

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
SURAT PERNYATAAN KEBENARAN DOKUMEN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	9
1.3 Tujuan	9
1.4 Manfaat	9
1.5 Batasan Penelitian	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Tanaman Kelapa Sawit	11
2.2 Tanaman Belum Menghasilkan Kelapa Sawit	12
2.3 Gejala Visual dan Penyebab Gangguan Kesehatan pada Kelapa Sawit	14
2.4 <i>Unmanned Aerial Vehicle</i> (UAV)	16
2.5 <i>Deep Learning</i>	18
2.6 <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN)	20
2.7 <i>Object Detection</i>	21
2.8 <i>You Only Look Once</i> YOLO	23
2.9 <i>Visible Atmospherically Resistant Index</i> (VARI)	25
2.10 Klasifikasi Kesehatan Tanaman Kelapa Sawit	26
2.11 Akurasi Deteksi	27

2.12 ArcGIS.....	29
2.12 Kerangka Pemikiran	32
2.13 Penelitian Sebelumnya	33
BAB III METODE PENELITIAN.....	37
3.1 Lokasi Penelitian	37
3.2 Alat dan Bahan	39
3.3 Tahapan Pelaksanaan	41
3.3.1 Persiapan <i>Dataset</i>	41
3.3.2 Pengolahan <i>Dataset</i>	42
3.3.3 Pelatihan Model	46
3.3.4 Evaluasi Performa Model	50
3.3.5 Implementasi Model ke Seluruh Blok Perkebunan	51
3.3.6 <i>Monitoring</i> Kesehatan Kelapa Sawit melalui <i>Dashboard</i>	52
3.4 Diagram Alir.....	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	55
4.1 Pengumpulan <i>Dataset</i>	55
4.2 <i>Labelling Dataset</i>	58
4.2.1 Hasil Perhitungan VARI.....	58
4.2.2 Klasifikasi Kesehatan Kelapa Sawit	59
4.2.3 Penyederhanaan Kelas	60
4.2.4 Hasil Pengecekan Visual	61
4.3 <i>Dataset Training</i> dan <i>Validation</i>	63
4.3.1 <i>Dataset</i> Pertama	63
4.3.2 <i>Dataset</i> Kedua.....	64
4.4 Pelatihan Model.....	65

4.4.1 Pelatihan Model Pertama (6 Bulan).....	65
4.4.2 Pelatihan Model Kedua (6 dan 18 Bulan).....	67
4.5 Evaluasi Performa Model	72
4.5.1 Inspeksi Visual.....	72
4.5.2 Inspeksi Lapangan	73
4.5.3 Hasil Temuan Lapangan	76
4.5.4 Analisis Gap Performa Model	78
4.5.5 Kesimpulan Performa Model.....	81
4.5.6 Perbandingan dengan penelitian sebelumnya	82
4.6 Implementasi Model ke Seluruh Blok Perkebunan	84
4.6.1 Implementasi Model Usia 6 Bulan	86
4.6.2 Implementasi Model Usia 18 Bulan	87
4.6.3 Analisis Kemampuan Ekstraksi Fitur YOLOv3	89
4.7 <i>Monitoring</i> Kesehatan Kelapa Sawit melalui <i>Dashboard</i>	90
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	98
5.1 Kesimpulan.....	98
5.2 Saran	99
DAFTAR PUSTAKA	101
LAMPIRAN	110
Lampiran 1. Tabel Hasil Inspeksi Lapangan Blok Perkebunan 004 Usia 6 Bulan	110
Lampiran 2. Tabel Hasil Inspeksi Lapangan Blok Perkebunan 005 Usia 18 Bulan	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Negara dengan Produktivitas Kelapa Sawit Tertinggi Di Dunia, Rata-rata 2018-2022	1
Gambar 1. 2. Grafik Perbandingan Hasil Potensial, Hasil Terbatas Nutrisi/Air, Dan Hasil Aktual Kelapa Sawit.....	2
Gambar 1. 3. Deep Learning Object Detection Meta-Architectures.....	4
Gambar 1. 4. Ketampakan Tanaman Kelapa Sawit yang Tidak Sehat Akibat Kekurangan Nutrisi dan Penyakit Ganoderma.....	6
Gambar 1. 5. Ketampakan Foto Udara Tanaman Kelapa Sawit fase TBM Sehat dan Tidak Sehat.....	7
Gambar 2. 1. Peta Sebaran Produksi Minyak Sawit di Indonesia, Rata-rata 2020-2024.....	11
Gambar 2. 2. Ketampakan Tanaman Kelapa Sawit Fase TBM Tidak Sehat	14
Gambar 2. 3. Traditional Machine Learning vs Deep Learning	19
Gambar 2. 4. Struktur CNN	20
Gambar 2. 5. Deep Learning Object Detection Meta-Architectures.....	21
Gambar 2. 6. Tahapan model YOLO v3	23
Gambar 2. 7. Prediksi Bounding Box pada YOLOv3.....	24
Gambar 2. 8. Confusion Matrix	27
Gambar 2. 9. Kerangka Pemikiran.....	33
Gambar 3. 1. Peta Lokasi Penelitian	38
Gambar 3. 2. Desain Dashboard	52
Gambar 3. 3. Diagram Alir	54
Gambar 4. 1. Contoh False Positive pada Klasifikasi VARI: Tanaman dengan Ciri Visual Tidak Sehat Terklasifikasi Sehat	61
Gambar 4. 2. Statistic Report Dataset 1	63
Gambar 4. 3. Tampilan Gambar Chips Dataset 1	64
Gambar 4. 4. Statistic Report Dataset 2	64
Gambar 4. 5. Tampilan Gambar Chips Dataset 2	64
Gambar 4. 6. Grafik Loss Pelatihan Model Pertama	66
Gambar 4. 7. Nilai AP Pelatihan Model Pertama	66

Gambar 4. 8. Prediksi Model 1a	67
Gambar 4. 9. Prediksi Model 1b	67
Gambar 4. 10. Grafik Loss Pelatihan Model Kedua	68
Gambar 4. 11. Nilai AP Pelatihan Model Kedua	69
Gambar 4. 12. Prediksi Model 2a.....	69
Gambar 4. 13. Prediksi Model 2b	70
Gambar 4. 14. Perbandingan Nilai Precision, Recall, dan F1-score pada Inspeksi Visual Kondisi Tanaman Kelapa Sawit Usia 6 Bulan di Blok 004.	72
Gambar 4. 15. Perbandingan Nilai Precision, Recall, dan F1-score pada Inspeksi Visual Kondisi Tanaman Kelapa Sawit Usia 18 Bulan di Blok 005.....	73
Gambar 4. 16. Dokumentasi Inspeksi Lapangan	74
Gambar 4. 17. Perbandingan Nilai Precision, Recall, dan F1-score pada Inspeksi Lapangan Kondisi Tanaman Kelapa Sawit Usia 6 Bulan di Blok 004.	75
Gambar 4. 18. Perbandingan Nilai Precision, Recall, dan F1-score pada Inspeksi Lapangan Kondisi Tanaman Kelapa Sawit Usia 18 Bulan di Blok 005.	75
Gambar 4. 19. Perbandingan Ketampakan Visual dan Lapangan Pohon Kelapa Sawit Sehat Usia 6 bulan.....	76
Gambar 4. 20. Perbandingan Ketampakan Visual dan Lapangan Pohon Kelapa Sawit Menguning/Klorosis Usia 6 bulan.	77
Gambar 4. 21. Perbandingan Ketampakan Visual dan Lapangan Pohon Kelapa Sawit Sehat Usia 18 bulan.....	77
Gambar 4. 22. Perbandingan Ketampakan Visual dan Lapangan Pohon Kelapa Sawit Menguning/Klorosis Usia 18 bulan.	77
Gambar 4. 23. Perbandingan Ketampakan Visual dan Lapangan Pohon Kelapa Sawit Terserang Oryctes Usia 18 bulan.	78
Gambar 4. 24. Perbandingan F1-score pada Evaluasi Kondisi Tanaman Kelapa Sawit Usia 6 Bulan di Blok 006 dan 007.	86
Gambar 4. 25. Implementasi Model Blok Perkebunan 006	86
Gambar 4. 26. Implementasi Model Blok Perkebunan 007	87
Gambar 4. 27. Perbandingan F1-score pada Evaluasi Kondisi Tanaman Kelapa Sawit Usia 18 Bulan di Blok 008, 009, dan 0010	87

Gambar 4. 28. Implementasi Model Blok Perkebunan 008	88
Gambar 4. 29. Implementasi Model Blok Perkebunan 009	88
Gambar 4. 30. Implementasi Model Blok Perkebunan 010	89
Gambar 4. 31. Tampilan Dashboard Secara Keseluruhan	91
Gambar 4. 32. Fitur Category Selector Usia Tanam	91
Gambar 4. 33. Fitur Category Selector Periode Foto Udara	92
Gambar 4. 34. Fitur Category Selector Kode Blok Perkebunan	92
Gambar 4. 35. Fitur Bar Chart Perbandingan Kesehatan Per Blok Perkebunan...	93
Gambar 4. 36. Fitur Pie Chart Perbandingan Kesehatan Tanaman (Peringatan >20% tanaman tidak sehat).....	94
Gambar 4. 37. Fitur Pie Chart Perbandingan Kesehatan Tanaman (Peringatan <20% tanaman tidak sehat).....	94
Gambar 4. 38. Fitur Indikator Jumlah Pohon.....	95
Gambar 4. 39. Fitur Indikator Area Perkebunan (Hektar)	95
Gambar 4. 40. Fitur Indikator SPH (Stand Per Hectares) dengan systems alert...	95
Gambar 4. 41. Fitur Sidebar	96

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Karakteristik Visual Kelapa Sawit Sehat dan Tidak Sehat	7
Tabel 2. 1. Empat Fase Kritis Siklus Produksi Kelapa Sawit	12
Tabel 2. 2. Perbandingan Spesifikasi dan Biaya Akuisisi Data UAV dan Satelit	18
Tabel 2. 3. Penelitian Sebelumnya	34
Tabel 3. 1. Alat Penelitian	39
Tabel 3. 2. Bahan Penelitian	40
Tabel 3. 3. Spesifikasi foto udara	42
Tabel 3. 4. Tabel Perbandingan Keunggulan VARI Dibandingkan NDVI	43
Tabel 3. 5. Parameter pada Export Training Data for Deep Learning	45
Tabel 3. 6. Perbandingan Metode Pelatihan Model Deep Learning Berbasis ArcGIS Pro dan Jupyter Notebook	46
Tabel 3. 7. Perbandingan Metode Pelatihan Model Deep Learning Berbasis ArcGIS Pro dan Jupyter Notebook	48
Tabel 3. 8. Parameter pada Training Data for Deep Learning	49
Tabel 4. 1. Karakteristik Visual Kondisi Tanaman Sehat dan Tidak Sehat Fase TBM	57
Tabel 4. 2. Tampilan Citra VARI Pada Usia 6 Bulan dan 18 Bulan	59
Tabel 4. 3. Distribusi Kesehatan Kelapa Sawit Usia 6 Bulan Berdasarkan VARI pada Train Dataset 001	60
Tabel 4. 4. Distribusi Akhir Kelas Kesehatan Setelah Pengecekan Visual (Training Dataset 001, Usia 6 Bulan)	62
Tabel 4. 5. Distribusi Akhir Kelas Kesehatan Setelah Pengecekan Visual (Training Dataset 002, Usia 6 Bulan)	62
Tabel 4. 6. Distribusi Akhir Kelas Kesehatan Setelah Pengecekan Visual (Training Dataset 003, Usia 18 Bulan)	62
Tabel 4. 7. Distribusi Akhir Kelas Kesehatan Setelah Pengecekan Visual (Validation Dataset 004, Usia 6 Bulan)	62
Tabel 4. 8. Distribusi Akhir Kelas Kesehatan Setelah Pengecekan Visual (Validation Dataset 005, Usia 18 Bulan)	62
Tabel 4. 9. Pelatihan Model Pertama (Epoch 5)	65

Tabel 4. 10. Pelatihan Model Kedua (Epoch 17/20).....	68
Tabel 4. 11. Distribusi Akhir Kelas Kesehatan Setelah Pengecekan Visual (Training Dataset 001, 002, dan 003).....	71
Tabel 4. 12. Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya.	84
Tabel 4. 13. Jumlah Kelas Kesehatan Pada Keseluruhan Blok Perkebunan.....	85