

Sistem Deteksi dan Klasifikasi Truk Air Menggunakan YOLO v5 dan EfficientNet-B4

Ardian K. L. Santoso¹ dan Daniel M. Wonohadidjojo¹

¹Program Studi Informatika, Universitas Ciputra Surabaya, Surabaya, Indonesia

Corresponding author: Daniel M. Wonohadidjojo (e-mail: daniel.m.w@ciputra.ac.id).

ABSTRACT Recording activities in the water filling business carried out using water trucks experienced problems due to human error, for example missed recording and the efficiency of the time required. This requires system automation using technology. To overcome this problem, in this research a method in Computer Vision is used, by using Object Detection and Classification algorithms. In this research, a system was built that takes video frames using CCTV which is then inserted into the object detection algorithm with the YOLOv5 (You Only Look Once version 5) architecture. The detection results are then classified using an algorithm with the EfficientNet-B4 architecture. The results of this classification determine specifically which water trucks are filling and are recorded. Then a recapitulation of the recording results is sent using the Telegram messaging application using Tkinter library to the business owner who collects the water. This recapitulation is then used by the business owner to monitor the business and make payments according to the amount of water taken. Test results for object detection and classification using evaluation metrics show that the method is successful in detecting and classifying. Testing of the entire system shows that all stages of testing were successfully carried out well. This shows that the system can be used to overcome the problems faced.

KEYWORDS CCTV, EfficientNetB4, Telegram, YOLOv5

ABSTRAK Kegiatan pencatatan dalam usaha pengisian air yang dilakukan dengan menggunakan truk air mengalami masalah karena kesalahan manusia (human error) misalnya pencatatan yang terlewat dan efisiensi waktu yang diperlukan. Untuk itu diperlukan otomatisasi sistem dengan menggunakan teknologi. Untuk mengatasi masalah tersebut, pada penelitian ini digunakan metode yang termasuk dalam Computer Vision dengan penggunaan algoritma Object Detection dan Classification. Pada penelitian ini dibangun suatu sistem yang mengambil frame video menggunakan CCTV yang kemudian dimasukkan pada algoritma object detection dengan arsitektur YOLOv5 (You Only Look Once versi 5). Hasil deteksi kemudian diklasifikasikan dengan menggunakan algoritma dengan arsitektur EfficientNet-B4. Hasil klasifikasi tersebut akan menentukan secara spesifik truk air yang mana yang sedang melakukan pengisian dan dicatat. Kemudian rekapitulasi hasil pencatatan tersebut dikirimkan dengan menggunakan aplikasi messaging Telegram menggunakan library Tkinter kepada pemilik usaha yang mengambil air tersebut. Rekapitulasi tersebut kemudian digunakan oleh sang pemilik usaha dalam memantau usaha tersebut dan melakukan pembayaran sesuai dengan jumlah pengambilan air. Hasil pengujian untuk object detection dan classification dengan menggunakan evaluation metrics menunjukkan bahwa metode tersebut berhasil melakukan deteksi dan klasifikasi dengan baik. Pengujian keseluruhan sistem menunjukkan bahwa semua tahap pengujian berhasil dilakukan dengan baik. Hal ini menunjukkan bahwa sistem tersebut dapat digunakan untuk mengatasi masalah yang dihadapi.

KATA KUNCI CCTV, EfficientNetB4, Telegram, YOLOv5

I. PENDAHULUAN

Usaha pengisian air merupakan salah satu usaha yang biasanya dilakukan oleh warga di Indonesia. Pemilik usaha menjelaskan bahwa kegiatannya berupa truk air

yang datang ke suatu tempat yang menjadi sumber pengambilan air dan biasanya dimiliki oleh suatu perusahaan besar maupun usaha perorangan. Di dalam proses kegiatan usaha tersebut terdapat pencatatan berapa kali truk-truk

mengambil air dalam sehari. Pencatatan tersebut dilakukan karena penyedia sumber air akan menerima pembayaran dari pihak pengambil air. Pencatatan tersebut biasanya dilakukan secara konvensional terutama bagi usaha perseorangan yang skala usahanya lebih kecil dari perusahaan. Pencatatan atau penghitungan biasanya dilakukan secara manual dengan sistem laporan dan seringkali mengalami masalah seperti ada pencatatan yang terlewat.

Pemilik bisnis menyebutkan bahwa alternatif solusi yang lain adalah dengan mengambil gambar atau foto bukti bahwa ada pengambilan air pada waktu tersebut agar di kemudian hari dapat dilakukan penagihan terhadap perusahaan truk tangki air beserta bukti berupa foto. Namun cara ini memerlukan waktu yang panjang karena menunggu keluar masuknya truk air hanya untuk menunggu foto. Selain itu juga rentan terhadap terjadinya human error pada saat mencatat truk air yang keluar dan masuk.

Saat ini sudah banyak digunakan sistem kamera CCTV di tempat umum, dalam bisnis, perusahaan, jalan, sekolah, dan bahkan di sepanjang jalur jalan raya umum [1]. Dalam hal itu CCTV dapat dimanfaatkan bagi pemilik bisnis untuk membantu dalam pencatatan atau pengarsipan aktivitas bisnis. Akan tetapi pencatatan tersebut menjadi tidak efisien karena pemilik bisnis harus melihat rekaman CCTV berdurasi 24 jam yang juga mengharuskan pemilik bisnis memeriksa rekaman tersebut secara mendetail.

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka pada penelitian ini diusulkan suatu metode untuk mendeteksi truk air yang masuk dan keluar secara otomatis dengan menggunakan bantuan teknologi. Teknologi yang dimaksud adalah computer vision dengan memanfaatkan CCTV yang dilengkapi dengan kemampuan object detection dan classification. Dalam klasifikasi citra, tugas yang dilakukan adalah menetapkan suatu citra tertentu ke dalam suatu kelas, yang mana kelas citra tersebut bergantung pada jenis objek yang direpresentasikan pada citra tersebut. Untuk beberapa tahun, metode paling sukses dalam aplikasi dunia nyata didasarkan pada Convolutional Neural Network (CNN) [2].

Pada metode ini, truk air tersebut dideteksi dengan menggunakan algoritma YOLOv5 dan kemudian diklasifikasikan dengan algoritma EfficientNet-B4. Algoritma YOLOv5 dipilih karena lebih cepat dan lebih akurat dalam mengidentifikasi item dalam foto, membuatnya ideal untuk digunakan dengan real-time object dalam bentuk video [3]. Selain itu YOLOv5 adalah model yang lebih cepat, lebih terukur, dan lebih ringan dibandingkan pesaing lainnya [4]. Sedangkan EfficientNet dipilih karena efektivitas metode ini dalam meningkatkan MobileNets dan ResNet [5]. Pada penelitian tersebut digunakan penelusuran arsitektur saraf untuk merancang jaringan dasar baru dan meningkatkannya untuk mendapatkan serangkaian model, yang disebut EfficientNets, yang mencapai akurasi dan efisiensi jauh lebih baik daripada ConvNets sebelumnya. EfficientNet juga digunakan pada penelitian lainnya disebabkan oleh akurasi kerjanya yang tinggi meskipun ukurannya kecil [6].

Setelah melakukan deteksi dan klasifikasi, selanjutnya sistem pada penelitian ini mengirimkan bukti informasi berupa gambar dan teks yang mengandung nama sopir truk air yang terdeteksi. Kemudian dilanjutkan dengan pengiriman informasi rekapitulasi harian di malam hari yang memuat informasi jumlah masing-masing dan keseluruhan truk air yang masuk beserta jumlah total tagihan ke perangkat smartphone pemilik bisnis menggunakan aplikasi Telegram agar pemilik bisnis dapat lebih mudah memeriksa aktivitas bisnis. Aplikasi Telegram sendiri adalah aplikasi pesan berbasis cloud namun menyediakan bot-bot tertentu yang dapat digunakan untuk perangkat IoT [7].

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian [8] dibuat sistem pendeteksi objek memakai metode YOLOv5 untuk mendeteksi jenis kendaraan di jalan raya. Pada penelitian tersebut digunakan dataset sebanyak 1332 gambar dengan kelas bajaj, becak, bus, mobil, mobil molen, mobil pikup, sepeda, sepeda motor, dan truk. Penelitian ini dapat mengenali objek secara konsisten dengan tingkat akurasi 90%.

Selain itu terdapat penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan suatu mekanikal sistem seperti robot dengan tujuan untuk menjadi lebih baik dengan meningkatkan kapabilitas untuk pengenalan citra, yang nantinya juga akan meningkatkan akurasi objek deteksi dari robot yang dibuat untuk membantu di berbagai macam bidang [9]. Penelitian ini menggunakan 4 versi dari YOLOv5 yaitu YOLOv5s, YOLOv5m, YOLOv5l, dan YOLOv5x.

Pada bidang image classification terdapat penelitian yang mengeksplorasi penggunaan arsitektur jaringan saraf konvolusi mendalam (CNN) untuk klasifikasi kendaraan bervolume berlebih. Studi ini membandingkan kinerja arsitektur CNN yang berbeda, termasuk ResNet50, InceptionV3, dan EfficientNetB4, dengan menggunakan strategi pelatihan dan teknik augmentasi data yang berbeda. Studi ini menemukan bahwa EfficientNet-B4 mengungguli model-model lainnya, dan mencapai akurasi 99,91% pada tugas klasifikasi. Kinerja EfficientNet-B4 yang unggul disebabkan oleh penggunaan network parameter dan metode scaling yang efisien [10]. Secara keseluruhan, penelitian ini menyoroti potensi arsitektur CNN yang mendalam untuk mengklasifikasikan kendaraan dengan volume berlebih secara akurat, dengan EfficientNet-B4 sebagai model yang paling efektif di antara model-model yang dievaluasi.

Dalam penelitian selanjutnya, dilakukan identifikasi pasien COVID-19 menggunakan gambar sinar-X dada dan transfer-based learning. Pada penelitian tersebut dievaluasi berbagai model pre-trained deep neural network sebelumnya, termasuk Sequential, DenseNet121, ResNet152, dan EfficientNet-B4, untuk menentukan hasil yang paling efisien. Hasil penelitian menunjukkan EfficientNet-B4 memiliki area under curve (AUC) yang tertinggi yaitu 0,997, diikuti oleh ResNet-50 sebesar 0,967, DenseNet121 sebesar 0,874, dan Sequential sebesar 0,762. EfficientNet-B4 juga mencapai akurasi tertinggi pada 98,86%. Hasil ini menunjukkan bahwa EfficientNet-B4

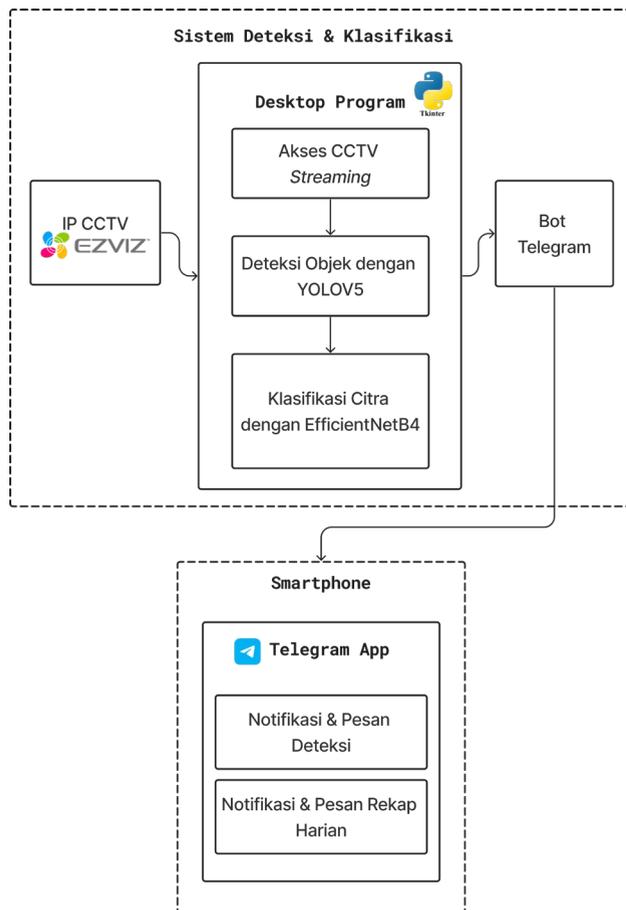
adalah model yang menjanjikan untuk mengidentifikasi pasien COVID-19 dari gambar rontgen dada [11].

Untuk pengukuran kinerja, pada penelitian sebelumnya digunakan mAP, Precision dan Recall untuk mengevaluasi kinerja YOLOv5 dibandingkan dengan model yang telah ditingkatkan [12].

III. METODE

A. TAHAPAN PENELITIAN

Penelitian sistem deteksi dan klasifikasi truk air dengan CCTV ini dilakukan dengan menggunakan beberapa tahap yang terdiri dari: pengumpulan dataset, anotasi data, pembuatan model YOLOv5, pembuatan model EfficientNetB4, iterasi model klasifikasi dan deteksi, dan implementasi sistem. Sebelum dilakukan tahap-tahap penelitian tersebut, dirancang terlebih dahulu arsitektur sistem yang akan dibangun. Arsitektur sistem tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.



GAMBAR 1. Arsitektur sistem.

1) PENGUMPULAN DATASET

Dataset diambil dari Kamera IP CCTV EZVIZ yang menghadap ke jalan raya dengan pencahayaan yang cenderung mengalami backlight dengan jumlah sebanyak

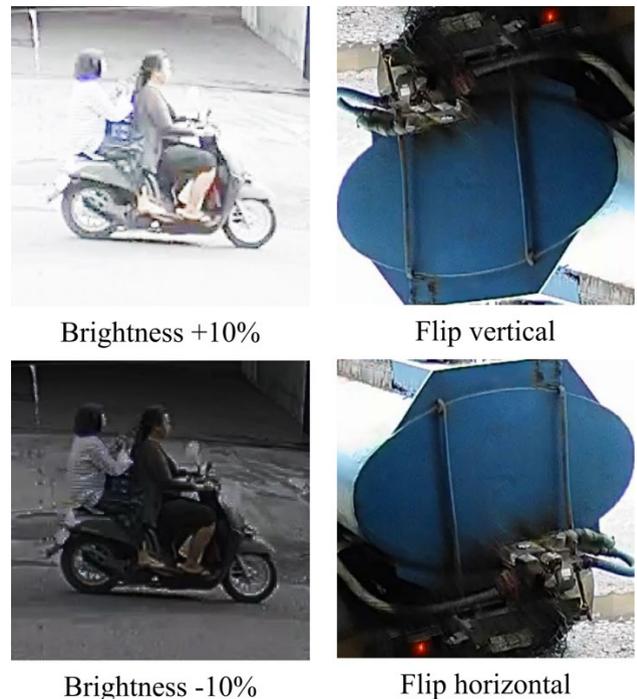
1596 yang memuat gambar 4 jenis truk air, orang, sepeda motor, mobil.

2) ANOTASI DATA

- DATASET MODEL DETEKSI

Pada proses deteksi, untuk membantu memvalidasi keefektifan sistem dalam kondisi yang berbeda maka dilakukan peningkatan jumlah dan ragam dataset. Hal ini dilakukan dengan proses anotasi dan pelabelan dataset dengan menggunakan platform Roboflow. Pada tahap ini dilakukan anotasi dan pelabelan gambar, implementasi pra-pemrosesan, augmentasi, untuk menghasilkan dataset dalam format yang diperlukan pada penelitian ini. Dataset yang didapatkan dari Roboflow ini dibagi menjadi dua jenis dataset yaitu dataset untuk deteksi objek dan klasifikasi.

Pada tahap ini, untuk dataset YOLOv5 dilakukan anotasi, augmentasi, dan eliminasi. Augmentasi dataset yang dilakukan adalah membuat dengan lebih terang dan lebih gelap sebanyak 10% lalu mengubah orientasi gambar secara *vertical* dan *horizontal* dengan contoh yang ditunjukkan pada Gambar 2.



GAMBAR 2. Augmentasi dataset untuk model deteksi

Untuk eliminasi yang dilakukan adalah menghilangkan gambar-gambar dengan objek yang terlalu gelap, objek yang terlalu blur dan objek yang terhalangi 50% dengan contoh yang ditunjukkan pada Gambar 3.



GAMBAR 3. Eliminasi dataset untuk model deteksi

Dari hasil anotasi, augmentasi dan eliminasi didapatkan dataset yang terdiri dari 1835 gambar yang terdiri dari 152 gambar 'car', 967 gambar 'motorcycle', 582 gambar 'person', dan 1207 gambar 'water-truck'.

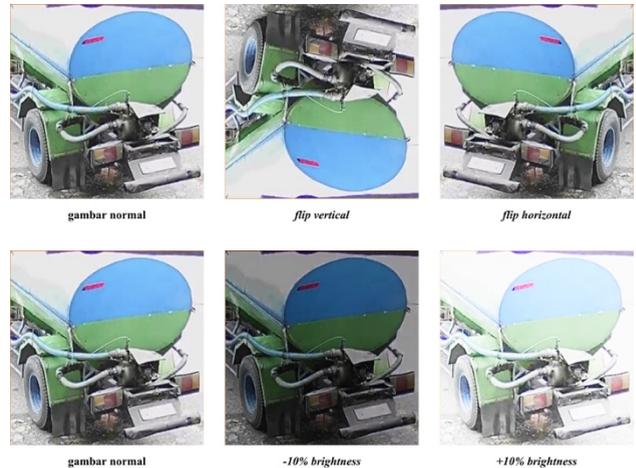
• DATASET MODEL KLASIFIKASI

Pada proses klasifikasi, dataset model EfficientNet-B4 sendiri berjumlah 512 gambar yang dibagi menjadi 4 kelas yaitu 'water_truck_bagus' sebanyak 144 gambar, 'water_truck_dasor' sebanyak 156 gambar, 'water_truck_parman' sebanyak 103 gambar, dan 'water_truck_sugeng' sebanyak 109 gambar dengan contoh yang ditunjukkan pada Gambar 4.



GAMBAR 4. Kelas dataset untuk model klasifikasi

Untuk menghindari *overfitting*, pada dataset ini juga dilakukan augmentasi dengan cara yang sama seperti pada dataset model deteksi yaitu *flip horizontal & vertical* dan membuat gambar lebih terang dan lebih gelap dengan *brightness level -10% sampai +10%* dengan contoh yang ditunjukkan pada Gambar 5.



GAMBAR 5. Augmentasi dataset untuk model klasifikasi

Setelah dilakukannya proses augmentasi jumlah total dataset menjadi 4359 lalu dibagi menjadi 3803 gambar untuk *training*, 370 gambar untuk *validation*, dan 186 gambar untuk *testing*.

3) PEMBUATAN MODEL YOLOV5

Model YOLOv5 dilatih melalui transfer learning dengan initial weights menggunakan YOLOv5s.pt, 100 epochs, 16 batch_size, dengan input image sebesar 800x800. Training model YOLOv5 ini juga mengaktifkan Cache untuk mempercepat pelatihan secara signifikan. Cache dalam konteks pelatihan ini berfungsi menyimpan gambar pelatihan yang sudah diproses sebelumnya dalam memori, yang mengurangi waktu yang diperlukan untuk memuat dan memproses gambar selama setiap epoch.

4) PEMBUATAN MODEL EFFICIENTNET-B4

EfficientNet-B4 adalah pre-trained model, yang telah diinisialisasi dengan bobot ImageNet dan tidak termasuk layer klasifikasi teratas. Model EfficientNet-B4 pada penelitian ini terdiri dari 'Input Layer' dengan resolusi 380x380, 'trainable_layer' yang sudah di-frozen, layer 'global_average_pooling2D', Fully connected Dense layer dengan 64 unit dan aktivasi Rectified Linear Unit (ReLU), Regularization L2 dengan kekuatan 0.01, layer dropout dengan tingkat 0,5, di layer terakhir terdapat layer Dense dengan 4 unit output dan aktivasi softmax.

5) ITERASI MODEL

Pada tahap iterasi ini, dilakukan evaluasi kinerja model dengan menggunakan performance metrics yang sesuai. Untuk model YOLOv5 digunakan beberapa metric yaitu precision, recall, dan mAP, sedangkan untuk model EfficientNetB4 digunakan metric accuracy, loss, precision, recall, dan F1 Score.

6) IMPLEMENTASI

Setelah pada kedua model CNN dilakukan pengujian, maka model tersebut diimplementasikan dengan menggunakan kode python yang dapat mengakses kamera IP CCTV dan telah disambungkan dengan bot Telegram.

B. RANCANGAN PENGUJIAN

Tujuan pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah untuk memastikan bahwa sistem deteksi dapat menjalankan semua fitur dan dapat memprediksi secara benar sesuai dengan alur dari arsitektur sistem pada Gambar 1. Tahap pengujian pada penelitian ini terdiri dari:

- 1) Ketika program komputer dijalankan akan memunculkan jendela yang berisikan Graphical User Interface (GUI) yang dibuat menggunakan library Tkinter. Pada GUI tersebut terdapat tombol bertuliskan ‘Start’.
- 2) Ketika pengguna menekan tombol ‘Start’, program akan langsung memulai sistem deteksi. Program tersebut akan mengakses kamera IP CCTV lalu memunculkan jendela baru yang berisi real time video yang bersumber dari kamera IP CCTV. Real time video tersebut juga menampilkan real time object detection yang ditandai dengan munculnya bounding box dan confidence level dari objek yang berhasil dideteksi oleh sistem dengan menggunakan model YOLOv5.
- 3) Ketika sistem deteksi berhasil mendeteksi truk air dengan confidence level sama dengan atau lebih besar dari 0.80 maka sistem langsung melakukan frame capture dan memotong sesuai dengan region of interest yang dihasilkan bounding box di sekitar truk air. Lalu hasil foto yang sudah dipotong tersebut akan diklasifikasikan secara benar oleh model klasifikasi EfficientNet-B4. Selanjutnya sistem akan mengirim pesan berupa informasi hasil deteksi beserta bukti foto truk air hasil dari frame capture ke aplikasi Telegram pemilik bisnis.
- 4) Pada akhir hari sistem akan mengirimkan pesan berupa rekap harian hasil deteksi yang mengandung informasi akumulasi truk air yang mengambil air dan akumulasi tagihan sesuai dengan supir truk air tersebut.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. PENGUJIAN MODEL YOLOV5

Hasil training model YOLOv5 yang menggunakan hyperparameter yang telah ditetapkan dengan menggunakan total 362 gambar adalah Precision sebesar 86%, Recall sebesar 87%, dan mAP 90%. Untuk data yang lebih lengkap dapat dilihat data pada tabel 1.

TABEL I
HASIL PENGUJIAN MODEL YOLOV5

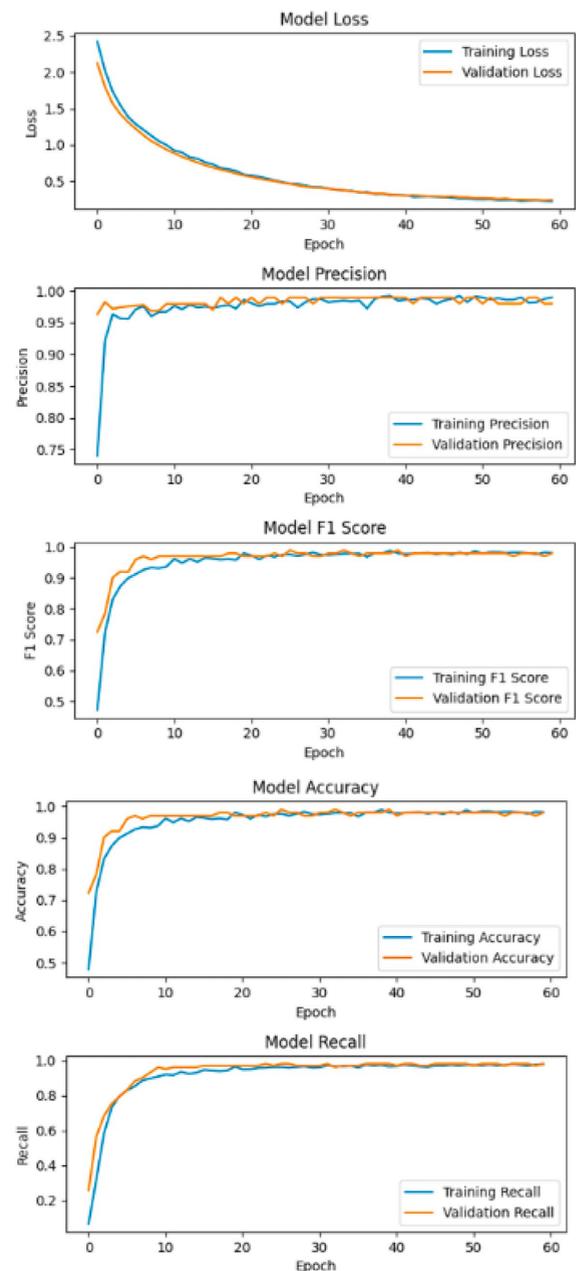
Kelas	Instances	Precision	Recall	mAP
Car	31	94%	97%	96%
Motorcycle	232	82%	79%	85%

Person	145	78%	78%	80%
Water-truck	239	92%	97%	98%
All	647	86%	87%	90%

Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil deteksi untuk 4 kelas yaitu kelas ‘Car’, ‘Motorcycle’, ‘Person’ dan ‘Water-truck’. Pada tiap kelas tersebut didapatkan hasil pengujian untuk metrics Precision, Recall dan mAP. Semua metrics menunjukkan angka di atas 80% kecuali untuk ‘Person’.

B. PENGUJIAN MODEL EFFICIENTNETB4

Hasil training model klasifikasi EfficientNetB4 yang menggunakan Adam optimizer, 60 epochs, dan 0.0001 learning rate ditunjukkan pada grafik yang terdapat pada Gambar 6.



GAMBAR 6. Grafik hasil pelatihan model EfficientNet-B4

Pada Gambar 6 tersebut ditunjukkan bahwa grafik training untuk Accuracy mengalami kenaikan sampai mencapai nilai stabil mendekati 1 (100%). Sedangkan grafik Loss menunjukkan penurunan sampai mencapai nilai stabil mendekati 0. Pada kedua grafik tersebut, baik training maupun validation menunjukkan konsistensi nilai yang berdekatan selama 60 epochs. Demikian juga untuk grafik Precision, Recall dan F1 Score, grafik ketiganya mengalami kenaikan sampai mendekati nilai 1 (100%). Pada ketiga grafik tersebut juga menunjukkan konsistensi kedekatan nilai antara training dan validation selama 60 epochs. Nilai yang didapatkan untuk semua metrics tersebut ditunjukkan pada tabel 2.

TABEL II
METRIK HASIL PELATIHAN MODEL

Metrik	Training	Validation	Mean
Loss	22%	24%	23%
Accuracy	98%	98%	98%
Precision	99%	98%	99%
Recall	97%	98%	97%
F1 Score	98%	98%	98%

Tabel 2 menyajikan hasil pengujian untuk tiap metric Accuracy, Loss, Precision, Recall dan F1 Score. Hasil tersebut menunjukkan bahwa rata-rata metric Loss, Accuracy, Precision, Recall dan F1Score adalah berturut-turut 23%, 98%, 99%, 97% dan 98%.

C. PENGUJIAN IMPLEMENTASI SISTEM DETEKSI DAN KLASIFIKASI

Pada tahap pengujian pertama, pengguna menekan tombol ‘Start’, dan program berhasil memulai sistem deteksi. Program kemudian mengakses kamera IP CCTV, dan berhasil memunculkan jendela baru yang berisi real time video yang bersumber dari kamera IP CCTV. Video tersebut juga berhasil menampilkan object detection yang ditandai dengan munculnya bounding box dan confidence level dari object yang berhasil dideteksi oleh sistem dengan model YOLOv5. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 7. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa pengujian tahap pertama berhasil.



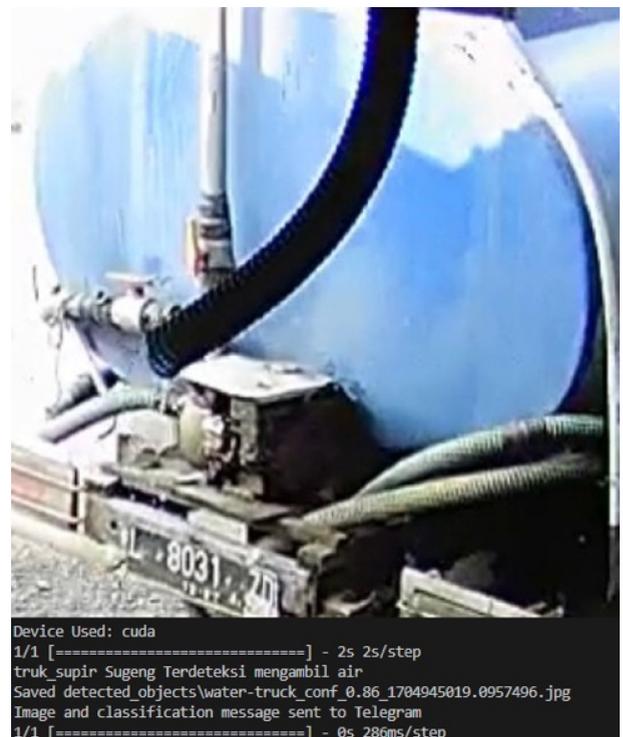
GAMBAR 7. Jendela hasil deteksi dengan bounding box

Pengujian tahap ke kedua dimulai ketika sistem deteksi berhasil mendeteksi truk air dengan confidence level sebesar 0.80 yang ditunjukkan pada Gambar 8.



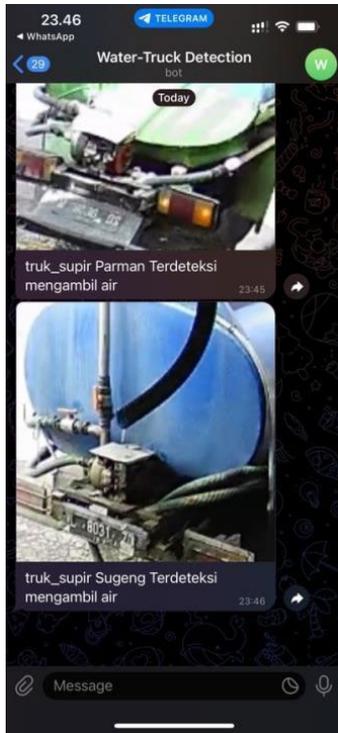
GAMBAR 8. Hasil deteksi truk air dengan confidence level lebih tinggi atau sama dengan 0.80.

Selanjutnya sistem langsung melakukan frame capture dan memotong sesuai dengan region of interest yang dihasilkan bounding box di sekitar truk air. Kemudian hasil foto yang sudah dipotong tersebut berhasil diklasifikasikan secara benar oleh model klasifikasi EfficientNet-B4. Hasil pengujian tahap ini ditunjukkan pada Gambar 9 yang menunjukkan keberhasilan pengujian pada tahap ke kedua.



GAMBAR 8. Model EfficientNetB4 berhasil mengklasifikasi truk air

Pada pengujian tahap ketiga hasil foto yang sudah diklasifikasikan pada tahap kedua, selanjutnya dikirimkan ke aplikasi Telegram pemilik bisnis. Pesan yang dikirimkan berupa informasi hasil deteksi beserta bukti foto truk air hasil dari frame capture. Pesan yang dikirimkan tersebut ditunjukkan pada Gambar 9. Pesan tersebut menunjukkan bahwa pengujian tahap ketiga berhasil.



GAMBAR 10. Pesan berupa informasi hasil deteksi beserta foto

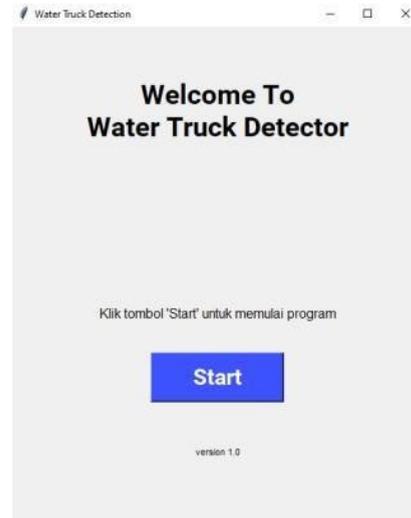
Pada pengujian tahap terakhir yaitu tahap keempat, sistem berhasil mengirimkan pesan berupa rekapitulasi harian hasil deteksi yang berisi informasi akumulasi truk air yang mengambil air dan akumulasi tagihan untuk pengusaha truk air tersebut. Pesan tersebut ditunjukkan pada Gambar 11. Hal ini menunjukkan bahwa pengujian tahap keempat berhasil.



GAMBAR 11. Pesan rekapitulasi di akhir hari yang dikirimkan.

D. IMPLEMENTASI PADA OPERASIONAL BISNIS

Pengimplementasian sistem dalam bisnis pengisian air dirancang untuk mengintegrasikan teknologi ke dalam operasi sehari-hari. Awalnya, pemilik bisnis dapat menjalankan program yang telah dibuat dalam format .exe, yang kemudian akan menampilkan antarmuka pengguna grafis (GUI) yang dibangun menggunakan Tkinter yang ditunjukkan pada Gambar 12.



GAMBAR 12. GUI sistem yang menggunakan Tkinter

Dengan antarmuka yang intuitif, pengguna cukup menekan tombol 'START' untuk memulai proses deteksi, memanfaatkan RTSP untuk preview deteksi. Setelah sistem beroperasi, pemilik bisnis dapat memantau proses pengambilan air melalui *chatbot* di aplikasi mobile Telegram, memungkinkan mereka untuk mengidentifikasi truk mana yang sedang mengambil air. Sistem ini juga menyediakan rekap harian yang mencakup informasi tentang jumlah truk per hari dan total uang yang seharusnya diterima, memudahkan pemilik bisnis dalam mengelola dan melacak transaksi. Selain itu pemilik bisnis dapat menginformasikan sopir truk tentang total yang harus dibayarkan, baik untuk pembayaran tunggal atau beberapa transaksi sekaligus, berdasarkan rekap harian di Telegram. Terakhir, sistem ini mendukung proses penyelesaian keluhan, dimana pemilik bisnis dapat memvalidasi klaim dari sopir truk menggunakan foto yang dikirimkan oleh sistem ke Telegram, menjamin transparansi dan keadilan dalam setiap transaksi. Keseluruhan implementasi ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan keandalan dalam operasi bisnis pengisian air.

E. KETERBATASAN SISTEM

Keterbatasan utama dalam sistem deteksi truk air ini terletak pada kemampuannya untuk mengklasifikasikan truk. Sistem ini bergantung pada dataset model yang telah ada. Sehingga ketika truk air

yang belum terdaftar dalam dataset diperkenalkan, sistem cenderung mengalokasikan truk tersebut ke kelas yang paling mirip yang ada dalam dataset. Hal ini mengakibatkan potensi kesalahan dalam klasifikasi. Untuk mengatasi keterbatasan ini, kami mengusulkan penambahan fitur self-learning dalam sistem. Mekanisme ini memungkinkan sistem untuk mengidentifikasi truk baru sebagai 'unknown_water_truck'. Selanjutnya, sistem akan mengumpulkan data dari truk-truk yang dikategorikan sebagai 'unknown' ini. Pengguna kemudian dapat memberikan label pada truk-truk ini melalui GUI yang tersedia. Proses pelabelan ini tidak hanya mengurangi kesalahan klasifikasi tetapi juga memperkaya dataset model dengan kelas-kelas baru, sehingga meningkatkan kemampuan adaptasi dan akurasi sistem dalam pengenalan truk air. Pendekatan ini menunjukkan potensi perbaikan yang signifikan dalam hal pengelolaan dan peningkatan data, yang merupakan aspek penting dalam pengembangan sistem pengenalan berbasis pembelajaran mesin.

V. KESIMPULAN

Sistem yang direncanakan untuk memberi solusi kepada pemilik usaha berhasil diimplementasikan. Sistem ini terbukti dapat mendeteksi truk air dan juga mengklasifikasikan setiap truk air dengan benar. Model YOLOv5 sebagai objek detector dan EfficientNetB4 sebagai model untuk melakukan klasifikasi dapat digunakan pada sistem tersebut.

Semua performance metrics Precision, Recall dan mAP untuk model YOLOv5 menunjukkan hasil di atas 90%. Sedangkan performance metrics untuk model EfficientNetB4 yaitu Accuracy, Precision, Recall dan F1 Score semuanya juga menunjukkan hasil di atas 90%.

Pada penelitian ini terdapat beberapa hal yang dapat ditingkatkan yaitu tingkat accuracy untuk object detection yang dilakukan YOLOv5 dalam mendeteksi object lain, misalnya 'Person' dengan tingkat Precision dan Recall 78%.

Hasil pengujian untuk object detection dan classification dengan menggunakan evaluation metrics menunjukkan bahwa metode tersebut berhasil melakukan deteksi dan klasifikasi dengan baik. Pengujian keseluruhan sistem menunjukkan bahwa semua tahap pengujian berhasil dilakukan dengan baik. Hal ini menunjukkan bahwa sistem tersebut dapat digunakan untuk mengatasi masalah yang dihadapi.

PERAN PENULIS

Ardian Kurniawan Langgeng Santoso: Implementasi arsitektur sistem, implementasi object detector dan algoritma classifier, implementasi sistem dan perangkat lunak.

Daniel Martomangolo Wonohadidjojo: Metodologi, Perancangan arsitektur sistem, perancangan training, validation dan testing robust model, perancangan dataset, dan penyusunan artikel.

COPYRIGHT



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aballe *et al.*, "Security Measures: Effectiveness of the Installation of CCTV Cameras in Relation to Crime Prevention as Perceived by the Community," *Middle East Journal of Applied Science & Technology*, vol. 05, no. 02, pp. 149–160, 2022, doi: 10.46431/mejast.2022.5216.
- [2] M. Kohler and B. Walter, "Analysis of convolutional neural network image classifiers in a rotationally symmetric model," May 2022, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2205.05500>
- [3] J. S. Murthy, G. M. Siddesh, W. C. Lai, B. D. Parameshachari, S. N. Patil, and K. L. Hemalatha, "ObjectDetect: A Real-Time Object Detection Framework for Advanced Driver Assistant Systems Using YOLOv5," *Wirel Commun Mob Comput*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/9444360.
- [4] K. Sharma, S. Singh Rawat, D. Parashar, S. Sharma, S. Roy, and S. Sahoo, "State-of-the-Art Analysis of Multiple Object Detection Techniques using Deep Learning." [Online]. Available: www.ijacsa.thesai.org
- [5] M. Tan and Q. V. Le, "EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks," May 2019, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1905.11946>
- [6] R. N. Lazuardi, N. Abiwinanda, T. H. Suryawan, M. Hanif, and A. Handayani, "Automatic diabetic retinopathy classification with efficientnet," in *IEEE Region 10 Annual International Conference, Proceedings/TENCON*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Nov. 2020, pp. 756–760. doi: 10.1109/TENCON50793.2020.9293941.
- [7] IEEE Staff, *2019 International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology (SIET)*. IEEE, 2019.
- [8] D. I. Mulyana and M. A. Rofik, "Implementasi Deteksi Real Time Klasifikasi Jenis Kendaraan Di Indonesia Menggunakan Metode YOLOV5."
- [9] Z. Chen, X. Li, L. Wang, Y. Shi, Z. Sun, and W. Sun, "An Object Detection and Localization Method Based on Improved YOLOv5 for the Teleoperated Robot," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 12, no. 22, Nov. 2022, doi: 10.3390/app122211441.
- [10] S. S. Reka, V. D. Murthy Voona, P. V. Sai Nithish, D. S. Paavan Kumar, P. Venugopal, and V. Ravi, "Performance Analysis of Deep Convolutional Network Architectures for Classification of Over-Volume Vehicles," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 13, no. 4, Feb. 2023, doi: 10.3390/app13042549.
- [11] T. Hasan Rafi, "A Holistic Approach to Identification of Covid-19 Patients from Chest X-Ray Images utilizing Transfer Based Learning", doi: 10.1101/2020.07.08.20148924.
- [12] H. Liang, J. Chen, W. Xie, X. Yu, and W. Wu, "Defect detection of injection-molded parts based on improved-YOLOv5," in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics, 2022. doi: 10.1088/1742-6596/2390/1/012049.