

PENGEMBANGAN SISTEM APLIKASI DETEKSI KELENGKAPAN PENAMBAT PADA JALAN REL BERBASIS *YOU ONLY LOOK ONCE* VERSI 8

Daud Daffa Harkansas
Teknologi Elektro Perkeretaapian
Politeknik Perkeretaapian
Indonesia
Jln. Tirta Raya, Pojok, Sambirejo,
Kec. Jiwan, Kota Madiun,
Jawa Timur
daud.tep1930@taruna.ppi.ac.id

Sunaryo¹
Teknologi Elektro Perkeretaapian
Politeknik Perkeretaapian
Indonesia
Jln. Tirta Raya, Pojok, Sambirejo,
Kec. Jiwan, Kota Madiun,
Jawa Timur
sunaryo@ppi.ac.id

Agustinus Prasetyo E. W.
Teknologi Elektro Perkeretaapian
Politeknik Perkeretaapian
Indonesia
Jln. Tirta Raya, Pojok, Sambirejo,
Kec. Jiwan, Kota Madiun,
Jawa Timur
agustinus@ppi.ac.id

Abstract

The dynamic movement of the train wheels creates a large lateral force against the rail position. In addition, the theft of fasteners by irresponsible people can also affect the position of the rails. The "Rail Fasteners Detector" application based on the 8th version of You Only Look Once (YOLO) can detect completeness and distinguish the type of fasteners and then record them on the data logger. The detection test results based on the image produce the highest average accuracy value for the E Clip fastener, which is 92.47%, with the lowest error value (RMSE) of 0.77. Based on the video source, the test results yielded the highest accuracy value for the Ka Clip fastener, 91.76%, with the lowest error value (RMSE) of 0.1. Based on webcam sources, the test results yield the highest accuracy when the camera installation angle is 170° at a lorry speed of 15 km/hour with an accuracy value of 76.37%. The lowest error value (RMSE), namely the camera installation angle of 170° at a lorry speed of 25 km/hour, has the lowest RMSE value of 1.96.

Keywords: accuracy, detection, inspection, RMSE, You Only Look Once (YOLO)

Abstrak

Gerakan dinamis roda kereta menimbulkan gaya lateral yang besar terhadap kedudukan rel. Selain itu aktivitas pencurian penambat oleh orang yang tidak bertanggung jawab juga dapat mempengaruhi kedudukan rel. Aplikasi "Rail Fasteners Detector" yang berbasis *You Only Look Once* versi ke-8 dapat mendeteksi kelengkapan dan membedakan jenis penambat kemudian direkam pada *data logger*. Hasil pengujian deteksi berdasarkan gambar menghasilkan nilai akurasi rata-rata tertinggi pada penambat E Clip yaitu 92,47% dengan nilai *error* (RMSE) juga paling rendah sebesar 0,77. Berdasarkan sumber video, hasil pengujian menghasilkan nilai akurasi tertinggi pada penambat Ka Clip yaitu sebesar 91,76% dengan nilai *error* (RMSE) juga paling rendah sebesar 0,1. Berdasarkan sumber *webcam*, hasil pengujian menghasilkan nilai akurasi tertinggi saat sudut pemasangan kamera sebesar 170° dengan kecepatan lori 15 km/jam dengan nilai akurasi 76,37%. Sementara nilai *error* (RMSE) paling rendah yaitu sudut pemasangan kamera sebesar 170° dengan kecepatan lori 25 km/jam memiliki nilai RMSE paling rendah sebesar 1,96.

Kata Kunci: akurasi, deteksi, inspeksi, RMSE, *You Only Look Once* (YOLO)

PENDAHULUAN

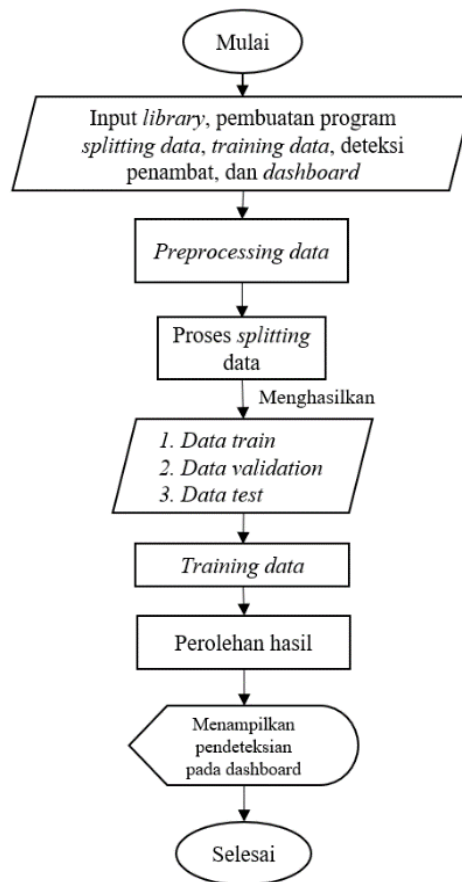
Penambat Rel adalah suatu komponen yang berfungsi menambatkan rel pada bantalan agar kedudukan rel menjadi kokoh dan tetap. Gerakan dinamis dari roda kereta dapat menimbulkan gaya lateral yang besar terhadap kedudukan rel. Oleh karena itu, kekuatan penambat yang handal sangat dibutuhkan untuk menekan gaya lateral secara signifikan

¹ Corresponding author : sunaryo@ppi.ac.id

(Rosyidi, Sri Atmaja P., 2020). Tercabutnya penambat justru disebabkan oleh aktivitas pencurian oleh orang yang tidak bertanggung jawab. Petugas pemeriksa jalur (PPJ) sering menemukan masalah tersebut. Padahal kekuatan jalur rel tergantung pada kondisi ada atau tidaknya penambat agar perjalanan kereta api dapat berjalan dengan aman. Contoh terjadi Peristiwa Luar Biasa Hebat (PLH) yang tidak sesuai dengan standar pada PM Nomor 60 Tahun 2012 (Menteri Perhubungan, 2012) yaitu tanggal 1 Oktober 2020 telah terjadi kecelakaan kereta api Serayu dengan pemberhentian terakhir Pasar Senen mengalami anjlok pada lintas antara Stasiun Manojaya dan Stasiun Ciamis (KM.285+001) pada pukul 17.25 WIB (Sinaga, 2020). Kecelakaan ini terjadi karena hilangnya penambat pada jalur rel sehingga menyebabkan perenggangan pada kedua sisi jalur rel dan mengakibatkan kerusakan jalur rel sepanjang 200 meter tidak berada pada posisi yang semestinya atau terlepas. Perawatan pada jalur rel masih mengandalkan tenaga perawat manual. Hal itu dinilai kurang optimal karena membutuhkan waktu yang cukup lama dan *monitoring* yang kurang maksimal. Pada era saat ini, diperlukan pengembangan peralatan perawatan jalur rel yang mutakhir untuk mendapatkan hasil perawatan yang maksimal. Optimalisasi pada peralatan sudah dikembangkan oleh penulis sebelumnya dengan judul “Sistem Pendeteksi Kelengkapan Dan Jenis - Jenis Penambat Pada Jalan Rel Berbasis *You Only Look Once* Versi 4”. Hasil penelitian sebelumnya dapat mendeteksi dengan efektif pada kecepatan laju lori 5 km/jam dengan persentase akurasi sebesar 93,33% (Frammudya, 2022). Metode YOLO mengidentifikasi objek dengan akurasi tinggi dengan cara *tracking* penambat dan akan muncul pada *bounding box* terhadap objek secara *realtime*. YOLOv8 memiliki akurasi yang lebih kuat pada hasil perhitungan COCO (*Common Objects in Context*). Contohnya, model YOLOv8m (seri medium dari YOLOv8) mencapai skor 50,2% mAP saat diukur oleh COCO. Ketika dievaluasi terhadap *Roboflow* 100 (kumpulan data yang secara khusus mengevaluasi kinerja model), skor YOLOv8 jauh lebih baik daripada YOLOv5 (Solawetz, 2023). Oleh karena itu, penulis akan melakukan penelitian yang berjudul “Pengembangan Sistem Aplikasi Deteksi Kelengkapan Penambat Pada Jalan Rel Berbasis *You Only Look Once* Versi 8”.

METODE PENELITIAN

Diagram alir penelitian merupakan proses dalam melaksanakan penelitian. Untuk dapat dipahami dengan mudah akan disajikan dalam bentuk diagram alir sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Pengolahan Citra YOLO Pada Aplikasi Deteksi Penambat Jalan Rel

Pengumpulan Data-data Penambat

Data set penambat diambil dari lapangan antara lain penambat D *clip*, penambat E *clip*, penambat Ka *clips*, penambat *Tirepon* yang masing-masing diambil dalam berbagai kondisi.

Preprocessing Data

Tahap *Preprocessing data* berguna untuk mengurangi kesalahan (*failure*) berupa *noise*, *redundancy*, dan data yang tidak relevan dari data mentah yang ditangkap oleh kamera *webcam* sehingga proses ekstraksi akan menjadi sulit (Kotsiantis & Kanellopoulos, 2006). Pada tahap ini, data melalui proses pelabelan dan klasifikasi menjadi 8 kelas yaitu penambat D *clip* lengkap, penambat D *clip* hilang, penambat E *clip* lengkap, penambat E *clip* hilang, penambat Ka *clip* lengkap, penambat Ka *clip* hilang, penambat *Tirepon* lengkap, dan penambat *Tirepon* hilang.

Splitting Data

Splitting data untuk memisah data menjadi tiga, yaitu *data train*, *data validation*, dan *data test*.

Training Data

Training data untuk melatih sistem agar dapat mengenali model dengan cara menemukan karakter-karakter serta korelasinya.

Metode Pengujian Akurasi

Pengujian ini bertujuan untuk menguji keakuratan dan kemampuan *data logger* dalam merekam hasil pendeteksian oleh sistem. Pengujian dilakukan pada sumber gambar (saat kondisi cerah, redup, dan basah), sumber video (saat kondisi cerah pada masing-masing tipe penambat D *clip*, E *clip*, Ka *clip*, dan *Tirepon*), dan sumber *webcam* (saat kondisi cerah masing-masing dengan sudut pemasangan kamera 120°, 145°, dan 170° dengan masing-masing kecepatan lori 15 km/jam dan 25 km/jam). Penghitungan nilai akurasi ditentukan menggunakan metode *Confungsiion Matrix*. Berikut tabel *Confungsiion Matrix*.

Tabel 1. *Confungsiion Matrix*

Kondisi Aktual	Hasil Deteksi	
	(+)	(-)
(+)	<i>True Positive (TP)</i>	<i>False Positive (FP)</i>
(-)	<i>False Negative (FN)</i>	<i>True Negative (TN)</i>

Tuple positif pada *true positive (TP)* merupakan jumlah pendeteksian positif yang sesuai dengan kenyataannya (+). *Tuple* negatif pada *true negative (TN)* merupakan jumlah pendeteksian negatif yang sesuai dengan kenyataannya (-). Berikut rumus perhitungan nilai akurasi.

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{Total\ Data} \times 100\% \quad (1)$$

Root Mean Square Error (RMSE)

Root Mean Square Error adalah metode pengukuran perbedaan nilai yang diprediksi atau yang dideteksi oleh model sebagai estimasi atas nilai aslinya. Keakuratan rentang kesalahan pengukuran dilihat dari kecilnya nilai RMSE (Fadilah dan Putra, 2022). Berikut rumus menghitung RMSE.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (At-Ft)^2}{n}} \quad (2)$$

Keterangan :

At = nilai data aktual/riil/aslinya

Ft = nilai hasil prediksi atau hasil deteksi

n = banyaknya data

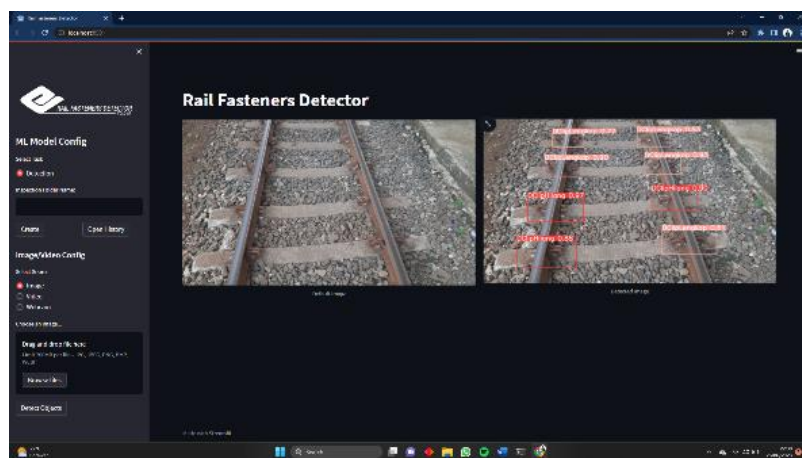
Σ = penjumlahan keseluruhan nilai

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dilakukan pengujian tingkat keakuratan dari sistem aplikasi pendeteksi kelengkapan penambat dengan metode YOLO versi 8 dengan berbagai parameter. Hasil dari perancangan *dashboard* dan pengujian aplikasi berdasarkan sumber gambar, video, dan *webcam* sebagai berikut:

Hasil Perancangan *Dashboard* Aplikasi Pendeteksi Penambat

Dashboard aplikasi pendeteksi penambat memiliki tiga fitur yaitu mendeteksi dengan sumber gambar, video, dan secara *realtime* menggunakan *webcam*. Hasil pendeteksian disimpan pada *logger* dan dapat ditampilkan kapanpun.



Gambar 2. Cuplikan Hasil Perancangan *Dashboard*

Pengujian Pendeteksian Penambat Dengan Sumber Gambar



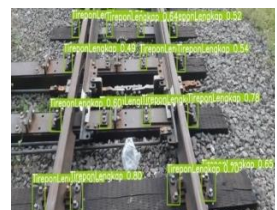
Gambar 3. Contoh Pengujian D Clip



Gambar 4. Contoh Pengujian E Clip



Gambar 5. Contoh Pengujian Ka Clip



Gambar 6. Contoh Pengujian Tirepon

1. Pengujian Kondisi Cerah

Dari 10 kali pengujian kelengkapan penambat pada penambat saat kondisi cerah, maka diperoleh data-data kelengkapan penambat sebagai berikut:

Tabel 2. *Confungsiion Matrix* Penambat D Clip Cerah

Aktual	Hasil Prediksi			Jumlah Data
	D <i>Clip</i> Ada	D <i>Clip</i> Hilang	Tidak Terdeteksi	
Ada	79	-	2	81
Hilang	-	5	-	5
Akurasi	97,67%			86

Hasil perhitungan nilai RMSE

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (At - Ft)^2}{n}} = \sqrt{\frac{2}{10}} = 0,44 \quad (3)$$

Tabel 3. *Confungsiion Matrix* Penambat E Clip Cerah

Aktual	Hasil Prediksi			Jumlah Data
	E <i>Clip</i> Ada	E <i>Clip</i> Hilang	Tidak Terdeteksi	
Ada	83	-	2	85
Hilang	-	3	-	3
Akurasi	97,72%			88

Hasil perhitungan nilai RMSE = 0,44.

Tabel 4. *Confungsiion Matrix* Penambat Ka Clip Cerah

Aktual	Hasil Prediksi			Jumlah Data
	Ka <i>Clip</i> Ada	Ka <i>Clip</i> Hilang	Tidak Terdeteksi	
Ada	72	-	2	74
Hilang	-	-	-	0
Akurasi	97,29 %			74

Hasil perhitungan nilai RMSE = 0,44.

Tabel 5. *Confungsiion Matrix* Penambat Tirepon Cerah

Aktual	Hasil Prediksi			Jumlah Data
	Tirepon Ada	Tirepon Hilang	Tidak Terdeteksi	
Ada	293	-	54	346
Hilang	-	-	-	-
Akurasi	84,68%			346

Hasil perhitungan nilai RMSE = 8,13.

2. Pengujian Kondisi Redup

Dari 10 kali pengujian kelengkapan penambat pada penambat saat kondisi redup, maka diperoleh data-data kelengkapan penambat sebagai berikut :

- A. Penambat D *Clip* memiliki nilai akurasi sebesar 78,31 %, dan nilai RMSE = 1,89.
- B. Penambat E *Clip* memiliki nilai akurasi sebesar 82,69%, dan nilai RMSE = 1,58.

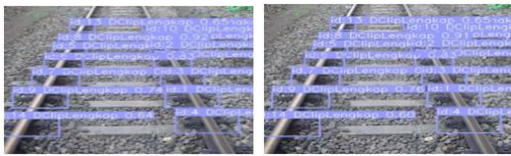
- C. Penambat Ka *Clip* memiliki nilai akurasi sebesar 68,35%, dan nilai RMSE = 2,52.
- D. Penambat *Tirepon* memiliki nilai akurasi sebesar 71,12%, dan nilai RMSE = 12,58.

3. Pengujian Kondisi Basah

Dari 10 kali pengujian kelengkapan penambat pada penambat saat kondisi basah, maka diperoleh data-data kelengkapan penambat sebagai berikut :

- A. Penambat D *Clip* memiliki nilai akurasi sebesar 84,61 %, dan nilai RMSE = 1,22.
- B. Penambat E *Clip* memiliki nilai akurasi sebesar 97,02 %, dan nilai RMSE = 0,31.
- C. Penambat Ka *Clip* memiliki nilai akurasi sebesar 46,29 %, dan nilai RMSE = 1,58.
- D. Penambat *Tirepon* memiliki nilai akurasi sebesar 74,77 %, dan nilai RMSE = 12,23.

Pengujian Pendeteksian Penambat Dengan Sumber Video



Gambar 7. Contoh Pendeteksian Video D *Clip* Gambar 8. Contoh Pendeteksian Video E *Clip*



Gambar 9. Contoh Pendeteksian Video Ka *Clip*

Gambar 10. Contoh Pendeteksian Video *Tirepon*

1. Pengujian Video Penambat D *Clip*

Pengujian dilakukan menggunakan video yang berjudul “D CLIPS VIDEO.mp4” yang diambil pada kondisi cerah dengan durasi video 1 menit, FPS 30 *frames/second*. Jumlah penambat yang terdeteksi yaitu 221 penambat dari 262 penambat. Nilai akurasi pendeteksian sebesar 84,35%, dengan nilai RMSE = 2,51.

2. Pengujian Video Penambat E *Clip*

Pengujian dilakukan menggunakan video yang berjudul “E CLIPS VIDEO.mp4” yang diambil pada kondisi cerah dengan durasi video 50 detik, FPS 30 *frames/second*. Jumlah penambat yang terdeteksi yaitu 189 penambat dari 256 penambat. Nilai akurasi pendeteksian sebesar 73,82%, dengan nilai RMSE = 2,17.

3. Pengujian Video Penambat Ka *Clip*

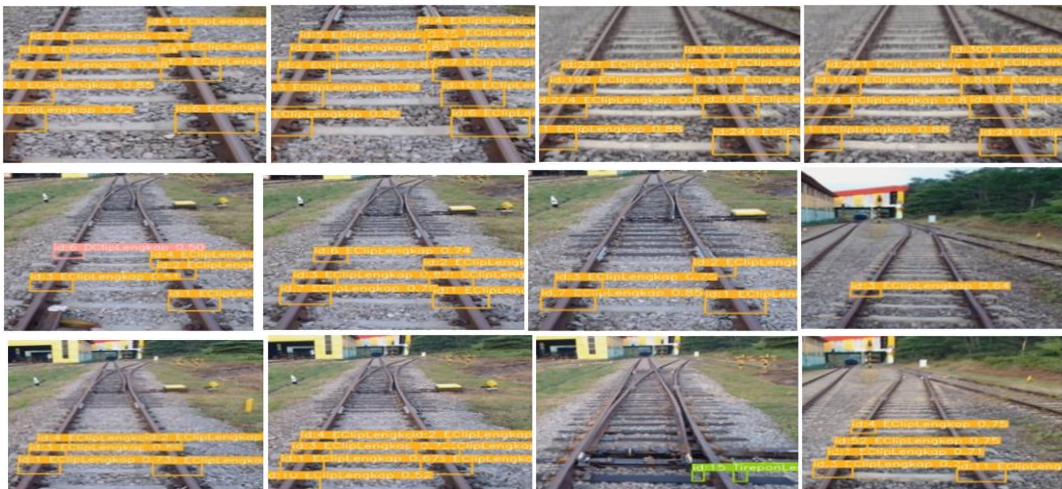
Pengujian dilakukan menggunakan video yang berjudul “Ka CLIPS VIDEO.mp4” yang diambil pada kondisi cerah dengan durasi video 22 detik, FPS 30 *frames/second*. Jumlah

penambat yang terdeteksi yaitu 156 penambat dari 170 penambat. Nilai akurasi pendeteksian sebesar 91,76%, dengan nilai RMSE = 1,0.

4. Pengujian Video Penambat *Tirepon*

Pengujian dilakukan menggunakan video yang berjudul “TIREPON VIDEO.mp4” yang diambil pada kondisi cerah dengan durasi video 47 detik, FPS 30 *frames/second*. Jumlah penambat yang terdeteksi yaitu 228 penambat dari 843 penambat. Nilai akurasi pendeteksian sebesar 27,04%, dengan nilai RMSE = 6,88.

Pengujian Pendeteksian Penambat Dengan Sumber *Webcam*



Gambar 11. Contoh Pendeteksian Menggunakan *Webcam* Saat Lori Berjalan

1. Pengujian kamera dengan sudut 120° dan kecepatan lori 15 km/jam

Dari hasil pengujian menggunakan parameter sudut kamera 120° dengan kecepatan laju lori 15 Km/jam, jarak tempuh 400 m, dan waktu tempuh 2 menit 06 detik, diperoleh hasil yang tercatat dalam *data logger* pada file 202023-06-19--17-19.csv sebagai berikut : Jumlah penambat yang terdeteksi yaitu 279 penambat dari 397 penambat. Nilai akurasi pendeteksian sebesar 70,27%, dengan nilai RMSE = 4,23.

2. Pengujian kamera dengan sudut 120° dan kecepatan lori 25 km/jam

Dari hasil pengujian menggunakan parameter sudut kamera 120° dengan kecepatan laju lori 25 Km/jam, jarak tempuh 400 m, dan waktu tempuh 1 menit 35 detik, diperoleh hasil yang tercatat dalam *data logger* pada file 2023-06-18--15-39.csv sebagai berikut : Jumlah penambat yang terdeteksi yaitu 48 penambat dari 142 penambat. Nilai akurasi pendeteksian sebesar 33,80%, dengan nilai RMSE = 2,59.

3. Pengujian kamera dengan sudut 145° dan kecepatan lori 15 Km/jam

Dari hasil pengujian menggunakan parameter sudut kamera 145° dengan kecepatan laju lori 15 Km/jam, jarak tempuh 400 m, dan waktu tempuh 2 menit 15 detik, diperoleh hasil yang tercatat dalam *data logger* pada file 2023-06-18--15-27.csv sebagai berikut : Jumlah

penambat yang terdeteksi yaitu 214 penambat dari 330 penambat. Nilai akurasi pendeteksian sebesar 64,84%, dengan nilai RMSE = 5,42.

4. Pengujian kamera dengan sudut 145° dan kecepatan 25 Km/jam

Dari hasil pengujian menggunakan parameter sudut kamera 145° dengan kecepatan laju lori 25 Km/jam, jarak tempuh 400 m, dan waktu tempuh 1 menit 42 detik, diperoleh hasil yang tercatat dalam *data logger* pada file 2023-06-22--17-00.csv sebagai berikut : Jumlah penambat yang terdeteksi yaitu 70 penambat dari 154 penambat. Nilai akurasi pendeteksian sebesar 45,45%, dengan nilai RMSE = 5,24.

5. Pengujian kamera dengan sudut 170° dan kecepatan 15 Km/jam

Dari hasil pengujian menggunakan parameter sudut kamera 170° dengan kecepatan laju lori 15 Km/jam, jarak tempuh 400 m, dan waktu tempuh 2 menit 12 detik, diperoleh hasil yang tercatat dalam *data logger* pada file 2023-06-19--16-36.csv sebagai berikut : Jumlah penambat yang terdeteksi yaitu 194 penambat dari 254 penambat. Nilai akurasi pendeteksian sebesar 76,37%, dengan nilai RMSE = 2,12.

6. Pengujian kamera dengan sudut 170° dan kecepatan 25 Km/jam

Dari hasil pengujian menggunakan parameter sudut kamera 170° dengan kecepatan laju lori 25 Km/jam, jarak tempuh 400 m, dan waktu tempuh 1 menit 39 detik, diperoleh hasil yang tercatat dalam *data logger* pada file 2023-06-19--16-43.csv sebagai berikut : Jumlah penambat yang terdeteksi yaitu 92 penambat dari 130 penambat. Nilai akurasi pendeteksian sebesar 70,76%, dengan nilai RMSE = 1,96.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan pengukuran yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Perancangan *dashboard* aplikasi pendeteksi kelengkapan penambat pada jalan rel telah berhasil dibuat dan diberi nama "*Rail Fasteners Detector*". Dengan memiliki tiga fitur pendeteksian yaitu gambar, video, maupun secara *real time* menggunakan kamera *webcam*. Hasil pendeteksi dapat direkam dengan baik pada *data logger* dan dapat ditampilkan kembali kapanpun.
2. Hasil pendeteksian kelengkapan penambat pada jalan rel menggunakan aplikasi yang berbasis YOLO v8 dan bersumber dari video memiliki hasil paling baik pada saat pendeteksian penambat E Clip pada kondisi cerah.
3. Dari hasil pengujian dengan menambahkan kecepatan lori untuk mendeteksi penambat dari sebelumnya efektif pada kecepatan 5 km/jam menjadi 25 km/jam dengan kecepatan yang direkomendasikan adalah 15 km/jam agar mendapatkan hasil pendeteksian yang lebih baik. Dari hasil pengujian mendapatkan nilai akurasi deteksi yang dibagi menjadi tiga item. Yaitu pengujian yang pertama dilakukan adalah dengan mendeteksi penambat dengan menggunakan sumber gambar, yang mendapatkan nilai akurasi rata-rata tertinggi pada penambat jenis E *Clip* adalah 92,47%, pada saat kondisi cerah nilai akurasi akan lebih akurat dengan hasil 97,72%. Hasil pengujian kedua yang dilakukan adalah mendeteksi penambat dengan menggunakan sumber video, yang mendapatkan hasil nilai akurasi tertinggi pada penambat jenis Ka *Clip* yaitu sebesar 91,76%. Selanjutnya hasil pengujian ketiga yang dilakukan adalah mendeteksi penambat dengan

menggunakan sumber *webcam* mendapatkan nilai akurasi tertinggi pada sudut pemasangan kamera sebesar 170° dengan kecepatan laju lori 15 km/jam dengan nilai akurasi 76,37%.

4. Hasil perhitungan nilai RMSE (*Root Mean Squared Error*) terhadap sistem deteksi dengan sumber gambar, video, dan *webcam* memiliki hasil berturut-turut, yaitu 0.77 (untuk hasil deteksi penambat E-Clip), 1.0 (untuk hasil deteksi penambat Ka-Clip), dan 1.96 (untuk hasil deteksi penambat pada sudut kamera 170° pada kecepatan laju lori 25 km/jam).

DAFTAR PUSTAKA

- Fadilah dan Putra, 2022. (2022). *Alat Penghitung Benih Udang Otomatis APEBOT: Alat Penghitung Benih Udang Otomatis*. 18524014(18524014), 51. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/39099>
- Frammudya, 2022. (2022). *Sistem Pendeteksi Kelengkapan dan Jenis-Jenis Penambat Pada Jalan Rel Berbasiskan "You Only Look Once Versi 4."* 11.
- Kotsiantis, & Kanellopoulos. (2006). Data preprocessing for supervised learning. *International Journal of ...*, 1(2), 1–7. <https://doi.org/10.1080/02331931003692557>
- Menteri Perhubungan, R. I. (2012). Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api. *PM. 60 Tahun 2012*, 1–57.
- Rosyidi, Sri Atmaja P., 2020. (2020). *Rekayasa Jalan Kereta Api Tinjauan Struktur Jalan Rel* (Cetakan I). Yogyakarta: Lembaga Penelitian, Publikasi dan Pengabdian Masyarakat Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (LP3M-UMY), 2015.
- Sinaga, T. M. (2020). *KA Serayu Anjlok Di Jalur Selatan Jabar*. <https://www.kompas.id/baca/nusantara/2020/10/01/ka-serayu-anjlok-di-jalur-selatan-jabar-69-penumpang-selamat>
- Solawetz, J. (2023). *Whats New In YOLOv8*. Roboflow.Com. <https://blog.roboflow.com/whats-new-in-yolov8/>