UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Convolutional Neural Network Untuk Prediksi Curah Hujan Menggunakan Citra Satelit Dan Radar
Andi Patombongi Mansyur, Prof. Drs. Agus Harjoko, M.Sc., Ph.D.; Moh. Edi Wibowo, M.Kom., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

DISERTASI i
HALAMAN PERSETUJUAN DISERTASI ii
DAFTAR ISI iii
DAFTAR GAMBAR vii
DAFTAR TABEL xi
INTISARI xii
ABSTRACT xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Batasan Penelitian 4
1.4 Tujuan Penelitian 5
1.5 Manfaat Penelitian 5
1.6 Kontribusi Penelitian 6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7
2.1 Perkembangan Penelitian Nowcasting Curah Hujan 7
2.2 Model Deep Learning Berbasis Radar Tunggal 7
2.3 Fusi Radar dengan Data Prediksi Cuaca Numerik (NWP) 9
2.4 Fusi Radar dengan Citra Satelit Geostasioner 10
2.5 Model Multi-Source dan Pendekatan Generatif Terkini 11
2.6 Celah Penelitian dan Posisi Disertasi Ini 13
BAB III LANDASAN TEORI 24
3.1 *Computer Vision* 24
3.1.1 Definisi dan ruang lingkup Visi Komputer 24
3.1.2 Aplikasi *computer vision* di meteorologi dan penginderaan jauh 25
3.2 Satelit *Geostationer* 27
3.2.1 Konsep Orbit *Geostationer* 27
3.2.2 Kelebihan dan Keterbatasan Satelit *Geostationer* Untuk Pemantauan Cuaca 29
3.3 Satelit Polar 31
3.4 Satelit Himawari 32

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Convolutional Neural Network Untuk Prediksi Curah Hujan Menggunakan Citra Satelit Dan Radar
Andi Patombongi Mansyur, Prof. Drs. Agus Harjoko, M.Sc., Ph.D.; Moh. Edi Wibowo, M.Kom., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.4.1 *Brightness Temperature Difference* (BTD) 33
3.5 Radar Curah Hujan 35
3.5.1 Prinsip Dasar: 35
3.5.2 Jenis Radar: 37
3.5.3 Pengukuran Curah Hujan: 38
3.6 Convolutional Neural Network 41
3.7 U-NET 44
3.7.1 Arsitektur dasar U-Net (*encoder–decoder* dan skip connection) 44
3.7.2 Attention U-Net dan modul ASPP (*Atrous Spatial Pyramid Pooling*) 46
3.8 Dilated Convolution 49
3.9 *Depthwise Separable Convolution* 51
3.10 *Atrous Spatial Pyramid Pooling* (ASPP) 51
3.11 Seleksi Model Multiobjektif Berbasis Pareto 52
3.12 Korelasi Pearson 54
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 57
4.1 Desain Umum Penelitian 57
4.2 Lokasi Penelitian dan Sumber Data 59
4.2.1 Lokasi dan Sistem Radar 59
4.2.2 Data Radar Curah Hujan 60
4.2.3 Data Satelit Himawari-8 63
4.3 Pra-Pemrosesan Data dan Pembentukan *Dataset* 67
4.3.1 Konversi dan Ekstraksi Data Radar 67
4.3.2 Pra-Pemrosesan Citra Satelit Himawari-8 76
4.3.3 Penyelarasan Spasial dan *Temporal* Radar–Satelit 77
4.3.4 Perhitungan Fitur Turunan Satelit 79
4.4 Pemodelan Reflektivitas Radar dari Citra Satelit 81
4.4.1 Formulasi Masalah 81
4.4.2 Konstruksi *Dataset* 83
4.4.3 Arsitektur U-Net untuk Rekonstruksi CREF 86
4.4.4 Konfigurasi *Input–Output* dan Skenario Kanal 88
4.4.5 Protokol Pelatihan Model dan Evaluasi 89
4.5 Metodologi Klasifikasi Curah Hujan Berbasis Fusi Radar–Satelit 91
4.5.1 Imputasi Data Radar 91
4.5.2 Konversi *Radar Reflectivity* ke *Rainfall Rate* 93

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Convolutional Neural Network Untuk Prediksi Curah Hujan Menggunakan Citra Satelit Dan Radar
Andi Patombongi Mansyur, Prof. Drs. Agus Harjoko, M.Sc., Ph.D.; Moh. Edi Wibowo, M.Kom., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.5.3 Definisi Target / Label Klasifikasi 95
4.5.4 Konstruksi *Dataset* 97
4.5.5 Arsitektur Model 106
4.5.6 Embedded Targets and Loss 110
4.5.7 Protokol Pelatihan 111
4.5.8 Metrik Evaluasi (*Evaluation Metrics*) 114
BAB V HASIL PEMODELAN REFLEKTIVITAS RADAR DARI CITRA SATELIT 117
5.1 Pengantar 117
5.2 Hasil Evaluasi Statistik Pemodelan CREF pada Berbagai Konfigurasi Kanal *Input* 117
5.3 Hasil Kuantitatif: Model U-Net Berbasis Kanal VIS/NIR (*Daytime* Model) 119
5.3.1 Skenario Pengujian Kanal VIS/NIR 119
5.3.2 Perbandingan Kinerja MSE dan MAE 119
5.3.3 Interpretasi dan Implikasi Pemilihan Kanal *Daytime* 122
5.4 Hasil Kuantitatif: Model U-Net Berbasis Kanal IR (*Nighttime* Model) 122
5.4.1 Skenario Pengujian Kanal IR 122
5.4.2 Perbandingan Kinerja MSE dan MAE 123
5.4.3 Interpretasi dan Implikasi Pemilihan Kanal *Nighttime* 125
5.5 Perbandingan Model Terbaik VIS vs IR: Stabilitas, Variabilitas Error, dan Ringkasan Statistik 125
5.5.1 Perbandingan tingkat error pusat (central tendency) 127
5.5.2 Stabilitas dan variabilitas error (IQR dan rentang) 127
5.5.3 Implikasi praktis untuk pemilihan model dan penggunaan pada Tahap berikutnya 128
5.6 Evaluasi Kualitatif: Visualisasi Prediksi CREF dan Analisis Kasus 128
5.6.1 Desain Visualisasi dan Pemilihan Sampel 129
5.6.2 Analisis Kasus pada Model VIS/NIR (*Daytime*) 129
5.6.3 Analisis Kasus pada Model IR (*Nighttime*) 131
5.6.4 Ringkasan Temuan Kualitatif dan Implikasi 132
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN KLASIFIKASI CURAH HUJAN MENGGUNAKAN CITRA SATELIT DAN RADAR 133
6.1 Perbandingan 10 Skenario Fusi Satelit–Radar vs *Only-Radar* 133
6.1.1 Ringkasan Performa Untuk Seluruh Skenario 133
6.1.2 Analisis berbasis kelompok spektral (VIS/NIR, IR/BTD, Gabungan VIS/NIR+IR, *Only-Radar*) 138

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Convolutional Neural Network Untuk Prediksi Curah Hujan Menggunakan Citra Satelit Dan Radar
Andi Patombongi Mansyur, Prof. Drs. Agus Harjoko, M.Sc., Ph.D.; Moh. Edi Wibowo, M.Kom., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

6.2 Analisis Trade-*off* dan Seleksi Model Multiobjektif 143
6.2.1 Trade-*off* PR-AUC vs F1 143
6.2.2 Trade-*off* Antar Kelas: Kinerja T1 vs T3 pada *Threshold* 0,5 145
6.2.3 Trade-*off* TS vs Bias 147
6.2.4 Korelasi Antar Metrik Macro 149
6.2.5 Seleksi Pareto multiobjektif 4D 152
6.3 Perbandingan IR/BTD+Radar vs *Radar-only* pada *Lead* (10, 30, 60 Menit) 156
6.4 Analisis Peningkatan Relatif (Δ) Terhadap *Baseline* Radar + Angin 161
6.5 Studi Ablasi Arsitektur U-Net + ASPP dan 3D STEM *Temporal* 166
6.6 Evaluasi Kualitatif 176
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN 181
7.1 Kesimpulan 181
7.2 Saran 182
DAFTAR PUSTAKA 183
LAMPIRAN 190
A. Kode Program 190
A.1 Imputasi *Dataset* Radar 190
A.2 Imputasi *Dataset* Satelit Himawari 8 dengan Interpolasi Linear 190
A.3 Membuat Data Target T1/T2/T3 191
A.4 Model U-Net Untuk Prediksi *Radar Composite Reflectivity* (CREF) 192
A.5 Fungsi *Atrous Spatial Pyramid Pooling* (ASPP) 193
A.6 Fungsi 3D STEM *Temporal* 193
B. Hasil Evaluasi 194
B.1 *Train* VS Validasi Model *Input Only-Radar* 194
B.2 *Train* VS Validasi Model *Input* CH6_CH8_CH13 196
B.3 *Train* VS Validasi Model *Input* CH14_BTD11-14_BTD14-15 198
B.4 Validasi Model *Default* U-Net VS U-Net +ASPP+3D STEM 200

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Convolutional Neural Network Untuk Prediksi Curah Hujan Menggunakan Citra Satelit Dan Radar
Andi Patombongi Mansyur, Prof. Drs. Agus Harjoko, M.Sc., Ph.D.; Moh. Edi Wibowo, M.Kom., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1. Prinsip Fungsi Radar Cuaca (Binetti et al., 2022)..... 40
Gambar 3. 2. Contoh konvolusi 2-D tanpa pembalikan kernel (Goodfellow, Bengio and Courville, 2016) 44
Gambar 3. 3. Arsitektur U-NET (Ronneberger, Fischer and Brox, 2015)..... 45
Gambar 3. 4 Ilustrasi *Dilated Convolution* (Wang et al., 2024a) 49
Gambar 3. 5 Ilustrasi *Depthwise Separable Convolution* (Junejo and Ahmed, 2021) 51
Gambar 3. 6 Ilustrasi *Atrous Spatial Pyramid Pooling* (ASPP) (Chen et al., 2018)... 52
Gambar 4. 1 Diagram alir tahapan penelitian dan keterkaitan Tahap Rekonstruksi CREF dan Tahap Klasifikasi Curah Hujan. 59
Gambar 4. 2 Lokasi Penelitian..... 60
Gambar 4. 3 Histogram distribusi jumlah piksel terhadap nilai reflektivitas radar (dBZ) pada periode 1 Januari–29 Februari 2024 di domain 280 km × 280 km sekitar Radar Maritim Kendari (sumbu vertikal dalam skala logaritmik)..... 63
Gambar 4. 4 Visualisasi Citra Satelit Wilayah Sulawesi. Gambar Kiri Adalah Gambar RGB Band 1-3 Dan Gambar Kanan Adalah Gambar RGB Band 4-6..... 65
Gambar 4. 5 Citra Satelit Band 1-6 Area Sulawesi Pada Tanggal 30 April 2021 Pukul 07 UTC. 66
Gambar 4. 6 Citra Satelit Band 7-16 Area Sulawesi Pada Tanggal 30 April 2021 Pukul 07 UTC 67
Gambar 4. 7 Diagram Alir Tahapan Konversi Dan Ekstraksi Data Radar Dari Format Vol BMKG Menjadi *Dataset* Npz Siap Pemodelan..... 69
Gambar 4. 8 Diagram Alir Proses Konversi File Radar Netcdf4 *Generic* Menjadi Netcdf4 Grid *Curvilinear* Kartesius Menggunakan Py-ART dan Xarray..... 70
Gambar 4. 9 Contoh Peta Reflektivitas Radar (DBZH) pada Grid Koordinat *Curvilinear* Dan Histogram Distribusi DBZH Untuk Satu Scan Radar Tanggal 14 Januari 2024 Pukul 05.50 UTC Setelah Konversi Dari NetCDF4 *Generic*..... 71
Gambar 4. 10 Diagram Alir Proses Reproyeksi Dari Grid *Curvilinear* Ke Grid Kartesius Lonlat Regular..... 72
Gambar 4. 11 Contoh peta reflektivitas radar (DBZH) pada grid lon–lat reguler dan histogram distribusi DBZH untuk satu *scan* radar tanggal 14 Januari 2024 Pukul 05.50 UTC setelah reproyeksi dari grid *curvilinear*..... 73

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Convolutional Neural Network Untuk Prediksi Curah Hujan Menggunakan Citra Satelit Dan Radar
Andi Patombongi Mansyur, Prof. Drs. Agus Harjoko, M.Sc., Ph.D.; Moh. Edi Wibowo, M.Kom., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 4. 12 Diagram alir proses ekstraksi dan reduksi data radar lon–lat 2560 × 2560 menjadi matriks 128 × 128 dan penyimpanannya sebagai *dataset* NPZ untuk pemodelan. 75
Gambar 4. 13 Contoh peta reflektivitas radar (DBZH) dan histogramnya setelah ekstraksi dan reduksi dari grid lon–lat 2560 × 2560 menjadi matriks 128 × 128 untuk *scan* radar tanggal 14 Januari 2024 Pukul 05.50 UTC. 76
Gambar 4. 14 Contoh pasangan citra Himawari-8 (kiri) dan reflektivitas radar DBZH (kanan) yang telah diselaraskan secara spasial dan *temporal* pada grid 128 × 128 piksel untuk kasus 14 Januari 2024 pukul 05.50 UTC di wilayah sekitar Kendari. 79
Gambar 4. 15 Matriks ketersediaan gabungan data radar dan citra satelit pada Januari–Februari 2024 di wilayah penelitian. 85
Gambar 4. 16 Arsitektur U-Net untuk Rekonstruksi CREF 88
Gambar 4. 17 Konversi Reflektivitas Radar ke Target Presipitasi Biner..... 97
Gambar 4. 18 Layer *Input* dan *Output* 99
Gambar 4. 19 Distribusi jumlah sampel per hari untuk masing-masing split (Train, *Validation*, *Test*) selama Januari–Februari 2024. Warna biru menunjukkan hari pelatihan, jingga hari validasi, dan hijau hari pengujian. 104
Gambar 4. 20 *Temporal 2D-3D UNet-like Model Architecture* 108

Gambar 5. 1 Perbandingan *Validation* MSE (a) dan *Validation* MAE (b) pada epoch ke-300 untuk model U-Net dengan masukan kanal VIS/NIR CH1–CH6 serta kombinasi kanal (CH1–3, CH4–6, dan CH1–6). 121
Gambar 5. 2 Perbandingan *Validation* MSE (a) dan *Validation* MAE (b) pada epoch ke-300 untuk model U-Net dengan masukan kanal inframerah (IR) Himawari-8: kanal tunggal CH7–CH16, kombinasi seluruh kanal CH7–16, serta kombinasi selektif CH-Com (CH7, CH8, CH9, CH12, CH15). 124
Gambar 5. 3 Perbandingan Distribusi Error Validasi Antara Model Terbaik VIS/NIR Dan IR pada Epoch Ke-300 Menggunakan Boxplot: (a) MSE dan (b) MAE. 126
Gambar 5. 4 Contoh Visualisasi Evaluasi Kualitatif Hasil Pemodelan CREF: Perbandingan *Input* Satelit, CREF *Ground Truth*, dan CREF Prediksi Untuk Dua Skenario—(a) *Nighttime* Model Berbasis Kanal IR dan (b) *Daytime* Model Berbasis Kanal VIS..... 130

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Convolutional Neural Network Untuk Prediksi Curah Hujan Menggunakan Citra Satelit Dan Radar
Andi Patombongi Mansyur, Prof. Drs. Agus Harjoko, M.Sc., Ph.D.; Moh. Edi Wibowo, M.Kom., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 6. 1 Perbandingan kinerja metrik *macro* untuk seluruh skenario *input* (P1–P11) *macro*_F1@0,5 135
Gambar 6. 2 Perbandingan kinerja metrik *macro* untuk seluruh skenario *input* (P1–P11) *macro*_Bias@0,5. 136
Gambar 6. 3 Perbandingan kinerja metrik *macro* untuk seluruh skenario *input* (P1–P11) *macro*_PR-AUC. 136
Gambar 6. 4 Perbandingan kinerja metrik *macro* untuk seluruh skenario *input* (P1–P11) *macro_Threat Score* (TS)@0,5. 137
Gambar 6. 5 Perbandingan *macro_Bias@0,5* Berdasarkan Kelompok Spektral (VIS/NIR, IR/BTD, Gabungan VIS/NIR+IR, *Only-Radar*). 139
Gambar 6. 6 Perbandingan *macro*_F1@0,5 berdasarkan kelompok spektral (VIS/NIR, IR/BTD, Gabungan VIS/NIR+IR, *Only-Radar*). 140
Gambar 6. 7 Perbandingan *macro_Threat*@0,5 (TS) berdasarkan kelompok spektral (VIS/NIR, IR/BTD, Gabungan VIS/NIR+IR, *Only-Radar*)..... 141
Gambar 6. 8 Perbandingan *macro*_PR_AUC berdasarkan kelompok spektral (VIS/NIR, IR/BTD, Gabungan VIS/NIR+IR, *Only-Radar*). 142
Gambar 6. 9 Trade-*off* PR-AUC vs F1. 144
Gambar 6. 10 Trade-*off* antar kelas pada *threshold* 0,5: sebaran hubungan F1-score kelas T1 (T1_F1@0,5) terhadap F1-score kelas T3 (T3_F1@0,5). 146
Gambar 6. 11 Trade-*off Threat Score* (TS) makro terhadap Bias makro pada *threshold* 0,5. 148
Gambar 6. 12 Korelasi Pearson Antar Metrik Macro 151
Gambar 6. 13 Visualisasi Trade-Off Macro PR-AUC vs Macro F1@0,5 153
Gambar 6. 14 Perbandingan F1-score per kelas (C1–C3) terhadap *lead time* (10, 30, 60 menit) untuk konfigurasi IR/BTD+Radar (garis solid) dan *Radar-only* (garis putus-putus). 157
Gambar 6. 15 Perbandingan *Threat Score* (TS) per kelas (C1–C3) terhadap *lead time* (10, 30, 60 menit) untuk konfigurasi IR/BTD+Radar (garis solid) dan *Radar-only* (garis putus-putus). 158
Gambar 6. 16 Perbandingan PR-AUC per kelas (C1–C3) terhadap *lead time* (10, 30, 60 menit) untuk konfigurasi IR/BTD+Radar (garis solid) dan *Radar-only* (garis putus-putus). 159

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Convolutional Neural Network Untuk Prediksi Curah Hujan Menggunakan Citra Satelit Dan Radar
Andi Patombongi Mansyur, Prof. Drs. Agus Harjoko, M.Sc., Ph.D.; Moh. Edi Wibowo, M.Kom., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 6. 17 Perbandingan Bias per kelas (C1–C3) terhadap *lead time* (10, 30, 60 menit) untuk konfigurasi IR/BTD+Radar (garis solid) dan *Radar-only* (garis putus-putus). 160

Gambar 6. 18 Peningkatan relatif (Δ) F1-score terhadap *Radar-only* pada *lead time* 30 dan 60 menit untuk setiap kelas (C1–C3). 163

Gambar 6. 19 Peningkatan relatif (Δ) *Threat Score* (TS) terhadap *Radar-only* pada *lead time* 30 dan 60 menit untuk setiap kelas (C1–C3)..... 164

Gambar 6. 20 Peningkatan relatif (Δ) Bias terhadap *Radar-only* pada *lead time* 30 dan 60 menit untuk setiap kelas (C1–C3). 165

Gambar 6. 21 Perbandingan F1-score per kelas (C1–C3) pada data uji untuk U-Net + ASPP + 3D STEM *temporal* dibanding U-Net *baseline* pada ambang 0,5..... 169

Gambar 6. 22 Perbandingan *Threat Score* (TS) per kelas (C1–C3) pada data uji untuk U-Net + ASPP + 3D STEM *temporal* dibanding U-Net *baseline* pada ambang 0,5. 171

Gambar 6. 23 Perbandingan PR-AUC per kelas (C1–C3) pada data uji untuk U-Net + ASPP + 3D STEM *temporal* dibanding U-Net *baseline*..... 172

Gambar 6. 24 Perbandingan Bias per kelas (C1–C3) pada data uji untuk U-Net + ASPP + 3D STEM *temporal* dibanding U-Net *baseline* pada ambang 0,5..... 173

Gambar 6. 25 Perbandingan metrik makro pada data uji (*test*) antara U-Net+ASPP+3D STEM *temporal* dan U-Net *baseline*, meliputi PR-AUC (*macro*), F1@0,5 (*macro*), *Threat Score*/TS@0,5 (*macro*), dan Bias@0,5 (*macro*). 175

Gambar 6. 26 Perbandingan kualitatif klasifikasi curah hujan biner pada *lead time* prediksi 30 dan 60 menit untuk Target = 20240115_1150 (15 Januari 2024, 11:50 UTC): *Radar-only* vs IR/BTD+Radar pada kelas C1, C2, dan C3. 178

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Convolutional Neural Network Untuk Prediksi Curah Hujan Menggunakan Citra Satelit Dan Radar
Andi Patombongi Mansyur, Prof. Drs. Agus Harjoko, M.Sc., Ph.D.; Moh. Edi Wibowo, M.Kom., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ringkasan Referensi Utama Tinjauan Pustaka Klasifikasi/Nowcasting Curah Hujan 15
Tabel 3. 1. Jalur Frekuensi Radar Cuaca Dan Panjang Gelombang 39
Tabel 4. 1 Spesifikasi Data Satelit Himawari 8 64
Tabel 4. 2 Produk *Brightness Temperature Difference* (BTD) AHI Himawari-8 Yang Digunakan Untuk Nowcasting Presipitasi.....80
Tabel 4. 3 Hiperparameter pelatihan model U-Net untuk rekonstruksi CREF 90
Tabel 4. 4 Definisi dan Distribusi Kelas 97
Tabel 4. 5 Tabel scenario (3 kanal satelit) *input* pengujian 105
Tabel 4. 6 Hiperparameter Training.....112
Tabel 5. 1 Ringkasan Statistik Deskriptif Untuk Error Validasi MSE (dBZ^2) dan MAE (dBZ) Pada Model Terbaik VIS/NIR dan IR (epoch ke-300). 126
Tabel 6. 1 Ringkasan performa uji pada *test*-set untuk seluruh skenario *input* (P1–P11): F1-score, *Threat Score* (TS), Bias, dan PR-AUC per kelas (C1–C3) 134
Tabel 6. 2 Hasil seleksi Pareto multiobjektif 4D untuk seluruh skenario *input*.....154
Tabel 6. 3 Perbandingan kinerja model pada berbagai *lead time* (10, 30, dan 60 menit) untuk dua konfigurasi *input*.....156
Tabel 6. 4 Ringkasan peningkatan relatif (Δ) metrik ΔF1-score, ΔThreat *Score* (ΔTS), dan ΔBias (ΔBIAS) terhadap *Radar-only* pada *lead time* 30 dan 60 menit untuk setiap kelas (C1–C3).....162
Tabel 6. 5 Hasil studi ablasi pada data uji (*test*) untuk perbandingan U-Net + ASPP + 3D STEM *temporal* dan U-Net *baseline*.....167
Tabel 6. 6 Perbandingan kinerja agregat (*macro*) dan kompleksitas komputasi antara U-Net+ASPP+3D STEM *temporal* dan U-Net *baseline* pada data uji.....174