

Penerapan Model Machine Learning dalam Pengembangan Web App “CRACKSAFE” untuk Deteksi Keretakan pada Dinding Bangunan

Bella Pratiwi^{1*}

Universitas Islam 45 Bekasi ¹

Email Korespondensi : bellaprtwii25@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan teknologi AI dan Machine Learning dalam aplikasi web CRACKSAFE untuk mendeteksi keretakan pada struktur bangunan. Metode kualitatif digunakan untuk memahami tantangan, kebutuhan, dan potensi solusi dalam deteksi keretakan pada tembok perumahan. Dataset gambar keretakan dan non-keretakan digunakan untuk melatih model deteksi menggunakan YOLOv8, dengan evaluasi model dilakukan menggunakan Mean Average Precision (MAP), F-1 Score, precision, dan recall. Hasilnya menunjukkan kemampuan model dalam mengidentifikasi keretakan dengan baik meskipun masih ada ruang untuk peningkatan. Aplikasi ini juga berhasil mendeteksi spall, menunjukkan potensi dalam pemeliharaan bangunan. Proses deployment melibatkan integrasi model AI ke dalam website menggunakan Flask. Pengembangan CRACKSAFE diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan keselamatan dalam pemeliharaan bangunan serta mengurangi biaya operasional yang tinggi.

Kata Kunci : Artificial Intelligence; Machine Learning; Deteksi Keretakan; YOLOv8

Abstract: This research aims to develop the CRACKSAFE web application utilizing AI and Machine Learning. This research aims to analyze the implementation of AI and Machine Learning technology in the CRACKSAFE web application to detect cracks in building structures. A qualitative method is used to understand the challenges, needs, and potential solutions in detecting cracks in residential walls. A dataset of crack and non-crack images is used to train the detection model using YOLOv8, with model evaluation conducted using Mean Average Precision (MAP), F-1 Score, precision, and recall. The results show the model's ability to identify cracks well, although there is still room for improvement. The application also successfully detects spall, demonstrating potential in building maintenance. The deployment process involves integrating the AI model into the website using Flask. The development of CRACKSAFE is expected to improve efficiency and safety in building maintenance and reduce high operational costs.

Keywords: Artificial Intelligence; Machine Learning; Crack Detection; YOLOv8

Article info: Submitted : 2024-04-20 | Accepted : 2024-09-30 | Published : 2024-10-03

Copyright © 2024, Author.

This is an open-access article under the CC BY-NC-SA 4.0



How to Cite :

Pendahuluan

Setiap tahunnya, permintaan konstruksi di Indonesia mengalami pertumbuhan yang signifikan. Untuk memenuhi kebutuhan bangunan dalam skala yang begitu besar, diperlukan banyak teknologi yang dapat mendorong perkembangan industri konstruksi secara efektif, efisien, dan ekonomis.

Saat ini, dalam dunia konstruksi dan pemeliharaan bangunan, pemahaman yang mendalam terhadap integritas struktural menjadi krusial. Salah satu aspek yang

memerlukan perhatian serius adalah identifikasi kerusakan pada struktur bangunan, khususnya keretakan yang seringkali menjadi petanda awal masalah yang lebih besar pada sebuah bangunan.

Dalam proses pembangunan maupun pemeliharaan bangunan, keretakan pada elemen struktural, seperti dinding atau fondasi, sering kali menjadi masalah serius. Keretakan dapat muncul akibat berbagai faktor, termasuk perubahan cuaca, beban struktural, dan usia bangunan itu sendiri (Joria et al, 2020). Identifikasi dini terhadap keretakan ini sangat penting karena kerusakan yang tidak terdeteksi atau diabaikan dapat menyebabkan risiko serius bagi keselamatan bangunan dan penghuninya.

Kerusakan bangunan dapat menimbulkan ketidaknyamanan dan memerlukan lebih banyak perawatan dan penggantian. Hal ini mengakibatkan biaya operasional menjadi lebih tinggi. Bagi bangunan hunian dasar yang diciptakan untuk kelas menengah ke bawah, biaya operasional yang tinggi menjadi kendala.

Kerusakan pada dinding seringkali disebabkan oleh pengaruh struktural yang dominan. Cook & Hinks mengemukakan bahwa ketidakstabilan struktur adalah salah satu faktor utama yang berdampak pada kerusakan dinding. Retakan pada dinding dapat terjadi karena pergerakan tanah yang dipengaruhi khususnya oleh ketidakstabilan struktural dalam menopang beban (Ransom, 2005).

Salah satu inovasi yang saat ini dikembangkan adalah penggunaan teknologi sebagai pendeteksi keretakan pada dinding bangunan. Untuk lebih meningkatkan efisiensi, produktivitas, akurasi, dan keselamatan lingkungan binaan, industri bangunan dan konstruksi secara bertahap namun terus-menerus mengadopsi teknologi baru seperti Digital Twin (DT), Building Information Modeling (BIM), Artificial Intelligence (AI), Internet of Things (IoT), dan Smart Vision (SV) (S. K. Baduge et al, 2022).

Istilah “industri 4.0,” atau “revolusi industri keempat,” menggambarkan bagaimana teknologi digital mutakhir digunakan untuk menggantikan prosedur industri kuno dan teknik produksi dengan sistem yang otonom dan cerdas. Demikian pula, industri 4.0 untuk bangunan dan konstruksi dapat didefinisikan sebagai konvergensi sistem cyber-fisik, teknologi digital dan komputasi, dan sistem produksi industri canggih untuk mendefinisikan kembali desain, konstruksi, pengoperasian, dan pemeliharaan bangunan dan infrastruktur. mempertimbangkan sirkularitas.

Namun, algoritma manusia atau komputer konvensional tidak dapat menganalisis data dalam jumlah besar dan mengenali pola menggunakan pendekatan berbasis aturan. Dalam konteks deteksi keretakan pada dinding bangunan, kemajuan dalam teknologi, terutama dalam bidang machine learning dan pengolahan citra, menawarkan solusi yang menjanjikan.

Metode deteksi keretakan konvensional sering kali menghadapi keterbatasan dalam akurasi dan efisiensi, terutama karena ketergantungan pada pengamatan visual dan pengukuran manual yang rentan terhadap kesalahan manusia. Namun, dengan memanfaatkan kecerdasan buatan, seperti model machine learning, kita dapat meningkatkan akurasi deteksi sambil mengurangi waktu dan biaya yang dibutuhkan untuk analisis.

Machine Learning adalah ilmu yang memungkinkan komputer bertindak seperti manusia, dimana mesin dapat secara otomatis belajar memahami lebih banyak seiring berjalannya waktu atau melalui pengalaman (Faggella, 2019).

Definisi lain dari machine learning adalah Pembelajaran mesin adalah cabang kecerdasan buatan yang berupaya memahami atau mengenali struktur data dan menerjemahkannya ke dalam model. Ini tidak seperti pemrograman biasa. Dalam pembelajaran mesin, kode komputer tidak ditulis secara eksplisit (Tagliafferi, 2017)

Hasilnya, kemampuan AI untuk memproses data dalam jumlah besar, menemukan pola, dan menghasilkan model statistik berskala besar merupakan fasilitator penting dalam pemrosesan data digital di sektor bangunan dan konstruksi 4.0 (S.K. Baduge et al, 2022).

Secara umum, dalam konteks algoritma machine learning, terdapat tiga kebutuhan utama yang perlu dipenuhi: prediksi, klasifikasi, dan pengelompokan (Kusuma, P. D., 2020). Prediksi mengacu pada proses melakukan estimasi terhadap nilai output berdasarkan serangkaian input yang diberikan kepada model. Ini melibatkan pembuatan model yang dapat menemukan pola atau hubungan antara input dan output sehingga dapat melakukan prediksi yang akurat terhadap data baru yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Di sisi lain, klasifikasi merupakan langkah penting dalam machine learning di mana data dikategorikan ke dalam kelas atau kategori tertentu berdasarkan atribut atau fitur yang dimilikinya. Setelah dilakukan klasifikasi, model dapat menggunakan informasi ini untuk mengenali pola atau karakteristik tertentu yang terkait dengan setiap kelas, sehingga memungkinkan penggunaan model untuk mengidentifikasi klasifikasi data baru dengan akurat.

Selain itu, pengelompokan juga merupakan aspek penting dalam algoritma machine learning, di mana data dikelompokkan bersama berdasarkan kesamaan atau pola yang dimiliki. Dalam praktiknya, pengelompokan memungkinkan untuk mengidentifikasi struktur atau pola tersembunyi dalam data yang mungkin sulit untuk dilihat secara langsung. Dengan cara ini, pengelompokan memungkinkan penggunaan model untuk menemukan informasi berharga dalam kumpulan data yang kompleks dan besar, yang dapat digunakan untuk berbagai tujuan analisis dan pengambilan keputusan

Ada banyak penerapan AI, ML, dan DL dalam industri bangunan dan konstruksi, dengan sebagian besar penerapan ini menjadi kenyataan dalam beberapa tahun terakhir karena peningkatan daya komputasi dengan unit pemrosesan grafis (GPU) berkinerja tinggi, ketersediaan teknologi canggih. Algoritme ML dan DL, dan relatif mudahnya penerapan algoritma ini menggunakan bahasa komputer, pustaka ML dan DL, serta perangkat lunak yang banyak digunakan.

Sebagai respons atas tantangan tersebut, kami mengembangkan aplikasi web deteksi retak struktural yang diberi nama CRACKSAFE sebagai solusi yang relevan dengan masalah yang dihadapi. Aplikasi ini menggunakan teknologi deteksi retak dengan pengolahan gambar dan kecerdasan buatan, membantu secara otomatis dalam mengidentifikasi dan menganalisis retakan pada elemen struktural bangunan.

Keunggulan utama dari aplikasi ini adalah kemampuannya untuk memberikan analisis yang cepat, akurat, dan terkini terhadap kondisi struktural bangunan,

sehingga mendukung pemilik bangunan, insinyur struktural, dan pihak terkait dalam mengambil tindakan preventif atau korektif yang tepat. Dalam konteks proyek akhir pembuatan aplikasi web deteksi retak struktural, tujuannya tidak hanya mencakup pengembangan teknologi yang handal, tetapi juga integrasi teknologi tersebut ke dalam domain yang sangat penting dalam dunia konstruksi dan pemeliharaan bangunan.

Diharapkan proyek akhir ini akan memberikan kontribusi signifikan dalam upaya pemeliharaan bangunan yang lebih efisien, meningkatkan keselamatan struktural, dan memastikan bahwa bangunan dapat tetap berfungsi secara optimal dengan umur yang lebih panjang. Integrasi antara teknologi aplikasi web dan pemahaman mendalam terhadap analisis struktural diharapkan akan membuka jalan bagi solusi yang inovatif dan efektif dalam penanganan keretakan pada struktur bangunan.

Metodologi Pengabdian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif sebagai metode utama untuk memahami dan menganalisis fenomena yang terkait dengan penggunaan teknologi AI dan Machine Learning dalam pengembangan web app "CRACKSAFE". Pendekatan kualitatif akan memberikan pemahaman mendalam tentang tantangan, kebutuhan, dan potensi solusi dalam mendeteksi keretakan pada tembok perumahan. Metode pengumpulan data yang akan digunakan meliputi studi pustaka untuk memahami konsep dan teknologi terkait, serta observasi langsung pada platform "CRACKSAFE" untuk memahami implementasi dan penggunaannya dalam konteks deteksi keretakan struktural.

Hasil dan Pembahasan

Adapun tahap dari pengembangan aplikasi apabila dirinci sebagai berikut:

1. Data Acquisition dan Labeling Image

Dalam proses pembuatan aplikasi, dataset yang dimanfaatkan terdiri dari gambar tembok rumah atau bangunan yang menunjukkan beberapa

```

397/400 0.885G 0.4946 0.3546 0.9689 4 480: 100% 378/378 [00:24<00:00, 15.47it/s]
Class Images Instances Box(P R mAP50 mAP50-95): 100% 18/18 [00:01<00:00, 14.451t/s]
all 141 199 0.904 0.694 0.776 0.572

Epoch GPU_mem box_loss cls_loss dfl_loss Instances Size
398/400 0.887G 0.4989 0.3596 0.9886 3 480: 100% 378/378 [00:24<00:00, 15.461t/s]
Class Images Instances Box(P R mAP50 mAP50-95): 100% 18/18 [00:01<00:00, 14.361t/s]
all 141 199 0.899 0.695 0.778 0.573

Epoch GPU_mem box_loss cls_loss dfl_loss Instances Size
399/400 0.887G 0.4957 0.3481 0.9788 5 480: 100% 378/378 [00:24<00:00, 15.351t/s]
Class Images Instances Box(P R mAP50 mAP50-95): 100% 18/18 [00:01<00:00, 14.751t/s]
all 141 199 0.897 0.69 0.776 0.574

Epoch GPU_mem box_loss cls_loss dfl_loss Instances Size
400/400 0.887G 0.4789 0.3393 0.9612 5 480: 100% 378/378 [00:24<00:00, 15.531t/s]
Class Images Instances Box(P R mAP50 mAP50-95): 100% 18/18 [00:02<00:00, 0.791t/s]
all 141 199 0.894 0.694 0.778 0.576

400 epochs completed in 2.979 hours.
Optimizer stripped from runs/detect/train/weights/last.pt, 6.2MB
Optimizer stripped from runs/detect/train/weights/best.pt, 6.2MB

Validating runs/detect/train/weights/best.pt...
Ultralytics YOLOv8.0.134 Python-3.10.12 torch-2.1.0+cu118 CUDA:0 (Tesla T4, 15102MiB)
Model summary (fused): 168 layers, 3086030 parameters, 0 gradients
Class Images Instances Box(P R mAP50 mAP50-95): 100% 18/18 [00:01<00:00, 0.361t/s]
all 141 199 0.908 0.69 0.791 0.565
crack 141 114 0.841 0.693 0.784 0.575
spall 141 85 0.936 0.688 0.798 0.595
Speed: 0.2ms preprocess, 1.9ms inference, 0.0ms loss, 0.7ms postprocess per image
Results saved to runs/detect/train

```

kerusakan dan keretakan. Data ini kemudian diproses menggunakan teknologi Computer Vision untuk mendeteksi objek terkait.

Gambar 1. Jumlah Data

Jumlah dataset yang digunakan dalam proyek ini mencapai 1300 gambar. Proses pengambilan data melibatkan unduhan dataset langsung dari sumbernya, setelah itu data ini diolah, dieksplorasi, dan diproses sebelum digunakan dalam pembuatan model.

Sumber data berasal dari pengumpulan data secara independen dengan mengunduh gambar satu per satu dari berbagai situs web yang menyediakan gambar secara gratis, dan juga mengambil sejumlah data gambar dari roboflow.

2. Training, Pemodelan Tahap Awal

Pemodelan dilakukan menggunakan YOLOv8 custom training yang diperoleh dari Darknet. Pemodelan dilakukan dengan dataset yang telah dilakukan anotasi yang terdiri dari dua kelas, yakni Retak dan Tidak Retak.

3. Evaluation

```

Epoch      GPU_mem  box_loss  cls_loss  dfl_loss  Instances  Size
399/400    0.887G  0.4957   0.3481   0.9708    5          480: 100% 378/378 [00:24<00:00, 15.35it/s]
          Class  Images  Instances  Box(P)    R          mAP50  mAP50-95): 100% 18/18 [00:01<00:00, 14.75it/s]
          all   141     199      0.897    0.69      0.776   0.574

Epoch      GPU_mem  box_loss  cls_loss  dfl_loss  Instances  Size
400/400    0.887G  0.4789   0.3393   0.9612    5          480: 100% 378/378 [00:24<00:00, 15.53it/s]
          Class  Images  Instances  Box(P)    R          mAP50  mAP50-95): 100% 18/18 [00:02<00:00, 8.79it/s]
          all   141     199      0.894    0.694    0.778   0.576

400 epochs completed in 2.979 hours.
Optimizer stripped from runs/detect/train/weights/last.pt, 6.2MB
Optimizer stripped from runs/detect/train/weights/best.pt, 6.2MB

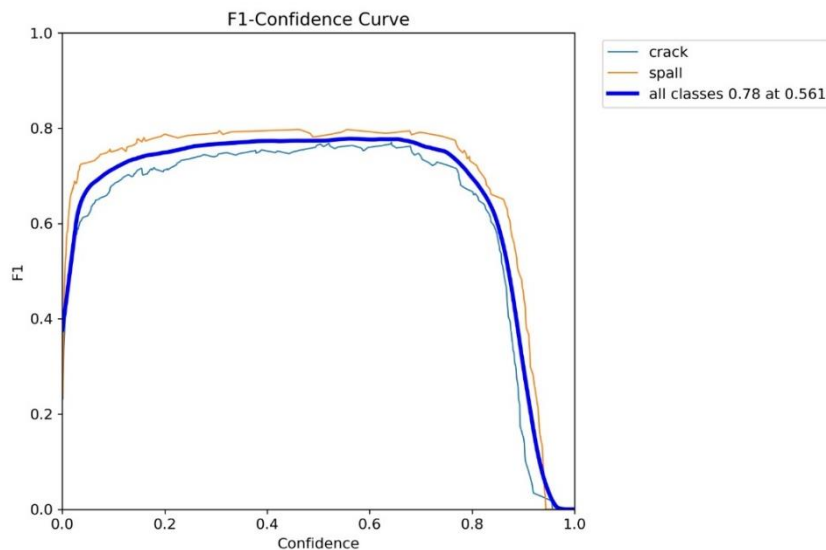
Validating runs/detect/train/weights/best.pt...
Ultralytics YOLOv8.0.134 Python-3.10.12 torch-2.1.0+cu118 CUDA:0 (Tesla T4, 15102MiB)
Model summary (fused): 168 layers, 3006038 parameters, 0 gradients
          Class  Images  Instances  Box(P)    R          mAP50  mAP50-95): 100% 18/18 [00:01<00:00, 9.36it/s]
          all   141     199      0.888    0.69    0.791   0.585
          crack 141     114      0.841    0.693   0.784   0.575
          spall 141      85      0.936    0.688   0.798   0.595
Speed: 0.2ms preprocess, 1.9ms inference, 0.0ms loss, 0.7ms postprocess per image
Results saved to runs/detect/train

```

Gambar 2. MAP

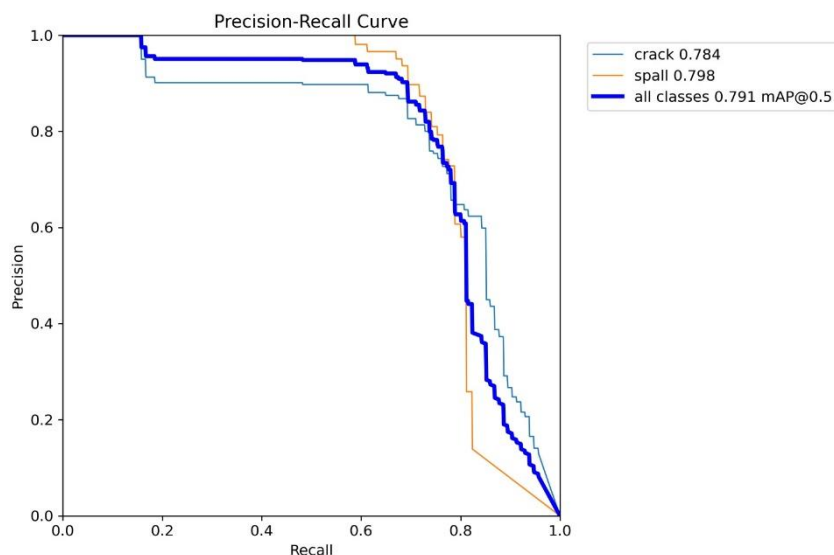
Pada gambar tersebut MAP yang dihasilkan dari proses training model sebanyak 400 iterasi yaitu 0.778. Nilai Mean Average Precision (MAP) mencapai 100%, menandakan kemampuan model dalam mengurutkan hasil yang relevan secara efisien. Selain itu, meskipun terdapat kerugian dengan

nilai rata-rata 0.798, namun hal ini masih dapat diterima mengingat kompleksitas tugas yang dihadapi.



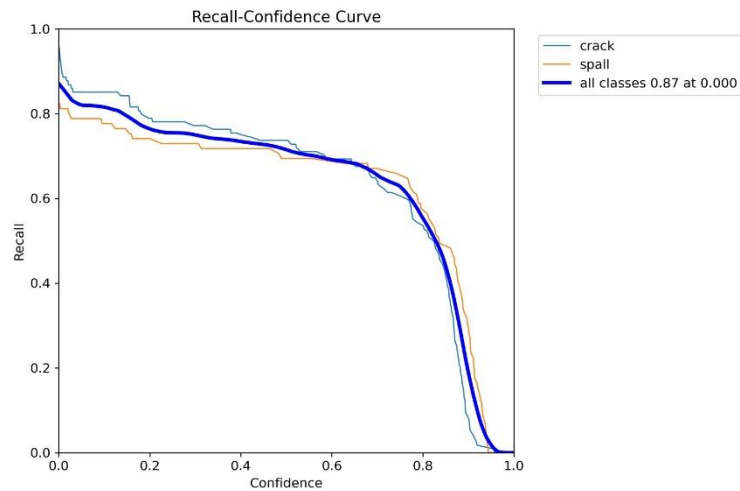
Gambar 3. F-1 Score

Pada gambar diatas diketahui bahwa F-1 score yang dihasilkan yaitu dengan score 0.78. Menunjukkan keseimbangan yang baik antara precision dan recall, meskipun masih ada ruang untuk peningkatan.



Gambar 4. Precision

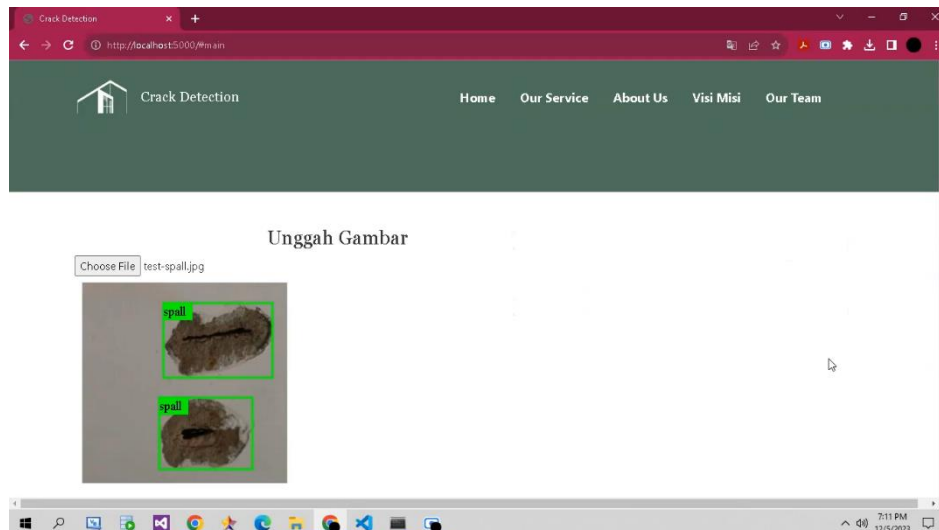
Pada gambar diatas, dapat diketahui bahwa skor precision tersebut adalah 0,791.



Gambar 5. Recall

Pada gambar diatas, dapat diketahui bahwa skor recall tersebut adalah 0,87. Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa model memiliki kinerja yang baik dalam mengidentifikasi hasil yang relevan, tetapi masih membutuhkan peningkatan terutama dalam meningkatkan recall untuk mencapai kinerja yang optimal.

Hasil Pengujian

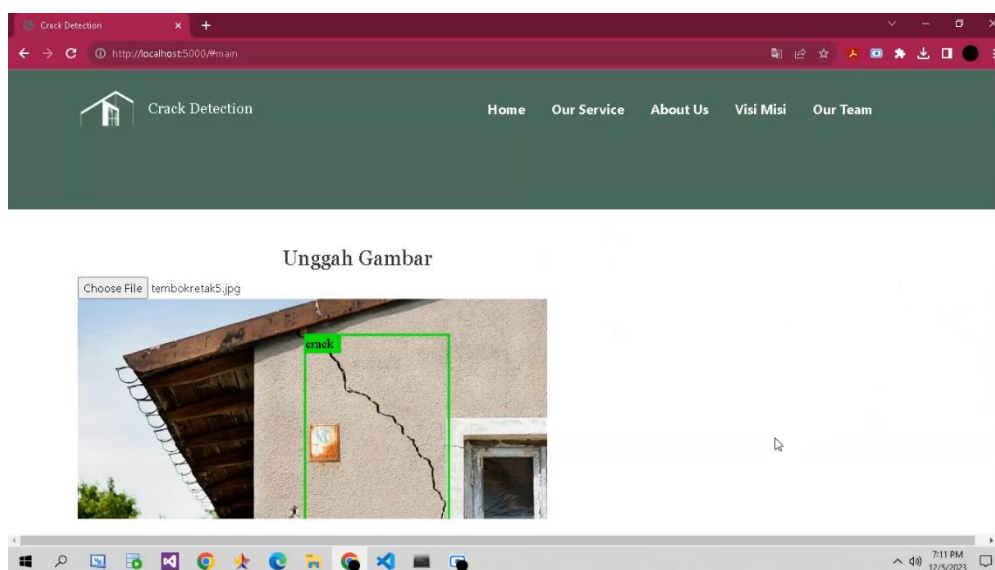


Gambar 5. Deteksi Spall

Gambar ini menampilkan tangkapan layar dari aplikasi web CRACKSAFE yang berhasil mendeteksi spall pada tembok. Spall merupakan retakan atau pecahan pada permukaan tembok yang dapat

menjadi tanda kerusakan struktural yang serius. Aplikasi web ini menggunakan model deteksi visual yang telah dilatih untuk mengenali pola dan karakteristik spall pada gambar tembok. Hasil deteksi ditampilkan dalam gambar dengan menyoroti area-area yang teridentifikasi sebagai spall menggunakan kotak persegi.

Keberhasilan aplikasi ini dalam mendeteksi spall pada tembok dapat menjadi alat yang efektif dalam pemeliharaan bangunan dan perbaikan struktural untuk mencegah kerusakan lebih lanjut dan meningkatkan keselamatan serta kualitas bangunan secara keseluruhan. Gambar ini menggambarkan potensi aplikasi teknologi deteksi visual dalam industri konstruksi dan pemeliharaan infrastruktur.



Gambar 6. Deteksi Crack

Gambar di atas merupakan tangkapan layar dari aplikasi web CRACKSAFE yang sukses dalam mendeteksi retakan pada permukaan tembok. Retakan pada tembok adalah tanda umum dari kerusakan struktural atau keausan yang dapat mengancam keamanan bangunan. Aplikasi web ini menggunakan teknologi deteksi visual yang telah dilatih untuk mengenali pola dan ciri-ciri retakan pada gambar tembok.

Hasil deteksi ditampilkan dalam gambar dengan menyoroti area-area yang diidentifikasi sebagai retakan menggunakan kotak persegi. Keberhasilan aplikasi ini dalam mendeteksi retakan pada tembok memiliki potensi besar dalam pemeliharaan bangunan, konstruksi, dan perbaikan infrastruktur untuk mengidentifikasi dan mengatasi masalah struktural secara dini. Gambar ini mencerminkan penerapan teknologi deteksi visual

dalam industri konstruksi untuk meningkatkan keamanan dan kualitas bangunan.

4. Deployment

Pada proses deployment dilakukan implementasi model AI pada aplikasi berbasis website. Tampilan dari website dibangun menggunakan HTML (Hypertext Markup Language) dan CSS (Cascading Style Sheet) native, dan JavaScript. Kemudian untuk menghubungkan antara model AI yang dibuat menggunakan bahasa pemrograman Python, Kemudian untuk menghubungkan website dengan model AI dikembangkan dengan menggunakan framework Flask.

Kesimpulan

Pengembangan web app CRACKSAFE yang menggunakan teknologi AI dan Machine Learning memiliki potensi besar dalam meningkatkan efisiensi dan keselamatan dalam pemeliharaan bangunan, khususnya dalam mendeteksi keretakan pada tembok perumahan. Melalui integrasi teknologi ini ke dalam platform CRACKSAFE, pemilik bangunan, insinyur struktural, dan pihak terkait dapat dengan cepat dan akurat mengidentifikasi keretakan yang mungkin menjadi indikator masalah struktural yang lebih besar.

Dengan demikian, aplikasi ini tidak hanya dapat membantu mengurangi risiko kerusakan bangunan yang tidak terdeteksi atau diabaikan, tetapi juga dapat mengurangi biaya operasional yang tinggi yang sering terkait dengan perawatan dan penggantian struktural. Sebagai solusi inovatif dalam industri konstruksi, pengembangan CRACKSAFE memiliki potensi untuk mengarah pada pemeliharaan bangunan yang lebih efisien, keselamatan struktural yang lebih baik, dan pemeliharaan infrastruktur yang lebih berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Baduge, S. K., Thilakarathna, S., Perera, J. S., Arashpour, M., Sharafi, P., Teodosio, B., Shringi, A., & Mendis, P. (2022). Artificial intelligence and smart vision for building and construction 4.0: Machine and deep learning methods and applications. *Automation in Construction*, 141(1), 104440. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104440>
- Faggella, D. (2019). What is machine learning? Emerj, Published February 26, 2020. Retrieved from: <http://emerj.com/aiglossary-terms/what-is-machine-learning/>.
- Joria, K., Xaviera, S., Xaviera, S., Purnamasari, R., Manalu, L. B., Jali, A., Erwin, E., & Shui, S. (2020). Faktor yang Mempengaruhi Keretakan Dinding di Perumahan Marina Park. *JUTEKS: Jurnal Teknik Sipil*, 5(1), 11. <https://doi.org/10.32511/juteks.v5i1.625>
- Kusuma, P. D. (2020). Machine Learning Teori, Program, Dan Studi Kasus. Deepublish.
- Ransom, W. H. (2005). Building Failures Diagnosis and Avoidance Second Edition. In *Spon Press*.

Tagliaferri, L. (2017). Www.Digitalocean.Com. An Introduction to Machine Learning.
<https://www.digitalocean.com/community/tutorials/an-introduction-to-machine-learning>