

**Perbandingan Modul Atensi *Coordinate Attention* (CA) dan
Convolutional Block Attention Module (CBAM) pada Arsitektur
YOLOv8n-OBB untuk Deteksi Retak Jembatan**

SKRIPSI

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S. Kom.)
Pada Program Studi Teknik Informatika



Disusun Oleh :

KRISNA DZAKYYA DARAJAT

NPM: 2113020229

FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER (FTIK)

UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI 2026

Skripsi Oleh :

Krisna Dzakyya Darajat
NPM : 2113020029

Judul :

**Perbandingan Modul Atensi *Coordinate Attention* (CA) dan
Convolutional Block Attention Module (CBAM) pada Arsitektur
YOLOv8n-OBB untuk Deteksi Retak Jembatan**

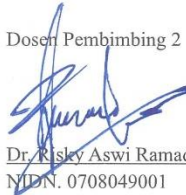
Telah Disetujui Untuk Diajukan Kepada Panitia Ujian/Sidang Skripsi
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Nusantara PGRI Kediri
Tanggal: 19 Juni 2026

Dosen Pembimbing 1



Dr. Resty Wulanningrum, M.Kom
NIDN. 0719068702

Dosen Pembimbing 2



Dr. Risky Aswi Ramadhani, M.Kom
NIDN. 0708049001

Krisna Dzakyya Darajat
NPM : 2113020029

Judul :

Perbandingan Modul Atensi *Coordinate Attention (CA)* dan *Convolutional Block Attention Module (CBAM)* pada Arsitektur YOLOv8n-OBB untuk Deteksi Retak Jembatan

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian/Sidang Skripsi
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Nusantara PGRI Kediri
Pada tanggal : 17 Juli 2026

Dan Dinyatakan telah Memenuhi Syarat

Panitia Penguji :

1. Ketua : Dr. Resty Wulanningrum, S.Kom, M.Kom.
2. Penguji I : Ardi Sanjaya, S.Kom, M.Kom.
3. Penguji II : Dr. Risky Aswi Ramadhani, S.Kom, M.Kom.







Mengetahui,
Dekan FTIK


Dr. Sulistiono, M.Si
NIDN. 0007076801

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini saya,

Nama : Krisna Dzakyya Darajat
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat/Tgl Lahir : Kediri, 2 Januari 2002
NPM : 2113020029
Fakultas/Prodi : Teknik dan Ilmu Komputer/ Teknik Informatika

Menyatakan dengan sebenarnya, bahwa dalam Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak dapat karya tulis atau pendapat yang pernah diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara sengaja dan tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Kediri, 19 Juni 2026
Yang Menyatakan



Krisna Dzakyya Darajat
NPM : 2113020029

HALAMAN PERSEMBAHAN

Penulisan skripsi ini dengan tulus saya dedikasikan kepada:

1. Kedua orang tua saya, yang dengan penuh kesabaran senantiasa mendoakan, memberikan dukungan terbaik, serta menjadi sumber motivasi tak henti-hentinya dalam perjalanan menyelesaikan skripsi ini.
2. Adik-adik saya, yang selalu memberikan semangat dan dukungan moral, sehingga saya dapat menyelesaikan proses ini dengan baik.
3. Seluruh dosen Universitas Nusantara PGRI Kediri, yang telah memberikan bimbingan, ilmu, dan pelajaran berharga, baik dalam ranah akademik maupun kehidupan sehari-hari.
4. Teman-teman seperjuangan di kampus, yang menjadi tempat berbagi suka dan duka, serta saling menyemangati selama menjalani masa perkuliahan hingga tahap akhir ini.
5. Almamater tercinta, Universitas Nusantara PGRI Kediri, yang telah menjadi tempat saya tumbuh, belajar, dan mengembangkan diri selama masa perkuliahan.
6. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, yang telah memberikan kontribusi dalam berbagai bentuk dukungan selama proses penyusunan skripsi ini.

Semoga dedikasi ini dapat menjadi penghormatan atas semua dukungan, doa, dan kebersamaan yang telah diberikan.

HALAMAN MOTTO

"Keutamaan ilmu lebih baik daripada keutamaan ibadah, karena ilmu adalah cahaya, sedangkan ibadah adalah jalan menuju cahaya." — **Imam Syafi'i**

"Jangan berhenti belajar, karena kehidupan tidak pernah berhenti mengajarkan."

— **Albert Einstein**

"Ilmu adalah harta yang tidak akan pernah habis, maka carilah ilmu sebanyak mungkin sebelum waktumu habis."

— **Ali bin Abi Thalib RA**

"Hidup itu bukan sekadar mencari kebahagiaan, tetapi menemukan tujuan dan memberi makna pada kehidupan." — **Albert Einstein**

RINGKASAN

Krisna Dzakyya Darajat. 2026. *Perbandingan Modul Atensi Coordinate Attention (CA) dan Convolutional Block Attention Module (CBAM) pada Arsitektur YOLOv8n-OBB untuk Deteksi Retak Jembatan*. Skripsi, Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Nusantara PGRI Kediri. Dosen Pembimbing: (1) Resty Wulanningrum, M. Kom., (2) Dr. Risky Aswi Ramadhani, M. Kom.

Kata Kunci: Deteksi Retak, YOLOv8n-OBB, *Coordinate Attention*, *CBAM*, *Deep Learning*.

Inspeksi kerusakan struktur jembatan, khususnya pada indikasi awal berupa retak rambut (*hairline cracks*), sangat krusial bagi keselamatan publik. Namun, metode inspeksi visual manual yang umum digunakan memiliki kelemahan karena bersifat subjektif dan memakan waktu. Penerapan teknologi *Computer Vision* menawarkan solusi otomatisasi yang menjanjikan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan performa deteksi retak menggunakan arsitektur *deep learning* YOLOv8n-OBB standar (*Baseline*) dengan model yang telah dimodifikasi menggunakan dua mekanisme atensi yang berbeda, yaitu *Coordinate Attention* (CA) dan *Convolutional Block Attention Module* (CBAM).

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental kuantitatif. Ketiga skenario model dilatih menggunakan parameter yang identik (100 *epoch*, *batch size* 16, resolusi 640x640) pada *dataset* publik *SDNET2018.v1-sdnet_5k.yolov8* yang berisi 4.505 citra berformat *Oriented Bounding Box* (OBB). Modul CA dan CBAM diintegrasikan pada bagian *Backbone* dan *Neck* arsitektur YOLOv8 *nano*. Evaluasi komparasi diukur berdasarkan metrik *Mean Average Precision* (mAP), *Precision*, *Recall*, serta metrik efisiensi berupa waktu inferensi (*Inference Time*).

Pengujian menunjukkan bahwa model *Baseline* YOLOv8n-OBB tanpa modifikasi justru menghasilkan performa optimal, dengan nilai mAP@50 tertinggi sebesar (81,3%), dan waktu inferensi tercepat (121,1 ms). Penambahan modul CA menurunkan akurasi mAP menjadi 80,9% karena mekanisme penyandian koordinat spasial 1D mengalami miscalculasi saat dikombinasikan dengan regresi sudut kemiringan (*Angle Loss*) pada kotak OBB. Lain hal, penambahan modul CBAM secara signifikan mampu meraih nilai *Recall* tertinggi (75,3%) karena filter *denoising* yang agresif terhadap *noise* beton. Namun, ketatnya filter CBAM ini berdampak buruk pada penurunan *Precision* (75,4%) dan menjadikan waktu inferensi paling lambat (128,3 ms). Kesimpulannya, arsitektur YOLOv8n-OBB *Baseline* paling direkomendasikan untuk deteksi objek bersudut miring secara umum, sementara modifikasi CBAM hanya direkomendasikan jika sistem memprioritaskan kehati-hatian deteksi (*Recall*).

PRAKATA

Puji Syukur kami panjatkan kehadiran Allah Tuhan Yang Maha Kuasa, karena hanya atas berkenaan-Nya tugas penyusunan Skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi dengan judul “Perbandingan Modul Atensi *Coordinate Attention* (CA) dan *Convolutional Block Attention Module* (CBAM) pada Arsitektur YOLOv8n-OBb untuk Deteksi Retak Jembatan“ ini ditulis guna memenuhi sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer, pada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Nusantara PGRI Kediri.

Pada Kesempatan ini diucapkan terima kasih dan penghargaan yang setulus-tulusnya kepada:

1. Dr. Zainal Afandi, M.Pd. Selaku Rektor Universitas Nusantara PGRI Kediri, yang selalu memberikan dorongan motivasi kepada mahasiswa.
2. Dr. Sulistiono, M.Si. Selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer yang selalu memberikan dukungan moral kepada mahasiswa.
3. Risa Helilintar, M. Kom. Ketua Program Studi Teknik Informatika yang selalu memberikan arahan kepada mahasiswa.
4. Resty Wulanningrum, M. Kom. Selaku Dosen Pembimbing 1 yang selalu memberikan bimbingannya.
5. Dr. Risky Aswi Ramadhani, M. Kom. Selaku Dosen Pembimbing 2 yang selalu memberikan arahnya.
6. Kedua Orang Tua saya dan Keluarga atas doa dan dukungannya.

Disadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, maka diharapkan tegur, kritik, dan saran-saran dari berbagai pihak sangat diharapkan. Disertai harapan semoga proposal skripsi ini ada manfaat bagi kita semua, khususnya bagi dunia pendidikan.

Kediri, 14 Januari 2026



KRISNA DZAKYYA DARAJAT

NPM: 2113020029

DAFTAR ISI

PROPOSAL SKRIPSI.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	2
C. Rumusan Masalah	3
D. Batasan Masalah.....	3
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian	5
1. Secara Teoritis	5
2. Secara Praktis	6
BAB II LANDASAN TEORI	7
A. Teori dan Penelitian Terdahulu	7
1. Landasan Teori	7
2. Kajian Pustaka	18
B. Kerangka Berpikir.....	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
A. Desain Penelitian.....	22
1. Variabel Independen (Bebas).....	22
2. Variabel Dependen (Terikat).....	22
3. Variabel Kontrol (Pengendali).....	22
B. Instrumen Penelitian.....	23
1. Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	23
2. Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	23
3. Data Set	24
C. Tempat dan Jadwal Penelitian.....	24
1. Tempat Penelitian	24
2. Jadwal Penelitian	24
D. Objek Penelitian	25
1. Kebutuhan Fungsional.....	25
2. Kebutuhan Data	25
E. Prosedur Penelitian.....	25

F. Teknik Analisis Data	27
1. Desain Sistem	27
2. Simulasi Proses Penyelesaian Masalah	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
A. Hasil Penelitian	36
B. Pembahasan.....	44
BAB V PENUTUP.....	48
A. Kesimpulan	48
B. Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis-Jenis Retak	8
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	25
Tabel 4.1 Perbandingan Metrik Akurasi (<i>Precision, Recall, mAP</i>).....	36
Tabel 4.2 Perbandingan Efisiensi (Waktu Inferensi & Parameter)	42
Tabel 4.3 Pengujian Sistem Model <i>Baseline</i>	42
Tabel 4.4 Pengujian Sistem Model YOLOv8n-OBB+CA	43
Tabel 4.5 Pengujian Sistem Model YOLOv8n-OBB+CBAM.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh Retak Rambut (<i>Hairline Cracks</i>).	7
Gambar 2.2 Perbedaan Arsitektur YOLOv8 Standar (a) vs <i>Oriented Bounding Boxes</i> (b). (Sumber: <i>ResearchGate</i>).	13
Gambar 2.3 Arsitektur Modul <i>Coordinate Attention</i>	14
Gambar 2.4 Arsitektur Modul CBAM dengan dua sub-modul: <i>Channel Attention</i> dan <i>Spatial Attention</i> . (Sumber: <i>Medium.com</i>)	16
Gambar 2.5 Bagan Kerangka Berpikir.....	20
Gambar 3.1 Diagram Waterfall Prosedur Penelitian.....	26
Gambar 3.2 <i>Data Flow Diagram Level 0</i>	27
Gambar 3.3 <i>Data Flow Diagram Level 1</i>	28
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i>	28
Gambar 3.5 <i>Entity Relationship Diagram</i> (ERD).....	29
Gambar 3.6 Tampilan Halaman Utama.....	30
Gambar 3.7 Citra Digital Retak Rambut (<i>Hairline Cracks</i>).	32
Gambar 4.1 Kurva <i>Recall Baseline</i> tanpa modifikasi	37
Gambar 4.2 Kurva <i>Recall</i> YOLOv8n-OBb dengan penambahan <i>Coordinate Attention</i> (CA).....	37
Gambar 4.3 Kurva <i>Recall</i> YOLOv8n-OBb dengan penambahan <i>Convolutional Block Attention Module</i> (CBAM)	38
Gambar 4.4 <i>Confusion Matrix</i> YOLOv8n-OBb <i>Baseline</i>	39
Gambar 4.5 <i>Confusion Matrix</i> YOLOv8n-OBb+CA	40
Gambar 4.6 <i>Confusion Matrix</i> YOLOv8n-OBb+CBAM.....	41

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jembatan adalah jantung perekonomian dan konektivitas sosial, dia berguna sebagai infrastruktur kritis yang menopang nilai ekonomi, mobilitas masyarakat dan jalur logistik seperti yang ada di China (Zhou et al., 2021). Mengingat nilai ekonominya tersebut, jembatan mempunyai tanggung jawab yang jauh lebih penting seperti mempertahankan kekuatan struktural untuk keselamatan pengemudi di jalur logistik. Kekuatan struktural sebuah jembatan bukanlah hal yang bisa ditawar, sehingga pemeliharaan yang terprediksi dan inspeksi rutin menjadi kunci dalam mencegah kerusakan struktural yang mengancam ekonomi & keselamatan.

Ancaman paling berbahaya bagi struktur jembatan seringkali dimulai dari sesuatu yang hampir tidak terlihat, yaitu retak rambut atau *hairline cracks* (Haghani et al., 2012), yang mana itu termasuk pertanda awal dari turunnya kualitas material. Standar operasional yang sudah dilakukan untuk menemukan kerusakan ini adalah melalui inspeksi visual manual, yaitu sebuah metode yang kelemahannya telah terbukti bahwa studi tersebut meninjau manual inspeksi jembatan, dan dalam artikel tersebut menjelaskan tentang ketidakpastian dalam inspeksi visual jembatan, yang mana ketidakpastian itu muncul karena cara inspektor/ahli dalam menilai, seperti menilai kepastian retak tidaknya struktur beton berdasarkan anggapan pribadi atau subjektif (Poli et al., 2023).

Sebagai respons terhadap keterbatasan tersebut, otomatisasi inspeksi berbasis *Computer Vision* (Alzubaidi et al., 2021) hadir menawarkan sebuah solusi menuju inspeksi yang objektif, cepat, dan konsisten. *Model Deep Learning*, khususnya arsitektur YOLOv8 (Wang et al., 2024) yang canggih, kini mampu menganalisis ribuan gambar inspeksi dalam hitungan detik. Namun, sayangnya, *model baseline* atau versi standar yang canggih ini masih memiliki kelemahan sulit dalam "melihat" objek kecil atau *small object* (Nie et al., 2024). Kegagalan ini meniadakan tujuan utama inspeksi dini, karena model

standard masih kesulitan membedakan antara retak rambut yang asli dan *noise visual* pada permukaan beton.

Kelemahan deteksi objek kecil (Nie et al., 2024) ini memicu lahirnya berbagai *attention mechanism* canggih, yang dirancang untuk "mengajari" model agar lebih fokus. Dua strategi utama yang bersaing diusulkan dalam literatur. (Hou et al., 2021) mengusulkan *Coordinate Attention* (CA), sebuah modul ringan yang secara cerdas menyandikan informasi spasial (koordinat X/Y) untuk membantu model fokus pada lokasi yang relevan. Di sisi lain, (Woo et al., 2018) mengusulkan *Convolutional Block Attention Module* (CBAM), sebuah modul populer yang menggabungkan fokus pada channel "apa" yang penting dan fokus spasial "di mana" yang penting secara berurutan.

Meskipun kedua mekanisme atensi CA (Hou et al., 2021) dan CBAM (Woo et al., 2018) terbukti efektif secara teoretis, muncul sebuah celah penelitian yang mana, belum ada studi perbandingan langsung yang menguji keduanya pada arsitektur *baseline* YOLOv8 yang identik untuk kasus deteksi retak. Oleh karena itu, tujuan utama penelitian ini adalah untuk menganalisis dan membuktikan secara kuantitatif, mekanisme atensi manakah yang memberikan peningkatan performa deteksi paling optimal untuk YOLOv8. Penelitian ini diharapkan memberikan rekomendasi berbasis bukti untuk memilih arsitektur terbaik demi menjaga keselamatan publik pada infrastruktur jembatan. Batasan penelitian ini mencakup modifikasi arsitektur YOLOv8 dengan kedua (Hou et al., 2021) & (Woo et al., 2018) modul atensi, pelatihan komparatif pada *dataset* retak yang sama, dan evaluasi terhadap metrik akurasi (*Precision*, *Recall*, mAP50, & mAP50-95) serta efisiensi atau waktu inferensi.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan paparan latar belakang masalah yang telah penulis uraikan, dapat disimpulkan beberapa rincian permasalahan yang menjadi dasar urgensi dilakukannya penelitian ini. Permasalahan-permasalahan tersebut dirinci secara sistematis sebagai berikut:

1. Metode inspeksi visual manual yang dominan digunakan untuk infrastruktur kritis seperti jembatan tidak lagi memadai untuk menjamin

keselamatan publik, karena prosesnya tidak objektif (bersifat subjektif), berisiko tinggi bagi inspektor, dan kesulitan dalam mendeteksi kerusakan minor seperti retak rambut secara dini dan konsisten.

2. Penerapan solusi Visi Komputer dengan model *deep learning* standar (baseline), seperti YOLOv8, belum mampu memberikan solusi optimal karena arsitektur standar tersebut tidak dirancang secara khusus untuk mengatasi tantangan deteksi objek kecil dan samar.
3. Model *baseline* YOLOv8 tidak memiliki mekanisme fokus (*attention mechanism*) bawaan yang secara cerdas dapat memprioritaskan informasi spasial (lokasi) dan *channel* (fitur) secara bersamaan, sehingga kinerjanya kurang maksimal dalam membedakan antara retak rambut yang krusial dengan *noise* visual pada permukaan beton.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan sebelumnya, maka permasalahan yang diteliti dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana performa model *baseline* YOLOv8 (standar) dalam mendeteksi retak infrastruktur jembatan, ditinjau dari metrik akurasi (*Precision*, *Recall*, mAP) dan efisiensi (waktu inferensi)?
2. Bagaimana modul atensi *Coordinate Attention* (CA) mempengaruhi perubahan performa (akurasi dan efisiensi) arsitektur YOLOv8 dalam mendeteksi retak jembatan?
3. Bagaimana modul atensi *Convolutional Block Attention Module* (CBAM) mempengaruhi perubahan performa (akurasi dan efisiensi) arsitektur YOLOv8 dalam mendeteksi retak jembatan?

D. Batasan Masalah

Demi menjaga agar penelitian ini tetap fokus, terarah, dan terukur, serta untuk menghindari pembahasan yang terlalu luas, maka peneliti menetapkan batasan-batasan masalah yang tegas. Ruang lingkup penelitian ini dibatasi dan dirinci sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada masalah deteksi retak (*crack detection*) dan metode yang digunakan adalah analisis perbandingan kuantitatif antara

tiga varian model, yaitu: YOLOv8 (standar/*baseline*), YOLOv8 yang diintegrasikan dengan *Coordinate Attention* (CA), dan YOLOv8 yang diintegrasikan dengan *CBAM*.

2. Penelitian ini merupakan studi komputasional. Tidak ada lokasi penelitian fisik (studi lapangan) untuk pengambilan data primer. Konteks "struktur jembatan" digunakan untuk menetapkan urgensi dan kerangka masalah.
3. Hal-hal yang dibahas terbatas pada proses modifikasi arsitektur, pelatihan model, dan analisis perbandingan performa. Penelitian ini tidak akan membahas perancangan *User Interface* (UI/UX), implementasi model pada perangkat keras spesifik (seperti *drone* atau *edge device*), atau pembuatan sistem aplikasi deteksi *end-to-end*.
4. Teknologi perangkat lunak (*software*) yang digunakan adalah bahasa pemrograman Python (versi 3.11 atau lebih baru), *library* PyTorch (versi 2.0 atau lebih baru), dan *framework* Ultralytics. Perangkat keras (*hardware*) yang digunakan adalah komputer dengan *Graphical Processing Unit* (GPU) yang mendukung CUDA yaitu, NVIDIA GeForce GTX 1050 Ti Notebooks sebagai akselerasi pelatihan.
5. Data yang digunakan adalah *dataset* sekunder *SDNET2018.v1-sdnet_5k.yolov8* yang bersumber dari Roboflow Universe, dengan format *object detection* (polygon/menyesuaikan lekukan objek). *Dataset* ini memiliki spesifikasi 1 kelas yaitu ("crack") dengan total 3.154 gambar latih dan 901 gambar validasi. Parameter pelatihan utama seperti *imgsz=640* dan *batch=16* akan dijaga konsisten untuk semua eksperimen.
6. Hasil akhir yang akan diperoleh adalah sebuah laporan analisis komparatif berupa data kuantitatif (tabel dan grafik) yang membandingkan performa ketiga model. Penelitian akan memberikan rekomendasi berbasis bukti mengenai arsitektur mana yang paling optimal untuk studi kasus ini.
7. Keterbatasan penelitian ini adalah perbandingan *attention mechanism* hanya terbatas pada modul CA (Hou et al., 2021) dan CBAM (Woo et al.,

2018). Mekanisme atensi populer lainnya (seperti SE-Net, ECA-Net, atau modul berbasis Transformer) tidak akan dibahas dalam penelitian ini.

8. Spesifikasi "produk" yang dihasilkan adalah tiga file *weights* model terlatih (.pt) yang merupakan hasil dari tiga eksperimen pelatihan (YOLOv8-Baseline, YOLOv8+CA, YOLOv8+CBAM).
9. Teknik evaluasi hasil performa model akan diukur secara kuantitatif menggunakan metrik standar *object detection*, yang mencakup: *Mean Average Precision* (mAP@.50 dan mAP@.50-95), *Precision*, *Recall*, dan Waktu Inferensi (*Inference Time*) dalam milidetik (ms).

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan, penelitian ini memiliki tujuan yang konkret, terukur, dan spesifik. Tujuan-tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui performa *baseline* arsitektur YOLOv8 (standar) dalam mendeteksi retak infrastruktur jembatan, dengan tolok ukur metrik akurasi (*Precision*, *Recall*, mAP50, & mAP50-95) dan efisiensi (waktu inferensi).
2. Mengetahui pengaruh modul mekanisme atensi *Coordinate Attention* (CA) terhadap perubahan performa (akurasi dan efisiensi) arsitektur YOLOv8.
3. Mengetahui pengaruh modul mekanisme atensi *CBAM* terhadap perubahan performa (akurasi dan efisiensi) arsitektur YOLOv8.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini diklasifikasikan menjadi dua, antara lain yaitu:

1. Secara Teoritis

Penelitian ini memberikan kontribusi penting terhadap ilmu Visi Komputer, khususnya pada sub-bidang *Structural Health Monitoring* (SHM) berbasis *deep learning*. Dengan menyajikan analisis perbandingan kuantitatif *head-to-head* antara mekanisme

atensi *Coordinate Attention* (CA) dan *Convolutional Block Attention Module* (CBAM) pada arsitektur modern YOLOv8, penelitian ini diharapkan menghasilkan data empiris yang berharga. Data ini dapat menjadi referensi penting bagi peneliti selanjutnya yang bertujuan mengembangkan model deteksi objek kecil yang lebih efisien, serta memberikan pemahaman mendalam antara peningkatan akurasi dan penambahan beban komputasi dari setiap modul atensi yang berbeda.

2. Secara Praktis

Temuan dari penelitian ini menawarkan rekomendasi arsitektur model yang paling optimal dan berbasis bukti (*evidence-based*) bagi para praktisi dan pemangku kepentingan, seperti Kementerian Pekerjaan Umum, otoritas pengelola jalan tol, atau konsultan rekayasa sipil. Ketersediaan model yang terbukti unggul dalam mendeteksi retak rambut secara dini memungkinkan perubahan dari inspeksi visual manual yang subjektif, lambat, dan berisiko menuju sistem inspeksi terotomatisasi yang lebih objektif, cepat, dan konsisten. Implementasi model yang tervalidasi ini diharapkan dapat secara langsung meningkatkan akurasi pengambilan keputusan untuk pemeliharaan preventif, mengoptimalkan alokasi anggaran perbaikan, dan pada akhirnya, berkontribusi nyata pada peningkatan jaminan keselamatan publik pada infrastruktur jembatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alzubaidi, L., Zhang, J., Humaidi, A. J., Al-Dujaili, A., Duan, Y., Al-Shamma, O., Santamaría, J., Fadhel, M. A., Al-Amidie, M., & Farhan, L. (2021). Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions. *Journal of Big Data*, 8(1), 1–74. <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00444-8>
- Barlybayev, A., Amangeldy, N., Kurmetbek, B., Krak, I., Razakhova, B., Tursynova, N., & Turebayeva, R. (2024). Personal protective equipment detection using YOLOv8 architecture on object detection benchmark datasets: a comparative study. *Cogent Engineering*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2333209>
- Freire, A., Leandro, L. H., de Andrade, J. V. R., Azevedo, G. O. A., & Fernandes, B. J. T. (2024). Beyond clean data: Exploring the effects of label noise on object detection performance. *Knowledge-Based Systems*, 304, 112544. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2024.112544>
- Haghani, R., Al-Emrani, M., & Heshmati, M. (2012). Fatigue-prone details in steel bridges. *Buildings*, 2(4), 456–476. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS2040456>
- Hou, Q., Zhou, D., & Feng, J. (2021). Coordinate attention for efficient mobile network design. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 13708–13717. <https://doi.org/10.1109/CVPR46437.2021.01350>
- Khow, Z. J., Tan, Y. F., Karim, H. A., & Rashid, H. A. A. (2024). Improved YOLOv8 Model for a Comprehensive Approach to Object Detection and Distance Estimation. *IEEE Access*, 12(May), 63754–63767. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3396224>
- Mitrev, A. B., & Mirceva, G. (2025). YOLOv8 Oriented Bounding Box (OBB) Model for Waymo Open Dataset. *Communications in Computer and Information Science*, 2436 CCIS, 95–105. https://doi.org/10.1007/978-3-031-86162-8_7
- Mustapha, A. A., & Yoosuf, M. S. (2024). Exploring the efficacy and comparative analysis of one-stage object detectors for computer vision: a review. *Multimedia Tools and Applications*, 83(20), 59143–59168. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-17751-2>
- Nie, H., Pang, H., Ma, M., & Zheng, R. (2024). A Lightweight Remote Sensing Small Target Image Detection Algorithm Based on Improved YOLOv8. *Sensors*, 24(9), 2952. <https://doi.org/10.3390/s24092952>
- Poli, F., Bado, M. F., Verzobio, A., & Zonta, D. (2023). Bridge structural safety assessment: a novel solution to uncertainty in the inspection practice. *Structure and Infrastructure Engineering*, 21(3), 421–435. <https://doi.org/10.1080/15732479.2023.2211956>;WGROU:STRING:PUBLICATION
- Qin, Q., Zhou, X., Gao, J., Wang, Z., Naer, A., Hai, L., Alatan, S., Zhang, H., & Liu, Z. (2025). YOLOv8-CBAM: a study of sheep head identification in Ujumqin sheep. *Frontiers in Veterinary Science*, 12, 1514212.

- <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1514212>
- Shen, S., & Liu, H. (2026). Better YOLO with Attention-Augmented Network and Enhanced Generalization Performance for Object Detection. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 1476 LNEE, 297–303.
https://doi.org/10.1007/978-981-95-1904-0_42
- Wang, H., Han, X., Song, X., Su, J., Li, Y., Zheng, W., & Wu, X. (2024). Research on automatic pavement crack identification Based on improved YOLOv8. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 18(6), 3773–3783. <https://doi.org/10.1007/s12008-024-01769-3>
- Woo, S., Park, J., Lee, J. Y., & Kweon, I. S. (2018). CBAM: Convolutional block attention module. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 11211 LNCS, 3–19. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01234-2_1
- Zhou, Z., Alcalá, J., & Yepes, V. (2021). Environmental, economic and social impact assessment: Study of bridges in china’s five major economic regions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1), 1–32. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010122>