

Deteksi Penggunaan Helm Keselamatan Kerja Pada Area Kontruksi Menggunakan YOLOv12-N

^{1st} Arief kurniawan
¹Fakultas Informatika
¹Universitas Telkom
¹Bandung, Indonesia

ariefstudent@student.telkomuniversity.ac.id

^{2nd} Tjokorda Agung Budi
Wirayuda

²Fakultas Informatika
²Universitas Telkom
²Bandung, Indonesia

cokagung@telkomuniversity.ac.id

Keselamatan dan Kesehatan Kerja merupakan hal yang harus diperhatikan dalam sektor industri, terutama di bidang konstruksi yang tingkat risiko kecelakaannya termasuk tinggi. Berdasarkan data LSP KATIGA PASS, sekitar 29% kecelakaan kerja di Indonesia pada awal tahun 2025 terjadi di sektor konstruksi, dengan penyebab utama berupa penggunaan alat perlindungan diri yang tidak tepat serta kelalaian terhadap prosedur K3. Seiring dengan kemajuan teknologi computer vision dan deep learning, deteksi otomatis terhadap pelanggaran K3 kini dapat diimplementasikan untuk meningkatkan efektivitas pengawasan di lapangan.

Penelitian ini mengimplementasikan algoritma You Only Look Once versi terbaru, yaitu YOLOv12-N, yang dirilis pada Februari 2025. Model ini menawarkan peningkatan performa dari segi kecepatan dan akurasi dibandingkan versi sebelumnya seperti YOLOv8, berkat arsitektur yang lebih efisien dan terintegrasi dengan mekanisme area attention serta FlashAttention. Tujuan penelitian ini adalah untuk membangun sistem deteksi penggunaan helm keselamatan kerja melalui analisis citra digital. Sistem ini dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman Python pada Google Colaboratory (Google Colab).

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat tercipta sistem yang mampu mendeteksi pelanggaran penggunaan helm secara otomatis, sehingga dapat mendukung peningkatan budaya keselamatan kerja serta memperkuat pengawasan di area konstruksi.

Kata Kunci: Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), Deteksi Helm, Computer Vision, Deep Learning, YOLOv12-N, Konstruksi.

I. PENDAHULUAN

Isi Keselamatan dan Kesehatan kerja adalah suatu pemikiran dan upaya untuk menjaminnya keutuhan dan kesempurnaan jasmani dan rohani. Didampingi keselamatan kerja para pekerja diharapkan bisa melakukan pekerjaan dengan nyaman dan aman [1], K3 adalah salah satu aspek yang penting yang harus sangat diperhatikan pada kegiatan industri, terutama pada sektor konstruksi. Menurut

LSPKATIGA PASS, Tingkat kecelakaan kerja terutama di Indonesia mengalami kenaikan yang cukup besar di awal tahun 2025, dan sektor konstruksi menjadi penyebab sebanyak 29% dari kecelakaan tersebut, masih tingginya angka kecelakaan kerja di Indonesia disebabkan oleh beberapa faktor utama, salah satu penyebabnya adalah penggunaan alat pelindung diri yang tidak tepat atau tidak lengkap serta kelalaian dalam mengikuti prosedur K3 oleh pekerja dan pengawas.

Kemajuan teknologi computer vision dan deep learning membuka peluang untuk menghadirkan solusi otomatis dalam mendukung implementasi K3 di lapangan. computer vision merupakan cabang ilmu yang mengkaji bagaimana komputer dapat mengenali dan menganalisis suatu objek yang ada pada citra [2]. Salah satu metode deteksi objek yang populer adalah algoritma YOLO, YOLO menggunakan single convolutional network pada cara mendeteksi objek pada citra digital. Citra ini akan dibagi menjadi beberapa grid dan memprediksi pada setiap bounding box serta probabilitas pada setiap grid.

Pada penelitian ini akan mengimplementasikan model YOLOv12-N, yang dirilis pada Februari tahun 2025 [3].

Dibandingkan dengan YOLOv8-N, YOLOv12-N menunjukkan inovasi baru dalam desain arsitektur YOLO dengan menghadirkan peningkatan pada kinerja baik dari aspek kecepatan maupun akurasi dalam mendeteksi objek [4].

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan sistem deteksi pelanggaran penggunaan helm keselamatan kerja berdasarkan klasifikasinya melalui analisis citra, untuk menandai objek yang terdeteksi pada suatu frame dalam citra, objek yang terdeteksi selanjutnya akan ditandai dengan urutan nomor identitasnya berdasarkan klasifikasi yang telah ditentukan. Klasifikasi objek yang di deteksi dalam penelitian ini berfokus pada pekerja dalam lokasi konstruksi menggunakan helm keselamatan dan pelanggaran tidak menggunakan helm keselamatan.

Model ini dikembangkan dengan menggunakan Bahasa pemrograman python pada Google Colaboratory (Google Colab), Diharapkan penelitian ini dapat membantu mendeteksi pelanggaran penggunaan helm keselamatan secara otomatis dan memperkuat pengawasan di area kerja.

II. KAJIAN TEORI

A. Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) adalah upaya yang dilakukan secara teratur untuk melindungi kesehatan, keselamatan, dan kesejahteraan para pekerja di tempat kerja. K3 mencakup berbagai langkah pencegahan untuk menghindari terjadinya kecelakaan kerja dan penyakit yang disebabkan oleh pekerjaan. Tujuan utamanya adalah menjaga keselamatan para pekerja serta menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat[5].

B. Helm Pengaman

Helm pengaman adalah alat yang digunakan untuk melindungi kepala pekerja dari terkena benturan atau benda jatuh di tempat kerja seperti proyek konstruksi. Penggunaan helm keselamatan termasuk dalam penerapan standar keselamatan kerja (K3) yang penting untuk mengurangi risiko kecelakaan dan meningkatkan keselamatan pekerja dilapangan [6].

Helm pengaman terbuat dari material keras seperti HDPE atau polycarbonate dengan sistem suspensi internal dan tali dagu dengan standar keselamatan seperti EN 397/SNI, dirancang untuk menyerap benturan, menahan penetrasi benda jatuh, serta memberikan perlindungan pada lingkungan kerja berisiko.



GAMBAR 1
HELM KESELAMATAN

C. Machine Learning

Machine learning adalah bagian dari kecerdasan buatan yang bergerak di bidang pengembangan sistem yang bisa belajar sendiri dan berperan dalam meningkatkan kinerja sistem dengan menganalisis data yang sudah ada sebelumnya. Oleh pendekatan ini, komputer data mampu mendeteksi pola dan menghasilkan prediksi tanpa perlu instruksi secara langsung dari user, maka proses pengambilan Keputusan dapat berlangsung secara otomatis berdasarkan data yang telah terekam[7].

D. Computer Vision

Computer vision merupakan bidang kecerdasan buatan yang bertujuan untuk membantu komputer dalam mengambil keputusan dengan cara mengonversi data visual menjadi sebuah informasi yang dapat dipahami[8]. Computer vision meniru kemampuan visual manusia dalam mendeteksi objek,

Deep learning bekerja dengan cara mengekstrak pola maupun ciri dari piksel citra yang dianalisis. Namun, karena citra dapat terdiri dari ribuan piksel, proses ini membutuhkan waktu yang cukup lama pada sistem komputasi. Oleh karena itu, arsitektur pada computer vision menetapkan standar ukuran citra, berarti citra tersebut perlu dipotong atau diperkecil supaya proses komputasi menjadi efisien.

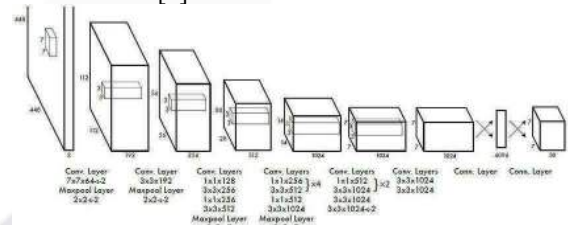
E. Convolutional Neural Network (CNN)

Jaringan saraf tiruan konvolusi (CNN) adalah pengembangan dari jaringan saraf tiruan lapisan ganda (MLP) yang dirancang untuk memproses data gambar dua dimensi [8]. Tujuan convolutional neural network adalah untuk membuat sinyal supaya tidak berubah terhadap perskalaan dan terjemahan yang bertindak sebagai pre-processing yang berasal dari data mentah. Metode CNN memiliki 3 tahap penting, yaitu preprocessing, training, testing[9].

F. You Only Look Once (YOLO)

You only look once atau YOLO adalah model pendekatan computer vision yang berguna untuk mendeteksi suatu objek. Deteksi pada YOLO menggunakan sistem pengklasifikasi yang dikonfigurasi ulang, terutama model yang di implementasikan pada suatu citra menggunakan pendekatan deteksi berbasis area.

Arsitektur YOLO pada gambar 2.1, mempunyai 27 lapisan CNN, convolutional layer yang berjumlah 24 yang berfungsi dalam mengekstraksi fitur dari citra dan pooling layer dengan ukuran kernel 2 x 2. Berikutnya diikuti 2 lapisan connected berfungsi untuk memprediksi probabilitas dan koordinat objek dan sebuah final decision layer dengan ukuran kernel 1 x 1 [9].



GAMBAR 2
ARSITEKTUR YOLO

Tujuan utama model YOLO adalah membangun sistem deteksi objek yang mampu mengenali dan mendeteksi objek secara realtime dan cepat tanpa mengurangi akurasi dalam mendeteksi sebuah objek, model YOLO memiliki tiga tahapan, yaitu [10]:

1. Membagi citra menjadi region/grid dengan ukuran $s \times s$ untuk mendeteksi sebuah objek.
2. Mengimplementasikan single convolutional network pada citra.
3. Menetapkan nilai threshold atau ambang batas pada hasil deteksi berdasarkan nilai confidence yang diperoleh dari model.

Pada penelitian akan menggunakan model YOLOv12-N dan YOLOv8-N sebagai baseline pembandingan.

YOLOv12 merupakan model deteksi objek terbaru dalam versi YOLO yang diperkenalkan di 18 Februari 2025 dengan menawarkan lima model yang dapat diskalakan dari nano ke ekstra large. Tujuan dari YOLOv12-N yaitu untuk

meningkatkan akurasi dalam mendeteksi objek dengan mengimplementasikan arsitektur FlashAttention yang bertujuan untuk meminimalkan overhead terhadap akses memori [11]. Selain dari pada itu, model ini juga memanfaatkan residual efficient layer aggregation network (R-ELAN) untuk mengatasi tantangan optimalisasi yang diakibatkan oleh mekanisme perhatian, dan Area Attention (A2) untuk meningkatkan kecepatan dan efisiensi. Model YOLOv12-N memiliki keterbatasan dengan bergantung pada FlashAttention untuk mengoptimalkan kecepatan pemrosesan. FlashAttention ini hanya dapat di dukung pada arsitektur GPU yang relative modern.

Dalam mengevaluasi kinerja model YOLO, penelitian ini menggunakan matrix evaluasi (confusion matrix) untuk menganalisis nilai yang aktual dan yang diprediksi dalam menilai kinerja model. Untuk menilai kemampuan model dalam mengenali gambar penggunaan helm keselamatan di area konstruksi, matriks seperti precision, recall, dan mAP dihitung berdasarkan hasil confusion matrix[12].

G. Python

Python adalah bahasa pemrograman yang dinamis dan dapat digunakan untuk membuat aplikasi diberbagai bidang seperti pengembangan aplikasi berbasis web, kecerdasan buatan, machine learning, dan juga otomasi sistem. Python dikembangkan oleh Guido Van Rossum yang diperkenalkan pada tahun 1991, menjadi salah satu bahasa pemrograman tingkat tinggi yang ideal

III. METODE

A. Objek Penelitian

Objek pada penelitian ini adalah model deteksi objek berbasis deep learning, yaitu YOLOv12-N, yang dapat digunakan untuk mendeteksi penggunaan helm keselamatan para pekerja di area konstruksi.

B. Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan berbagai data sebagai dasar pertimbangan untuk mendapatkan pemahaman lebih jelas terhadap suatu permasalahan.

Dalam penelitian ini penulis menggunakan data yang diperoleh dari roboflow Northeastern University - China yang berisi citra dari pekerja yang menggunakan helm dan tanpa helm di daerah konstruksi sejumlah 14748 gambar dengan 55120 label objek untuk data train (87%), 1413 gambar dengan 5252 label objek untuk data validasi (8%) dan data test sejumlah 706 gambar (4%).

C. Diagram Alur Penelitian

Pada penelitian ini dibutuhkan sebuah flowchart yang bertujuan supaya pelaksanaan penelitian dapat dikerjakan secara sistematis. Tahap pertama dari proses perancangan adalah melatih dataset hingga menghasilkan file model YOLO yang selanjutnya akan digunakan untuk mendeteksi objek pada sistem yang dibangun. Berikut merupakan tahapan rancangan sistem menggunakan model YOLO.



GAMBAR 3
ALUR PENELITIAN

D. Strategi Deteksi Penggunaan Helm Keselamatan

Pada penelitian ini akan digunakan dua kelas objek, yaitu head dan helmet. Strategi pendeteksian penggunaan helm keselamatan ditentukan berdasarkan hasil dari deteksi objek tersebut bukan ketika training model. Apabila model mendeteksi keberadaan objek dengan class head. Maka kondisi tersebut diklasifikasikan sebagai pelanggaran tidak menggunakan helm keselamatan.

E. Konfigurasi Pelatihan Model Deteksi Objek

Proses Pelatihan model pada penelitian ini akan menggunakan framework Ultralytics YOLO dengan memanfaatkan model YOLOv12-N. Parameter yang digunakan untuk proses training meliputi jumlah epoch sebanyak 40, ukuran citra 640 x 640 piksel, dan batch size sebesar 8.

```

from ultralytics import YOLO

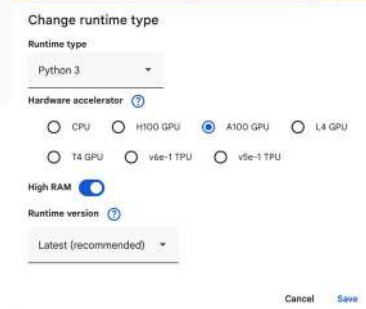
model = YOLO("yolo12n.pt")

results = model.train(
    data="/content/drive/MyDrive/ML/yolov12/dataset/data.yaml",
    epochs=50,
    imgsz=640,
    batch=8,
    project="/content/drive/MyDrive/ML/yolov12", # folder tujuan
    name="train_results", # nama folder hasil training
)
  
```

GAMBAR 4
KONFIGURASI PELATIHAN MODEL DETEKSI OBJEK

F. Environment Pengujian dan Spesifikasi Perangkat Keras

Proses pelatihan dan pengujian model dilakukan menggunakan platform Google Colaboratory dengan runtime Python 3. Akselerasi komputasi menggunakan GPU NVIDIA A100 dan konfigurasi High RAM yang mendukung pemrosesan dataset berskala besar. Konfigurasi ini dipilih bertujuan untuk mempercepat proses pelatihan model dan memastikan stabilitas selama proses training dilakukan.



GAMBAR 5
ENVIRONMENT PENGUJIAN DAN SPESIFIKASI PERANGKAT KERAS

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Dataset

Dataset berasal dari roboflow yang diunggah oleh Northeastern University – China, dataset mentah terdiri dari 4916 data train (70%), 1413 data validation (20%) dan 706 data test (10%).

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah dataset yang telah melalui proses augmentasi data (augmented3x), di mana data 3 kali lebih banyak dari data mentah.

Proses augmentasi meliputi flip horizontal, crop dengan zoom minimum 0% dan maksimum 20%, serta rotasi gambar pada rentang -10 derajat sampai +10 derajat, augmentasi warna diterapkan pada grayscale pada 10% data, hue pada rentang -20 derajat hingga +20 derajat, saturation pada -25% hingga +25%, serta brightness dan exposure pada -20% hingga +20%, selain itu diterapkan pula blur hingga 1 piksel dan teknik cutout sebanyak 6 area dengan ukuran masing-masing 3%.

B. Hasil Percobaan Menggunakan Model YOLOv12-N dan Perbandingan Dengan Model YOLOv8-N

Percobaan ini dilakukan dengan 2 model yaitu YOLOv12-N dan YOLOv8-N yang digunakan sebagai baseline pembandingan, supaya performa model dapat dievaluasi secara objektif pada dataset deteksi penggunaan helm keselamatan. Model diuji dengan menggunakan dataset yang terdiri dari 14748 gambar dengan 55120 label objek untuk data train, dan 1413 gambar dengan 5252 label objek untuk data validation, yang didapat secara langsung dari Roboflow. Berikut merupakan gambar pengujian metrik evaluasi model.

```
precision = 0.9419780022941989,
recall    = 0.9349703130466283,
mAP50    = 0.967191961498054,
mAP50-95 = 0.6764926521887195,
fitness   = 0.6764926521887195
```

GAMBAR 6
EVALUATION METRICS / PERFORMANCE YOLOv12-N

```
precision = 0.9402350781173708
recall    = 0.9344088748942836
mAP50    = 0.9675848416473836
mAP50-95 = 0.6650960557370966
fitness   = 0.6650960557370966
```

GAMBAR 7
EVALUATION METRICS / PERFORMANCE YOLOv8-N

Visualisasi hasil deteksi data pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2. Visualisasi tersebut dituangkan dalam tabel untuk menyajikan perbandingan metrik evaluasi model YOLOv12-N dan YOLOv8-N.

TABEL 1
TABEL HASIL PENGUJIAN MODEL YOLOv8-N & YOLOv12-N

Model	Metriks Evaluasi
-------	------------------

	mAP @ IoU 0.5	mAP@I oU 0.5:0.95	Precisi on	Recal l	F1- Score
YOLOv8 -N	0.967 5	0.6650	0.9402	0.934 4	0.937 3
YOLOv1 2-N	0.967 1	0.6764	0.9419	0.934 9	0.938 4

Berikut merupakan hasil pengujian pada tabel metrics evaluasi model, yaitu:

1. mAP@ IoU 0.5 (Mean Average Precision @ IoU 0.5) berguna untuk mengukur keakuratan model saat mendeteksi objek dengan toleransi tumpang tindih (overlap) minimal 50% antara bounding box, prediksi dan ground truth. Nilai lebih tinggi menunjukkan bahwa model dapat menandai lokasi objek dengan cukup baik. Dari tabel pengujian mencatat rata-rata presisi model saat $\text{IoU} \geq 0.5$ YOLOv12-N mencapai 0.9671 dan YOLOv8-N mencapai 0.9675 Hasil ini menunjukkan bahwa model YOLOv8-N lebih akurat dalam mendeteksi objek penggunaan helm keselamatan kerja.
2. mAP@ IoU 0.5:0.95 merupakan metrik yang lebih ketat, merefleksikan performa dalam deteksi objek dengan lebih presisi dengan rata-rata akurasi dari model pada 10 tingkat kesulitan (nilai IoU dari 0.5 dan 0.95 dengan interval 0.05). pada tabel pengujian ditunjukkan bahwa YOLOv12-N lebih baik di tingkat ketelitian dengan mAP@ IoU 0.5:0.95 mencapai 0.6764.
3. Precision (presisi) berfungsi untuk mengukur seberapa banyak dari semua deteksi model yang benar. Semakin tinggi nilainya maka menghasilkan model yang jarang salah dalam mendeteksi objek yang tidak ada. Dari tabel pengujian menunjukkan YOLOv12-N memiliki presisi lebih tinggi yaitu 0.9419 dibanding YOLOv8-N yaitu 0.9402.
4. Recall berfungsi untuk mengukur seberapa banyak objek yang sebenarnya berhasil terdeteksi oleh model. Nilai tinggi pada recall berarti hampir keseluruhan objek yang ada dapat ditemukan. Dari tabel pengujian menunjukkan YOLOv12-N lebih unggul yaitu 0.9349 dibanding YOLOv8-N dengan nilai 0.9344. Hal ini berarti, YOLOv12-N lebih baik dalam mendeteksi penggunaan helm keselamatan kerja.
5. F1-Score merupakan hubungan rata-rata presisi dan recall yang menunjukkan keseimbangan antara tidak banyak salah deteksi dan tidak melewatkan objek. Dari tabel pengujian menunjukkan bahwa secara keseluruhan kinerja model, YOLOv12-N lebih seimbang dan baik dengan nilai mencapai 0.9384 dibanding YOLOv8-N dengan nilai mencapai 0.9373.
6. Visualisasi hasil deteksi data pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2. Visualisasi tersebut dituangkan dalam tabel untuk menyajikan perbandingan metrik evaluasi model YOLOv12-N dan YOLOv8-N.

Model YOLOv12-N memiliki performa deteksi lebih baik secara keseluruhan dibanding model YOLOv8-N, terutama pada akurasi prediksi lokasi objek. Meskipun mAP@ IoU 0.5 model YOLOv12-N lebih rendah, kombinasi mAP dan

F1-Score yang lebih tinggi menunjukkan bahwa model YOLOv12-N lebih efektif dalam sistem deteksi objek

TABEL 2
ANALISIS HASIL PENELITIAN DATA 1

Analisis hasil penelitian	Data 1
Ground Truth	
Hasil Prediksi Model YOLOv12-N	
Nilai Confidence	Menggunakan helm 0.84 dan 0.85.
Keterangan	Pekerja kontruksi terdeteksi menggunakan helm keselamatan dengan nilai prediksi 0.84 dan 0.85.
Status Deteksi	Berhasil

TABEL 3
ANALISIS HASIL PENELITIAN DATA 2

Analisis hasil penelitian	Data 2
Ground Truth	

Hasil Prediksi Model YOLOv12-N	
Nilai Confidence	Helm 0.85, 0.88, 0.86, helmet 0.81 dan 0.79. Head 0.81, 0.81 dan 0.76.
Keterangan	Pekerja kontruksi terdeteksi menggunakan helm keselamatan dengan nilai prediksi 0.85, 0.88, 0.86, helmet 0.81 dan 0.79. dan juga tidak menggunakan helm dengan nilai prediksi 0.81, 0.81 dan 0.76.
Status Deteksi	Berhasil

TABEL 4
ANALISIS HASIL PENELITIAN DATA 3

Analisis hasil penelitian	Data 3
Ground Truth	
Hasil Prediksi Model YOLOv12-N	
Nilai Confidence	Menggunakan helm 0.81, 0.87, 0.71, 0.85, 0.86 dan 0.86. Head 0.84.

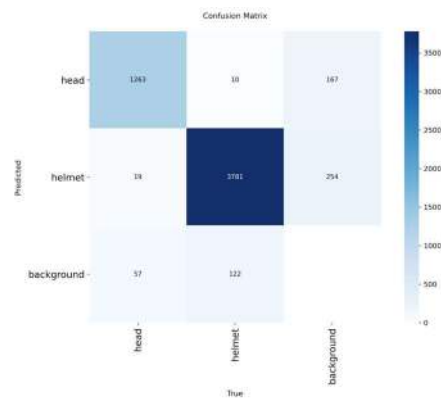
Keterangan	Terdeteksi menggunakan helm dengan nilai prediksi 0.81, 0.87, 0.71, 0.85, 0.86 dan 0.86. dan <i>head</i> 0.84
Status Deteksi	Berhasil

TABEL 5
ANALISIS HASIL PENELITIAN DATA 4

Analisis hasil penelitian	Data 4
Ground Truth	
Hasil Prediksi Model YOLOv12-N	
Nilai Confidence	Menggunakan helm 0.84, 0.63, 0.74, 0.85, 0.79.
Keterangan	Pekerja kontruksi terdeteksi menggunakan helm dengan nilai prediksi 0.84, 0.63, 0.74, 0.85, 0.79.
Status Deteksi	Berhasil

Hasil pengujian model YOLOv12-N terhadap perbandingan data ground truth menunjukkan bahwa model YOLOv12-N dapat memiliki tingkat kesesuaian yang baik dalam mendeteksi penggunaan helm keselamatan pada citra dengan kualitas visual yang bervariasi.

C. YOLOv12-N



GAMBAR 6
CONFUSION MATRIX MODEL YOLOv12-N

```
# F1-Score Helmet
precision = 0.932
recall = 0.966
f1 = calculate_f1_score(precision, recall)
print(f"F1-Score: {f1:.4f}")

F1-Score: 0.9487
```

GAMBAR 7
F1 SCORE CLASS HELMET YOLOV12-N

```
# F1-Score Head
precision = 0.877
recall = 0.943
f1 = calculate_f1_score(precision, recall)
print(f"F1-Score: {f1:.4f}")

F1-Score: 0.9088
```

GAMBAR 8
F1 SCORE CLASS HEAD YOLOV12-N

Berikut ini terlampir tabel *confusion matrix* model YOLOv12-N

TABEL 6
TABEL CONFUSION MATRIX MODEL YOLOv12-N

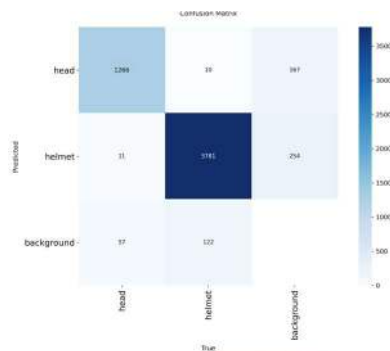
	Precision	Recall	F1-Score
Helmet	0.932	0.966	0.9487
Head	0.877	0.943	0.9088

Tabel diatas menunjukkan confusion metrix model YOLOv12-N untuk dua class terdeteksi, yaitu Head dan Helmet. Setiap metrik diukur untuk dapat membantu ketika mengevaluasi sebaik apa model dalam membedakan dua class tersebut. Pada tabel terdiri dari sebagai berikut:

1. Precision pada tabel menunjukkan dari semua citra deteksi yang dibaca oleh model YOLOv12-N untuk class "Helmet" (menggunakan helm keselamatan) mencapai 0.932. Dan dari semua citra deteksi untuk class "Head" (Tidak menggunakan helm keselamatan) mencapai 0.877.
2. Recall pada tabel diatas menunjukkan dari semua citra "Helmet" (menggunakan helm keselamatan) yang berhasil di deteksi model mencapai 0.966. Sedangkan untuk citra class "Head" yang berhasil dikenali mencapai 0.943.
3. F1-Score pada tabel menunjukkan performa dari model YOLOv12-N dalam mendeteksi class "Helmet" (Menggunakan helm keselamatan) mencapai 0.9487. Sedangkan class "Head" (Tidak menggunakan helm keselamatan) mencapai 0.9088 menunjukkan performa

yang cukup baik dan seimbang dalam mendeteksi penggunaan helm keselamatan kerja di area konstruksi.

D. YOLOv12-M



GAMBAR 9
CONFUSION MATRIX MODEL YOLOv12-M

```
# F1-Score YOLOv12m Helmet
precision = 0.9345
recall = 0.9662
f1 = calculate_f1_score(precision, recall)
print(f"F1-Score: {f1:.4f}")
```

F1-Score: 0.9501

GAMBAR 10
F1 SCORE CLASS HELMET YOLOV12-M

```
# F1-Score YOLOv12m Head
precision = 0.8773
recall = 0.9489
f1 = calculate_f1_score(precision, recall)
print(f"F1-Score: {f1:.4f}")
```

F1-Score: 0.9117

GAMBAR 11
F1 SCORE CLASS HELMET YOLOV12-M

Berikut ini terlampir tabel confusion matrix model YOLOv12-M

TABEL 7
TABEL CONFUSION MATRIX MODEL YOLOv12-M

	Precision	Recall	F1-Score
Helmet	0.9345	0.9662	0.9501
Head	0.8773	0.9489	0.9117

Berdasarkan hasil evaluasi model YOLOv12m Menunjukkan performa yang sedikit lebih baik dibandingkan YOLOv12n pada kedua kelas, yaitu helmet dan head. Namun demikian, perbedaan nilai F1-score yang diperoleh relatif kecil. Hal ini menunjukkan bahwa YOLOv12n telah mampu memberikan kinerja deteksi yang sangat baik dengan kompleksitas model yang lebih ringan. Oleh karena itu, YOLOv12n dipilih untuk model akhir karena lebih efisien dengan hasil yang tidak jauh berbeda dengan versi YOLOv12n pada studi kasus ini.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang deteksi penggunaan helm keselamatan di area konstruksi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian perbandingan model menunjukkan bahwa model YOLOv12-N memiliki performa deteksi yang sedikit lebih baik dan efektif YOLOv8-N sebagai baseline dengan nilai mAP@ IoU 0.5 mencapai 0.9671, mAP@ IoU 0.5;0.95 mencapai 0.6764, precision mencapai 0.9419, recall mencapai 0.9349, dan F1-Score mencapai 0.9384.

2. Berdasarkan hasil pengujian perbandingan model YOLOv12-N terhadap data ground truth menunjukkan bahwa model ini memiliki tingkat kesesuaian yang baik dalam mendeteksi penggunaan helm keselamatan pada citra dengan kualitas visual yang bervariasi.

3. Berdasarkan dari hasil evaluasi terhadap confusion matrik, model YOLOv12-N lebih efektif dalam mendeteksi objek "Helmet" (Menggunakan helm) dengan F1-Score tertinggi mencapai 0.9487, menunjukkan keseimbangan precision dan recall. Sebaliknya, deeksi "Head" (Tidak menggunakan helm) masih dibawahnya, terutama pada precision yang rendah. Dengan demikian, model perlu ditingkatkan untuk mendeteksi penggunaan helm keselamatan di area konstruksi sehingga dapat mendeteksi secara akurat.

B. Saran

Setelah proses pengerjaan penelitian ini, terdapat saran yang dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Penelitian berikutnya diharapkan dapat mencoba mengimplementasikan model YOLOv12-N dalam mendeteksi objek yang lain.

2. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan class yang lebih bervariasi sehingga dapat meningkatkan hasil penelitian.

3. Penelitian berikutnya dapat menambahkan dataset dengan lebih banyak variasi kualitas visual, jarakan dalam pengambilan gambar, kondisi di berbagai cuaca, jenis, bentuk dan warna helm keselamatan dalam menguji model YOLOv12-N supaya model dapat lebih adaptif.

4. Penelitian berikutnya dapat menggunakan perangkat yang memiliki performa tinggi dan didukung dengan oleh GPU yang mumpuni, bertujuan untuk membuat proses dalam melatih data dapat lebih cepat dan efisien

REFERENSI

- [1] M. T. Sofyan, "Hubungan Alat Pelindung Diri Terhadap Kecelakaan Kerja: Literature Review," Journal Scientific of Mandalika (JSM), vol. 4, no. 5, pp. 71–75, 2023.
- [2] F. Ramadhani and S. Dewi, "Identifikasi Kendaraan Bermotor pada Dashcam Mobil Menggunakan Algoritma YOLO. Jurnal Ilmu Komputer," Jurnal Ilmu Komputer, pp. 199–206, 2024.
- [3] R. Sapkota et al., "YOLOv12 to Its Genesis: A Decadal and Comprehensive Review of The You Only Look Once (YOLO) Series," 2025.
- [4] M. A. . R. Alif and M. Hussain, "YOLOv12: A Breakdown of the Key Architectural Features," 2025.
- [5] S. Aprilia, A. Wahyudi, W. T. Setyawan, E. Ashar, and H. Kurnia, "Peninjauan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Terhadap Aktifitas Kerja Karyawan Di Berbagai

Perusahaan Secara Kajian Sistematis,” *Jurnal Industri Xplore*, vol. 8, no. 2, 2023.

[6] Y. Li, J. Chen, and H. Zhang, “Automatic detection of safety helmet wearing on construction sites using deep learning,” *Journal of Occupational Safety and Health Engineering*, vol. 8, pp. 45–53, 2021.

[7] M. R. S. Alfarizi, M. Z. Al-farish, M. Taufiqurrahman, G. Ardiansah, and M. Elgar, “PENGUNAAN PYTHON SEBAGAI BAHASA PEMROGRAMAN UNTUK MACHINE LEARNING DAN DEEP LEARNING,” vol. 2, no. 1, 2023.

[8] F. T. Hidayat and A. K. Whardana, “Deteksi Pelanggaran Sepeda Motor Menggunakan Algoritma Yolo Dan Mean Average Precision,” *Jurnal Sistem Komputer Dan Kecerdasan Buatan*, vol. 8, no. 1, pp. 71–79, 2024.

[9] K. M. Azhar, I. Santoso, and Y. A. A. Soetrisno, “IMPLEMENTASI DEEP LEARNING MENGGUNAKAN

METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DAN ALGORITMA YOLO DALAM SISTEM PENDETEKSI UANG KERTAS RUPIAH BAGI PENYANDANG LOW VISION,” *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 10, no. 3, pp. 502–509, 2021, doi: <https://doi.org/10.14710/transient.v10i3.502-509>.

[10] J. Zophie and H. H. Triharminto, “Implementasi Algoritma You Only Look Once (YOLO) menggunakan Web Camera untuk Mendeteksi Objek Statis dan Dinamis,” vol. 1, no. 1, pp. 98–109, 2022.

[11] Y. Ye. Q. Tian and D. Doermann, “YOLOv12: Attention-Centric Real-Time Object Detectors,” 2025.

[12] S. Choiriyah and A. Supriyanto, “Perbandingan Deep Learning YOLOv5 dan YOLOv8 Untuk Deteksi Penyakit Daun Tanaman Tomat,” *Jurnal Ilmiah Teknologi Siswa Informasi (Jitsi)*, vol. 6, no. 1, pp. 56–65, 2025.