

Pengolahan Citra Digital: Implementasi Algoritma YOLOv8 dalam Mendeteksi dan Mengenali Tulisan Tangan Berupa Angka pada Gambar

1st Vito Devara Syifa
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
vitodevara@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Kris Sujatmoko
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
krissujatmoko@telkomuniversity.ac.id

3rd Suryo Adhi Wibowo
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
suryoadhiwibowo@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Pemilihan Umum (PEMILU) merupakan salah satu pilar utama proses demokrasi yang memungkinkan warga negara memilih rakyat mereka secara langsung. Jurnal ini membahas perancangan *machine learning* menggunakan YOLOv8 untuk deteksi angka dalam gambar dalam proses pelaporan Formulir C1 Pemilu untuk meningkatkan transparansi dan integritas dalam konteks pemilihan umum. Selanjutnya penerapan *cloud computing* juga dimanfaatkan untuk penyimpanan dan pengiriman data. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan teknologi ini dapat mengurangi *human error* dalam pelaporan hasil pemilu. Model YOLOv8 dengan *dataset combine* memiliki hasil terbaik dengan *precision* 98%, *recall* 98.3%, dan *f1-score* 98%. Secara keseluruhan model yang dirancang sudah sesuai dengan yang diharapkan.

Kata Kunci - *Cloud Computing, Machine Learning, Pemilu, YOLOv8.*

I. PENDAHULUAN

Pemilihan Umum (PEMILU) adalah salah satu pilar utama dari proses demokrasi yang memungkinkan warga negara untuk memilih perwakilan mereka secara langsung. Sistem pemilihan umum di Indonesia telah mengalami beberapa kali perubahan, salah satunya adalah penggunaan sistem campuran pada tahun 1955. Sistem campuran ini menggabungkan sistem distrik dan sistem perwakilan berimbang untuk memastikan keterwakilan yang adil bagi semua partai [1].

Machine learning adalah bidang ilmu komputer yang berfokus pada pengembangan algoritma yang dapat belajar dari data dan membuat prediksi [2]. Penelitian terbaru mengungkapkan bahwa pembelajaran mesin dibagi menjadi tiga kategori: *Supervised Learning*, *Unsupervised Learning*, dan *Reinforcement Learning* [3]. *Machine learning* memiliki banyak aplikasi di berbagai bidang, termasuk pemilu. Salah satu contoh aplikasi *machine learning* dalam pemilu adalah untuk mendeteksi hasil perolehan suara dalam pemilu dan mengirimkan hasilnya ke *cloud*.

Cloud computing adalah model komputasi yang memungkinkan pengguna untuk mengakses sumber daya komputasi, seperti server, penyimpanan data, dan jaringan, melalui Internet. Tujuan utama komputasi awan adalah memanfaatkan sumber daya terdistribusi dengan baik dan memecahkan masalah

komputasi skala besar [4]. *Cloud computing* menawarkan banyak keuntungan, seperti skalabilitas, fleksibilitas, dan biaya yang lebih rendah. Sumber daya dalam komputasi awan transparan bagi pengguna, dan pengguna tidak perlu mengetahui lokasi sumber daya yang tepat dan dapat dibagikan dengan banyak pengguna, yang seharusnya dapat mengakses aplikasi dan data dari mana saja dan kapan saja [5].

II. KAJIAN TEORI

YOLOv8, salah satu model paling terkenal dalam deteksi dan klasifikasi objek [6]. Dari berbagai algoritma deteksi objek, kerangka kerja YOLO telah memiliki keseimbangan yang luar biasa antara kecepatan dan akurasi, yang memungkinkan identifikasi objek yang cepat dan andal dalam gambar [7]. YOLOv8 adalah metode deteksi objek yang tidak menggunakan anchor, mengurangi jumlah prediksi kotak dan mempercepat proses Non-maximum Suppression (NMS) [8]. Dengan mengadopsi strategi deteksi tanpa anchor, YOLOv8 dapat langsung memprediksi pusat objek [8]. YOLOv8 menggunakan teknik pelatihan inovatif, seperti Augmentasi Mosaik, untuk meningkatkan performa model. Selama pelatihan, YOLOv8 menggabungkan beberapa gambar, mendorong model untuk mempelajari konteks objek di berbagai tempat dan latar belakang [8]. Namun, karena ditemukan bahwa penggunaan augmentasi ini selama seluruh proses pelatihan dapat berbahaya, fitur ini dinonaktifkan untuk sepuluh epoch terakhir [7].

Metrik evaluasi yang umum digunakan untuk deteksi objek adalah *Mean Average Precision* (mAP). MAP menghitung presisi rata-rata (AP) dari semua kelas dan mengukurnya berdasarkan ambang batas *Intersection over Union* (IoU) yang telah ditentukan [9]. Untuk menghitung presisi, kita perlu memahami konsep *true positive* dan *false positive* dalam pendeteksian objek. *True Positive* terjadi ketika IoU antara kotak prediksi dan *ground truth* lebih besar dari ambang batas IoU yang ditetapkan, sedangkan *False Positive* terjadi ketika IoU di bawah ambang batas [9]. Penelitian ini menggunakan mAP untuk merepresentasikan presisi rata-rata di semua kelas.

'N' menunjukkan jumlah total kelas objek yang ditemukan. P menyatakan nilai precision, dan R menyatakan nilai recall, dan mAP dihitung dengan menggunakan persamaan pada rumus (1). sebagai berikut [6].

$$mAP = \frac{\sum_{i=1}^N \int_0^1 P dR}{N} \quad (1)$$

YOLOv8 memperkenalkan lima versi, yaitu YOLOv8n (nano), YOLOv8s (small), YOLOv8m (medium), YOLOv8l (large), dan YOLOv8x (extra large) [19]. Model ini nantinya akan mampu mendeteksi angka pada gambar yang diunggah oleh pengguna. Apabila terdapat gambar yang tidak sesuai, misalnya isi dari gambar tersebut bukan angka, maka gambar tersebut tidak dapat dideteksi. YOLOv8, model pendeteksi objek, dapat mengidentifikasi dan menemukan objek pada gambar. Deteksi objek melibatkan pengenalan dan penentuan posisi berbagai objek, seperti kendaraan, manusia, dan lainnya, dalam suatu lingkungan.

III. METODE

A. Identifikasi Masalah

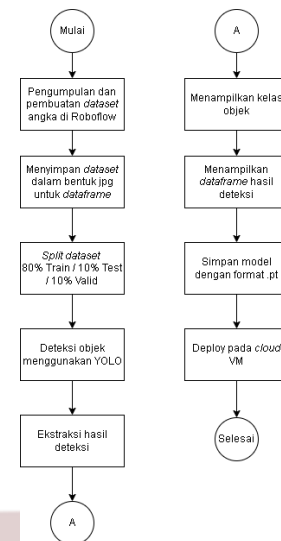
Input hasil data masih dilakukan secara manual atau konvensional, hal ini memiliki kekurangan dalam efisiensi waktu. Untuk solusi yang didapatkan agar input data yang dilakukan lebih cepat adalah memberikan model *machine learning* yang mampu memproses data-data tersebut. Keakuratan dan keamanan data yang masih bersifat kurang aman, dikarenakan bisa terjadi kesalahan pengambilan data yang berujung pada keakuratan data dan keamanan yang tidak dilindungi dengan baik, sehingga rentan terhadap akses yang tidak sah. Hal ini dapat mengakibatkan pelanggaran privasi dan kehilangan informasi berharga. Penyimpanan belum otomatis dari hasil *input*, *user* harus menyimpan data secara manual, kemudian hasil tersebut akan tersimpan pada perangkat *user*. Hal ini dapat mengakibatkan apabila *user* tidak sengaja melakukan refresh sebuah situs scanner maka hasil tersebut akan hilang dan harus melakukan *input* dan menyimpan ulang data tersebut.

B. Implementasi Sistem

Sistem deteksi objek berupa angka pada gambar dapat dirancang dengan menggunakan metode berikut:

Langkah pertama dalam pengolahan data adalah mengumpulkan dan menyiapkan dataset gambar angka dalam sebuah kotak yang digunakan dalam pelatihan model. Kumpulan data harus cukup bervariasi dan representatif sehingga model dapat mempelajari jumlah objek yang cukup untuk dideteksi dan diklasifikasikan. Pada Gambar 1. ditunjukkan urutan implementasi model machine learning dalam bentuk flowchart. Pengumpulan dan pembuatan dataset

dilakukan pada Roboflow serta diberi label dengan total sebelas kelas. Dataset yang dikumpulkan berupa angka bounding boxes, yaitu angka dalam sebuah kotak. Angka-angka ini didapatkan dari dokumen hasil pemilu pada website www.kawalpemilu.org. Kemudian dilakukan cropping satu



GAMBAR 1.
Flowchart Implementasi Model Machine Learning

persatu pada kotak yang berisi angka dari total suara tiap paslon pemilu. Pada Roboflow, setiap hasil gambar yang telah dipotong mulai diberi label sesuai dengan kelas dan angkanya. Sebagai contoh, angka "1" masuk ke label kelas "1" dan seterusnya. Proses pembuatan dataset juga terdapat dua jenis, yaitu dataset single dan dataset kombinasi. Dataset single hanya terdapat tiga angka dalam tiga kotak pada gambar. Sedangkan dataset kombinasi ada tambahan berupa hanya satu angka dalam satu kotak pada gambar, sehingga terdapat variasi yang dapat dilakukan training pada model machine learning nantinya.

Dataset tersebut kemudian dipisah menjadi data dengan rasio 80% training, 10% testing, dan 10% validation. Setelah train data, deteksi objek dapat dilakukan pada sampel gambar yang kita upload dan dapat dilihat hasilnya pada kolom output beserta dengan kelasnya. Model ini dilatih dengan dua dataset yang telah dibuat, yaitu satu dataset dengan satu gambar berisi tiga angka dalam kotak dan satu dataset campuran untuk mengetahui kondisi pelatihan yang paling baik.

C. Component Testing (Calibration)

1. Machine Learning Metrics

Pada tahap pembentukan, metrik pembelajaran mesin akan dibagi menjadi tiga, yaitu pelatihan, pengujian, dan validasi. Dataset ini akan dibagi menjadi 80% training, 10% testing, dan 10% validasi. Perbandingan nilai dilakukan untuk mencari nilai precision, recall, dan F1 score [10]. Dengan parameter-parameter tersebut, dapat menunjukkan performa model dalam melakukan prediksi. Berikut ini adalah metrik yang digunakan [11].

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2)$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (3)$$

$$F1\text{-Score} = 2 \cdot \frac{\text{Precision} \cdot \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (4)$$

Deskripsi:

- True Positive (TP):** Jumlah data kelas positif (0) yang diprediksi dengan benar sebagai kelas positif (0).
- True Negative (TN):** Jumlah data kelas negatif (1) yang diprediksi dengan benar sebagai kelas negatif (1).
- False Positive (FP):** Jumlah data kelas negatif (1) yang diprediksi salah sebagai kelas positif (0).
- False Negative (FN):** Jumlah data kelas positif (0) yang diprediksi salah sebagai kelas negatif (1).

IV. DETAIL IMPLEMENTASI

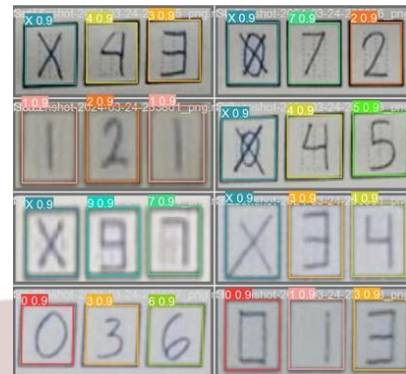
YOLOv8, yang dikenal sebagai salah satu model pendeteksian dan klasifikasi objek tercepat dan terakurat, dengan memanfaatkan arsitektur *You Look Only Once* (YOLO) [6]. Keunggulannya terletak pada keseimbangan antara kecepatan dan akurasi, memungkinkan identifikasi objek yang cepat dan dapat diandalkan dalam gambar [6]. YOLOv8 menerapkan metode deteksi tanpa jangkar, yang mempercepat proses Non-maximum Suppression (NMS) dan prediksi pusat objek secara langsung [7] [8]. Selain itu, model ini menggunakan teknik pelatihan inovatif seperti Augmentasi Mosaik untuk meningkatkan kinerjanya [8].

TABEL I
Hyperparameter Pada Model Machine Learning

Hyperparameter	Value
Epoch	100
Image size	800 pixel
Optimizer	AdamW
Batch Size	16
Learning Rate	0.000667

Pemrosesan data untuk deteksi angka dimulai dengan mengumpulkan dan menyiapkan dataset gambar angka dalam kotak. Dataset harus bervariasi dan cukup representatif agar model dapat mempelajari berbagai bentuk dan variasi angka. Selanjutnya, pilih model YOLOv8 yang sesuai dengan kebutuhan, seperti YOLOv8s (*small*) untuk kinerja yang lebih ringan atau YOLOv8x (*extra large*) untuk akurasi yang lebih tinggi [6]. Model YOLOv8 kemudian dilatih dengan set data berlabel di Roboflow, yang terdiri dari 11 kelas: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan X menggunakan YOLOv8s. Dataset tersebut kemudian dibagi menjadi data dengan rasio 80% pelatihan, 10% pengujian, dan 10% validasi. Setelah melatih data, deteksi objek dapat dilakukan pada sampel gambar yang kita unggah dan dapat dilihat pada kolom output beserta kelasnya. Model ini dilatih dengan dua dataset yang telah dibuat, yaitu satu dataset dengan satu gambar yang berisi tiga angka di dalam kotak dan satu dataset campuran untuk mengetahui kondisi pelatihan yang terbaik.

Setelah model dilatih, model dapat diaplikasikan untuk mendeteksi angka pada gambar yang diunggah pengguna. Model akan mendeteksi angka-angka pada gambar dan mengklasifikasikannya ke dalam kelas yang sesuai. Jika gambar yang diunggah tidak mengandung angka, model tidak akan dapat mendeteksinya.



GAMBAR 2.

Hasil dari Valid Machine Learning Dataset

Gambar. 2 adalah hasil validasi dari dataset machine learning yang menampilkan beberapa data beserta nilai konfidensinya. Setiap kotak akan menampilkan hasil OCR secara akurat. Kotak pertama di sebelah kiri akan memberikan hasil "4" sebagai output dan "0.9" atau 90% sebagai nilai kepercayaan dari pembacaan data. Pada kondisi lain ketika ada tulisan yang tumpang tindih maka akan ditunjukkan sebagai "X". Gambar 2. menunjukkan berbagai macam cara penulisan tangan mulai dari yang baik, tidak mengikuti kaidah penulisan angka digital, kurang jelas saat memindai dokumen, dan kesalahan dalam penulisan.

V. PENGUJIAN SISTEM

Skenario pengujian sistem akan menjelaskan bagaimana proses pengujian dilakukan. Berikut adalah pengujian *machine learning* pada jurnal ini.

A. Proses Pengujian Machine Learning

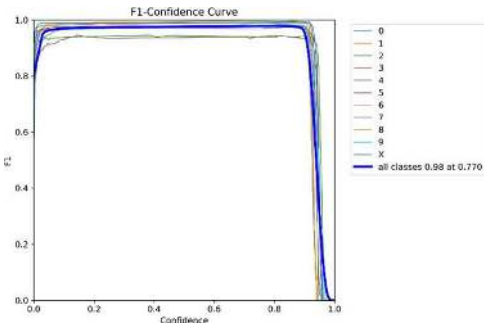
Pengujian model machine learning dilakukan dengan menggunakan beberapa parameter metrik. Parameter tersebut adalah *precision*, *recall*, dan *f-1 Score*. Selain itu, pengujian juga dilihat dari hasil *confusion matrix*. Terdapat dua jenis model dengan perbedaan dua jenis dataset, yaitu dataset kombinasi dan dataset biasa. Nilai *learning rate* yang digunakan untuk kedua model tersebut adalah 0.000667.

Pada Gambar 3. menunjukkan terdapat 11 kelas yang dideteksi, yaitu angka nol sampai dengan 9 dan berupa satu huruf yaitu "X". Gambar yang dideteksi sebanyak 197 gambar dan 590 *instances*. Hal ini dapat dilihat di Gambar 5. bahwa semua kelas memiliki mAP50 dan mAP50-95 yang lebih baik meskipun hanya berbeda sekitar 0,001 untuk mAP50 dan 0,007 untuk mAP50-95 pada Gambar 4.

Dapat dilihat pada Gambar 3., Model YOLOv8m dengan dataset kombinasi merupakan model dengan performa terbaik yang memiliki nilai presisi 0.98 atau 98%, recall 0.983 atau

Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95)
all	197	590	0.98	0.983	0.984	0.894
0	197	94	0.988	1	0.995	0.913
1	197	72	0.983	0.986	0.979	0.867
2	197	51	0.978	0.98	0.992	0.907
3	197	51	0.977	0.98	0.97	0.881
4	197	51	0.985	0.961	0.989	0.908
5	197	52	0.965	0.981	0.992	0.906
6	197	39	0.974	0.97	0.978	0.88
7	197	26	0.957	1	0.958	0.827
8	197	32	0.994	1	0.995	0.91
9	197	34	0.98	0.971	0.985	0.91
X	197	88	1	0.979	0.99	0.927

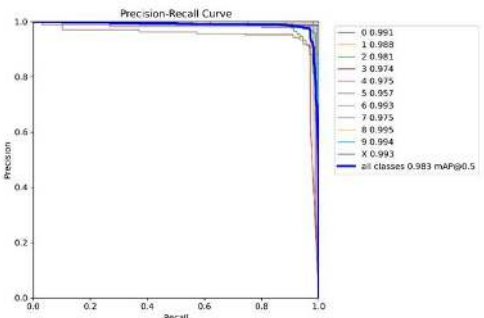
GAMBAR 3.
Model Summary Dataset Combine YOLOv8m



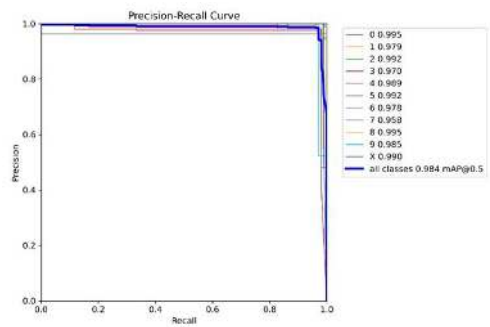
GAMBAR 7.
Precision-Recall Curve Dataset Single YOLOv8m

Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95)
all	197	590	0.979	0.976	0.984	0.888
0	197	94	0.996	1	0.995	0.906
1	197	72	0.969	0.972	0.981	0.859
2	197	51	0.976	0.98	0.978	0.884
3	197	51	0.977	0.98	0.984	0.89
4	197	51	0.98	0.952	0.988	0.882
5	197	52	0.98	0.954	0.986	0.887
6	197	39	0.974	0.974	0.984	0.87
7	197	26	0.923	1	0.956	0.85
8	197	32	0.994	1	0.995	0.911
9	197	34	1	0.948	0.989	0.909
X	197	88	1	0.98	0.99	0.918

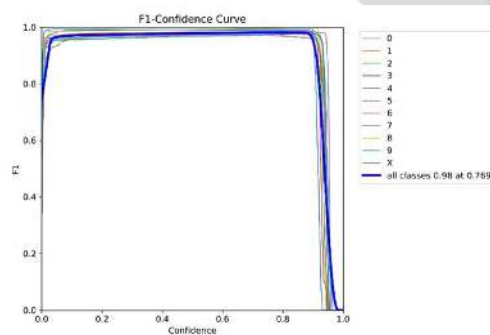
GAMBAR 4.
Model Summary Dataset Single YOLOv8m



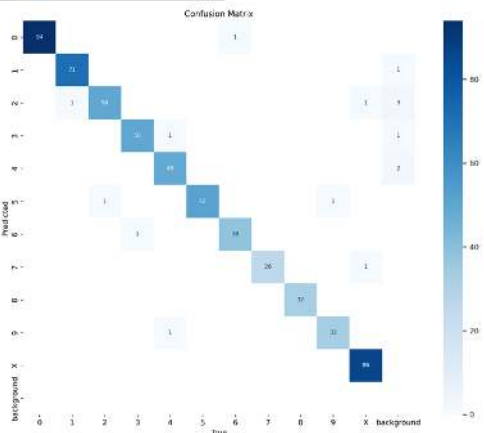
GAMBAR 8.
F1-Score Curve Dataset Single YOLOv8m



GAMBAR 5.
Precision-Recall Curve Dataset Combine YOLOv8m

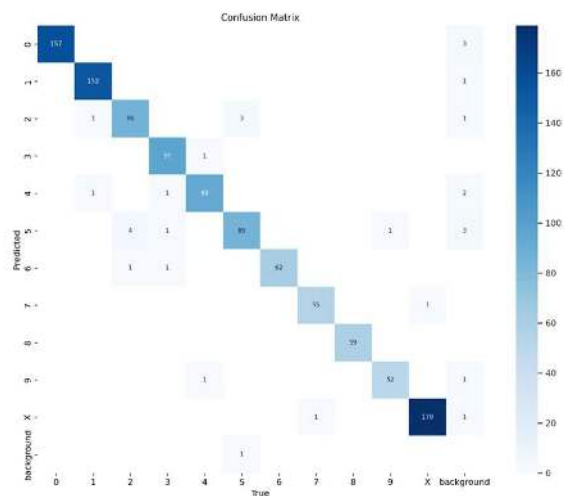


GAMBAR 6.
F1-Score Curve Dataset Combine YOLOv8m



GAMBAR 9.
Confusion Matrix Dataset Combine

98.3%, dan f1-score 0.98 atau 98% pada Gambar 6. dari hasil pengujian. Nilai-nilai ini mendekati nilai 100% atau 1. Dengan demikian, model yang dirancang telah mampu mendeteksi angka di dalam kotak pada gambar. Namun, jika terdapat angka "0" di awal gambar model masih belum dapat menghilangkan atau memfilter angka tersebut. Jika angka "0" tersebut difilter, maka angka "0" lainnya yang ada pada hasil deteksi akan ikut hilang, karena filter dilakukan berdasarkan hasil "class_name" yang telah dideteksi oleh model. Model



GAMBAR 10.
Confusion Matrix Dataset Single

akan mendeteksi dari nilai "x_min" yang terkecil sebagai urutan deteksi pertama. Selain itu, jika terdapat huruf "X" di depan, maka huruf tersebut akan dihilangkan secara otomatis. Hasil "class_name" adalah sebuah data string yang digunakan untuk mengurutkan dari yang terkecil ke yang terbesar.

Hasil *confusion matrix* pada Gambar 9. dan Gambar 10. menunjukkan seberapa baik hasil *training* model. Pada *dataset combine* gambar yang dideteksi tidak sebanyak *dataset single*. Hal ini dikarenakan pada *dataset combine* mengkombinasikan beberapa gambar dari *dataset single*, sehingga gambar tidak perlu diberi label lagi. Warna yang semakin gelap, menunjukkan nilai *confidence* yang sangat tinggi pada suatu *class*. Dapat dilihat pada Gambar 9 *class* "0" memiliki warna yang sangat gelap, sedangkan pada Gambar 10 *class* "X" yang memiliki warna sangat gelap. Kedua *dataset* ini memiliki *confidence* yang sangat tinggi yaitu mendekati 1 atau 100%. Terdapat juga beberapa angka yang salah dideteksi oleh sistem, namun secara keseluruhan pengujian sistem ini telah berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

VI. KESIMPULAN

Sistem pelaporan formulir C1 Pemilu dengan teknologi *machine learning* merupakan inovasi yang signifikan untuk meningkatkan transparansi, kecepatan, dan akurasi dalam pemilihan umum. Dirancang untuk mengatasi tantangan pada sistem pelaporan pemilu konvensional dengan menggunakan teknologi OCR berdasarkan model YOLOv8 untuk menangkap dan memproses gambar formulir C1.

Pengujian dilakukan melalui evaluasi performa model *machine learning* dengan menggunakan metrik *precision*, *recall*, dan *f1-score* menghasilkan nilai *precision* sebesar 0.98, *recall* sebesar 0.983, dan *f1-score* sebesar 0.98, yang mengindikasikan model memiliki performa yang sangat baik dalam mendeteksi angka di dalam kotak pada gambar. Nilai *confidence* yang didapatkan sangat baik yaitu di atas 90%. Model ini menggunakan *dataset combine* dengan YOLOv8m (medium). Secara keseluruhan, sistem pelaporan C1 dengan

machine learning ini dapat meningkatkan pengumpulan, pelaporan, dan analisis data pemilu. Sistem ini mempercepat penyelesaian pemilu dan memberikan hasil yang dapat diakses lebih awal kepada publik, dengan keamanan data yang terjamin.

REFERENSI

- [1] KPU, "Pemilu 1955," <https://www.kpu.go.id/page/read/8/pemilu-1955>, p. 8, 2023.
- [2] R. Ahmad, S. R. Ageng, and A. S. Po, "Pemanfaatan machine learning dalam berbagai bidang: Review paper," *Indonesian Journal on Computer and Information Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 75–82, 2019.
- [3] B. Klein, "Machine learning with python tutorial," no. 1, pp. 322–323, 2021.
- [4] R. Saini and R. Behl, "An introduction to aws—ec2 (elastic compute cloud)," 01 2020, pp. 99–102.
- [5] M. N. Sadiku, S. M. Musa, and O. D. Momoh, "Cloud computing: Opportunities and challenges," *IEEE Potentials*, vol. 33, no. 1, pp. 34–36, 2014.
- [6] P. Eben and D. Hendry, Christine, "Yolov8 analysis for vehicle classification under various image conditions," *Scientific Journal of Informatics*, vol. 11, no. 1, 2024.
- [7] T. Juan and C.-E. Diana, "A comprehensive review of yolo architectures in computer vision: From yolov1 to yolov8 and yolo-nas," *UNDER REVIEW IN ACM COMPUTING SURVEYS*, 2023.
- [8] K. Om, G. Shubham, R. Aditya, and M. Sunil, "Yolov8-based visual detection of road hazards: Potholes, sewer covers, and manholes," *Paper*, 2023.
- [9] D. Reis, J. Kupec, J. Hong, and A. Daoudi, "Real-time flying object detection with yolov8," 2024.
- [10] L. K. Kelvin and S. Zakarias, "Analisis perbandingan algoritma c4.5 dan naïve bayes dalam memprediksi penyakit cerebrovascular," *JURNAL INFORMATIKA*, vol. 9, no. 1, 2022.
- [11] F. F. Habib and F. H. Ahmad, "Identifikasi cyberbullying pada media sosial twitter menggunakan metode lstm dan bilstm," *JOURNAL UII*, vol. 2, no. 1, 2021.