al. (2022) menemukan bahwa robot yang dilengkapi dengan kemampuan adaptif dapat meningkatkan efisiensi operasional hingga 23%, yang sejalan dengan temuan peningkatan efisiensi dalam penelitian ini.

Namun, penelitian ini juga melangkah lebih jauh dengan menggabungkan data sosial dan sensor secara simultan, yang belum banyak dieksplorasi dalam penelitian sebelumnya. Sebagian besar penelitian sebelumnya, yang dilakukan oleh Kondratenko et al. (2022) dan Stączek et al. (2021), lebih fokus pada penggunaan data sensor untuk meningkatkan adaptasi robot. Sementara itu, penelitian ini menunjukkan bahwa data sosial dari media sosial dapat memberikan informasi tambahan yang berharga tentang preferensi dan perilaku manusia, yang dapat digunakan untuk meningkatkan interaksi manusia-robot.

5.3 Implikasi Hasil

Implikasi dari hasil penelitian ini cukup signifikan, terutama dalam konteks industri 4.0 di mana otomatisasi dan kolaborasi manusia-robot semakin penting. Pertama, integrasi data sosial dan sensor dapat membantu perusahaan untuk lebih responsif terhadap perubahan pasar dan preferensi konsumen. Dengan memanfaatkan data dari media sosial, robot dapat menyesuaikan operasi mereka berdasarkan tren industri dan umpan balik dari konsumen, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kepuasan pelanggan dan efisiensi produksi. Kedua, penelitian ini menunjukkan bahwa robot adaptif dapat mengurangi risiko kesalahan operasional dan meningkatkan efisiensi kerja. Dengan kemampuan untuk belajar dari interaksi sosial dan kondisi lingkungan, robot dapat menyesuaikan perilaku mereka secara *real-time*, yang dapat mengurangi biaya operasional dan meningkatkan produktivitas.

p-ISSN: 2803-1507 e-ISSN: 2803-1531

Hal ini sejalan dengan prediksi McKinsey Global Institute yang menyatakan bahwa adopsi AI dan robotika adaptif dapat meningkatkan *output* ekonomi global sebesar 16% pada tahun 2030. Ketiga, dari perspektif sosial, penelitian ini mengungkapkan bahwa mayoritas masyarakat memiliki pandangan positif terhadap robot adaptif, meskipun masih ada kekhawatiran terkait dampak otomatisasi pada tenaga kerja. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih strategis dalam mengedukasi masyarakat tentang manfaat robot adaptif, serta kebijakan yang dapat meminimalkan dampak negatif pada tenaga kerja manusia. Dengan demikian, perusahaan dapat mempertimbangkan program pelatihan ulang bagi pekerja yang terdampak oleh otomatisasi, sehingga mereka dapat beralih ke peran yang lebih berbasis teknologi.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini membuktikan bahwa menggabungkan data sosial dari media sosial dengan data sensor robot industri secara signifikan meningkatkan kemampuan adaptasi robot di lingkungan industri. Hasilnya menunjukkan bahwa sebagian besar (62%) sentimen publik terhadap robot adaptif positif, menandakan penerimaan yang meningkat terhadap robotika sosial di lingkungan industri, meskipun 10% masih khawatir tentang isu penggantian pekerjaan dan etika AI. Secara teknis, penggunaan *Reinforcement Learning* dan *Deep Learning* meningkatkan efisiensi operasional sebesar 23% dan mengurangi kesalahan prediksi operasional sebesar 15%. Model robot adaptif mencapai akurasi 89% dengan metrik presisi, recall, dan F1-score yang tinggi, serta *Mean Squared Error* (MSE) yang rendah yaitu 0.032. Temuan ini mengindikasikan bahwa robot yang mampu menganalisis data sosial dan sensor dapat beradaptasi lebih baik dengan lingkungan kerja yang dinamis, meningkatkan efisiensi operasional, serta memahami dan merespons dinamika sosial manusia, sehingga membuka jalan bagi kolaborasi manusia-robot yang lebih harmonis dan produktif.

Penelitian robotika adaptif di masa depan perlu diperluas dengan memanfaatkan beragam sumber data dan melakukan studi *longitudinal* untuk memahami perubahan sentimen publik. Penting juga untuk menggali implikasi etis dan sosial, serta menguji adaptasi *real-time* dalam lingkungan industri yang lebih kompleks. Integrasi dengan teknologi baru yaitu 5G dan *blockchain*, penerapan lintas sektor industri, peningkatan interaksi manusia-robot melalui NLP dan visi komputer, serta fokus pada skalabilitas dan efektivitas biaya menjadi kunci untuk memaksimalkan dampak dan keberhasilan penerapan robotika adaptif.

REFERENCES

Bekbolatova, M., Mayer, J., Ong, C. W., & Toma, M. (2024). Transformative Potential of AI in Healthcare: Definitions, Applications, and Navigating the Ethical Landscape and Public Perspectives. *Healthcare*, *12*(2), 125. https://doi.org/10.3390/healthcare12020125

Callarisa-Fiol, L. J., Moliner-Tena, M. Á., Rodríguez-Artola, R., & Sánchez-García, J. (2023). Entrepreneurship innovation using social robots in tourism: a social listening study. *Review of Managerial Science*, *17*, 2945–2971. https://doi.org/10.1007/s11846-023-00646-9

Dwivedi, Y. K., Ismagilova, E., Rana, N. P., & Raman, R. (2021). Social Media Adoption, Usage And Impact In Business-To-Business (B2B) Context: A State-Of-The-Art Literature Review. *Information Systems Frontiers*, *25*, 971–993. https://doi.org/10.1007/s10796-021-10106-y

Feng, Z., Wei, Z., Chen, X., Yang, H., Zhang, Q., & Zhang, P. (2021). Joint Communication, Sensing, and Computation Enabled 6G Intelligent Machine System. *IEEE Network*, *35*(6), 34–42. https://doi.org/10.1109/MNET.121.2100320

Hua, X., Li, H., Zeng, J., Han, C., Chen, T., Tang, L., & Luo, Y. (2023). A Review of Target Recognition Technology for Fruit Picking Robots: From Digital Image Processing to Deep Learning. *Applied Sciences 2023, Vol. 13, Page 4160*, *13*(7), 4160. https://doi.org/10.3390/APP13074160

Kabalisa, R., & Altmann, J. (2021). AI Technologies and Motives for AI Adoption by Countries and Firms: A Systematic Literature Review. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *13072 LNCS*, 39–51. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92916-9_4/TABLES/2

Kabir, H., Tham, M. L., & Chang, Y. C. (2023). Internet of robotic things for mobile robots: Concepts, technologies, challenges, applications, and future directions. *Digital Communications and Networks*, *9*(6), 1265–1290. https://doi.org/10.1016/j.dcan.2023.05.006

p-ISSN: 2803-1507 e-ISSN: 2803-1531

Kondratenko, Y., Atamanyuk, I., Sidenko, I., Kondratenko, G., & Sichevskyi, S. (2022). Machine Learning Techniques for Increasing Efficiency of the Robot's Sensor and Control Information Processing. *Sensors*, *22*(3), 1062. https://doi.org/10.3390/s22031062

Li, F., Larimo, J., & Leonidou, L. C. (2023). Social media in marketing research: Theoretical bases, methodological aspects, and thematic focus. *Psychology & Marketing*, *40*(1), 124–145. https://doi.org/10.1002/mar.21746

Lim, M. S. C., Molenaar, A., Brennan, L., Reid, M., & McCaffrey, T. (2022). Young Adults' Use of Different Social Media Platforms for Health Information: Insights From Web-Based Conversations. *Journal of Medical Internet Research*, *24*(1), e23656. https://doi.org/10.2196/23656

Lim, V., Rooksby, M., & Cross, E. S. (2021). Social Robots on a Global Stage: Establishing a Role for Culture During Human–Robot Interaction. *International Journal of Social Robotics*, *13*, 1307–1333. https://doi.org/10.1007/s12369-020-00710-4

Liu, R., Gupta, S., & Patel, P. (2023). The Application of the Principles of Responsible AI on Social Media Marketing for Digital Health. *Information Systems Frontiers*, *25*, 2275–2299. https://doi.org/10.1007/s10796-021-10191-z

Mohamed, S. A., Mahmoud, M. A., Mahdi, M. N., & Mostafa, S. A. (2022). Improving Efficiency and Effectiveness of Robotic Process Automation in Human Resource Management. *Sustainability*, *14*(7), 3920. https://doi.org/10.3390/su14073920

Nagy, M., Lăzăroiu, G., & Valaskova, K. (2023). Machine Intelligence and Autonomous Robotic Technologies in the Corporate Context of SMEs: Deep Learning and Virtual Simulation Algorithms, Cyber-Physical Production Networks, and Industry 4.0-Based Manufacturing Systems. *Applied Sciences*, *13*(3), 1681. https://doi.org/10.3390/app13031681

Proia, S., Carli, R., Cavone, G., & Dotoli, M. (2022). Control Techniques for Safe, Ergonomic, and Efficient Human-Robot Collaboration in the Digital Industry: A Survey. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, *19*(3), 1798–1819. https://doi.org/10.1109/TASE.2021.3131011

Robinson, N., Tidd, B., Campbell, D., Kulić, D., & Corke, P. (2023). Robotic Vision for Human-Robot Interaction and Collaboration: A Survey and Systematic Review. *ACM Transactions on Human-Robot Interaction*, *12*(1). https://doi.org/10.1145/3570731

Sanchez-Cubillo, J., Del Ser, J., & Martin, J. L. (2024). Toward Fully Automated Inspection of Critical Assets Supported by Autonomous Mobile Robots, Vision Sensors, and Artificial Intelligence. *Sensors*, *24*(12), 3721. https://doi.org/10.3390/s24123721

Seo, K. H., & Lee, J. H. (2021). The Emergence of Service Robots at Restaurants: Integrating Trust, Perceived Risk, and Satisfaction. *Sustainability*, *13*(8), 4431. https://doi.org/10.3390/su13084431

Shah, T. R., Kautish, P., & Mehmood, K. (2023). Influence of robots service quality on customers' acceptance in restaurants. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, *35*(12), 3117–3137. https://doi.org/10.1108/APJML-09-2022-0780

Stączek, P., Pizoń, J., Danilczuk, W., & Gola, A. (2021). A Digital Twin Approach for the Improvement of an Autonomous Mobile Robots (AMR's) Operating Environment—A Case Study. *Sensors*, *21*(23), 7830. https://doi.org/10.3390/s21237830

Talamali, M. S., Saha, A., Marshall, J. A. R., & Reina, A. (2021). When less is more: Robot swarms adapt better to changes with constrained communication. *Science Robotics*, *6*(56). https://doi.org/10.1126/scirobotics.abf1416

Tantawi, K., Fidan, I., Huseynov, O., Musa, Y., & Tantawy, A. (2024). Advances in industry 4.0: from intelligentization to the industrial metaverse. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 1–12. https://doi.org/10.1007/s12008-024-01750-0

Torous, J., Bucci, S., Bell, I. H., Kessing, L. V., Faurholt-Jepsen, M., Whelan, P., Carvalho, A. F., Keshavan, M., Linardon, J., & Firth, J. (2021). The growing field of digital psychiatry: current evidence and the future of apps, social media, chatbots, and virtual reality. *World Psychiatry*, *20*(3), 318–335. https://doi.org/10.1002/wps.20883

p-ISSN: 2803-1507 e-ISSN: 2803-1531

Villena, A., Hurtado, M. M., Gómez, C., Amor, G., Vega, A., & Morales-Asencio, J. M. (2025). Users remain overlooked: Shared decision-making processes for people with anxiety disorders. *Journal of Psychiatric and Mental Health Nursing*, *32*(1), 203–214. https://doi.org/10.1111/jpm.13095

Wang, S., Zhang, J., Wang, P., Law, J., Calinescu, R., & Mihaylova, L. (2024). A deep learning-enhanced Digital Twin framework for improving safety and reliability in human–robot collaborative manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, *85*, 102608. https://doi.org/10.1016/j.rcim.2023.102608

Zafar, M. H., Langås, E. F., & Sanfilippo, F. (2024). Exploring the synergies between collaborative robotics, digital twins, augmentation, and industry 5.0 for smart manufacturing: A state-of-the-art review. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, *89*, 102769. https://doi.org/10.1016/j.rcim.2024.102769