

**OPTIMASI YOLOv8n MENGGUNAKAN
CONVOLUTIONAL BLOCK ATTENTION MODULE
(CBAM) UNTUK DETEKSI PENYAKIT DAUN
TANAMAN KEDELAI BERBASIS CITRA DIGITAL**

TESIS

Diajukan kepada Program Studi Informatika Program Magister
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
untuk Memenuhi Sebagian Syarat Memperoleh Gelar Magister Komputer



Disusun oleh:

Fikri Alfadani

NIM: 24206052007

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
PROGRAM MAGISTER FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2026**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fikri Alfadani

NIM : 24206052007

Jenjang : Magister

Program Studi : Informatika

menyatakan bahwa naskah tesis ini secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali pada bagian-bagian yang dirujuk sumbernya.

Yogyakarta, 11 Agustus 2026

Saya yang menyatakan,



Fikri Alfadani

NIM: 24206052007

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fikri Alfadani
NIM : 24206052007
Jenjang : Magister
Program Studi : Informatika

menyatakan bahwa naskah tesis ini secara keseluruhan benar-benar bebas dari plagiasi. Jika di kemudian hari terbukti melakukan plagiasi, maka saya siap ditindak sesuai ketentuan hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 11 Agustus 2026

Saya yang menyatakan,



Fikri Alfadani

NIM: 24206052007

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2083/Un.02/DST/PP.00.9/08/2026

Tugas Akhir dengan judul : OPTIMASI YOLOv8n MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL BLOCK ATTENTION
MODULE (CBAM) UNTUK DETEKSI PENYAKIT DAUN TANAMAN KEDELAI
BERBASIS CITRA DIGITAL

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : FIKRI ALFADANI, S.Kom
Nomor Induk Mahasiswa : 24206052007
Telah diujikan pada : Selasa, 18 Agustus 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Prof. Dr. Ir. Shofwatul 'Uyun, S.T., M.Kom., IPM., ASEAN Eng.
SIGNED

Valid ID: 6a8b9a96e5a0b



Penguji I

Ir. Maria Ulfah Siregar, S.Kom., MIT., Ph.D.
SIGNED

Valid ID: 6a8b8f7433174



Penguji II

Usfita Kiftiyani, M.Sc., Ph.D
SIGNED

Valid ID: 6a899b9d44dcf



Yogyakarta, 18 Agustus 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6a8bb3fcd305

NOTA DINAS PEMBIMBING

Kepada Yth.,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi terhadap penulisan tesis yang berjudul:

**OPTIMASI YOLOv8n MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL
BLOCK ATTENTION MODULE (CBAM) UNTUK DETEKSI
PENYAKIT DAUN TANAMAN KEDELAI BERBASIS CITRA
DIGITAL**

Yang ditulis oleh:

Nama : Fikri Alfadani
NIM : 24206052007
Jenjang : Magister
Program Studi : Informatika

Saya berpendapat bahwa tesis tersebut sudah dapat diajukan kepada Magister Informatika UIN Sunan Kalijaga untuk diujikan dalam rangka memperoleh gelar Magister Informatika.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 11 Agustus 2026
Pembimbing,



Prof. Dr. Ir. Shofwatul 'Uyun, S.T., M.Kom

NIP: 19820511 200604 2 002

ABSTRAK

Kedelai merupakan komoditas pangan strategis, tetapi produktivitasnya masih terhambat oleh penyakit daun yang sulit diidentifikasi secara cepat dan akurat di lapangan. Meskipun YOLOv8n menawarkan efisiensi komputasi yang tinggi, backbone standarnya belum memiliki mekanisme attention untuk menekankan fitur spasial dan kanal yang relevan. Kondisi tersebut dapat memengaruhi kemampuan deteksi pada citra dengan gejala penyakit yang kecil atau memiliki karakteristik visual yang serupa. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kontribusi Convolutional Block Attention Module (CBAM) terhadap kinerja YOLOv8n melalui eksperimen terkontrol untuk mengisolasi pengaruh integrasi CBAM.

Kedua model dilatih menggunakan dataset, pembagian data, dan konfigurasi pelatihan yang identik. Dataset klasifikasi publik dikonversi ke format deteksi objek menggunakan pendekatan pseudo bounding box yang didokumentasikan secara transparan. Kinerja YOLOv8n baseline dan YOLOv8n+CBAM kemudian dibandingkan berdasarkan precision, recall, mAP@50, dan mAP@50–95 pada data pengujian yang sama. Pendekatan ini memungkinkan perbedaan kinerja kedua model dianalisis secara lebih terkontrol berdasarkan perubahan arsitektur yang diterapkan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa YOLOv8n+CBAM memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan YOLOv8n baseline pada seluruh metrik evaluasi. Analisis kurva pelatihan menunjukkan bahwa kedua model mengalami peningkatan kinerja selama proses pelatihan, tetapi YOLOv8n+CBAM mencapai performa tinggi pada fase yang lebih awal dan mempertahankan kinerja yang relatif stabil hingga akhir pelatihan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa integrasi CBAM efektif dalam meningkatkan kemampuan YOLOv8n untuk mendeteksi penyakit daun tanaman kedelai sekaligus menghasilkan proses pembelajaran yang lebih optimal dibandingkan arsitektur baseline.

Kata kunci: *YOLOv8n, Convolutional Block Attention Module, CBAM, deteksi objek, penyakit daun kedelai, attention mechanism, deep learning.*

ABSTRACT

Soybeans are a strategic food commodity, yet their productivity is hampered by leaf diseases that are difficult to identify quickly and accurately in the field. Although YOLOv8n offers high computational efficiency, its standard backbone lacks an attention mechanism to emphasize relevant spatial and channel features. This limitation can affect detection capabilities in images where disease symptoms are small or share similar visual characteristics. This study aims to evaluate the contribution of the Convolutional Block Attention Module (CBAM) to YOLOv8n's performance through controlled experiments designed to isolate the impact of the CBAM integration.

Both models were trained using identical datasets, data splits, and training configurations. A public classification dataset was converted into an object detection format using a transparently documented pseudo-bounding box approach. The performance of the baseline YOLOv8n and YOLOv8n+CBAM was then compared using precision, recall, mAP@50, and mAP@50–95 metrics on the same test data. This approach allowed for a controlled analysis of performance differences attributable to the implemented architectural changes.

Test results indicate that YOLOv8n+CBAM outperformed the baseline YOLOv8n across all evaluation metrics. Analysis of the training curves reveals that while both models improved during training, YOLOv8n+CBAM achieved high performance earlier and maintained relatively stable results through the end of the training process. These findings demonstrate that integrating CBAM effectively enhances YOLOv8n's ability to detect soybean leaf diseases while facilitating a more optimal learning process compared to the baseline architecture.

Keywords: YOLOv8n, Convolutional Block Attention Module, CBAM, object detection, soybean leaf disease, attention mechanism, deep learning.

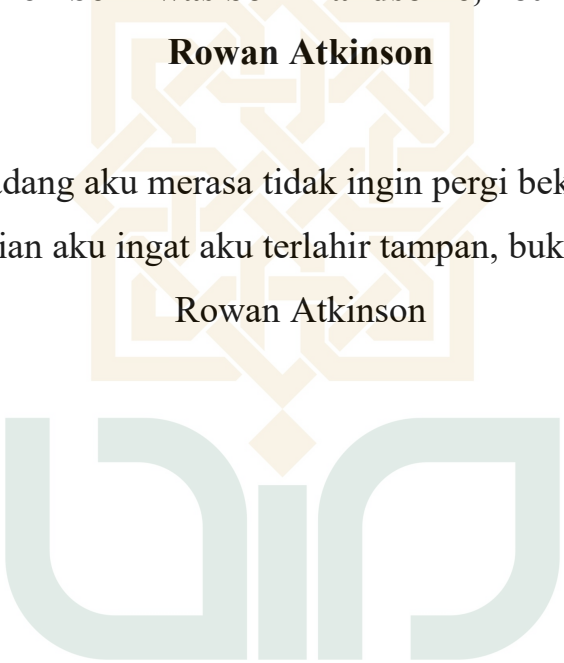
MOTTO

**“Sometimes I don’t feel like going to work, but then I
remember I was born handsome, not rich.”**

Rowan Atkinson

“Terkadang aku merasa tidak ingin pergi bekerja, tapi
kemudian aku ingat aku terlahir tampan, bukan kaya,”

Rowan Atkinson



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, karya ini saya persembahkan kepada Ayah dan Ibu tercinta, atas segala doa, kasih sayang, dukungan, dan pengorbanan yang selalu menyertai setiap langkah saya.

Terima kasih telah menjadi sumber kekuatan dan motivasi hingga saya dapat menyelesaikan perjalanan ini.

Karya sederhana ini juga saya persembahkan kepada seluruh keluarga tercinta yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan semangat.

Dan untuk diri saya sendiri, terima kasih karena telah bertahan, berjuang, dan tidak menyerah hingga akhirnya mampu menyelesaikan perjalanan ini.



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufik, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **“Optimasi YOLOv8n Menggunakan Convolutional Block Attention Module (CBAM) untuk Deteksi Penyakit Daun Tanaman Kedelai Berbasis Citra Digital”** dengan segala keterbatasan dan kemampuan yang dimiliki. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Komputer pada Program Studi Informatika, Program Magister, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Tesis ini disusun berdasarkan penelitian yang berfokus pada penerapan dan optimasi metode *deep learning*, khususnya YOLOv8n yang diintegrasikan dengan Convolutional Block Attention Module (CBAM) untuk mendeteksi penyakit pada daun tanaman kedelai berbasis citra digital. Dalam proses penelitian dan penyusunan tesis ini, penulis menghadapi berbagai tantangan, baik yang berkaitan dengan proses penelitian, pengolahan dataset, implementasi model, pelaksanaan eksperimen, analisis hasil, maupun penyusunan laporan. Namun, berkat rahmat Allah SWT serta doa, usaha, bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak, tesis ini akhirnya dapat diselesaikan.

Penyelesaian tesis ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, atas segala rahmat, nikmat, karunia, kekuatan, serta kemudahan yang telah diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Prof. Noorhaidi, S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh pendidikan pada Program Magister UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan dukungan selama penulis menempuh pendidikan.
4. Dr. Ir. Sumarsono, S.T., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Informatika, Program Magister, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan arahan dan dukungan selama proses pendidikan.
5. Prof. Dr. Ir. Shofwatul 'Uyun, S.T., M.Kom., IPM, ASEAN Eng., selaku dosen pembimbing tesis yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, masukan, koreksi, serta motivasi kepada penulis selama proses penelitian hingga penyelesaian tesis ini.
6. Seluruh dosen Program Studi Informatika Program Magister, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, wawasan, dan pengalaman selama penulis mengikuti proses perkuliahan.

7. Seluruh tenaga kependidikan dan staf Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, yang telah memberikan bantuan dan pelayanan administratif selama penulis menempuh pendidikan hingga proses penyelesaian tesis.
8. Keluarga tercinta, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, perhatian, dukungan moral maupun material, serta semangat yang tidak pernah berhenti kepada penulis selama menjalani pendidikan dan menyelesaikan tesis ini.
9. Seluruh teman dan rekan seperjuangan di Program Studi Informatika Program Magister, yang telah memberikan dukungan, motivasi, bantuan, serta kebersamaan selama proses perkuliahan dan penyusunan tesis.
10. Seluruh pihak yang telah membantu penulis, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Penulis menyampaikan terima kasih atas setiap bantuan, doa, dukungan, dan kontribusi yang telah diberikan dalam proses penyelesaian tesis ini.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan maupun hasil yang disajikan dalam tesis ini masih terdapat kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, penulis dengan terbuka menerima kritik dan saran yang bersifat membangun sebagai bahan evaluasi dan penyempurnaan untuk penelitian maupun karya ilmiah di masa yang akan datang.

Akhir kata, penulis berharap semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi penulis, pembaca, serta pihak-pihak yang berkepentingan. Penulis juga berharap hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya pada bidang computer vision, deep learning, dan penerapannya dalam bidang pertanian, terutama untuk mendukung deteksi penyakit tanaman secara berbasis citra digital. Semoga segala bantuan dan kebaikan yang telah diberikan oleh berbagai pihak kepada penulis mendapatkan balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Aamiin.

Yogyakarta, 11 Agustus 2026

Penulis,

Fikri Alfadani

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

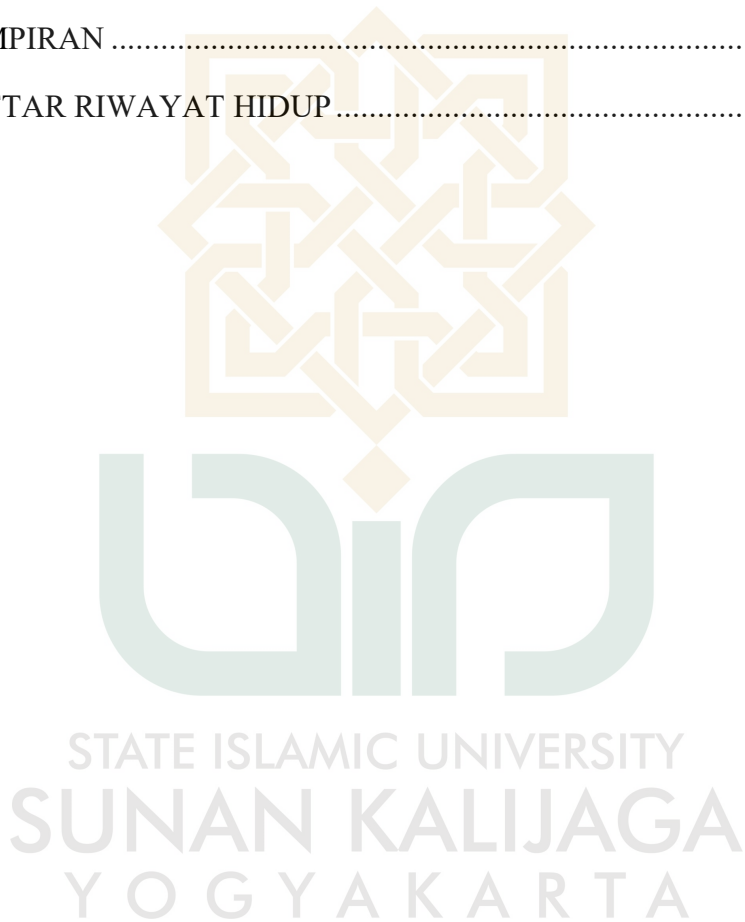
DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iv
NOTA DINAS PEMBIMBING	v
ABSTRAK	vi
MOTTO.....	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
DAFTAR SINGKATAN.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN	22
1.1 Latar Belakang.....	22
1.2 Rumusan Masalah	25
1.3 Tujuan Penelitian	26
1.4 Manfaat Penelitian.....	26
1.5 Batasan Penelitian	27
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	29

2.1 Penelitian Terdahulu.....	29
2.2 Landasan Teori.....	39
2.2.1 Kecerdasan Buatan, Machine Learning, dan Deep Learning	39
2.2.2 Computer Vision dan Pengolahan Citra Digital.....	41
2.2.3 Object Detection.....	41
2.2.4 Convolutional Neural Network (CNN)	43
2.2.5 You Only Look Once (YOLO) dan Evolusinya.....	44
2.2.6 Arsitektur YOLOv8: Backbone, Neck, dan Detection Head	45
2.2.7 Feature Extraction	48
2.2.8 Attention Mechanism.....	49
2.2.9 Squeeze-and-Excitation Network (SE-Net).....	50
2.2.10 Convolutional Block Attention Module (CBAM).....	51
2.2.11 Coordinate Attention	54
2.2.12 Efficient Multi-scale Attention (EMA).....	54
2.2.13 Polarized Self-Attention (PSA).....	55
2.2.14 Penyakit Daun Tanaman Kedelai	56
2.2.15 Metrik Evaluasi Model Deteksi Objek	58
2.3 Research Gap	60
2.4 Kerangka Berpikir.....	61
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	63

3.1 Jenis Penelitian.....	63
3.2 Tahapan Penelitian	64
3.3 Dataset Penelitian.....	66
3.4 Persiapan Dataset Object Detection	67
3.4.1 Analisis Dataset.....	67
3.4.2 Bounding Box Annotation	68
3.4.3 Format Label YOLO	69
3.4.4 Proses Anotasi.....	70
3.4.5 Struktur Dataset Setelah Anotasi.....	73
3.5 Data Preprocessing.....	74
3.6 Metode yang Diusulkan (Proposed Method)	76
3.7 Skenario Eksperimen.....	80
3.8 Evaluasi Model	81
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	84
4.1 Lingkungan dan Dataset Eksperimen.....	84
4.2 Hasil Pelatihan Model	86
4.3 Hasil Evaluasi pada Test Set.....	89
4.4 Analisis Confusion Matrix.....	91
4.5 Perbandingan Hasil Deteksi secara Kualitatif	93
4.6 Pembahasan	97
4.7 Efisiensi Komputasi	101

BAB V PENUTUP	103
5.1 Kesimpulan	103
5.2 Saran	105
DAFTAR PUSTAKA	108
LAMPIRAN	111
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	118



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ringkasan Penelitian Terdahulu.....	16
Tabel 2.2 Perbandingan SE-Net, CBAM, Coordinate Attention, EMA, dan PSA.....	49
Tabel 2.3 Perbandingan CBAM, ECA, Shuffle Attention, dan GAM berdasarkan Chien et al. (2025).....	50
Tabel 2.4 Analisis Research Gap.....	58
Tabel 3.1 Konfigurasi Hyperparameter Pelatihan	77
Tabel 4.1 Spesifikasi Lingkungan Eksperimen	81
Tabel 4.2 Distribusi Jumlah Citra per Kelas pada Setiap Subset Dataset.....	82
Tabel 4.3 Hasil Pelatihan Model Baseline YOLOv8n per Epoch	83
Tabel 4.4 Hasil Pelatihan Model YOLOv8n+CBAM per Epoch.....	84
Tabel 4.5 Perbandingan Metrik Evaluasi Akhir pada Test Set	86
Tabel 4.6 Perbandingan Average Precision (AP@50) per Kelas	87
Tabel 4.7 Perbandingan Waktu Pelatihan dan Jumlah Parameter	95

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Arsitektur YOLOv8n (Backbone – Neck – Head)	44
Gambar 2.2	Arsitektur Convolutional Block Attention Module (CBAM)	50
Gambar 2.3	Kerangka Berpikir Penelitian	59
Gambar 3.1	Flowchart Tahapan Penelitian	62
Gambar 3.2	Ilustrasi Format Label YOLO	67
Gambar 3.3	Integrasi CBAM pada Backbone YOLOv8n	75
Gambar 4.1	Distribusi Kelas pada Dataset.....	78
Gambar 4.2	Kurva Pelatihan: Baseline YOLOv8n vs 85YOLOv8n+CBAM.....	82
Gambar 4.3	Perbandingan Metrik Evaluasi pada Test Set.....	87
Gambar 4.4	Confusion Matrix Model Baseline YOLOv8n	88
Gambar 4.5	Confusion Matrix Model YOLOv8n+CBAM.....	89
Gambar 4.6	Perbandingan Hasil Deteksi pada Citra Uji Kelas Bacterial Blight.....	93
Gambar 4.7	Prediksi Berhasil.....	94
Gambar 4.8	XAI Prediksi Berhasil	94
Gambar 4.9	Prediksi Salah	95
Gambar 4.10	XAI Prediksi Salah	95

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Cuplikan Kode Implementasi CBAM	111
Lampiran 2: Berkas Konfigurasi Arsitektur YOLOv8n+CBAM ..	112
Lampiran 3: Cuplikan Kode Konversi Dataset.....	113
Lampiran 4: batch_train, validation dan test YOLOv8n baseline	114
Lampiran 5: batch_train, validation dan test YOLOv8n + CBAM ..	115
Lampiran 6: F1-Precision-Recall Curve Model Baseline dan Model CBAM	116
Lampiran 7: Contoh Tambahan Hasil Inferensi pada Citra Uji.....	117

DAFTAR SINGKATAN

AI	: Artificial Intelligence
AP	: Average Precision
BB	: Bacterial Blight
CAM	: Channel Attention Module
CBAM	: Convolutional Block Attention Module
CLB	: Cercospora Leaf Blight
CNN	: Convolutional Neural Network
CV	: Computer Vision
DL	: Deep Learning
EMA	: Efficient Multi-scale Attention
FN	: False Negative
FP	: False Positive
FPN	: Feature Pyramid Network
GAM	: Global Attention Mechanism
GPU	: Graphics Processing Unit
IoU	: Intersection over Union
mAP	: mean Average Precision
ML	: Machine Learning
MLP	: Multi-Layer Perceptron
PANet	: Path Aggregation Network
PSA	: Polarized Self-Attention
SAM	: Spatial Attention Module
SDS	: Sudden Death Syndrome
SE-Net	: Squeeze-and-Excitation Network
TN	: True Negative
TP	: True Positive
YOLO	: You Only Look Once

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) merupakan komoditas pangan strategis, menjadi sumber utama protein nabati serta bahan baku tahu, tempe, dan kecap yang dikonsumsi harian oleh sebagian besar rumah tangga di Indonesia. Produksi kedelai domestik belum mampu memenuhi kebutuhan konsumsi nasional, tercermin dari volume impor yang mencapai sekitar 2,68 juta ton pada 2024, naik 17,67% dari tahun sebelumnya (Badan Pusat Statistik, 2024). Salah satu penyebab utama rendahnya produktivitas kedelai adalah serangan penyakit daun, seperti *bacterial blight*, *cercospora leaf blight*, *sudden death syndrome*, dan *soybean rust* (Jadhav, Udipi and Patil, 2021), yang jika tidak dideteksi sejak dini dapat menyebar cepat dan menurunkan hasil panen secara signifikan (Korade et al., 2025).

Identifikasi penyakit daun kedelai selama ini masih mengandalkan pengamatan visual manual oleh petani atau penyuluh pertanian, proses yang lambat, subjektif, dan sulit diskalakan pada area pertanaman luas (Liu and Wang, 2021). Kesulitan ini diperparah oleh kemiripan gejala visual antar beberapa jenis penyakit pada tahap awal infeksi, sehingga meningkatkan risiko salah identifikasi tanpa bantuan alat yang objektif dan konsisten.

Perkembangan *computer vision* dan *deep learning*, khususnya *Convolutional Neural Network* (CNN), membuka peluang mengatasi

keterbatasan tersebut melalui ekstraksi fitur visual otomatis dari citra digital tanpa rekayasa fitur manual. Tinjauan Liu and Wang (2021) terhadap berbagai penelitian deteksi penyakit tanaman berbasis *deep learning* menunjukkan pendekatan ini secara konsisten mengungguli metode pengolahan citra konvensional. Namun, sebagian besar penelitian awal berfokus pada klasifikasi citra yang hanya menentukan kategori penyakit tanpa menunjukkan lokasi area terinfeksi, keterbatasan yang mendorong berkembangnya pendekatan *object detection*, yang sekaligus mengenali jenis penyakit dan melokalisasi area bergejala dalam bentuk *bounding box*.

Di antara arsitektur *object detection*, keluarga *You Only Look Once* (YOLO) populer karena keseimbangan akurasi dan kecepatan inferensi, memformulasikan deteksi sebagai satu masalah regresi tunggal dalam satu *forward pass* (Alif and Hussain, 2024). Ultralytics YOLOv8 sebagai generasi terbaru memperkenalkan modul C2f pada *backbone* dan *neck* serta *anchor-free decoupled head* (Jocher, Chaurasia and Qiu, 2023), dengan YOLOv8n sebagai varian paling ringan yang relevan untuk konteks penelitian ini.

Kinerja YOLOv8n sangat bergantung pada kemampuan *backbone* melakukan *feature extraction*, mengekstraksi representasi fitur diskriminatif melalui operasi konvolusi bertingkat, sebelum diteruskan ke *neck* berbasis FPN-PANet (Bouraya and Belangour, 2021) dan *detection head*. Pada domain khusus seperti deteksi penyakit tanaman, *backbone* standar cenderung memberi bobot perhatian seragam terhadap seluruh bagian citra maupun *channel* fitur, tanpa mekanisme eksplisit untuk memprioritaskan area atau *channel* yang

paling diskriminatif terhadap gejala penyakit yang berukuran kecil dan mirip antar kelas (Lv and Su, 2024; Chen et al., 2025).

Salah satu strategi mengatasi keterbatasan ini adalah *attention mechanism*, yang memungkinkan jaringan secara adaptif memberi bobot lebih besar pada fitur yang lebih informatif, baik pada dimensi *channel* maupun spasial (Guo et al., 2022). *Convolutional Block Attention Module* (CBAM) menjadi salah satu modul yang paling banyak diadopsi karena menggabungkan *channel attention* dan *spatial attention* secara berurutan, bersifat ringan, dan dapat disisipkan langsung (*plug-and-play*) ke arsitektur CNN mana pun, termasuk YOLO, dengan penambahan parameter yang relatif kecil dibanding potensi peningkatan akurasi yang diperoleh (Guo et al., 2022).

Efektivitas CBAM pada YOLO telah dibuktikan pada berbagai domain: Lv and Su (2024) mengintegrasikan CBAM dan modul transformer C3TR ke YOLOv5 untuk deteksi penyakit daun apel dengan kemiripan gejala tinggi; Chien et al. (2025) menemukan kombinasi ResBlock-CBAM (ResCBAM) unggul di antara empat varian atensi pada YOLOv8 untuk deteksi fraktur pergelangan tangan; sementara pada domain kedelai, Chen et al. (2025) melaporkan peningkatan mAP50 1,8% melalui YOLOv8-DML yang menggabungkan modul atensi dengan sejumlah komponen arsitektural lain.

Namun, studi yang secara spesifik menyajikan perbandingan terkontrol antara YOLOv8n *baseline* dan YOLOv8n+CBAM pada deteksi penyakit daun kedelai, dengan *hyperparameter* identik sehingga selisih kinerja dapat diatribusikan secara valid pada kontribusi CBAM

semata, masih sangat terbatas. Penelitian kedelai berbasis YOLO yang ada umumnya menggunakan varian YOLO berbeda (Korade et al., 2025) atau menggabungkan CBAM dengan modul arsitektural kompleks lain (Chen et al., 2025), sehingga kontribusi murni CBAM belum sepenuhnya terisolasi dan terukur secara eksplisit.

Kesenjangan inilah yang menjadi dasar penelitian ini: eksperimen terkontrol yang membandingkan YOLOv8n *baseline* dan YOLOv8n+CBAM pada dataset dan *hyperparameter* identik, memberikan bukti empiris yang valid mengenai kontribusi CBAM terhadap deteksi penyakit daun kedelai, sekaligus kontribusi metodologis berupa dokumentasi eksperimen yang *reproducible* dan kontribusi praktis berupa purwarupa model yang dapat dikembangkan menjadi sistem deteksi dini bagi petani dan penyuluh pertanian.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja model YOLOv8n baseline dalam mendeteksi penyakit daun tanaman kedelai berdasarkan citra digital, ditinjau dari metrik precision, recall, F1-score, mAP@50, dan mAP@50-95?
2. Bagaimana kinerja model YOLOv8n yang diintegrasikan dengan Convolutional Block Attention Module (CBAM) pada backbone-nya dalam mendeteksi penyakit daun tanaman kedelai berdasarkan citra digital, ditinjau dari metrik evaluasi yang sama?

3. Apakah integrasi CBAM pada backbone YOLOv8n memberikan peningkatan kinerja deteksi penyakit daun tanaman kedelai yang signifikan dibandingkan model YOLOv8n baseline apabila dilatih pada dataset dan hyperparameter yang identik?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengukur kinerja model YOLOv8n baseline dalam mendeteksi penyakit daun tanaman kedelai berdasarkan citra digital.
2. Mengukur kinerja model YOLOv8n yang diintegrasikan dengan CBAM pada backbone-nya dalam mendeteksi penyakit daun tanaman kedelai berdasarkan citra digital.
3. Menganalisis dan membandingkan kinerja kedua model tersebut untuk menentukan kontribusi integrasi CBAM terhadap peningkatan kemampuan deteksi penyakit daun tanaman kedelai.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat Teoretis. Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya khazanah keilmuan di bidang computer vision dan deep learning, khususnya terkait efektivitas integrasi attention mechanism, dalam hal ini CBAM, pada arsitektur object detection berbasis YOLO untuk domain deteksi penyakit tanaman. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi rujukan bagi penelitian lanjutan mengenai penerapan

mekanisme atensi lain pada arsitektur YOLO untuk berbagai domain agrikultur.

Manfaat Praktis. Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan purwarupa model deteksi penyakit daun kedelai yang berpotensi dikembangkan lebih lanjut menjadi sistem pemantauan penyakit tanaman berbasis citra digital. Sistem semacam ini dapat membantu petani dan penyuluh pertanian dalam melakukan deteksi dini penyakit daun kedelai secara lebih cepat, konsisten, dan objektif dibandingkan metode identifikasi manual, sehingga tindakan pengendalian penyakit dapat dilakukan lebih awal untuk meminimalkan kerugian hasil panen.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini terarah dan fokus, ditetapkan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya menggunakan citra daun tanaman kedelai dan tidak mencakup deteksi penyakit pada bagian tanaman lain, seperti batang, polong, maupun akar.
2. Penelitian ini hanya membandingkan model YOLOv8n baseline dengan model YOLOv8n yang diintegrasikan menggunakan Convolutional Block Attention Module (CBAM), tanpa melakukan perbandingan dengan arsitektur YOLO lain maupun model deep learning lainnya.
3. Penelitian ini tidak melakukan optimasi hyperparameter secara menyeluruh, seperti pencarian learning rate, batch size, optimizer, maupun jumlah epoch terbaik.

4. Penelitian ini tidak melakukan pengujian generalisasi menggunakan dataset lain atau data lapangan di luar dataset yang digunakan dalam penelitian.
5. Penelitian ini tidak mencakup implementasi atau deployment model pada perangkat edge, perangkat bergerak (mobile), maupun sistem produksi secara real-time.
6. Penelitian ini tidak membahas aspek agronomis mengenai penyebab, perkembangan, maupun penanganan penyakit daun tanaman kedelai secara biologis atau kimiawi, tetapi hanya berfokus pada aspek teknis deteksi penyakit berbasis citra digital.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil eksperimen dan pembahasan pada Bab IV, penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan yang menjawab rumusan masalah pada Subbab 1.2 sebagai berikut.

1. Model YOLOv8n baseline mampu mempelajari pola visual penyakit daun kedelai selama proses pelatihan 50 epoch dan menunjukkan peningkatan kinerja dibandingkan hasil pelatihan sebelumnya dengan jumlah epoch yang lebih terbatas. Berdasarkan hasil evaluasi pada subset test, model baseline memperoleh nilai precision sebesar 0,618, recall sebesar 0,682, mAP@50 sebesar 0,649, dan mAP@50-95 sebesar 0,484. Hasil kurva pelatihan menunjukkan bahwa kinerja model terus berkembang hingga fase akhir pelatihan, sehingga penggunaan 50 epoch memberikan kondisi evaluasi yang lebih memadai dibandingkan eksperimen sebelumnya.
2. Model YOLOv8n+CBAM menunjukkan kinerja deteksi yang lebih tinggi dibandingkan model YOLOv8n baseline setelah kedua model dilatih selama 50 epoch dengan konfigurasi eksperimen yang sama. Model YOLOv8n+CBAM memperoleh precision sebesar 0,992, recall sebesar 1, mAP@50 sebesar 0,995, dan mAP@50-95 sebesar 0,995 pada subset test. Selain menunjukkan performa yang lebih tinggi, model

YOLOv8n+CBAM juga mencapai performa tinggi pada fase pelatihan yang lebih awal dan cenderung stabil hingga akhir proses pelatihan.

3. Integrasi CBAM pada backbone YOLOv8n memberikan peningkatan kinerja deteksi dibandingkan model baseline pada konfigurasi eksperimen yang digunakan. Peningkatan tersebut ditunjukkan oleh selisih precision sebesar +0,374, recall sebesar 0,318, mAP@50 sebesar +0,346, dan mAP@50-95 sebesar +0,511. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan mekanisme channel dan spatial attention melalui CBAM memberikan keuntungan empiris terhadap kemampuan model dalam mendeteksi dan membedakan kelas penyakit daun kedelai pada dataset penelitian. Namun, besarnya peningkatan tersebut perlu dipahami dalam konteks karakteristik dataset dan anotasi yang digunakan, khususnya karena bounding box pada penelitian ini dibentuk secara pseudo dari dataset sumber yang pada awalnya berformat klasifikasi. Oleh karena itu, hasil penelitian ini menunjukkan efektivitas CBAM pada konfigurasi eksperimen yang digunakan, tetapi tidak secara langsung menggeneralisasikan besaran peningkatan yang sama pada dataset object detection dengan anotasi bounding box asli..

Secara umum, penelitian ini telah mencapai tujuan yang dirumuskan pada Subbab 1.3, yaitu mengimplementasikan YOLOv8n baseline dan YOLOv8n+CBAM, mengukur kinerja kedua model, serta menganalisis perbedaan kinerjanya melalui eksperimen terkontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa YOLOv8n+CBAM memberikan

kinerja yang lebih baik dibandingkan YOLOv8n baseline pada dataset penyakit daun kedelai yang digunakan. Temuan tersebut mendukung hipotesis penelitian mengenai potensi mekanisme channel dan spatial attention CBAM dalam meningkatkan representasi fitur yang digunakan untuk proses deteksi, dengan tetap mempertimbangkan keterbatasan dataset dan metode anotasi yang digunakan.

5.2 Saran

Berdasarkan keterbatasan penelitian dan temuan yang diperoleh selama eksperimen, beberapa saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan dataset penyakit daun kedelai yang memiliki anotasi bounding box secara manual pada area objek atau gejala penyakit. Penggunaan anotasi asli akan memungkinkan model mempelajari variasi lokasi, ukuran, dan bentuk objek secara lebih realistis sehingga evaluasi mAP dapat merepresentasikan kemampuan deteksi dan lokalisasi objek secara lebih komprehensif. Hal ini juga dapat digunakan untuk memvalidasi apakah peningkatan kinerja CBAM yang diperoleh pada penelitian ini tetap konsisten ketika model diterapkan pada tugas object detection dengan kompleksitas lokalisasi yang sebenarnya.
2. Meskipun penelitian ini telah menggunakan 50 epoch untuk memberikan kesempatan pembelajaran yang lebih memadai kepada kedua model, penelitian selanjutnya dapat mengevaluasi beberapa konfigurasi jumlah epoch atau menerapkan mekanisme

early stopping berbasis performa validasi. Analisis tersebut dapat digunakan untuk menentukan titik konvergensi masing-masing arsitektur serta membedakan keuntungan yang berasal dari peningkatan kecepatan konvergensi dan keuntungan performa akhir setelah model mencapai kondisi stabil.

3. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan dataset dengan jumlah citra yang lebih besar dan distribusi kelas yang lebih seimbang, terutama pada subset valid dan test. Pada penelitian ini, distribusi kelas pada subset train relatif seimbang, tetapi subset valid dan test memiliki jumlah citra yang berbeda antar kelas. Kondisi tersebut perlu diperhatikan karena jumlah sampel yang kecil pada kelas tertentu dapat meningkatkan ketidakpastian dalam interpretasi metrik per kelas dan confusion matrix. Penerapan stratified sampling juga dapat dipertimbangkan untuk menjaga proporsi kelas pada setiap subset.
4. Penelitian selanjutnya dapat melakukan studi ablasi untuk mengetahui kontribusi masing-masing komponen dan posisi CBAM dalam backbone YOLOv8n. Variasi dapat dilakukan dengan mengurangi jumlah titik pemasangan CBAM, mengubah posisi integrasi, atau mengevaluasi konfigurasi hyperparameter CBAM. Selain itu, CBAM dapat dibandingkan secara langsung dengan mekanisme attention alternatif seperti Coordinate Attention, EMA, atau PSA pada dataset dan kondisi eksperimen yang sama untuk mengetahui efektivitas relatif masing-masing pendekatan.

5. Hasil confusion matrix dan evaluasi per kelas dapat digunakan untuk mengidentifikasi kelas penyakit yang masih sulit dibedakan oleh model. Penelitian selanjutnya dapat memberikan perhatian khusus terhadap kelas-kelas tersebut melalui penambahan data, augmentasi yang lebih terarah, analisis karakteristik visual, atau pendekatan pembelajaran yang mampu meningkatkan kemampuan model dalam membedakan gejala penyakit dengan kemiripan visual.
6. Untuk meningkatkan penerapan hasil penelitian, model dapat diuji menggunakan citra daun kedelai yang diperoleh secara langsung di lapangan dengan kondisi pencahayaan, latar belakang, sudut pengambilan gambar, dan tingkat keparahan penyakit yang lebih beragam. Penelitian lanjutan juga dapat mengevaluasi efisiensi model pada perangkat edge atau mobile melalui proses optimasi dan konversi model, serta mengembangkan antarmuka yang dapat digunakan sebagai alat bantu deteksi dini bagi petani maupun penyuluh pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (2024) Impor Kedelai menurut Negara Asal Utama, 2017–2024. Jakarta: Badan Pusat Statistik. Tersedia pada: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/1/MjAxNSMx/impor-kedelai-menurut-negara-asal-utama--2017-2024.html> (Diakses: 13 Juli 2026).
- Barkah, N.M. and 'Uyun, S. (2026) 'Optimization of transfer learning for facial emotion classification on the FER-2013 dataset', *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, in press.
- Chen, C., Lu, X., He, L., Xu, R., Yang, Y. and Qiu, J. (2025) 'Research on soybean leaf disease recognition in natural environment based on improved Yolov8', *Frontiers in Plant Science*, 16, 1523633. doi: 10.3389/fpls.2025.1523633.
- Chien, C.T. et al. (2025) 'YOLOv8-AM: YOLOv8 based on effective attention mechanisms for pediatric wrist fracture detection', *IEEE Access*. doi: 10.1109/ACCESS.2025.3549839.
- Fauzan, Y.R. and 'Uyun, S. (2025) 'Land cover classification in mountainous regions using multi-scale fusion and convolutional neural networks: a case study on Mount Slamet', *Jurnal Online Informatika (JOIN)*, 10(2), pp. 286–298. doi: 10.15575/join.v10i2.1612.
- He, K., Zhang, X., Ren, S. and Sun, J. (2016) 'Deep residual learning for image recognition', in *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. Las Vegas: IEEE, pp. 770–778.
- Hou, Q., Zhou, D. and Feng, J. (2021) 'Coordinate attention for efficient mobile network design', in *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. Nashville: IEEE, pp. 13713–13722. doi: 10.1109/CVPR46437.2021.01350.

- Hu, J., Shen, L. and Sun, G. (2018) 'Squeeze-and-excitation networks', in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Salt Lake City: IEEE, pp. 7132–7141.
- Huo, Y. et al. (2024) 'An improved multi-scale YOLOv8 for apple leaf dense lesion detection and recognition', IET Image Processing, 18, pp. 4913–4927. doi: 10.1049/ipr2.13223.
- Jadhav, S.B., Udup, V.R. and Patil, S.B. (2019) 'Soybean leaf disease detection and severity measurement using multiclass SVM and KNN classifier', International Journal of Electrical and Computer Engineering, 9(5), pp. 4077–4091. doi: 10.11591/ijece.v9i5.pp4077-4091.
- Jocher, G., Chaurasia, A. and Qiu, J. (2023) Ultralytics YOLOv8 (Version 8.0.0) [Perangkat lunak]. Tersedia pada: <https://github.com/ultralytics/ultralytics> (Diakses: 13 Juli 2026).
- Korade, N.B. et al. (2025) 'Proactive soybean disease detection through YOLO leaf extraction and ResNet-50 classification to reduce crop loss and boost productivity', International Journal of Engineering Trends and Technology, 73(1), pp. 385–396. doi: 10.14445/22315381/IJETT-V73I1P133.
- Liu, H., Liu, F., Fan, X. and Huang, D. (2021) 'Polarized self-attention: towards high-quality pixel-wise regression', arXiv preprint, arXiv:2107.00782.
- Liu, S., Qi, L., Qin, H., Shi, J. and Jia, J. (2018) 'Path aggregation network for instance segmentation', in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Salt Lake City: IEEE, pp. 8759–8768.
- Liu, J. and Wang, X. (2021) 'Plant diseases and pests detection based on deep learning: a review', Plant Methods, 17, 22. doi: 10.1186/s13007-021-00722-9.
- Lin, T.Y., Dollár, P., Girshick, R., He, K., Hariharan, B. and Belongie, S. (2017) 'Feature pyramid networks for object detection', in

Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Honolulu: IEEE, pp. 2117–2125.

- Ly, M. and Su, W.H. (2024) 'YOLOV5-CBAM-C3TR: an optimized model based on transformer module and attention mechanism for apple leaf disease detection', *Frontiers in Plant Science*, 14, 1323301. doi: 10.3389/fpls.2023.1323301.
- Ouyang, D., He, S., Zhang, G., Luo, M., Guo, H., Zhan, J. and Huang, Z. (2023) 'Efficient multi-scale attention module with cross-spatial learning', in *ICASSP 2023 – IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*. Rhodes Island: IEEE, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICASSP49357.2023.10096516.
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R. and Farhadi, A. (2016) 'You only look once: unified, real-time object detection', in *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. Las Vegas: IEEE, pp. 779–788.
- Thorwat, M. et al. (2026) *Multi-Class Soybean Leaf Disease Dataset: Healthy and Diseased Leaf Images for Machine Learning*. Mendeley Data, V2. doi: 10.17632/6fhphxg297.2.
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A.N., Kaiser, Ł. and Polosukhin, I. (2017) 'Attention is all you need', in *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*, 30. Long Beach: Curran Associates, pp. 5998–6008.
- Woo, S., Park, J., Lee, J.Y. and Kweon, I.S. (2018) 'CBAM: convolutional block attention module', in *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*. Munich: Springer, pp. 3–19.