

Perancangan Sistem Pendeteksi Stok Berbasis *Machine Learning* dan Mikrokontroler Untuk Digitalisasi Usaha Mikro Kecil dan Menengah

Gracia Novelly Krisantia Emor^{1*}, Vina Sari Yosephine²

^{1,2}Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Harapan Bangsa, Bandung

*Koresponden email: graciaemor@gmail.com

Diterima: 4 April 2024

Disetujui: 6 April 2024

Abstract

Improving operational efficiency and inventory management is a major challenge for micro, small and medium enterprises (MSMEs) in the digital era. This research develops a digital model that integrates a microcontroller-based Internet of Things (IoT) and machine learning to improve inventory management for MSMEs. The aim is to explore how digital technologies can improve the operational efficiency of MSMEs, with a particular focus on inventory management. The methodology employed includes prototyping, using IoT and deep learning techniques for remote detection of product inventory levels. The findings show that the synergistic integration of IoT sensors and machine learning algorithms can significantly improve the efficiency of inventory management, by enabling real-time detection of product stock levels and providing accurate inventory data. The adoption of IoT and machine learning offers significant potential to improve the operational efficiency and business growth of MSMEs through more efficient inventory management. This study contributes to the understanding of the application of digital technologies in MSME inventory management, and paves the way for further research on the integration of digital technologies in the MSME sector.

Keywords: *internet of things, smart warehouse, microcontroller, MSME*

Abstrak

Peningkatan efisiensi operasional dan manajemen inventori adalah tantangan utama bagi Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah di era digital. Penelitian ini mengembangkan model digital yang mengintegrasikan *Internet of Things* berbasis mikrokontroler dan *machine learning* untuk meningkatkan manajemen inventori UMKM. Tujuannya adalah mengidentifikasi bagaimana teknologi digital dapat meningkatkan efisiensi operasional UMKM, terutama dalam manajemen inventori. Metode yang digunakan adalah prototyping, mengaplikasikan *IoT* dan deep learning untuk pendeteksian stok produk secara jarak jauh. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi sensor *IoT* dan algoritma *machine learning* dapat meningkatkan efisiensi manajemen inventori dengan pendeteksian stok produk *real-time* dan informasi inventori yang akurat. Adopsi *IoT* dan *machine learning* berpotensi besar meningkatkan efisiensi operasional dan pertumbuhan bisnis UMKM melalui manajemen inventori yang lebih efektif. Penelitian ini berkontribusi terhadap penggunaan teknologi digital dalam manajemen inventori UMKM dan membuka kesempatan untuk penelitian dalam integrasi teknologi digital di sektor UMKM.

Kata Kunci: *internet of things, gudang pintar, mikrokontroler, UMKM*

1. Pendahuluan

Dalam beberapa dekade terakhir, perkembangan teknologi telah membawa dampak signifikan terhadap berbagai aspek industri, termasuk manufaktur dan logistik. Revolusi industri yang dipicu oleh inovasi teknologi, khususnya era Industri 4.0, telah menghubungkan dunia digital dengan operasi industri sehari-hari. Keterkaitan ini terutama diperkuat oleh penggunaan Internet of Things (*IoT*), yang memungkinkan transfer data otomatis tanpa perlu interaksi manusia, sehingga meningkatkan efisiensi produksi dan manajemen logistik [1], [2]. Sebuah tinjauan literatur menjelaskan bagaimana sistem berbasis *IoT* dapat meningkatkan keamanan. Penelitian ini menunjukkan pentingnya konektivitas dan automasi dalam memastikan efisiensi operasional. Dalam konteks keamanan gudang dan manajemen inventori, *IoT* memfasilitasi pencatatan, pelacakan, dan pengelolaan stok secara efektif, mengirimkan notifikasi langsung ke perangkat *mobile* pengguna [3],[4]. Penelitian lainnya memanfaatkan teknologi *IoT* memanfaatkan sensor yang mampu melakukan pengukuran dan mengirimkan data pengukuran tersebut secara *real-time*, dengan kontrol yang dapat diatur secara manual atau otomatis [5].

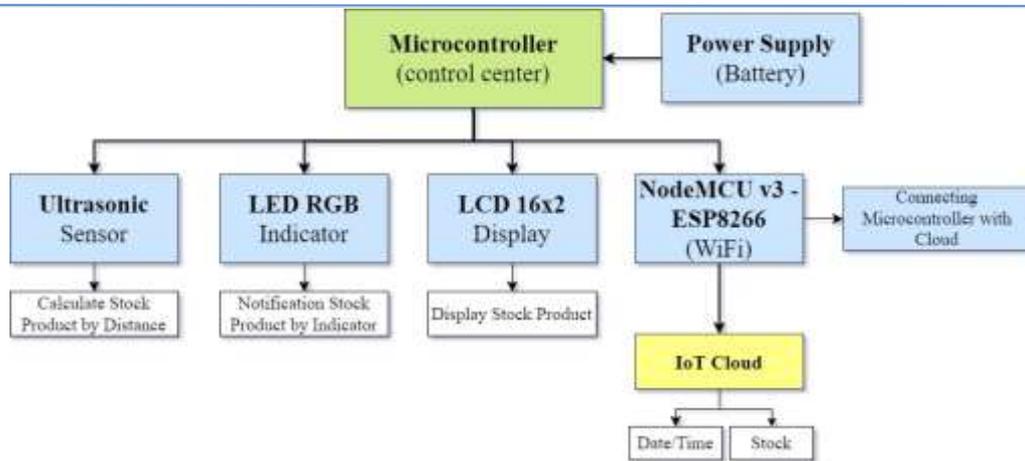
Selain itu, Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) juga seharusnya dapat merasakan dampak dari kemajuan teknologi digital. Dalam upaya untuk tetap relevan dan kompetitif, UMKM harus berusaha keras untuk mengikuti tren digitalisasi, dengan manajemen inventori menjadi salah satu area kritis yang membutuhkan perhatian khusus [6][7]. Manajemen stok manual yang tidak efisien seringkali menjadi penghambat bagi UMKM sehingga dapat membatasi potensi pertumbuhan mereka. Hal ini sering kali disebabkan oleh sistem pencatatan stok produk yang belum memadai atau manual [8], [9]. Mengingat UMKM di Indonesia mencakup lebih dari 56 juta unit bisnis dan berkontribusi secara signifikan terhadap produk domestik bruto (PDB) serta lapangan pekerjaan negara, potensi untuk pertumbuhan dan efisiensi melalui adopsi teknologi digital sangat besar [10]. Oleh karena itu, ada potensi besar untuk pertumbuhan dan efisiensi melalui adopsi teknologi digital, termasuk *IoT* dan *machine learning*, yang dapat meningkatkan pemantauan dan pengelolaan stok secara *real-time* [11].

Digitalisasi sedang menjadi kunci bagi UMKM untuk meningkatkan operasional dan mencapai pertumbuhan ekonomi. Penelitian lainnya meneliti dampak digital *entrepreneurship* terhadap UMKM, dengan fokus pada strategi digitalisasi seperti pemindahan penjualan ke platform digital dan penggunaan kecerdasan buatan. Studi ini menegaskan bahwa penerapan teknologi digital dapat menghasilkan efisiensi operasional yang signifikan dan memperluas jangkauan pasar bagi UMKM [12]. Teknologi sensor, seperti sensor ultrasonik, telah menunjukkan kapasitasnya dalam meningkatkan akurasi pengecekan stok di berbagai aplikasi industri, menawarkan solusi untuk pengontrolan stok yang lebih efisien [13], [14]. Di sisi lain, digitalisasi dan penerapan *machine learning* telah terbukti meningkatkan operasional dan pertumbuhan ekonomi UMKM [15]. Proses ini mencakup identifikasi dan pemrosesan data yang lebih inovatif dan efisien, perluasan jangkauan pasar, serta pencapaian efisiensi operasional yang signifikan. Kombinasi teknologi sensor dan digitalisasi dengan *machine learning* menjadi kunci dalam memperbaiki manajemen inventori dan meningkatkan kinerja UMKM secara keseluruhan [16].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model digital menggunakan *IoT* dan *machine learning* yang dapat meningkatkan efisiensi sistem digital untuk manajemen inventori UMKM, dengan fokus pada deteksi stok produk dari jarak jauh. Dengan menerapkan *machine learning*, secara *real-time* sistem yang diusulkan akan mampu mengidentifikasi dan mengonversi jumlah stok produk menjadi data statistik secara otomatis, memungkinkan UMKM untuk mengelola inventori mereka dengan lebih efektif dan efisien [17], [18]. Dengan mengintegrasikan teknologi canggih ini, diharapkan UMKM dapat mengelola inventori mereka dengan lebih efektif dan efisien. Teknologi tersebut juga dapat mendukung pertumbuhan bisnis di era digital [19], [20]. Penelitian ini menggambarkan metodologi yang digunakan dalam pengembangan sistem digital berbasis *IoT* dan *machine learning*, termasuk penerapan metode prototyping sebagai media uji coba pendeteksi stok, untuk mengevaluasi efektivitas sistem dalam meningkatkan operasional UMKM dan memberikan rekomendasi bagi pengembangan lebih lanjut dalam praktik serta penelitian masa depan.

2. Metode Penelitian

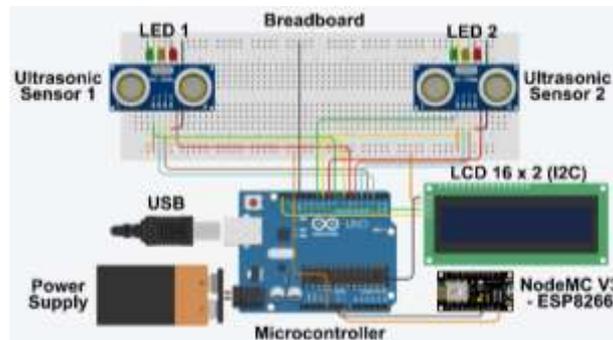
Penelitian ini menggunakan metode *prototyping* dalam pengembangan dan pengujian sistem pendeteksi stok produk berbasis *IoT*, memungkinkan iterasi cepat dan penyesuaian dinamis berdasarkan *feedback* yang diterima. Pendekatan ini dirancang untuk menciptakan solusi yang tidak hanya efektif tapi juga efisien dalam lingkup pengelolaan stok di UMKM. **Gambar 1**, sebagai bagian dari dokumentasi penelitian, menampilkan *flow diagram* dari *smart warehouse* UMKM, yang secara detail mengilustrasikan bagaimana komponen sistem, yaitu sensor, mikrokontroler, dan perangkat output seperti LCD dan LED berinteraksi dalam satu ekosistem terpadu. Melalui pendekatan ini, penelitian bertujuan untuk menawarkan pandangan yang komprehensif tentang penerapan teknologi *IoT* dalam optimisasi manajemen stok, menunjukkan potensi integrasi sistem yang canggih dalam memperkuat efisiensi operasional UMKM.



Gambar 1. Flow Diagram Smart Warehouse UMKM

Pemilihan Perangkat Keras

Mikrokontroler Arduino UNO adalah *board* mikrokontroler lengkap dengan prosesor, memori, input/output, mirip komputer mini, yang didukung oleh perangkat lunak Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) untuk pemrograman. Arduino UNO dipilih sebagai pusat kontrol sistem karena kemudahan penggunaan, biaya yang terjangkau, dan kompatibilitasnya dengan berbagai sensor dan modul [21]. Hal ini dianggap sesuai dengan kebutuhan UMKM yang terbatas secara pendanaan dan sumber daya. Skema perangkat keras ditunjukkan pada **Gambar 2**. Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keberadaan dan jumlah produk pada rak penyimpanan. *Output* dari sistem diwakili oleh LED yang menunjukkan kapasitas rak dan informasi detail stok dan LCD modul penampil data menggunakan kristal cair, berukuran 16 kolom dan 2 baris dengan backlight dan karakter generator terprogram. Modul Wi-Fi Nodemcu V3 menghubungkan Arduino UNO untuk ke internet dan mengirimkan data ke *cloud database*. Konfigurasi ini memfasilitasi pemantauan dan manajemen stok secara *real-time*.



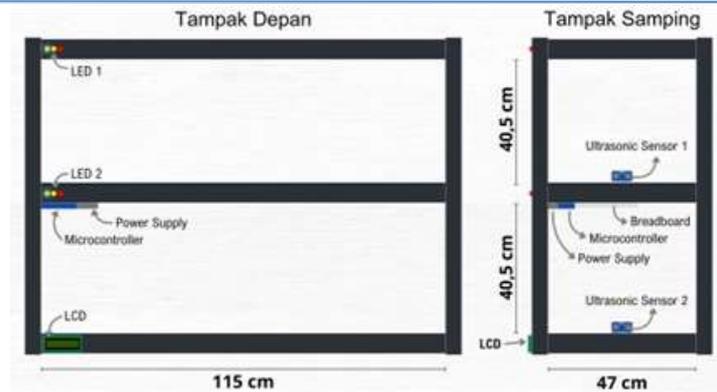
Gambar 2. Rangkaian Sensor dan Mikrokontroler

Konfigurasi Perangkat Lunak

Pengembangan sistem *smart warehouse* melibatkan penggunaan Arduino IDE untuk pemrograman mikrokontroler. Platform *IoT Cloud* digunakan untuk mengelola dan menganalisis data yang dikirimkan oleh sistem. Penelitian ini juga akan mengembangkan *interface* untuk pemantauan stok produk secara *real-time*. Kode yang dikembangkan melalui Arduino IDE diunggah ke mikrokontroler melalui koneksi USB ataupun nirkabel untuk menjalankan fungsi deteksi stok seperti yang telah dirancang.

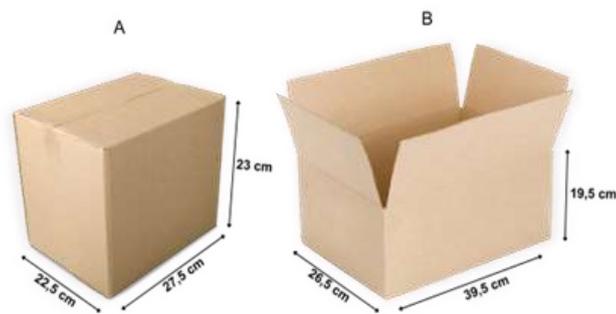
Implementasi Sistem Pada Rak Penyimpanan

Rak penyimpanan berukuran 115 x 47 x 40,5 cm dengan 2 tingkat digunakan sebagai basis untuk implementasi prototipe, seperti pada **Gambar 3**. Rangkaian sensor ultrasonik dan mikrokontroler dipasang pada rak, dengan Arduino UNO ditempatkan di bagian dalam rak yang terhubung ke sensor, LCD, LED, dan Nodemcu V3. Power supply 5V menyediakan energi listrik yang diperlukan untuk menjalankan semua komponen elektronik.



Gambar 3. Perakitan Sistem Pada Rak Penyimpanan

Pembuatan prototipe pada Gambar 4 disesuaikan dengan kebutuhan sistem dalam hal bentuk dan ukuran. Kardus dipilih sebagai objek percobaan karena kepraktisan dan ketersediaannya untuk menguji prototipe yang akan dikembangkan.



Gambar 4. Produk Uji Coba A dan Produk Uji Coba B

Integrasi Machine learning

Pengembangan sistem deteksi stok juga melibatkan penggunaan algoritma *machine learning* untuk mengolah data dari sensor dan mengenali pola perubahan stok. Sistem ini dilatih dengan data historis (Gambar 5) untuk memprediksi kebutuhan *re-stock* dan menyediakan informasi inventori secara akurat dan tepat waktu (*real-time*). Pemrosesan data kontinu oleh algoritma *machine learning* memungkinkan sistem untuk meningkatkan kinerja deteksi dan manajemen stok seiring waktu.



Gambar 5. Perancangan Sistem Pendeteksi Stok

Convolutional neural networks (CNN) adalah teknik deep learning dalam *machine learning* yang efektif untuk klasifikasi gambar [22]. Dalam *CNN*, konvolusi dilakukan melalui kernel yang menganalisis *pixel* gambar untuk ekstraksi fitur, dimana nilai *pixel* diolah bersama nilai kernel dan diikuti oleh aplikasi fungsi aktivasi untuk menentukan aktivasi *pixel* tersebut. Selain itu, *CNN* memanfaatkan *pooling layer* untuk mengurangi ukuran gambar yang diproses, dengan mengambil nilai maksimum atau rata-rata dari $n \times n$ *pixel* tertentu, yang mempermudah deteksi fitur dengan mengurangi kompleksitas komputasi. Ini

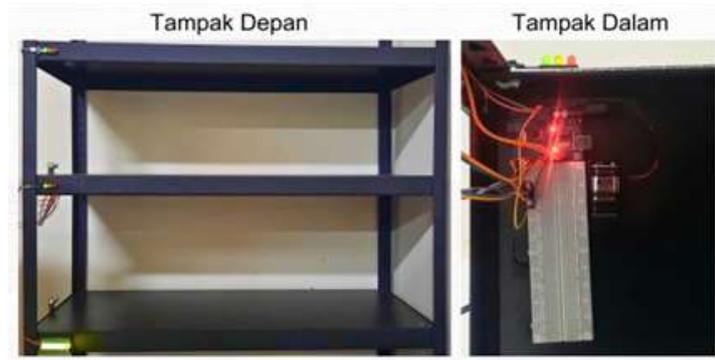
menjadikan *CNN* metode yang kuat dan efisien untuk pengenalan pola dan analisis visual dalam berbagai aplikasi [23].

3. Hasil dan Pembahasan

Prototipe yang dikembangkan diuji dalam lingkungan yang menyerupai kondisi UMKM untuk mengevaluasi efektivitas dan efisiensi sistem dalam mendeteksi dan mengelola stok produk. Pengujian melibatkan simulasi berbagai skenario operasional, termasuk perubahan jumlah stok, untuk menilai responsivitas dan akurasi sistem. *Feedback* yang diterima selama fase pengujian digunakan untuk melakukan penyesuaian dan perbaikan terhadap desain sistem.

Pengujian Sistem Pada Rak Penyimpanan

Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi jumlah produk dari jarak (cm) dan mengonversikannya ke dalam satuan stok. Lampu LED RYG menunjukkan kapasitas rak: hijau (kosong), kuning (terisi), dan merah (penuh). Layar LCD 16x2 menampilkan informasi kapasitas dan status pada rak penyimpanan. **Gambar 6** merupakan hasil dari desain sistem yang diimplementasikan pada rak penyimpanan. Untuk memastikan sistem berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian, perlu dilakukan verifikasi melalui pengujian. Keberhasilan pengujian diukur dari kemampuan semua fitur dalam sistem untuk beroperasi sesuai dengan desain awal tanpa kesalahan.



Gambar 6. Implementasi Sistem Pada Rak Penyimpanan

Uji coba sistem dijalankan untuk memperoleh data deteksi dari sensor ultrasonik yang terpasang pada setiap rak. **Gambar 7** menunjukkan kondisi saat sistem mendeteksi rak penyimpanan dalam status penuh, yang diindikasikan dengan nyala lampu LED merah.



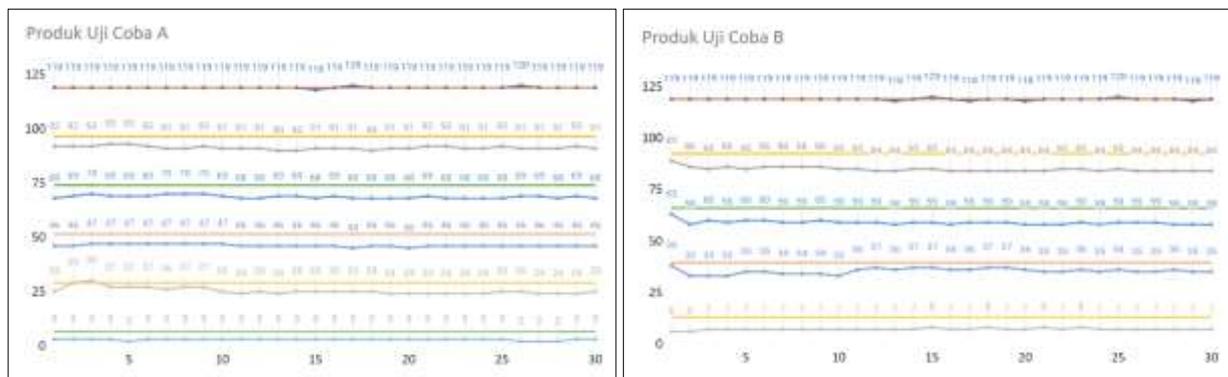
Gambar 7. Uji Coba Sistem

Selanjutnya, pada **Gambar 8**, ditampilkan informasi pada layar LCD yang menunjukkan bahwa sensor telah mendeteksi adanya 5 stok produk A dan 4 stok produk B yang tersimpan pada rak penyimpanan. Sistem akan secara otomatis memperbarui informasi jumlah stok yang ditampilkan pada layar LCD sesuai dengan perubahan yang terjadi jika produk ditambahkan atau dikurangi dari rak penyimpanan.



Gambar 8. Tampilan Jumlah Stok

Untuk memastikan sistem ini berfungsi sesuai dengan tujuan pembuatannya, perlu dilakukan verifikasi melalui pengujian. Keberhasilan pengujian ini diukur dari kemampuan semua fitur dalam sistem untuk beroperasi sesuai dengan desain awal tanpa ada kekeliruan. Berikut adalah data dari hasil pengujian sensor, LCD, dan LED:



Gambar 9. Data Deteksi Sensor Ultrasonik

Pengujian sistem dilakukan sebanyak 30 kali dengan memasukkan produk satu per satu ke rak penyimpanan. Berdasarkan data pada **Gambar 9**, dapat menjelaskan bahwa sistem beroperasi sesuai dengan rancangan awal. Sumbu x menunjukkan berapa kali pengambilan data yang dilakukan, sedangkan sumbu y menunjukkan jarak (cm) yang terbaca oleh sensor ultrasonik yang dikonversikan menjadi satuan stok. Nilai pada **Tabel 1** menunjukkan nilai minimum, maksimum, dan rata-rata jarak yang terbaca oleh sensor ultrasonik.

Tabel 1. Pengujian Sensor Ultrasonik

Produk Uji Coba	Keterangan	Stok					
		0	1	2	3	4	5
A	Minimal	118	90	68	45	24	2
	Maksimal	120	93	70	47	30	3
	Rata-rata	119	91	69	46	25	3
B	Minimal	118	84	58	33	6	-
	Maksimal	120	89	63	38	8	-
	Rata-rata	119	85	59	35	7	-

Sensor menunjukkan tingkat ketepatan yang memadai dalam mengukur jarak pada produk A dan produk B, meskipun terdapat beberapa perbedaan jika dibandingkan dengan data aktual. Ketidaksesuaian tersebut dapat disebabkan oleh sejumlah faktor, seperti keterbatasan akurasi dan kurangnya kalibrasi yang tepat. Keterbatasan ini menyebabkan pembacaan yang kurang akurat. Selain itu, kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, medan elektromagnetik, dan getaran juga dapat berdampak pada performa sensor, yang mengakibatkan pembacaan yang tidak akurat.

Selama percobaan, produk A lebih mudah dideteksi oleh sensor ultrasonik dibandingkan produk B. Keberhasilan deteksi juga terkait dengan jumlah stok yang tersedia. Pada **Gambar 10**, data sensor ini

langsung terhubung ke *cloud database* yang mencatat jenis dan jumlah stok *real-time*. Konfigurasi ini memfasilitasi manajemen inventaris yang efisien dan pengambilan keputusan yang cepat tanpa disertai dengan pengadaan server secara fisik.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Date/Time	Produk	Stok					
2	8/1/24 1:20:50	A	3					
3	8/1/24 16:12:6	A	4					
4	8/1/24 17:19:30	A	5					
5	9/1/24 17:24:33	A	3					
6	9/1/24 8:34:48	A	2					
7	9/1/24 10:12:5	A	1					
8	9/1/24 10:45:7	B	2					
9	9/1/24 13:27:23	B	4					
10	9/1/24 17:14:29	B	2					
11	10/1/24 1:20:50	B	4					

Gambar 10. Data Stok Pada IoT Cloud

Integrasi Machine Learning

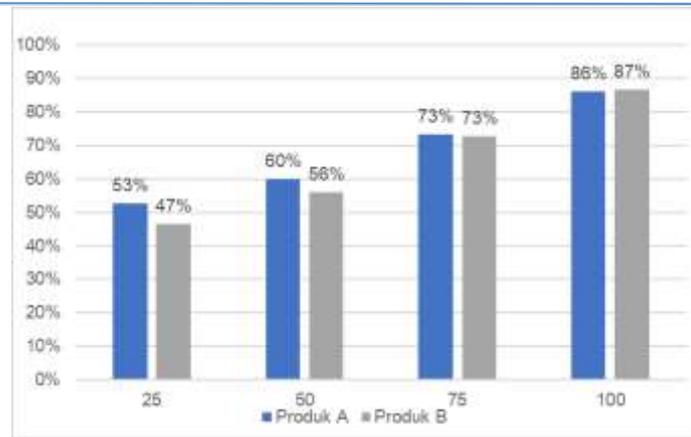
Validasi dan verifikasi sistem dilaksanakan untuk memastikan keselarasan antara sistem yang dikembangkan dan kondisi yang diharapkan. Uji coba sistem bertujuan untuk membuktikan bahwa sistem beroperasi sesuai dengan fungsi yang ditetapkan, menggunakan metode *machine learning* untuk klasifikasi objek. Metode ini memanfaatkan *CNN*, di mana kernel dalam *convolution layer* mengambil peran dalam ekstraksi fitur, yang kemudian diklasifikasikan melalui *neural network*. Sampel gambar untuk *training model* menggunakan gambar berukuran 2992 x 2992 *pixel* atau gambar sebenarnya.

Tabel 2 menunjukkan bahwa algoritma *machine learning* memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi produk dengan tingkat akurasi yang tinggi. Keberhasilan deteksi ini juga terkait dengan jenis produk dan jumlah stok yang tersedia. Produk A, misalnya, cenderung lebih mudah terdeteksi daripada produk B, dan tingkat keberhasilan deteksi menurun ketika stok mencapai 0 dan 5, baik untuk produk A maupun produk B.

Tabel 2. Hasil Deteksi Machine learning

Produk Uji Coba	Jumlah Sampel Data Training	Jumlah Stok Terbaca						Kriteria Keberhasilan
		0	1	2	3	4	5	
A	25	16	15	14	18	13	19	Dapat menunjukkan jumlah stok berdasarkan jenis produk
	50	19	18	16	21	14	20	
	75	21	25	21	22	20	23	
	100	28	26	25	25	25	26	
B	25	12	15	13	14	17	-	
	50	18	14	16	16	20	-	
	75	22	23	21	20	23	-	
	100	27	26	25	25	27	-	

Setelah model pelatihan dibuat dan diimplementasikan dalam sistem, dilakukan pengujian untuk mengukur akurasi pendeteksian produk. Hasil pengujian pada Gambar 10 menunjukkan hubungan positif antara jumlah sampel data *training model* yang digunakan dengan tingkat keberhasilan pengenalan produk. Sumbu x menunjukkan jumlah data sampel yang ditraining, sedangkan sumbu y menunjukkan presentase keberhasilan dari pengujian. Semakin banyak sampel data *training model* yang digunakan, semakin tinggi tingkat keberhasilan pengenalan produk. Model dengan 100 sampel menghasilkan tingkat keberhasilan pengenalan produk tertinggi, yaitu 86 dan 87%.



Gambar 11. Tingkat Keberhasilan Pengujian *Machine Learning*

Analisis Implementasi Sistem Deteksi Stok

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan berhasil mendeteksi dan mengelola stok produk dengan efektif melalui penggunaan sensor ultrasonik dan penerapan *machine learning*. Meskipun terdapat beberapa ketidaksesuaian antara data sensor dan data aktual, sistem ini tetap mampu beroperasi sesuai dengan desain awal dengan responsivitas yang memadai, dan perbaikan bisa dilakukan melalui kalibrasi yang lebih tepat. Teknologi *machine learning*, terutama *Convolutional Neural Networks (CNN)*, terbukti efektif dalam mengenali pola perubahan stok dengan tingkat akurasi yang tinggi. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini menunjukkan kemajuan dalam pengembangan sistem deteksi stok berbasis *IoT* dan *machine learning* untuk digitalisasi pada UMKM. Integrasi teknologi canggih ini dapat memfasilitasi manajemen inventori yang efisien, memungkinkan pemantauan stok secara *real-time*, dan menyediakan informasi inventori yang akurat untuk pengambilan keputusan yang tepat.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi digital, terutama melalui penggunaan *IoT* dan *machine learning*, secara signifikan meningkatkan manajemen inventori UMKM. Teknologi tersebut memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi operasional dan mendukung pertumbuhan bisnis. Integrasi sensor ultrasonik dan algoritma *machine learning* dalam sistem menghasilkan pencatatan, pemantauan, dan pengelolaan stok secara otomatis, mengatasi keterbatasan pencatatan stok manual, meningkatkan akurasi pengelolaan stok, serta menghindari risiko kelebihan atau kekurangan persediaan. Selain itu, penerapan *machine learning* memungkinkan analisis data yang cerdas, memperkuat pengambilan keputusan terkait pengadaan dan pengelolaan stok. Dengan demikian, teknologi ini membantu UMKM mengoptimalkan persediaan, mengurangi biaya operasional, meningkatkan kualitas layanan kepada pelanggan, dan menjadi kunci dalam mengatasi tantangan manajemen inventori serta membuka peluang pertumbuhan bisnis yang berkelanjutan bagi UMKM.

Sebagai tindak lanjut, penelitian ini memberikan landasan bagi pengembangan lebih lanjut dalam praktik dan penelitian masa depan dengan mempertimbangkan penggunaan sensor tambahan dan *barcode scanner* untuk meningkatkan sistem deteksi menggunakan *machine learning*. Selain itu, dapat meliputi uji coba peningkatan akurasi sensor, optimalisasi algoritma *machine learning*, serta pengembangan *interface* pengguna yang ramah untuk pemantauan stok secara *real-time*. Upaya ini diharapkan dapat membantu UMKM mengadopsi teknologi digital dengan lebih efektif, yang pada gilirannya akan meningkatkan efisiensi operasional dan mendukung pertumbuhan bisnis di era digital.

5. Referensi

- [1] I. R. Aysa, "Tantangan Transformasi Digital Bagi Kemajuan Perekonomian Indonesia," *Jurnal At-Tamwil: Kajian Ekonomi Syariah*, vol. 3, no. 2, 2021, doi: 10.33367/at.v2i3.1458.
- [2] M. Sofiah and S. Aisyah, "Analisis Implementasi Manajemen Rantai Pasok Pada E-Commerce Amazon," *Journal of Indonesian Management*, vol. 2, no. 2, pp. 385–390, 2022.
- [3] W. Nardiwiyono, A. Wuryanto, and C. Cahyadi, "Sistem Monitoring Gudang Dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Microcontroller Arduino Pada PT XYZ," *Tekinfo: Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Informasi*, vol. 10, no. 2, pp. 54–65, May 2022, doi: 10.31001/tekinfo.v10i2.1596.

- [4] N. E. Pratiwi, A. Swandono, and Tuwandi, "Implementasi Perancangan Sistem Informasi Administrasi Perawatan Mesin di PT. Satria Jaya Sulawesi Tenggara Desa Baula, Sulawesi Tenggara," *Integrasi Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 8, no. 1, pp. 40–47, 2023, [Online]. Available: <http://jurnal.um-palembang.ac.id/index.php/integrasi>
- [5] Satriananda, R. Sari, A. Fata, and Atthariq, "Sistem Pemantauan dan Pengendalian Kekeuhan Berbasis Internet of Things Untuk Aplikasi Pada Proses Pengolahan Air Bersih," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 9, no. 2, 2024, Accessed: Apr. 03, 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.serambimekkah.ac.id/index.php/jse/article/view/1336/1005>
- [6] A. A. A. Fadhil, S. Bustamin, and S. S. Sahrir, "Sistem Informasi Manajemen Persediaan Berbasis Web di CV. Makmur Sejahtera Palopo," *PROCESSOR: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi, Teknologi Informasi dan Sistem Komputer*, vol. 18, no. 2, Nov. 2023, doi: 10.33998/processor.2023.18.2.1385.
- [7] F. C. Gandapriana, D. Tanria, and J. Sutrisno, "Perancangan Inventory System untuk Mengoptimalkan Operasional Penjualan, Pembelian, dan Pengembalian pada CV. Victory," *Reslaj: Religion Education Social Laa Roiba Journal*, vol. 6, no. 4, 2024, doi: 10.47476/reslaj.v6i4.1408.
- [8] S. S. Maesaroh, "Upaya Peningkatan Daya Saing Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) Kota Tasikmalaya melalui Pemanfaatan System Informasi Geografis (SIG)," *Jurnal Ilmu Manajemen dan Bisnis*, vol. 11, no. 1, 2020.
- [9] D. Oktari, D. R. Suchendra, and Periyadi, "Sistem Pendeteksi Stok Makanan Pada Media Penyimpanan Berbasis Single-Board Microcontroller," 2023, pp. 810–816.
- [10] A. Rahmadani, M. Ferdiansyah, Nurhalifah, P. C. Wijaya, and M. Panorama, "Analisis Pertumbuhan Usaha Mikro Kecil dan Menengah Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Kota Palembang," *Jurnal Ekonomi, Manajemen dan Akuntansi*, vol. 450, no. 4, pp. 450–457, 2023, [Online]. Available: <http://jurnal.kolibi.org/index.php/neraca>
- [11] M. Pura, C. H. Langko, and J. Kho, "Automatic Mass Waste Sorting System Using Inductive Proximity Sensor, Water Level Sensor and Image Processing using MobileNet Algorithm," *Ultima Computing : Jurnal Sistem Komputer*, vol. 15, no. 2, 2023.
- [12] D. Perwita, "Telaah Digital Entrepreneurship: Suatu Implikasi Dalam Mengatasi Permasalahan Ekonomi," *Jurnal PROMOSI: Jurnal Pendidikan Ekonomi UM Metro*, vol. 9, no. 2, pp. 40–51, 2021.
- [13] R. D. Valentin, M. A. Desmita, A. Alawiyah, and Samsugi, "Implementasi Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler Untuk Sistem Peringatan Dini Banjir," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali dan Listrik*, vol. 2, no. 1, pp. 110–120, 2021, doi: 10.33365/jimel.v1i1.
- [14] N. Umami and A. Z. Al Faritsy, "Prototype Alat Inspeksi Produk Sebagai Media Pembelajaran Manajemen Mutu," *Integrasi Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 8, no. 2, pp. 78–84, 2023, doi: 10.32502/j.
- [15] A. Alam *et al.*, "Object Detection Learning for Intelligent Self Automated Vehicles," *Intelligent Automation and Soft Computing*, vol. 34, no. 2, pp. 941–955, 2022, doi: 10.32604/iasc.2022.024840.
- [16] M. B. Baihaqi, Y. Litanianda, and A. Triyanto, "Implementasi Tensor Flow Lite Pada Teachable Untuk Identifikasi Tanaman Aglonema Berbasis Android," *KOMPUTEK: Jurnal Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo*, vol. 6, no. 1, pp. 70–80, 2022, [Online]. Available: <http://studentjournal.umpo.ac.id/index.php/komputek>
- [17] K. Mohanraj, S. Vijayalakshmi, N. Balaji, R. Chithrakkannan, and R. Karthikeyan, "Smart warehouse monitoring using IoT," *Int J Eng Adv Technol*, vol. 8, no. 6, pp. 3597–3600, Aug. 2019, doi: 10.35940/ijeat.F9355.088619.
- [18] S. Parningotan and T. Mulyanto, "Rancang Bangun Prototipe Alat Penghitung Produk Secara Otomatis Dengan Konsep Internet Of Thing (IoT) Berbasis Mikrokontroler (Arduino Uno)," *Jurnal Elektro Luceat*, vol. 6, no. 1, 2020.
- [19] Sukarmi, R. Kurniaty, R. Dewantara, and Ikaningtyas, "Re-Evaluasi Pengaturan Mengenai Digitalisasi Usaha Mikro Kecil dan Menengah dalam Peningkatan Daya Saing di Era Ekonomi Digital," *Jurnal Magister Hukum Udayana*, vol. 10, no. 4, pp. 880–896, 2021, doi: 10.24843/JMHU.2021.v10.i04.
- [20] A. L. Logo and S. Asy'ari, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kehilangan Air Dengan Sensor Water Flow (Studi Kasus PDAM Giri Nawa Tirta)," *Integrasi Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 08, no. 02, pp. 85–94, 2023.

-
- [21] A. P. Zanofa, R. Arrahman, M. Bakri, and A. Budiman, "Pintu Gerbang Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3," *JTIKOM*, vol. 1, no. 1, pp. 22–27, 2020.
- [22] F. Loekman and Lina, "Sistem Manajemen Inventori Dengan Pengenalan Barang Secara Otomatis Menggunakan Metode Convolutional Neural Network," *TEKNIKA*, vol. 12, no. 1, pp. 47–56, Feb. 2023, doi: 10.34148/teknika.v12i1.596.
- [23] E. Tanuwijaya, R. L. Lordianto, and R. A. Jasin, "Recognition of Human Faces In Video Conference Applications Using The CNN Pipeline," *JUTIF: Jurnal Teknik Informatika*, vol. 3, no. 2, pp. 421–427, 2022, doi: 10.20884/1.jutif.2022.3.2.219.