



Integrasi *machine learning* dan sistem manajemen gudang untuk pemantauan *inventory* penjualan grosir minuman UMKM

Integration of machine learning and warehouse management systems for inventory monitoring in UMKM wholesale beverage sales

Raisa Nuraffifa Sudardjat*, Vina Sari Yosephine

* Institut Teknologi Harapan Bangsa, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia 40132

INFORMASI ARTIKEL

Article History:

Submission: 01-06-2024

Revised: 11-06-2024

Accepted: 20-06-2024

Kata Kunci:

UMKM; Sistem manajemen gudang; *Machine learning*, Sensor; *Real time*

Keywords:

MSMEs; warehouse management system; Machine learning; Sensor, Real time

*** Korespondensi:**

Raisa Nuraffifa Sudardjat
raisanuraffifa0203@gmail.com

ABSTRAK

Di era industri 4.0, transformasi digital merupakan hal yang penting untuk meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi operasional. Koneksi yang lebih baik dan teknologi seperti Internet of Things, *artificial intelligence*, dan robotika telah mengubah cara industri memproduksi, mengelola, dan berinteraksi dengan pelanggan. Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah kini tengah menghadapi tantangan khusus dalam transformasi tersebut, terutama terkait dengan investasi yang signifikan untuk infrastruktur TI dan kebutuhan tenaga kerja yang mahir dalam keterampilan digital. Hambatan tersebut dapat menghambat adopsi dan integrasi penuh inovasi digital oleh UMKM. Meskipun demikian, transformasi digital sangat berpotensi bagi UMKM, terutama dalam pengembangan aplikasi manajemen gudang yang memanfaatkan teknologi digital. Inovasi tersebut dapat meningkatkan efisiensi secara signifikan dalam pemantauan stok, pelacakan *inventory*, dan pengelolaan logistik secara *real-time*, sehingga berdampak pada keberlanjutan bisnis UMKM di era digital. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model manajemen gudang yang terdiri dari sistem informasi dan teknologi *machine learning* yang disesuaikan untuk UMKM. Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa sistem ini memiliki tingkat akurasi yang tinggi, sehingga sesuai untuk digunakan oleh UMKM.

ABSTRACT

In the era of Industry 4.0, digital transformation is essential to increase operational flexibility and efficiency. Better connections and technologies such as the Internet of Things, artificial intelligence, and robotics have changed the way industries produce, manage, and interact with customers. However, Micro, Small and Medium Enterprises (MSMEs) face particular challenges in this transformation, particularly related to significant investments in IT infrastructure and the need for a workforce proficient in digital skills. These barriers may hinder the adoption and full integration of digital innovations by MSMEs. Nonetheless, digital transformation holds great potential for MSMEs, especially in the development of warehouse management applications that utilize digital technology. Such innovations can significantly improve efficiency in real-time stock monitoring, inventory tracking, and logistics management, thus impacting the sustainability of MSME businesses in the digital era. This research aims to develop a warehouse management model consisting of information systems and machine learning technology tailored for MSMEs. Laboratory testing shows that the system is suitable for MSMEs with high accuracy.



1. PENDAHULUAN

Transformasi digital yang sangat luas telah meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi operasional di berbagai industri [1][2]. Era industri 4.0 menciptakan sistem dimana komponen industri saling terkoneksi dan berkomunikasi, serta membuat keputusan secara otomatis tanpa perlu campur tangan manusia [3]. Konfigurasi ini berpotensi meningkatkan pendapatan, mempercepat produksi, dan meningkatkan kualitas layanan pelanggan, sehingga berdampak signifikan pada ekonomi nasional.

Dalam konteks Indonesia, bukan hanya industri besar, Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) memegang peranan penting dalam perekonomian [4][5]. UMKM dianggap sebagai salah satu pilar ekonomi Indonesia dengan kontribusi signifikan terhadap PDB nasional [6]. Oleh karena itu, adaptasi terhadap tren Industri 4.0 dan digitalisasi menjadi kunci penting untuk kelangsungan bisnis [7].

Namun, UMKM menghadapi tantangan dalam pengelolaan gudang, dimana sistem manajemen gudang saat ini bersifat tradisional dan sering kali tidak akurat dan efisien [8]. Sistem manual seperti ini menimbulkan masalah seperti stok berlebihan atau kekurangan, keterlambatan dalam pemenuhan pesanan, yang akhirnya mengakibatkan ketidakseimbangan antara stok dan fisik [9]. Teknologi informasi dan otomatisasi, khususnya *machine learning* dapat menciptakan solusi inovatif untuk mengatasi tantangan ini dan juga berpotensi membantu UMKM dalam pengelolaan penjualan, pemasaran, dan pengembangan hubungan pelanggan [10][11].

Salah satu teknologi yang mendapat perhatian khusus adalah penggunaan jaringan saraf konvolusional (*Convolutional Neural Networks*, CNN) dalam identifikasi barang secara otomatis [12]. Penelitian terdahulu menunjukkan pengembangan solusi berbasis web untuk pencatatan barang masuk yang dilengkapi dengan fitur peringatan untuk barang kadaluarsa. Dalam hal ini, AI berpotensi untuk mempercepat proses identifikasi barang. Namun, eksplorasi lebih lanjut mengenai keterbatasan implementasinya dalam konteks UMKM masih sangat diperlukan, mengingat batasan sumber daya dan keahlian teknis yang sering menjadi kendala di sektor ini.

Selanjutnya, studi kasus pada PT. Citra Banjar Abadi mengungkapkan tantangan dalam pengelolaan data barang bahan baku yang kurang aman dan akurat, di mana pengembangan sistem informasi manajemen gudang dirancang untuk mengatasi isu keamanan dan keakuratan data. Hal ini menegaskan kebutuhan akan sistem informasi yang handal dalam pengelolaan gudang, terutama bagi UMKM yang sering kali menghadapi tantangan serupa.

Pengembangan konsep *Warehouse Management System* (WMS) menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* (metode *min-max*) di PT. Loyal Indonesia Utama sebagai respons terhadap ketiadaan aplikasi terintegrasi untuk perencanaan dan pengelolaan *inventory* juga pernah dilakukan. Walaupun solusi ini membantu mengatasi ketidaksesuaian antara data fisik dan stok, kompleksitas teknis dan kebutuhan sumber daya untuk pengembangan dan implementasinya bisa menjadi penghalang bagi UMKM.

Analisis lebih lanjut pada implementasi WMS berbasis *database* di PT. Delapan Jaya Perkasa *Garment* mengilustrasikan manfaat digitalisasi dalam integrasi aktivitas Gudang. Namun, untuk aplikabilitas pada UMKM, diperlukan pendekatan yang lebih sederhana dan biaya yang efektif.

Inovasi *F3 storage system* yang mengintegrasikan teknologi pengenalan suara dan *barcode* untuk pencarian barang menawarkan wawasan mengenai peningkatan efisiensi pencarian barang. Namun, implementasi teknologi ini pada UMKM membutuhkan adaptasi teknologi yang mudah dan integrasi antara perangkat keras dan lunak.

Sebagai kesimpulan, meskipun terdapat beberapa penelitian berbasis teknologi dalam manajemen gudang, implementasinya di UMKM sering terhambat oleh keterbatasan sumber daya, infrastruktur, dan keahlian. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem informasi berbasis web yang terintegrasi dengan teknologi *machine learning* dan *image recognition* untuk mengoptimalkan manajemen gudang UMKM. Dengan menggunakan kamera sebagai sensor, sistem ini dirancang untuk secara otomatis mengidentifikasi jenis dan jumlah produk, yang bertujuan untuk mengatasi tantangan akurasi *inventory* yang sering dihadapi oleh UMKM. Kunci dari solusi yang diusulkan adalah kemudahannya dalam implementasi dan biaya

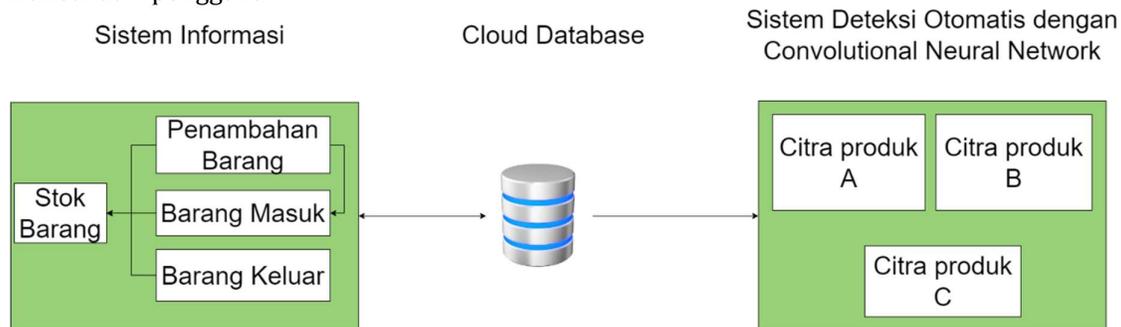
yang terjangkau, memastikan bahwa UMKM dapat mengadopsi teknologi ini tanpa perlu investasi besar pada infrastruktur IT atau pelatihan teknis yang rumit. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi teknis terhadap bidang manajemen gudang dan meningkatkan akses teknologi digital bagi UMKM, yang merupakan tulang punggung ekonomi Indonesia.

2. METODE

Metode yang akan digunakan adalah metode *prototype*, yang terbukti efektif dalam mengembangkan perangkat lunak dengan pendekatan sistem sekuensial atau *Software Development Life Cycle* (SDLC) [13]. Dengan mengadopsi pendekatan ini, diharapkan penelitian dapat memberikan pemahaman yang mendalam tentang cara optimal mengintegrasikan teknologi informasi untuk mendukung operasi UMKM dalam industri grosir minuman.

Pada SDLC, tahap *requirement* adalah proses mengidentifikasi dan mendokumentasikan kebutuhan pengguna dan sistem [14]. Hal tersebut melibatkan interaksi dengan *stakeholder* dan pengguna untuk memahami kebutuhan bisnis, fungsional, dan non-fungsional. Tahap analisis merupakan proses memahami kompleksitas sistem (data dan informasi) dari tahap identifikasi untuk dikembangkan, mengidentifikasi masalah yang mungkin timbul, dan menetapkan solusi yang paling sesuai. *Design* merupakan tahapan yang melibatkan perancangan arsitektur sistem berdasarkan kebutuhan dan analisis sebelumnya. Hal tersebut mencakup desain arsitektur sistem, desain *database*, desain *interface* pengguna dan desain detail lainnya. *Development* merupakan tahapan mengkodekan sistem berdasarkan spesifikasi desain yang telah dibuat sebelumnya yang kemudian akan diuji secara berkala untuk memastikan kualitasnya.

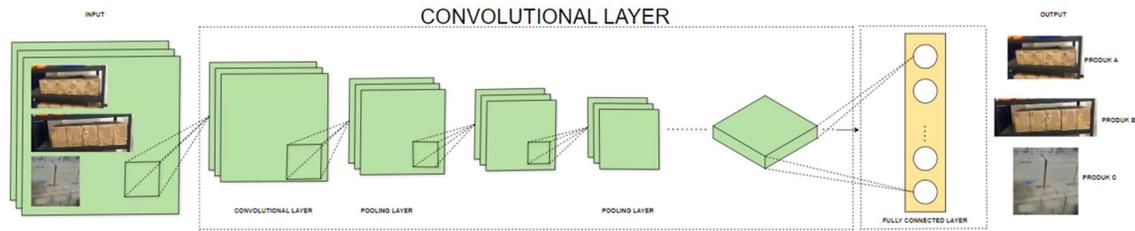
Tahap *testing* merupakan proses krusial dalam siklus pengembangan perangkat lunak. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa sistem berfungsi sesuai dengan harapan dan memenuhi semua kebutuhan yang telah ditetapkan sebelumnya. Proses pengujian meliputi pengujian unit, pengujian integrasi, pengujian sistem dan pengujian penerimaan pengguna. Setelah melewati tahap *testing*, dilanjutkan dengan tahap *deployment*, di mana sistem yang telah berhasil diuji siap untuk diterapkan dalam lingkungan produksi. Proses *deployment* melibatkan migrasi data, pelatihan pengguna, dan peluncuran sistem secara menyeluruh. Terakhir, *maintenance* merupakan tahap pemeliharaan di mana sistem dipantau dan diperbaiki untuk memastikan kinerjanya tetap optimal serta menyesuaikan dengan kebutuhan baru yang mungkin muncul dari pengguna.



Gambar 1. Diagram integrasi sistem informasi, cloud database, dan CNN.

Gambar 1 merupakan gambaran visual komponen perangkat lunak, perangkat keras, dan teknologi saling berinteraksi. Diagram tersebut mencakup tiga komponen utama yaitu *database*, sistem informasi, dan *convolutional neural network*. *Database* berperan sebagai penyimpanan dan pengelolaan data yang terstruktur serta pengintegrasian data dari berbagai sumber [15]. Sistem informasi bertugas mengelola *inventory* dengan efisien, melacak pergerakan barang, memastikan ketersediaan stok yang cukup, dan menyediakan informasi *real-time* yang akurat. Sementara itu, *convolutional neural network* digunakan untuk mendeteksi, mengidentifikasi, dan membedakan produk secara otomatis berdasarkan citra.

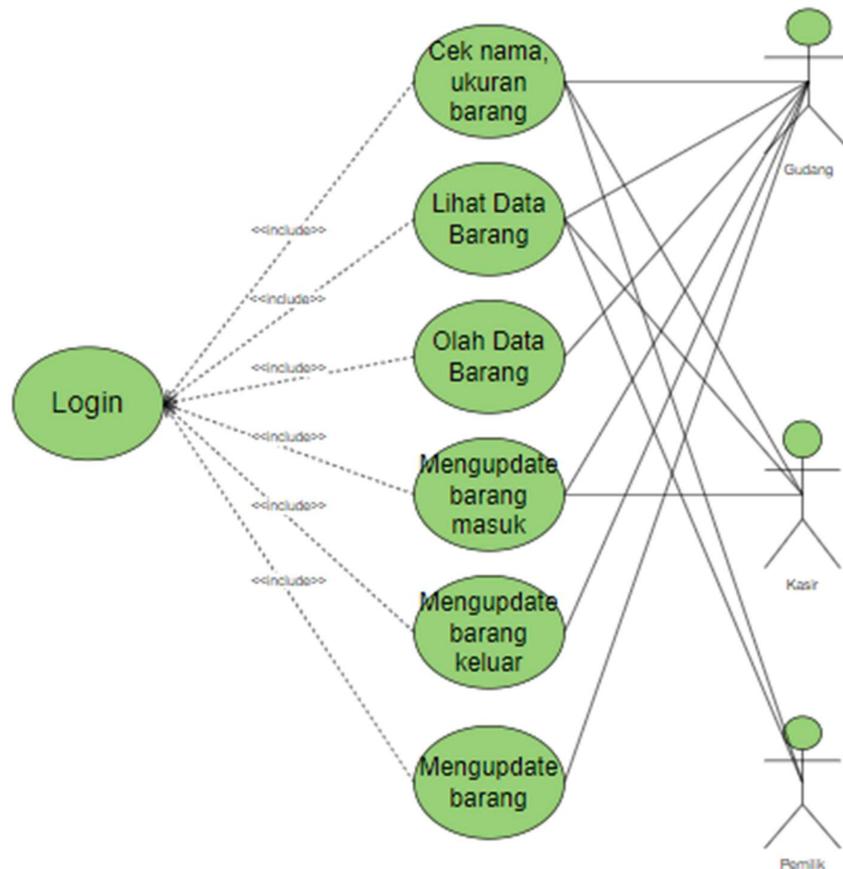
Gambar 2 terdiri dari tiga bagian utama, yaitu input, *convolutional layer*, dan *output*. *Convolutional layer* bertugas untuk mengenali pola seperti tepi atau tekstur dalam gambar dengan menggunakan *filter* yang bergerak di seluruh gambar.



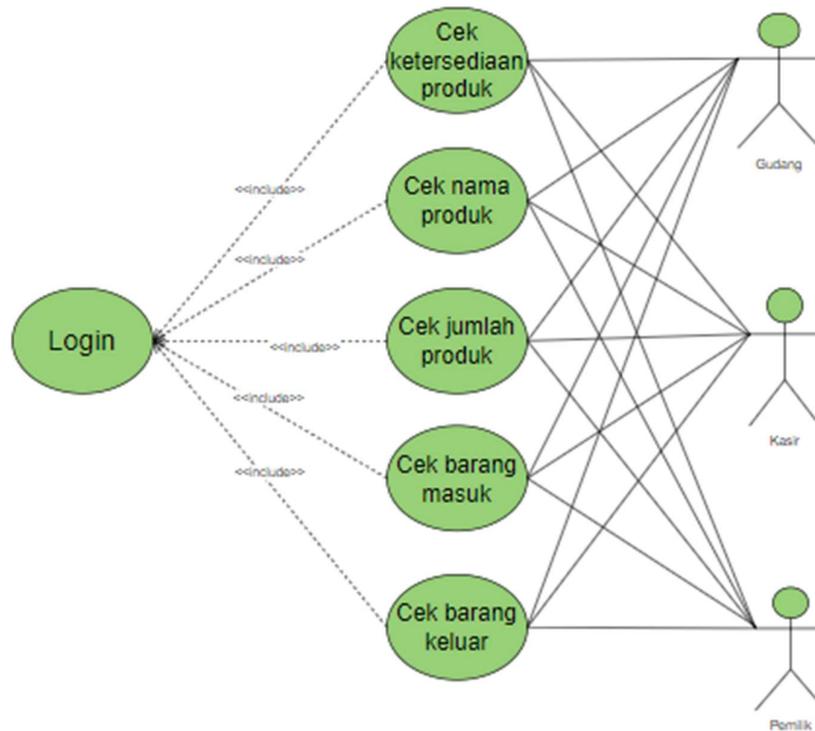
Gambar 2. Arsitektur dasar CNN.

Selanjutnya, *pooling layer* membantu menciptakan representasi fitur yang lebih stabil terhadap perubahan posisi dalam gambar dengan cara mengurangi dimensi spasial dari peta fitur. *Fully connected layer* menghubungkan fitur-fitur yang teridentifikasi sebelumnya dengan kelas-kelas *output*. *Output layer* menunjukkan jenis minuman dalam kemasan box yang dikenali oleh sistem CNN.

Perancangan sistem informasi dimulai dengan pembuatan *use case diagram*, seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 3 dan Gambar 4. Diagram tersebut merupakan representasi visual yang mengilustrasikan interaksi antara pengguna dan sistem manajemen gudang yang akan dibuat. *Use case diagram* memberikan gambaran tentang bagaimana sistem akan digunakan melalui skenario-skenario tertentu. Diagram tersebut terdiri dari aktor yang mewakili pengguna sistem dan interaksi yang dilakukan oleh mereka dengan sistem tersebut. Diagram ini juga membantu dalam mengidentifikasi keseluruhan ruang lingkup sistem dan memperjelas hubungan antara pengguna dan fungsionalitas sistem yang dirancang. Dengan demikian, *use case diagram* menjadi alat yang penting dalam tahap perancangan sistem informasi.



Gambar 3. Fitur untuk pengguna dalam sistem.



Gambar 4. Interaksi pengguna dengan sistem deteksi.

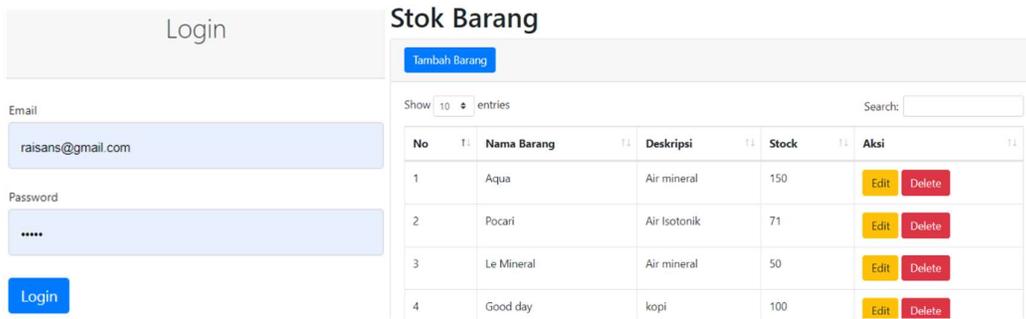
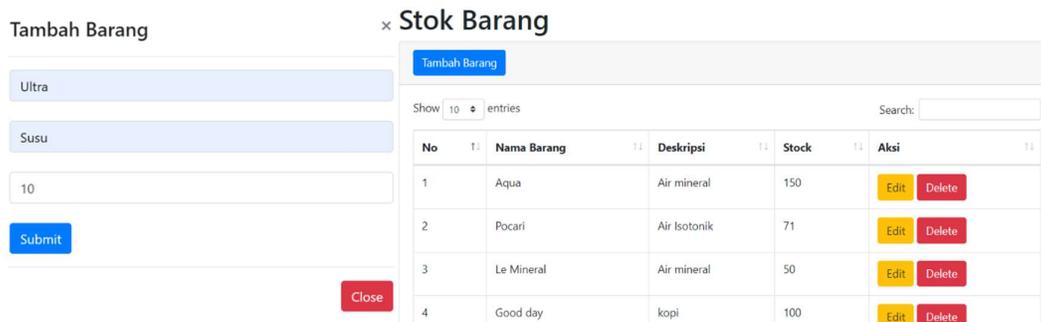
Gambar 3 menampilkan berbagai fitur yang tersedia bagi pengguna dalam sistem, termasuk pemeriksaan nama barang, ukuran, melihat, mengelolah, dan memperbarui data barang, serta mengelola barang masuk dan keluar. Gambar 4 menggambarkan interaksi pengguna dengan sistem deteksi barang menggunakan *computer vision*. Interaksi tersebut meliputi pengecekan ketersediaan produk, nama produk, jumlah stok, serta mencatat barang masuk dan keluar. Kedua gambar tersebut memberikan pengertian tentang fungsi-fungsi sistem, dari manajemen data hingga penggunaan teknologi *machine learning* untuk memfasilitasi pengelolaan stok dan operasi gudang secara efisien. Dengan kombinasi kedua fitur tersebut, pengguna dapat dengan mudah mengakses informasi dan melakukan tindakan yang diperlukan untuk mengelola inventory dan operasi gudang dengan lebih efektif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

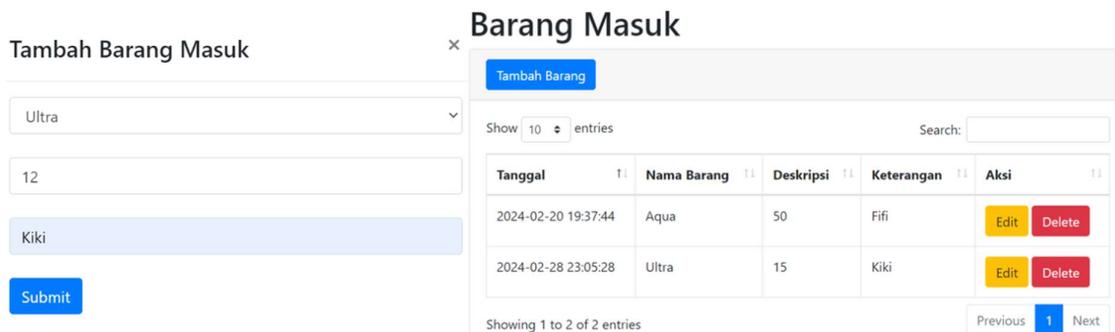
Rancangan Website

Website didesain dengan mengacu pada *use case* diagram pada Gambar 3 dan Gambar 4 yang menampilkan serangkaian fitur yang terintegrasi. Fitur-fitur tersebut mencakup sistem *login* untuk keamanan akses, halaman untuk menampilkan stok barang yang tersedia, dan halaman untuk mencatat barang masuk ke dalam sistem. Selain itu, terdapat halaman yang ditujukan untuk mencatat barang keluar dari gudang, serta halaman yang memanfaatkan teknologi *machine learning*, seperti pengecekan stok, pengelolaan *inventory* secara otomatis.

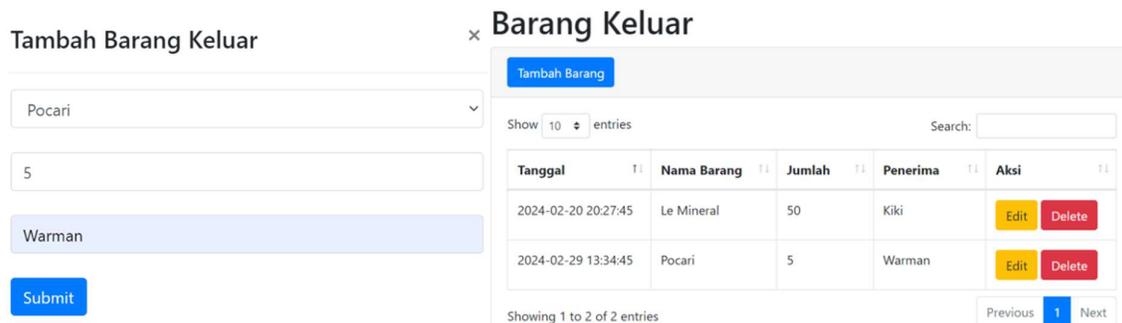
Halaman *Login* yang terlihat pada Gambar 5 merupakan bagian pertama yang ditemui oleh pengguna ketika mengakses sistem informasi UMKM, terutama dalam objek uji coba penjualan minuman dalam satuan dus. Pengguna diminta untuk memasukkan *email* dan *password* sebagai langkah pertama untuk mengakses sistem. Jika pengguna memasukkan kombinasi *username* dan *password* yang salah, atau jika akun mereka belum terdaftar, mereka tidak dapat melanjutkan ke halaman selanjutnya. Selain itu, ketika pengguna memilih untuk keluar dari *website*, halaman *login* akan otomatis muncul kembali. Dengan demikian, halaman *login* memiliki peran penting dalam mengontrol akses dan menyediakan pengalaman pengguna yang aman dan teratur dalam menggunakan sistem.

Gambar 5. Halaman *login* dan halaman utama.

Gambar 6. Halaman stok barang.



Gambar 7. Halaman barang masuk.



Gambar 8. Halaman barang keluar.

Halaman stok barang, yang terlihat pada Gambar 6 berfungsi untuk memasukkan informasi tentang barang yang tersedia di gudang, yang kemudian akan tercatat dalam *master data* dan dapat diakses oleh pengguna. Halaman tersebut terdiri dari tiga komponen utama, yaitu nama barang, deskripsi, dan jumlah stok. Melalui fitur yang tersedia di dalam halaman barang masuk

dan keluar, pengguna dapat memperbarui jumlah stok barang, baik bertambah maupun berkurang, sesuai dengan kebutuhan dan transaksi yang dilakukan. Fitur tambah barang yang merupakan bagian dari halaman stok barang, memiliki tiga komponen utama yaitu nama barang, deskripsi barang, dan jumlah stok. Nama barang digunakan untuk mencatat identitas barang yang akan ditambahkan ke dalam *inventory*, sedangkan deskripsi barang memberikan informasi tambahan tentang jenis barang. Jumlah stok mencatat kuantitas fisik barang yang ditambahkan ke dalam *inventory* untuk memastikan data *inventory* yang terpercaya dan lengkap.

Halaman barang masuk yang terlihat pada Gambar 7, memiliki peran utama dalam melakukan input barang. Data tersebut akan langsung terdaftar pada *master data*. Halaman tersebut terdiri dari empat komponen utama yaitu tanggal barang masuk (*real-time*), nama barang, deskripsi dan keterangan siapa yang menerima barang tersebut. Fitur tambah barang masuk memiliki tiga komponen utama yaitu nama barang, jumlah, dan nama penerima. Nama barang merujuk pada produk yang telah terdaftar dalam halaman stok barang, sementara komponen jumlah digunakan untuk mencatat jumlah fisik barang yang masuk ke dalam *inventory*. Sedangkan, komponen nama penerima berfungsi untuk mencatat atau menentukan pihak yang bertanggung jawab atau menerima barang yang masuk ke dalam sistem atau *inventory* untuk memastikan transparansi dan akuntabilitas dalam pengelolaan *inventory*.

Halaman barang keluar, yang terlihat pada Gambar 8, berperan dalam mencatat barang yang keluar dari gudang. Data tersebut juga akan langsung terdaftar pada *master data*. Halaman tersebut memiliki empat komponen yaitu tanggal barang keluar saat barang dikeluarkan *inventory* secara *real-time*, nama barang, deskripsi barang yang keluar, dan keterangan mengenai siapa yang menerima barang tersebut. Fitur tambah barang keluar memiliki tiga komponen utama yaitu nama barang merujuk pada produk yang telah terdaftar dalam halaman stok barang, komponen jumlah digunakan untuk mencatat jumlah fisik barang yang keluar dari sistem atau *inventory*, dan komponen nama penerima berfungsi untuk mencatat atau menentukan pihak yang bertanggung jawab atau menerima barang yang keluar untuk memastikan keakuratan dan transparansi dalam catatan *inventory*.

Hasil pengujian *website* stok barang

Pengujian dilakukan secara menyeluruh terhadap semua halaman atau menu yang tersedia untuk menilai apakah program tersebut memenuhi standar yang diperlukan untuk digunakan. Proses tersebut mencakup berbagai aspek fungsi halaman dan keamanan dari setiap halaman atau menu yang telah dikembangkan. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa pengguna dapat menggunakan program dengan lancar dan aman, serta sesuai dengan kebutuhan dan harapan mereka. Hasil pengujian ini akan menjadi acuan untuk melakukan perbaikan atau penyempurnaan sebelum program tersebut diluncurkan. Dengan demikian, pengujian menyeluruh menjadi langkah penting dalam proses pengembangan perangkat lunak untuk memastikan kualitas dan keandalan program yang dihasilkan.

Tabel 1. Hasil pengujian *website* stok barang.

No.	Item Uji	Skenario	Harapan	Hasil
1	Halaman <i>Login</i>	Masukkan <i>user</i> dan <i>password</i>	Berhasil masuk ke <i>menu</i> sesuai dengan kebutuhan	Valid
2	Halaman <i>stock</i> barang	<i>Input</i> jumlah, nama, dan keterangan barang	Dapat melakukan input barang seperti jumlah, nama barang	Valid
3	Halaman barang masuk	<i>Input</i> jumlah, nama, dan keterangan barang yang datang dari produsen	Dapat melakukan <i>input</i> barang seperti jumlah, nama barang	Valid
4	Halaman barang keluar	<i>Input</i> jumlah, nama, dan keterangan yang keluar dari gudang	Dapat melakukan <i>input</i> barang seperti jumlah, nama barang yang keluar	Valid
5	Halaman <i>machine learning</i>	Menunjukkan nama produk	Dapat terbaca nama produknya secara akurat	Valid
6	Halaman <i>logout</i>	Klik <i>button logout</i>	Dapat melakukan <i>logout</i> dari <i>website</i> dan kembali ke halaman <i>login</i>	Valid

Analisis *website* stok barang

Hasil uji coba menunjukkan bahwa *website* dapat berfungsi sesuai kebutuhan pengguna, serta menunjukkan reliabilitas dan kesesuaian fungsi-fungsinya. Fitur penambahan produk melalui tombol "barang masuk" memberikan kemudahan bagi pengguna untuk memasukkan produk ke dalam sistem dengan cepat dan efisien. Setiap kali produk ditambahkan, informasi nama produk secara otomatis tercatat dalam data barang masuk. Hal ini memudahkan pengelolaan *inventory* dan memastikan ketersediaan informasi stok terkini. Tombol "barang keluar" secara otomatis mengurangi stok saat barang dijual dan mencatat nama produk yang terjual. Fitur ini penting dalam analisis penjualan dan pemantauan *inventory* yang efektif bagi pengelola bisnis UMKM. Keseluruhan fitur dan fungsi-fungsi yang disediakan menunjukkan bahwa pembuatan *website* tersebut cukup mudah digunakan dan ekonomis untuk UMKM.

Rancangan model deteksi gambar otomatis

Penelitian ini merancang penggunaan CNN khusus untuk UMKM. Modelnya memfasilitasi pengguna tanpa latar belakang IT untuk melakukan *training image*, serta *transfer learning* dengan mudah. Penelitian ini melibatkan lebih dari 1500 gambar sebagai *training image* dengan 3 produk yang berbeda, dan menggunakan algoritma *mobile-Net*. Percobaan deteksi barang dilakukan untuk menguji apakah algoritma CNN yang telah dilatih dapat mengenali suatu barang dalam kondisi nyata di gudang. Uji coba ini dilakukan dengan menggunakan *webcam* yang dapat dihubungkan ke komputer atau laptop yang memungkinkan pengujian langsung pada lingkungan operasional. Dengan demikian, penggunaan CNN ini menjanjikan solusi yang efisien dan mudah digunakan bagi UMKM dalam mengelola *inventory* mereka. Algoritma yang digunakan adalah *Mobil-Net* dengan akurasi model hampir mencapai 100%. Hal tersebut menunjukkan kemampuan yang sangat baik dalam mengenali dan memproses gambar produk.

Pengujian *machine learning*

Setelah model *machine learning* dikembangkan, *transfer learning* dicobakan ke rak UMKM. Kemudian dilakukan uji coba dan analisis data, termasuk pengumpulan data yang menunjukkan seberapa baik *machine learning* dapat membaca nama produk. Percobaan dilakukan sebanyak 30 kali untuk setiap produk uji coba. Data tersebut digunakan untuk mengevaluasi kinerja algoritma *machine learning* dalam mengenali nama produk dari data yang telah diuji sebelumnya.

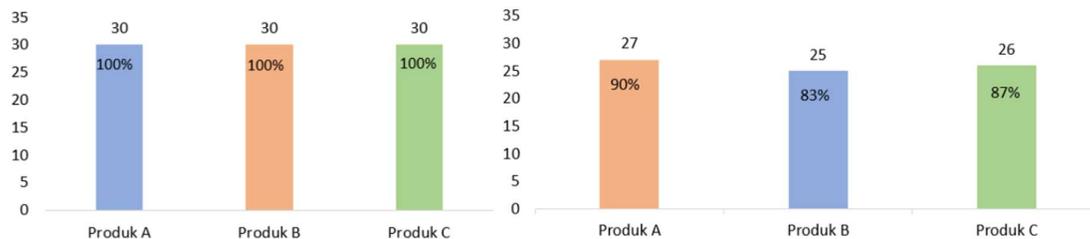
Tabel 2 berisi hasil pengujian *convolutional neural network* terhadap tiga produk yang berbeda, yaitu produk A, B, dan C. Dari hasil pengujian tersebut, terlihat bahwa *machine learning* mampu mengenali dan memproses informasi mengenai citra produk secara efektif. Meskipun begitu, ditemukan bahwa ada beberapa produk yang tidak berhasil terbaca oleh sistem. Hal tersebut menunjukkan adanya tantangan atau kendala tertentu dalam pengenalan produk secara akurat.

Tabel 2. Hasil pengujian convolutional neural network.

No	Item Uji	Skenario	Hasil
1		Dapat menunjukkan nama produk, yaitu produk A	Valid
2		Dapat menunjukkan nama produk, yaitu produk B	Valid
3		Dapat menunjukkan nama produk, yaitu produk C	Valid

No	Item Uji	Skenario	Hasil
4		Dapat menunjukkan nama produk, yaitu produk A	Not Valid
5		Dapat menunjukkan nama produk, yaitu produk B	Not Valid

Analisis model deteksi gambar otomatis



Gambar 9. Model accuracy (kiri) dan deployment accuracy (kanan).

Model accuracy digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana algoritma dapat memprediksi atau mengklasifikasikan data, serta menunjukkan seberapa dekat hasil prediksi dengan nilai sebenarnya dari data pelatihan dan pengujian. Pada Gambar 9, *model accuracy* menunjukkan tingkat akurasi yang mencapai 100%, yang artinya kinerja yang sangat baik dari model tersebut. Hasil uji coba pada kondisi gudang yang nyata (*deployment*) menghasilkan variasi akurasi antara produk A, B, dan C. Pengenalan produk A menonjol dengan akurasi mencapai 90%, sementara produk B dan C memiliki akurasi sedikit lebih rendah, yaitu 83% dan 87%. Meskipun demikian, model berhasil mengidentifikasi produk secara keseluruhan. Variasi dalam akurasi dapat disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk kualitas gambar yang dimasukkan yang mungkin buram atau terlalu gelap, serta perubahan kondisi lingkungan seperti kurangnya pencahayaan. Selain itu, kemiripan dalam bentuk, ukuran, dan warna produk juga dapat mempengaruhi kemampuan model dalam mengenali produk dengan akurasi yang konsisten. Mengisolasi ruangan gudang UMKM menjadi suatu langkah yang sangat disarankan untuk memastikan kualitas cahaya tetap terjaga. Dengan menjaga kondisi pencahayaan yang konsisten, sistem *machine learning* akan dapat bekerja lebih efektif dalam mengidentifikasi dan memproses informasi citra produk.

4. SIMPULAN

Integrasi *machine learning* dengan sistem manajemen gudang untuk pemantauan *inventory* telah berhasil dikembangkan. Dengan penerapan sistem tersebut, UMKM dapat mengatasi tantangan dalam mengelola stok dan operasi gudang secara lebih efektif. Teknologi yang terjangkau ini berpotensi untuk meningkatkan akurasi, efisiensi, dan transparansi manajemen gudang, sehingga memperkuat daya saing dan produktivitas UMKM meskipun dengan keterbatasan sumber daya dan biaya. Pengembangan sistem manajemen gudang memungkinkan pelacakan stok dan produk fisik menjadi lebih mudah, sehingga pengelola UMKM dapat menghitung jumlah barang di gudang dengan lebih efisien. Selain itu, penggunaan *machine learning* memudahkan UMKM mengenali produk dengan kemasan serupa, sehingga memperlancar proses identifikasi barang. Namun, penting bagi UMKM untuk memastikan bahwa faktor-faktor seperti gambar yang buram atau kurangnya pencahayaan tidak mengganggu kinerja *machine learning* dalam membaca produk. Dengan demikian, implementasi sistem informasi gudang dan pemanfaatan teknologi *machine learning* dapat menjadi strategi yang efektif bagi UMKM dalam meningkatkan manajemen stok dan operasional gudang mereka.

REFERENSI

- [1] S. Hidayat, I. Rosyadi, N. Narwanto, and S. B. Utomo, "Transformasi digital BMT Surya Madani: Integrasi e-banking dan financial technology menuju implementasi open loop LKMS 2025," *BEMAS J. Bermasyarakat*, vol. 5, no. 1, September 2024, pp. 84–95, 2024, doi: 10.37373/bemas.v5i1.1119.
- [2] Fachrurazi, A. Y. Rukmana, Supriyanto, Syamsulbahri, and Iskandar, "Revolusi Bisnis di Era Digital: Strategi dan Dampak Transformasi Proses Teknologi terhadap Keunggulan Kompetitif dan Pertumbuhan Organisasi," *J. Bisnis dan Manaj. West Sci.*, vol. 2, no. 03, pp. 297–305, 2023, doi: 10.58812/jbmws.v2i03.563.
- [3] M. Tanra, M. A. Pahmi, and Norhana Arsad, "Pemantauan programmable logic controller berbasis internet of things dengan menggunakan sistem notifikasi," *TEKNOSAINS J. Sains, Teknol. dan Inform.*, vol. 10, no. 2, pp. 236–243, 2023, doi: 10.37373/tekno.v10i2.487.
- [4] M. Abdullah, W. Pratama, and I. Bilad, "Pengembangan dan edukasi pentingnya legalitas usaha mikro, kecil dan menengah di era digital," *BEMAS J. Bermasyarakat*, vol. 5, no. 1, pp. 53–59, 2024, doi: <https://doi.org/10.37373/bemas.v5i1.1086>.
- [5] A. D. Ananda and D. Susilowati, "Pengembangan Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) Berbasis Industri Kreatif di Kota Malang," *J. Ilmu Ekon.*, vol. X, no. X, pp. 120–142, 2019, doi: <https://doi.org/10.22219/jie.v1i1.6072>.
- [6] R. K. Zaman and R. Andriyanty, "Analisis pengembangan UMKM terhadap kesejahteraan nasional," *Mediastima*, vol. 28, no. 2, pp. 96–114, 2022, doi: <https://doi.org/10.55122/mediastima.v28i2.437>.
- [7] S. Maesaroh, R. R. Lubis, L. N. Husna, R. Widyaningsih, and R. Susilawati, "Efektivitas Implementasi Manajemen Business Intelligence pada Industri 4.0," *ADI Bisnis Digit. Interdisiplin J.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–8, 2022, doi: 10.34306/abdi.v3i2.764.
- [8] D. A. Lestari, V. A. Maghfiroh, S. Falahiyah, and K. Musari, "Analisis Sistem Pencatatan Penilaian Persediaan Produksi Barang Dagang Pada Kampung Edamame," *Gudang J. Multidisiplin Ilmu*, vol. 2, no. 3, pp. 145–153, 2024, doi: <https://doi.org/10.59435/gjmi.v2i3.403>.
- [9] G. Yosua, "Implementasi Enterprise Resource Planning (ERP) Pada Lingkup Supply Chain Management (SCM) Menggunakan Software Weberp," *COMSERVA J. Penelit. dan Pengabd. Masy.*, vol. 3, no. 10, pp. 3945–3959, 2024, doi: 10.59141/comserva.v3i10.1181.
- [10] D. R. Barus, H. Natanael Simamora, M. Glora Surya Sihombing, J. Panjaitan, and L. Susana Saragih, "Tantangan dan Strategi Pemasaran UMKM di Era Teknologi dan Digitalisasi," *J. Creat. Student Res.*, vol. 1, no. 6, pp. 357–365, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.55606/jcsrpolitama.v1i6.2958>
- [11] M. R. Y. Fahdillah, M. Kadar, I. Hassandi, and M. R., "Implementasi Transformasi Digital dan Kecerdasan Buatan Sebagai Inovasi Untuk UMKM pada Era Revolusi Industri 4.0," *J. Ilm. Manaj. dan Kewirausahaan*, vol. 3, no. 1, pp. 266–273, 2024, doi: 10.33998/jumanage.2024.3.1.1552.
- [12] A. Sheth, M. Sharath, S. C. Reddy, and K. Sindhu, "Gait Recognition Using Convolutional Neural Network," *Int. J. online Biomed. Eng.*, vol. 19, no. 1, pp. 107–118, 2023, doi: 10.3991/ijoe.v19i01.33823.
- [13] R. Yunitarini, P. Budi, and H. Nurwarsito, "Implementasi Perangkat Lunak Electronic Customer Relationship Management (E-CRM) dengan Metode Framework of Dynamic CRM," vol. 6, no. 1, pp. 83–90, 2012, doi: <https://doi.org/10.21776/jeeccis.v6i1.171>.
- [14] S. Aswati, M. S. Ramadhan, A. U. Firmansyah, and K. Anwar, "Studi Analisis Model Rapid Application Development Dalam Pengembangan Sistem Informasi," *J. Matrik*, vol. 16, no. 2, p. 20, 2017, doi: 10.30812/matrik.v16i2.10.
- [15] A. Roihan, A. A. Wisanto, Y. Sulaeman, F. M. Nur, and S. Williandi, "Implementasi Metode Realtime, Live Data Dan Parsing JSON Berbasis Mobile Dengan Menggunakan Android Studio Dan PHP Native," *J. Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 2, 2019, doi: <https://doi.org/10.52643/jti.v5i2.666>.