

PENGUNAAN MACHINE LEARNING UNTUK DETEKSI KERUSAKAN PADA *SECURITY SEAL* MELALUI CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN *ALGORITMA* CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

Irfan¹, Rudy Arijanto^{2*}

^{1,2} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Buddhi Dharma

*Corresponding Author, email: rudy.arijanto@ubd.ac.id

ABSTRAK

Security seal merupakan komponen krusial dalam menjaga integritas dan keamanan produk, terutama dalam sektor logistik, transportasi, dan distribusi. Fungsinya sebagai indikator pelanggaran menjadikannya alat penting dalam mendeteksi manipulasi atau akses tidak sah terhadap barang selama proses pengiriman. Namun, inspeksi kondisi *Security seal* secara manual masih menjadi kendala utama karena bergantung pada pengamatan manusia yang bersifat subjektif, memakan waktu, dan rawan kesalahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi otomatis terhadap kerusakan pada *Security seal* dengan memanfaatkan *algoritma Convolutional Neural Network (CNN)* yang dilengkapi dengan teknik visualisasi *CNN* untuk meningkatkan interpretabilitas hasil prediksi. Metodologi yang digunakan mencakup beberapa tahapan, yaitu: pengumpulan dataset citra *Security seal* yang terbagi dalam dua kelas (baik dan rusak), preprocessing data berupa resizing, normalisasi, dan augmentasi, serta pelatihan model *CNN* menggunakan arsitektur bertingkat dengan fungsi aktivasi *ReLU* dan output sigmoid. Untuk memahami fokus klasifikasi model, digunakan teknik *Grad-CAM* yang menghasilkan visualisasi area penting pada gambar yang memengaruhi hasil prediksi. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model *CNN* mampu mencapai akurasi tinggi dan mendeteksi kerusakan secara konsisten. Sistem ini kemudian diimplementasikan ke dalam aplikasi berbasis web menggunakan framework Flask, sehingga dapat digunakan secara langsung oleh pengguna awam tanpa keahlian teknis. Dengan pendekatan ini, proses inspeksi *Security seal* dapat dilakukan secara lebih cepat, efisien, dan objektif. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem inspeksi visual otomatis yang dapat diterapkan secara luas di industri logistik maupun sektor lain yang memerlukan keamanan produk berbasis segel.

Kata kunci: *Convolutional Neural Network*, Deteksi Citra, *Grad-CAM*, *Machine Learning*, *Security Seal*

I. PENDAHULUAN

Security seal atau segel pengaman merupakan perangkat penting yang digunakan untuk menjamin integritas dan keamanan produk selama proses distribusi, penyimpanan, hingga sampai ke tangan konsumen akhir. Fungsinya tidak hanya sebagai pengaman fisik, tetapi juga sebagai indikator adanya potensi manipulasi atau pembukaan secara tidak sah (Bahrami et al., 2021). Dalam

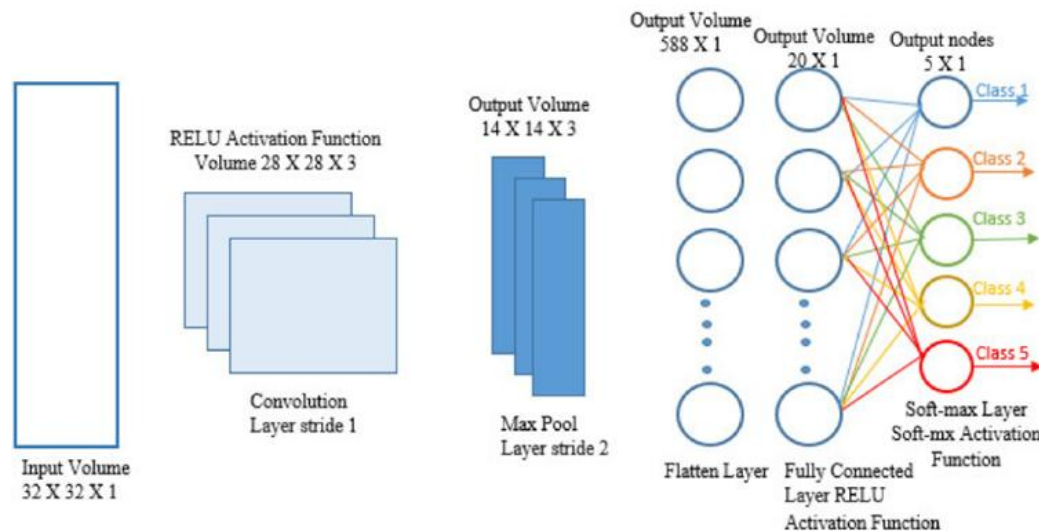
praktiknya, banyak industri logistik dan manufaktur yang masih mengandalkan metode manual untuk melakukan inspeksi kondisi security seal. Metode ini tidak hanya memakan waktu dan tenaga, tetapi juga sangat rentan terhadap subjektivitas serta kesalahan manusia (Nurhasanah, 2024). Seiring dengan meningkatnya kompleksitas rantai pasok dan kebutuhan akan efisiensi operasional, pendekatan berbasis teknologi semakin dibutuhkan. Salah satu bidang yang berkembang pesat adalah pengolahan citra digital yang dipadukan dengan kecerdasan buatan, khususnya machine learning (Sembiring, 2024). Dan data mining merupakan metode penggunaan data yang optimal tanpa perlu mengungkapkan informasi yang dianggap pribadi (Haoxiang & S, 2021). Teknologi ini memungkinkan pengolahan visual secara otomatis dan akurat, sehingga deteksi kerusakan atau anomali pada *Security seal* dapat dilakukan dengan lebih cepat dan objektif.

Algoritma Convolutional Neural Network (CNN) telah terbukti efektif dalam menyelesaikan berbagai permasalahan yang berkaitan dengan klasifikasi dan deteksi objek pada citra digital (Bhatt et al., 2021). *CNN* memiliki kemampuan untuk mengekstraksi fitur visual dari gambar dan melakukan pembelajaran yang adaptif terhadap pola-pola yang kompleks. Namun, salah satu tantangan dalam penggunaan *CNN* adalah interpretabilitas hasil klasifikasi. Untuk menjawab tantangan ini, digunakan teknik visualisasi *Grad-CAM (Gradient-weighted Class Activation Mapping)* yang mampu menunjukkan area spesifik pada gambar yang menjadi fokus utama model dalam proses pengambilan keputusan (Musfirah, 2023). Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi otomatis kerusakan pada *Security seal* menggunakan *algoritma CNN* yang dikombinasikan dengan teknik *Grad-CAM*. Sistem ini dirancang agar dapat digunakan secara praktis melalui antarmuka berbasis web, dengan harapan dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan efisiensi, akurasi, dan objektivitas proses inspeksi *Security seal* di berbagai sektor industri.

II. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif, yang bertujuan untuk membangun sistem klasifikasi otomatis terhadap

kerusakan pada *Security seal* berbasis citra digital. Citra digital dapat diartikan sebagai teknologi yang dapat memproses citra secara digital dengan bantuan *algoritma* (Arvio et al., 2024). *Algoritma* adalah sekumpulan instruksi yang saling terkait untuk menyelesaikan suatu masalah. Instruksi-instruksi ini diubah menjadi langkah-langkah terurut dari awal hingga akhir (Putri et al., 2022). Model yang digunakan adalah *Convolutional Neural Network (CNN)*. *Convolutional Neural Network (CNN)* adalah pengembangan dari perceptron, jenis jaringan saraf pertama, di mana arsitektur *CNN* dirancang untuk memiliki banyak neuron yang memerlukan pembagian ke dalam lapisan-lapisan tertentu (Adhicitta, 2023) yang kemudian divisualisasikan menggunakan *Grad-CAM*. *Grad-CAM* sendiri adalah satu dari banyaknya metode visualisasi hasil dalam deep learning, *Grad-CAM* memakai informasi dilapisan konvolusional dari *CNN* yang nantinya digunakan untuk menentukan nilai yang penting (Farhady, 2022).



Gambar 1. Convolutional Neural Networks

Sebelum pelatihan model, citra-citra tersebut melalui proses preprocessing yang meliputi resizing ke ukuran 224x224 piksel, normalisasi nilai piksel ke rentang 0–1, serta *augmentasi* citra rotasi, *flipping*, dan *zooming* untuk meningkatkan keragaman data dan ketahanan model terhadap variasi input. Tahapan ini penting untuk menghindari *overfitting* dan meningkatkan generalisasi model. Bahasa yang digunakan untuk mengembangkan model deteksi kerusakan pada *Security seal* ini adalah *python*, *python* adalah bahasa pemrograman berorientasi objek yang dikembangkan oleh Guido van Rossum. Desain bahasa ini

memungkinkan pengguna untuk menulis program, baik untuk proyek kecil maupun besar, dengan mudah. (A. Aziz et al., 2021). Dibantu dengan beberapa library seperti, Keras dan *Scikit-learn*. Keras adalah pustaka *Deep learning* berbasis *Python Keras* dirancang untuk memfasilitasi prototipe yang cepat dan mudah dalam membangun model deep learning. (Benbrahim et al., 2020). *Scikit-learn* adalah pustaka pembelajaran mesin yang dirancang di atas ekosistem SciPy dan didistribusikan di bawah lisensi BSD 3-Klaus. (Pedregosa et al., 2023)

Arsitektur *CNN* yang digunakan terdiri dari beberapa lapisan konvolusional, *pooling*, *flatten*, dan *fully connected*. Fungsi aktivasi *ReLU* diterapkan pada hidden layer, sementara *sigmoid* dipakai pada *output layer* untuk klasifikasi biner. *Optimizer Adam* dipilih untuk mempercepat proses konvergensi, dengan fungsi loss binary crossentropy. *CNN* terbukti efektif dalam berbagai tugas klasifikasi visual serupa, seperti pada pengenalan objek dan inspeksi struktural. Untuk meningkatkan interpretabilitas model, metode *Grad-CAM* digunakan untuk menampilkan heatmap yang menunjukkan area penting dalam gambar yang menjadi dasar prediksi. Teknik ini menghitung *gradien* dari layer konvolusi terakhir dan populer digunakan sejak tahun 2020. Evaluasi performa model dilakukan menggunakan metrik akurasi, *precision*, *recall*, *F1-score*, *confusion matrix*, dan *ROC-AUC*. *Confusion matrix* adalah alat yang digunakan untuk menilai kinerja *classifier*. (Puspitasari et al., 2023). *Receiver Operating Characteristic (ROC)* adalah metode analisis yang digunakan untuk menentukan akurasi suatu tes diagnostik dan menetapkan titik potong (*cut-off point*) untuk Klasifikasi (Cho et al., 2021) sedangkan *AUC*, atau *Area Under the Curve*, adalah ukuran yang digunakan untuk menilai kinerja model dalam analisis *Receiver Operating Characteristic (ROC)* pada data dengan hasil biner. (Muschelli, 2020). Setelah model mencapai performa optimal, sistem diimplementasikan sebagai aplikasi web menggunakan *framework Flask*, memungkinkan pengguna mengunggah citra *Security seal* dan menerima hasil klasifikasi disertai heatmap *Grad-CAM*

Tabel 1. Parameter Confusion Matrix

Actual	Predicted: Positive	Predicted: Negative
Actual: Positive	True Positif (TP)	False Negative (FN)
Actual: Negative	False Positif (FP)	True Negative (TN)

Rumus *confusion matrix*,

$$Accuracy = \frac{(TP + TN)}{(TP + FP + TN + FN)}$$

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

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

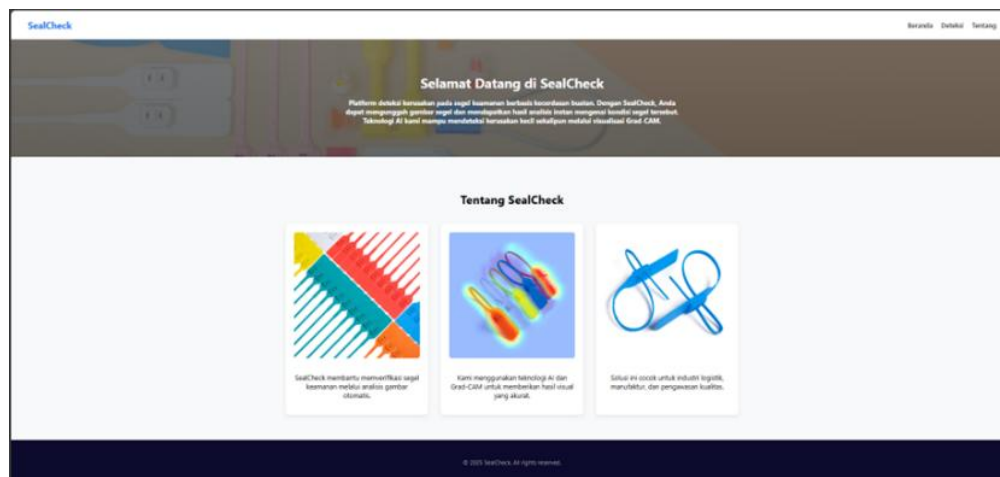
$$F1 - Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall}$$

$$Specificity = \frac{TN}{TN + FP}$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari program tersebut diimplementasikan kedalam website, Website adalah kumpulan halaman web yang merupakan bagian dari suatu nama domain di WWW (World Wide Web) di Internet. Halaman web merupakan dokumen yang ditulis menggunakan format HTML (HyperText Markup Language) dan dapat diakses melalui protokol HTTP (Hamdi & Maita, 2022).

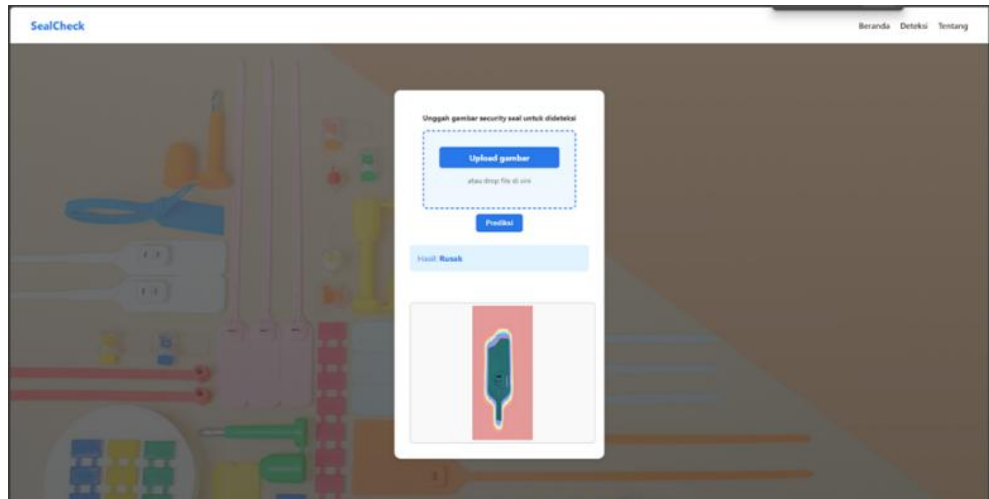
3.1 Halaman Dashboard



Gambar 2. Halaman Utama

Halaman utama (beranda) dari website SealCheck dirancang untuk memberikan informasi awal kepada pengguna mengenai tujuan dan fungsi sistem deteksi kerusakan pada Security seal.

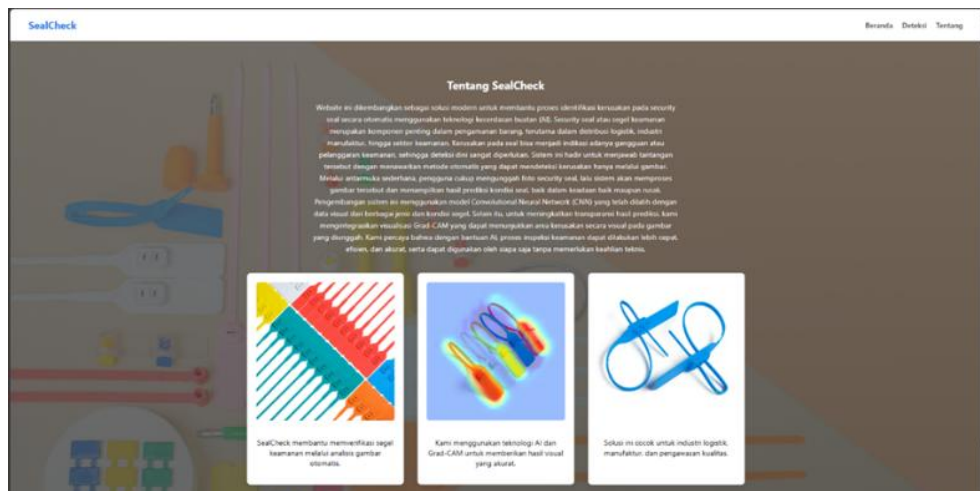
3.2 Halaman Hasil



Gambar 3. Halaman Hasil

Setelah pengguna mengunggah gambar *Security seal* dan menekan tombol "Prediksi", halaman deteksi akan menampilkan hasil klasifikasi secara langsung di dalam kotak tampilan utama. Hasil tersebut disajikan dalam bentuk label teks yang menunjukkan kategori kondisi seal, seperti "Rusak" atau "Tidak Rusak", tergantung dari prediksi model.

3.3 Halaman Tentang



Gambar 4. Halaman Tentang

Halaman Tentang SealCheck bertujuan memberikan penjelasan menyeluruh kepada pengguna mengenai latar belakang, tujuan, serta teknologi yang digunakan dalam sistem deteksi kerusakan pada Security seal.

IV. SIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem deteksi kerusakan pada *Security seal* berbasis *Convolutional Neural Network (CNN)* yang diintegrasikan ke dalam sebuah aplikasi web interaktif. Sistem ini dilengkapi dengan visualisasi *Grad-CAM (Gradient-weighted Class Activation Mapping)* untuk memberikan interpretasi visual dari prediksi model terhadap area kerusakan pada gambar segel.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Aziz, Z., Naseradeen Abdulqader, D., Sallow, A. B., & Khalid Omer, H. (2021). Python Parallel Processing and Multiprocessing: A Rivew. *Academic Journal of Nawroz University*, 10(3), 345–354. <https://doi.org/10.25007/ajnu.v10n3a1145>
- Adhicitta, A. (2023). Application Of Deep Learning For Image Deepfake Detector Using Convolutional Neural Network Algorithm. *Bit-Tech*, 6(2), 198–207. <https://doi.org/10.32877/bt.v6i2.1000>
- Arvio, Y., Kusuma, D. T., Sangadji, I. B., & Dewantara, E. K. (2024). Penerapan Metode Convolution Neural Network (CNN) Dalam Proses Pengolahan Citra Untuk Mendeteksi Cacat Produksi Pada Produk Masker. *Faktor Exacta*, 16(4). <https://doi.org/10.30998/faktorexacta.v16i4.20073>
- Bahrami, Z., Zhang, R., Rayhana, R., & Liu, Z. (2021). Deep Learning-based Framework for Shipping Container Security Seal Detection. *2021 Joint 10th International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV) and 2021 5th International Conference on Imaging, Vision & Pattern Recognition (IcIVPR)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ICIEVicIVPR52578.2021.9564154>
- Benbrahim, H., Hachimi, H., & Amine, A. (2020). Deep convolutional neural network with tensorflow and keras to classify skin cancer images. *Scalable Computing*, 21(3), 379–389. <https://doi.org/10.12694:/scpe.v21i3.1725>
- Bhatt, D., Patel, C., Talsania, H., Patel, J., Vaghela, R., Pandya, S., Modi, K., &

- Ghayvat, H. (2021). CNN Variants for Computer Vision: History, Architecture, Application, Challenges and Future Scope. *Electronics*, 10(20), 2470. <https://doi.org/10.3390/electronics10202470>
- Farhady, E. A. (2022). KLASIFIKASI PENYAKIT CORONA VIRUS (COVID19) MELALUI CHEST X-RAY IMAGES BERBASIS DEEP LEARNING. *Universitas Mercu Buana*, 33(1), 1–12.
- Hamdi, F. S., & Maita, I. (2022). Pelatihan Pembuatan Website Memanfaatkan Wix Untuk Blog Pribadi Pada Siswa SMAN 2 Gunung Talang. *CONSEN: Indonesian Journal of Community Services and Engagement*, 2(2), 64–69. <https://doi.org/10.57152/consen.v2i2.471>
- Haoliang, W., & S, S. (2021). Big Data Analysis and Perturbation using Data Mining Algorithm. *Journal of Soft Computing Paradigm*, 3(1), 19–28. <https://doi.org/10.36548/jscp.2021.1.003>
- Musfirah, N. (2023). Identifikasi Jenis Serangan Hama Pada Buah Kakao Menggunakan Image Processing. *Universitas Hasanuddin*, 115.
- Nurhasanah, A. (2024). *Definisi Kerusakan Menurut Para Ahli*. RedaSamudera.Id. <https://redasamudera.id/definisi-kerusakan-menurut-ahli/>
- Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V., Vanderplas, J., Passos, A., Cournapeau, D., Brucher, M., Perrot, M., & Duchesnay, É. (2023). *Scikit-learn: Machine Learning in Python*. Scikit-Learn. <https://scikit-learn.org/stable/about.html#citing-scikit-learn>
- Puspitasari, N., Septiarini, A., & Aliudin, A. R. (2023). METODE K-NEAREST NEIGHBOR DAN FITUR WARNA UNTUK KLASIFIKASI DAUN SIRIH BERDASARKAN CITRA DIGITAL. *PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset Dan Observasi Sistem Komputer*, 10(2), 165–172. <https://doi.org/10.30656/prosisko.v10i2.6924>
- Putri, M., Barovich, G., Azdy, R., Yuniansyah, Saputra, A., Sriyeni, Y., Rini, A., & Admojo, F. (2022). *Algoritma dan struktur data*.
- Sembiring, A. S. (2024). *Perbaikan Citra Digital Menggunakan Metode Image Inpainting*. 01(06), 24–29.