Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

PEMANFAATAN INDEKS VEGETASI UNTUK DETEKSI TINGKAT KEPARAHAN PENYAKIT DAUN PADA TANAMAN *Eucalyptus pellita* MENGGUNAKAN UAV MULTISPEKTRAL

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi syarat penyusunan skripsi S-1
pada Program Studi Kartografi dan Penginderan Jauh
Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada

Oleh:

Abeer Firdaus Adiva Hadi

NIM. 20/458629/GE/09312

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS GEOGRAFI
DEPARTEMEN SAINS INFORMASI GEOGRAFI
YOGYAKARTA
2024

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

HALAMAN PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul

PEMANFAATAN INDEKS VEGETASI UNTUK DETEKSI TINGKAT KEPARAHAN PENYAKIT DAUN PADA TANAMAN *Eucalyptus pellita* MENGGUNAKAN UAV MULTISPEKTRAL

Disusun oleh:

Abeer Firdaus Adiva Hadi
20/458629/GE/09312

Diuji pada hari dan tanggal,
Senin, 1 Juli 2024

Dinyatakan lulus ujian skripsi pada hari dan tanggal,
Senin, 1 Juli 2024

Oleh Tim Penguji Skripsi,

Tim Penguji Skripsi	Nama Lengkap	Tanda Tangan
Pembimbing Utama	Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.	
Penguji 1	Dr. Taufik Hery Purwanto, S. Si., M.Si.	
Penguji 2	Prof. Dr. Eko Haryono, M.Si.	

Yogyakarta, 16 Juli 2024
Wakil Dekan Bidang Pendidikan,
Pengajaran, dan Kemahasiswaan,

Prof. Muhammad Kamal, S.Si., M.GIS., Ph.D.
NIP. 197905092005011016

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

HALAMAN PERNYATAAN

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Abeer Firdaus Adiva Hadi
NIM	: 20/458629/GE/09312
Tahun Terdaftar	: 2020
Program Studi	: Kartografi dan Penginderaan Jauh
Fakultas/Sekolah	: Fakultas Geografi

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah ~~Tugas Akhir~~/Skripsi/~~Tesis/Disertasi~~* ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga pendidikan tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan sumbernya secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dengan demikian saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi dan apabila dokumen ilmiah ~~Tugas Akhir~~/Skripsi/~~Tesis/Disertasi~~* ini di kemudian hari terbukti merupakan plagiasi dari hasil karya penulis lain dan/atau dengan sengaja mengajukan karya atau pendapat yang merupakan hasil karya penulis lain, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 19 Juni 2024



Abeer Firdaus Adiva Hadi

*pilih salah satu yang sesuai

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

PEMANFAATAN INDEKS VEGETASI UNTUK DETEKSI TINGKAT KEPARAHAN PENYAKIT DAUN PADA TANAMAN *Eucalyptus pellita* MENGGUNAKAN UAV MULTISPEKTRAL

Oleh:
Abeer Firdaus Adiva Hadi
20/458629/GE/09312

INTISARI

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) dan indeks vegetasi telah banyak dimanfaatkan untuk menilai kesehatan tanaman. Keberadaan UAV yang dapat membawa sensor multispektral memungkinkan kegiatan pemantauan kesehatan tanaman dapat dilakukan berdasarkan nilai spektralnya. Tanaman *Eucalyptus pellita* menjadi salah satu tanaman Hutan Tanaman Industri yang banyak dibudidayakan di Indonesia yang memiliki risiko tinggi terserang penyakit daun. Beberapa indeks vegetasi yang ada memiliki karakteristik yang berbeda sehingga dapat menghasilkan akurasi yang berbeda dalam mengenali keparahan penyakit daun. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah mengetahui proses akuisisi foto udara yang efektif menggunakan UAV multispektral dan mengetahui indeks vegetasi yang optimal digunakan untuk mendeteksi tingkat keparahan penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus pellita*. Metode yang digunakan yaitu akuisisi foto udara dengan memperhatikan parameter tertentu, pengolahan orthomozaik, transformasi indeks vegetasi, klasifikasi penyakit daun dengan metode *Support Vector Machine* (SVM), dan penentuan kelas tingkat keparahan penyakit daun. Digunakan 2 indeks yaitu GNDVI dan NDVI untuk deteksi penyakit daun dalam satu kanopi pohon. Berdasarkan hasil penelitian, proses akuisisi yang efektif dengan UAV dengan memperhatikan parameter terbang, penggunaan GCP dan ICP, serta berada pada kondisi cuaca yang baik. Hasil deteksi tingkat keparahan penyakit daun dengan indeks GNDVI menghasilkan akurasi sebesar 72.12%, sedangkan dengan NDVI sebesar 50.96%. GNDVI lebih optimal digunakan dalam deteksi tingkat keparahan daun dalam penelitian ini.

Kata Kunci: *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), Indeks Vegetasi, Penyakit Daun, *Eucalyptus pellita*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

THE UTILIZATION OF VEGETATION INDICES FOR LEAF DISEASE SEVERITY DETECTION IN Eucalyptus pellita USING UAV MULTISPECTRAL

By:
Abeer Firdaus Adiva Hadi
20/458629/GE/09312

ABSTRACT

Unmanned Aerial Vehicles (UAV) and vegetation indices have been widely used to assess crop health. The existence of UAVs that can carry multispectral sensors allows plant health monitoring activities to be carried out based on their spectral values. Eucalyptus pellita is one of the Industrial Plantation Forest plants that is widely cultivated in Indonesia which has a high risk of leaf disease. Several existing vegetation indices have different characteristics that can produce different accuracy in recognizing the severity of leaf disease. The purpose of this study is to determine the effective aerial photo acquisition process using multispectral UAVs and to determine the optimal vegetation index used to detect the severity of leaf disease in Eucalyptus pellita plants. The methods used are aerial photography acquisition with respect to certain parameters, orthomosaic processing, vegetation index transformation, leaf disease classification using Support Vector Machine (SVM) method, and leaf disease severity class determination. Two indices, GNDVI and NDVI, were used for leaf disease detection in one tree canopy. Based on the research results, an effective acquisition process with UAVs pays attention to flight parameters, the use of GCPs and ICPs, and being in good weather conditions. The results of leaf disease severity detection with the GNDVI index resulted in an accuracy of 72.12%, while with NDVI it was 50.96%. GNDVI is more optimally used in leaf severity detection in this study

.

Keywords: *Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Vegetation Index, Leaf Disease, Eucalyptus pellita*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya serta Nabi besar Muhammad SAW sehingga penulis dapat menulis dan menyelesaikan penelitian yang berjudul "Pemanfaatan Indeks Vegetasi Untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman *Eucalyptus pellita* Menggunakan UAV Multispektral" dengan tepat waktu. Adapun tujuan dari penulisan penelitian ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh memperoleh gelar Sarjana S-1 pada program studi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.

Pada proses penulisan dan penyusunan penelitian ini tentunya penulis tidak terlepas dari saran, bantuan, dukungan, fasilitas, serta bimbingan dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis banyak mengucapkan terima kasih kepada semua pihak terkait yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Ucapan terima kasih penulis berikan kepada Bapak Dr. Barandi Sapta Widartono, S. Si., M. Si., M. Sc., selaku dosen pembimbing yang selama ini telah banyak memberikan arahan, bimbingan, saran, motivasi, dan waktu kepada penulis. Tidak lupa penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak lainnya yang turut memberikan dukungan baik secara moral maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini, yaitu kepada:

1. Bapak Dr. Danang Sri Hadmoko, S. Si., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada;
2. Bapak Dr. Bowo Susilo, S.Si., M.T. selaku Ketua Departemen Sains Informasi Geografi Universitas Gadjah Mada;
3. Bapak Prof. Dr. Pramaditya Wicaksono, M.Sc. selaku Ketua Program Studi Kartografi dan Penginderaan Jauh Universitas Gadjah Mada;
4. Bapak Dr. Taufik Heru Purwanto, S.Si., M.Sc. selaku dosen penguji yang telah membimbing serta memberikan masukan terhadap penelitian ini;
5. Orang tua penulis, yaitu Bapak Bagus Budianto dan Ibu Erni Sulistyowati yang selalu memberikan dukungan yang tiada henti sejak awal perkuliahan hingga

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

berakhirnya masa kuliah ini serta selalu mendoakan di setiap waktu demi kesuksesan penulis;

6. Bapak Bayo Alhusaeri Siregar, Mas Dicky, dan para staff PT Arara Abadi yang telah membantu dalam proses perizinan hingga pengambilan data;
7. Rohmad Sasongko yang selalu mendampingi dan memotivasi penulis selama di perkuliahan dan dalam proses penyusunan penelitian ini;
8. Francisca Nova, Faozi Nasrulloh, Rohmad Sasongko, dan Mas Dicky yang membantu penulis dalam pengambilan data di lapangan;
9. Pihak ACIAR dan BRIN, yaitu Prof. Anto Rimbawanto, Morag Glen, Christine Stone, dan Mat Dell yang turut memberikan masukan dalam penelitian ini;
10. Keluarga besar penulis yang selalu mendoakan penulis ketika mengerjakan penelitian ini;
11. Sahabat-sahabat penulis, yaitu Nisrina Rafifah, Melodira Orchid, dan teman-teman Grup Koko Cicikers yang sudah menemani selama masa perkuliahan;
12. Teman-teman KKN Ciwi Neira, yaitu Sherina, Athaya, Prira, Denira, dan Aliv yang selalu menemani mengerjakan skripsi bersama dan memberikan semangat kepada penulis dalam proses penelitian ini;
13. Teman-teman KPJ Angkatan 20 yang telah membersamai dari awal mahasiswa baru hingga saat ini.

Penulis menyadari bahwa hasil penelitian ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan demi membangun kesempurnaan dan menjadikan penelitian ini menjadi lebih baik. Akhir kata, penulis ucapkan terima kasih dan besar harapan penulis semoga penelitian ini dapat berguna bagi diri penulis sendiri, lembaga terkait, maupun khalayak umum.

Yogyakarta, Juni 2024

Abeer Firdaus Adiva Hadi

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **ii**
HALAMAN PERNYATAAN ..... **iii**
INTISARI ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
KATA PENGANTAR ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR TABEL ..... **xi**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xiv**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Perumusan Masalah 3
1.3. Pertanyaan Penelitian 5
1.4. Tujuan Penelitian 5
1.5. Manfaat Penelitian 6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **7**
2.1. *Eucalyptus pellita* 7
2.2. Penyakit Daun pada *Eucalyptus pellita* 8
2.3. Penginderaan Jauh 9
2.4. Penginderaan Jauh untuk Vegetasi 10
2.5. *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) 13
2.6. Panel Kalibrasi Reflektan 15
2.7. Ketelitian Geometrik 15
2.8. Indeks Vegetasi 16
2.8.1. GNDVI 17
2.8.2. NDVI 17
2.9. Telaah Penelitian Sebelumnya 18

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.10. Kerangka Pemikiran 28
2.11. Kerangka Teori 28
2.12. Batasan Operasional 29
BAB III METODE PENELITIAN 31
3.1. Alat dan Bahan Penelitian 31
3.1.1. Alat Penelitian 31
3.1.2. Bahan Penelitian 32
3.2. Lokasi Penelitian 32
3.3. Tahap Pra-Lapangan 33
3.3.1. Persiapan Alat 33
3.3.2. Pembuatan Jalur Terbang 33
3.3.3. Penentuan Titik ICP 34
3.4. Tahap Lapangan 34
3.4.1. Penentuan Titik Sampel Lapangan 34
3.4.2. Pemotretan Udara 35
3.4.3. Pengambilan Data Lapangan 36
3.5. Tahap Pasca Lapangan 37
3.5.1. *Post Processing* Data GPS 37
3.5.2. Pembuatan Orthomozaik 37
3.5.3. Uji Ketelitian Foto Udara 38
3.5.4. Transformasi Indeks Vegetasi 39
3.5.5. Klasifikasi Penyakit Daun 40
3.5.6. Penentuan Kelas Tingkat Keparahan Penyakit Daun 41
3.5.7. Uji Akurasi 41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 44
4.1. Pra-Lapangan 44
4.2. Akuisisi Data di Lapangan 45
4.2.1. Pemotretan Udara 45
4.2.2. *Ground Truth* 46
4.2.3. Pengukuran Koordinat ICP 52

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.3. Pasca Lapangan 53
4.3.1. Data Koordinat ICP 53
4.3.2. Hasil Orthomozaik 55
4.3.3. Uji Ketelitian Orthomozaik 63
4.3.4. Transformasi Indeks Vegetasi 67
4.3.5. Klasifikasi Penyakit Daun 69
4.3.6. Penentuan dan Pemetaan Tingkat Keparahan Penyakit Daun 73
4.3.7. Uji Akurasi 79
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 85
5.1. Kesimpulan 85
5.2. Saran 85
DAFTAR PUSTAKA 87
LAMPIRAN 95

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Spesifikasi DJI Mavic 3 Multispektral 14
Tabel 2.2. Penelitian sebelumnya yang relevan dengan penelitian ini 20
Tabel 2.3. Perbedaan metode yang digunakan 23
Tabel 2.4. Matriks perbandingan penelitian terdahulu 24
Tabel 3.1. Band pada DJI Mavic 3 Multispektral 35
Tabel 3.2. Parameter terbang untuk area kajian 36
Tabel 4.1. Kelas tingkat keparahan penyakit hasil *ground truth* 51
Tabel 4.2. Nilai koordinat ICP di lapangan hasil pengukuran GPS 53
Tabel 4.3. Informasi parameter pemrosesan orthomozaik RGB 56
Tabel 4.4. Informasi parameter pemrosesan orthomozaik multispektral 57
Tabel 4.5. Nilai koordinat ICP pada orthomozaik 64
Tabel 4.6. Ketelitian Peta Rupa Bumi Indonesia 64
Tabel 4.7. Perhitungan uji ketelitian horizontal 65
Tabel 4.8. Perhitungan uji ketelitian vertikal 66
Tabel 4.9. Matriks perbedaan data lapangan dengan data model 77
Tabel 4.10. Hasil klasifikasi kedua indeks pada plot sampel 80
Tabel 4.11. Uji akurasi *confusion matrix* kelas tingkat keparahan penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus pellita* 81

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Penyakit hawar daun pada daun tanaman *Eucalyptus* 8
Gambar 2.2. Penyakit bercak daun (*Cryptosporiopsis eucalypti*) pada daun tanaman *Eucalyptus* dan penyakit embun jelaga pada daun tanaman *Eucalyptus*..... 9
Gambar 2.3. Ilustrasi pantulan pada kerapatan kanopi yang berbeda..... 11
Gambar 2.4. Pantulan spektral objek vegetasi, tanah, dan air pada gelombang Biru, Hijau, Merah, Red Edge, dan Near Infrared 12
Gambar 2.5. Pantulan spektral vegetasi sehat, vegetasi sakit, dan tanah pada gelombang *visible* dan NIR..... 13
Gambar 2.6. Skema kerangka pemikiran penelitian 28
Gambar 2.5. Skema kerangka teori penelitian..... 29
Gambar 3.1. Peta lokasi penelitian 32
Gambar 3.2. Tanda titik ICP..... 34
Gambar 3.3. Skema diagram alir penelitan 43
Gambar 4.1. Jalur terbang area pemotretan menggunakan DJI Pilot 2 44
Gambar 4.2. Hasil pemotretan udara pada Agisoft Metashape Profesional..... 45
Gambar 4.3. Peta sebaran lokasi titik sampel *Ground Truth*..... 46
Gambar 4.4. Penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus pellita* di lokasi kajian 48
Gambar 4.5. Pohon akibat peristiwa pengguguran daun/defoliasi 48
Gambar 4.6. Tanaman terobosan..... 49
Gambar 4.7. Tanaman terserang penyakit penggerek cincin dan tanaman stagnan .. 50
Gambar 4.8. Pengukuran ICP di lapangan: (a) *Base Station*, (b) *Rover* mengukur pada salah satu titik ICP..... 52
Gambar 4.9. Sebaran titik ICP dan *base station* di lapangan 54
Gambar 4.10.Pemrosesan panel kalibrasi reflektan..... 58
Gambar 4.11.Orthomozaik multispektral: (a) Sebelum dilakukan kalibrasi reflektan, (b) Setelah dilakukan kalbrasi reflektan 59

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 4.12. Orthomozaik pada lokasi kajian: (a) Komposit *true Color*/RGB, (b) Multispektral komposit *false color standard* 60
Gambar 4.13. Hasil *clip* orthomozaik multispektral komposit *false color standard* 62
Gambar 4.14. DEM wilayah kajian 63
Gambar 4.15. Foto udara hasil transformasi indeks vegetasi: (a) GNDVI (b) NDVI 68
Gambar 4.16. Pengambilan *training sample* daun sakit dan daun sehat..... 69
Gambar 4.17. Kurva pantulan spektral rata-rata daun sakit dan daun sehat 70
Gambar 4.18. Hasil klasifikasi SVM daun sakit dan daun sehat: (a) GNDVI, (b) NDVI 72
Gambar 4.19. Prosedur pembuatan model plot dari data mentah: (a) Raster Orthomozaik, (b) Orthomozaik transformasi indeks GNDVI, (c) Raster hasil klasifikasi, (d) Plot *buffer* pohon, (e) Clip indeks GNDVI 75
Gambar 4.20. Visualisasi penentuan kelas tingkat keparahan penyakit daun: (a) Rendah, (b) Sedang, (c) Tinggi..... 76
Gambar 4.21. Peta sebaran tingkat keparahan penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus pellita*: (a) GNDVI, (b) NDVI 79

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Catatan Lapangan 95
Lampiran 2. *Agisoft Processing Report* Orthomozaik RGB 98
Lampiran 3. *Agisoft Processing Report* Orthomozaik Multispektral 106
Lampiran 4. Peta Sebaran Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus pellita Menggunakan GNDVI 114
Lampiran 5. Peta Sebaran Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus pellita Menggunakan NDVI 115
Lampiran 6. Surat permohonan izin pengambilan data penelitian 116
Lampiran 7. Dokumentasi Lapangan 117

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Eucalyptus merupakan tanaman asli benua Australia dan menjadi salah satu tanaman kayu cepat tumbuh yang dominan ditanam di daerah tropis karena memiliki produktivitas dan daya adaptasi yang tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungan (Hutapea dkk., 2023). Indonesia menjadi salah satu negara di kawasan Asia Pasifik yang memiliki persebaran tanaman *Eucalyptus* terluas karena iklim tropis Indonesia membuat tanaman ini dapat lebih cepat tumbuh (Kusumaningtyas dkk., 2022). Terdapat dua jenis spesies *Eucalyptus* yang tumbuh di Indonesia, yaitu *Eucalyptus pellita* sebagai spesies murni dan *Eucalyptus hybrid* yang merupakan hasil persilangan antara dua spesies *Eucalyptus*. Pohon *Eucalyptus* di Indonesia dijadikan sebagai salah satu tanaman komoditas Hutan Tanaman Industri (HTI) utama selain akasia yang banyak dimanfaatkan, salah satunya untuk bahan baku pembuatan kertas dan pulp. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) (2021), produksi kayu *Eucalyptus* yang dibudidayakan oleh Perusahaan HTI di Indonesia pada tahun 2021 mencapai 15.806.928 juta m^3, terbanyak kedua setelah akasia.

Eucalyptus pellita menjadi salah satu andalan penghasil pulp di Indonesia yang penanamannya sudah dilakukan dalam skala besar oleh perusahaan HTI Indonesia. Provinsi Riau menjadi salah satu daerah dengan penanaman tanaman *Eucalyptus pellita* terbesar yang telah mencapai rotasi ketiga pada tahun 2012 (Supangat dkk., 2012). Berbagai hama dan penyakit telah banyak dilaporkan menyerang tanaman *Eucalyptus pellita* di daerah tropis, khususnya di Indonesia (Hutapea dkk., 2023). Penyakit daun seperti hawar daun yang disebabkan oleh patogen *Kirramyces destructans* pertama kali ditemukan di Indonesia pada tahun 1995 dan kemudian menyebar hingga ke Thailand, Cina, dan Vietnam. Di Sumatra, penyakit ini pertama kali dilaporkan menyebabkan penyakit pada *Eucalyptus grandis* yang berumur 1 – 3 tahun (Burgess dkk., 2007). Adanya penyakit daun tersebut terjadi karena adanya variasi resistensi/ketahanan terhadap penyakit yang berbeda-beda di setiap variasi klon

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

yang ada (Siregar dkk., 2020). Penyakit daun tersebut menyebabkan terhambatnya proses fotosintesis, matinya jaringan daun, hingga penularan penyakit dari daun ke daun yang menyebabkan daun pada tanaman mengalami rontok, kering, hingga mati.

Tingginya kerentanan tanaman *Eucalyptus pellita* terhadap berbagai penyakit daun menyebabkan menurunnya produktivitas tanaman (Putra, 2019). Pemantauan secara berkelanjutan diperlukan untuk mendeteksi potensi timbulnya penyakit sehingga dapat dilakukan pengendalian dan penanggulangan pada tanaman yang mulai atau sudah terserang penyakit. Kegiatan pemantauan tersebut dapat berupa deteksi tingkat keparahan penyakit daun yang menyerang suatu individu tanaman. Kegiatan pemantauan konvensional secara langsung di lapangan dirasa cukup menghabiskan waktu dan tenaga, terutama apabila memiliki wilayah yang sangat luas. Maka dari itu, untuk melakukan kegiatan pemantauan secara lebih efisien, dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Teknologi penginderaan jauh ini dapat memungkinkan seseorang mengidentifikasi suatu objek tanpa harus bersentuhan langsung dengan objek yang diamati.

Salah satu teknik dalam penginderaan jauh yang sering digunakan untuk melakukan pemantauan kesehatan tanaman adalah dengan menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). UAV memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan sensor satelit dalam mengetahui kondisi kesehatan tanaman. UAV memiliki fleksibilitas yang tinggi, respon yang cepat, serta resolusi spasial yang tinggi. Tingginya resolusi spasial pada data yang diperoleh oleh UAV dapat menangkap perubahan pada pohon yang disebabkan oleh penyakit (Liao dkk., 2022). Keberadaan UAV saat ini telah mengalami perkembangan yang cukup pesat, dimana dapat membawa sensor multispektral. Sensor multispektral yang dimiliki oleh beberapa UAV tidak hanya terdiri dari saluran *Red*, *Green*, *Blue* saja, melainkan juga gelombang cahaya di luar cahaya tampak, seperti *Near Infrared* (NIR) dan *Red Edge*. Keberadaan sensor multispektral tersebut memungkinkan kegiatan pemantauan kesehatan pada tanaman *Eucalyptus pellita* dapat dilakukan berdasarkan data spektral yang didapatkan.

Data foto udara yang diperoleh dari pemotretan UAV multispektral dapat dianalisis secara digital dengan menghitung nilai spektral dari saluran yang ada dengan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

memanfaatkan indeks vegetasi. Indeks vegetasi menjadi salah satu bentuk analisis digital yang digunakan untuk mengevaluasi atau mengetahui kondisi kesehatan suatu tanaman (Yuniasih & Adjie, 2022). Indeks vegetasi tersebut didapatkan melalui kombinasi data spektral yang dimiliki oleh UAV multispektral. Terdapat berbagai jenis indeks vegetasi yang telah digunakan untuk melakukan mengetahui kesehatan tanaman. Nazir dkk., (2021) memanfaatkan indeks vegetasi VARI-green untuk mendeteksi status kesehatan tanaman *Eucalyptus pellita* di Sabah, Malaysia dan menghasilkan akurasi sebesar 91%. Kemudian Liao dkk., (2022) memanfaatkan indeks vegetasi NRI untuk menganalisis tingkat kesehatan tanaman *Eucalyptus* di Provinsi Fujian, China dan menghasilkan akurasi sebesar 90.1%. Duarte dkk., (2020) mendeteksi penyakit *Longhorned Borer* pada tanaman *Eucalyptus* di Portugal dengan indeks vegetasi DVI, NDVI, GNDVI, NDRE, dan SAVI. Penelitian tersebut menunjukkan hasil bahwa NDVI memiliki tingkat akurasi paling tinggi sebesar 98.2%. Deteksi penyakit kekuningan pada daun tanaman pinang yang dilakukan oleh Lei dkk., (2021) juga menggunakan indeks vegetasi NDVI, OSAVI, LCI, GNDVI, dan NDRE dengan beberapa algoritma *machine learning*.

Setiap indeks vegetasi dapat menghasilkan nilai yang berbeda-beda pada objek tanaman yang berbeda pula dikarenakan adanya perbedaan tingkat sensitivitas saluran spektral terhadap kondisi kesehatan tanaman. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat mengetahui indeks vegetasi yang optimal digunakan dalam proses deteksi tingkat keparahan penyakit daun tanaman *Eucalyptus pellita* yang kemudian hasil tersebut dapat dimanfaatkan oleh berbagai *stakeholder* terkait dalam melakukan pemantauan kesehatan secara lebih efektif dan efisien.

1.2. Perumusan Masalah

Tanaman *Eucalyptus pellita* memiliki risiko yang tinggi terhadap serangan penyakit yang dapat menurunkan tingkat produktivitas tanaman. Indonesia, khususnya Provinsi Riau sebagai wilayah dengan pertanaman *Eucalyptus pellita* terbesar memiliki risiko yang tinggi mengalami penyakit daun seperti embun jelaga (*Capnodium sp*), penyakit hawar daun (*Kirramyces sp*), dan penyakit bercak daun (*Cryptosporiopsis*)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

pada beberapa klon tertentu. Tingginya risiko tersebut menyebabkan pentingnya dilakukan pemantauan secara berkelanjutan. Pemantauan secara konvensional di lapangan pastinya memerlukan waktu dan tenaga yang cukup besar, terutama jika wilayahnya luas. Maka dari itu, untuk mengatasi hal tersebut dapat dilakukan pemantauan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh berupa foto udara hasil pemotretan dengan wahana UAV multispektral. Dimana nantinya dapat dilakukan komparasi sejauh mana dan seberapa lama pemrosesan teknologi ini dapat digunakan untuk pemantauan kesehatan tanaman. UAV multispektral mampu membawa sensor multispektral yang terdiri dari saluran *Red*, *Green*, *Blue*, *NIR*, dan *Red-Edge*. Di Indonesia, khususnya di Riau, proses akusisi data foto udara menggunakan UAV multispektral masih jarang dilakukan, terutama untuk mengetahui tingkat keparahan penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus pellita*.

Penyakit daun pada *Eucalytus pellita* ditunjukkan dengan berkurangnya tingkat kehijauan daun, dimana daun yang sakit mengalami perubahan warna menjadi kuning kemerahan, ungu, cokelat tua kemerahan, hingga nekrosis. Pada beberapa kasus juga menyebabkan warna kehitaman yang menutupi hampir seluruh permukaan daun. Hal tersebut dapat memberikan nilai pantulan spektral berbeda ketika diamati melalui sensor multispektral. Indeks vegetasi menjadi salah satu metode dalam penginderaan jauh yang telah banyak dimanfaatkan untuk mengetahui penyakit pada tanaman melalui informasi nilai pantulan spektral. Hal tersebut menunjukkan bahwa indeks vegetasi mampu digunakan untuk mendeteksi penyakit pada tanaman, khususnya *Eucalyptus pellita*. Terdapat berbagai indeks vegetasi dengan algoritma tertentu yang memiliki karakteristik berbeda-beda. Algoritma indeks vegetasi tersebut dapat diturunkan dari sensor multispektral pada UAV. Setiap indeks vegetasi memiliki kegunaan masing-masing dan dapat menghasilkan hasil yang berbeda ketika diaplikasikan ke dalam objek yang berbeda pula. Sudah terdapat beberapa indeks vegetasi yang digunakan dalam mengetahui kondisi kesehatan atau penyakit pada tanaman *Eucalyptus* dan menghasilkan hasil akurasi yang berbeda-beda pada kondisi tanaman yang berbeda pula. Maka dari itu, dari berbagai indeks tersebut dipilih dua indeks yang kemudian akan dilakukan perbandingan hasil akurasi ketika diterapkan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

pada tanaman *Eucalyptus pellita* pada wilayah kajian. Dari hasil perbandingan akurasi diharapkan ditemukan indeks yang optimal untuk mendeteksi tingkat keparahan penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus pellita*.

Permasalahan penelitian dalam bentuk beberapa pernyataan yang saling terkait dan spesifik yaitu:

1) Proses akuisisi data menggunakan UAV multispektral masih jarang dilakukan di Indonesia, terutama untuk mengetahui tingkat keparahan penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus pellita*
2) Terdapat berbagai indeks vegetasi dengan karakteritik yang berbeda sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui indeks yang optimal digunakan dalam deteksi tingkat keparahan penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus pellita* yang dinilai dari hasil akurasi yang didapatkan

1.3. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka didapatkan pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana proses akuisisi data foto udara dengan menggunakan UAV multispektral secara efektif untuk tanaman *Eucalyptus pellita*?
2. Indeks apa yang optimal digunakan untuk mendeteksi tingkat keparahan penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus pellita*?

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini yaitu untuk mendeteksi tingkat keparahan penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus pellita* melalui UAV multispektral dengan memanfaatkan indeks vegetasi. Untuk menjawab tujuan utama tersebut, diajukan sub-sub tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui proses akuisisi data foto udara yang efektif menggunakan UAV multispektral untuk tanaman *Eucalyptus pellita*
2. Mengetahui indeks vegetasi yang optimal digunakan untuk mendeteksi tingkat keparahan penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus pellita*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari dilakukannya peneltian ini meliputi

Manfaat teoritik:

1. Dapat mengetahui proses akuisisi data foto udara menggunakan UAV multispektral terutama untuk tanaman *Eucalyptus pellita*
2. Dapat mengetahui indeks vegetasi yang optimal digunakan untuk mendeteksi tingkat keparahan penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus pellita*

Manfaat praktis:

1. Diharapkan dapat membantu *stakeholder* terkait dalam melakukan pemantauan secara berkelanjutan terhadap kesehatan tanaman *Eucalyptus* secara lebih efektif dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh
2. Perusahaan terkait dapat melakukan tindakan pengendalian atau penanggulangan pada tanaman yang telah memiliki tingkat keparahan tinggi seperti dilakukan penebangan pohon
3. Mengurangi biaya pemantauan secara konvensional di lapangan karena penggunaan teknologi penginderaan jauh dengan UAV membutuhkan biaya yang lebih murah dibandingkan dengan pemantauan dengan tenaga manusia

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Eucalyptus pellita*

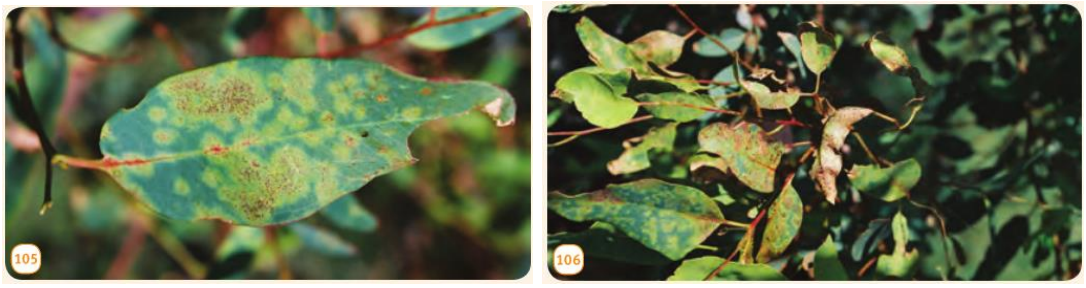
Eucalyptus pellita termasuk ke dalam famili *Myrtaceae* yang ditemukan di hutan terbuka bersamaan dengan spesies *Eucalyptus* lainnya. Tanaman ini berasal dari Australia dan Papua Nugini, tetapi dapat tumbuh dengan baik di daerah tropis seperti Indonesia, India, Brazil, Kongo, Fiji, Afrika Selatan, dan Uruguay (Astiani dkk., 2014). Wilayah tropis yang memiliki keberagaman tanah dan kondisi iklim memiliki dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan tanaman *Eucalyptus*. Hal tersebut dikarenakan pertumbuhan tanaman ini sangat dipengaruhi oleh dua hal, yaitu presipitasi (curah hujan) dan juga temperatur (suhu) (Binkley dkk., 2020). *Eucalyptus pellita* dapat tumbuh dengan baik pada wilayah yang memiliki curah hujan rendah (1000 – 1200 mm/tahun) dan suhu yang relatif rendah (22°C), serta faktor lainnya seperti tanah, lama waktu kering, perbaikan genetik, dan praktik sulvikultur juga dapat mempengaruhi produktivitas tegakan (Hutapea dkk., 2023). Umumnya, tanaman ini dapat tumbuh pada ketinggian 0 – 800 meter (Brune, 2021).

Eucalyptus pellita termasuk ke dalam jenis pohon sedang hingga besar yang memiliki ketinggian 20 – 25 meter dengan batang lurus dan percabangan yang banyak pada tajuk mahkota pohon (Clarke dkk., 2009). Bentuk kulit batangnya beragam, mulai dari kasar hingga berserabut, halus bersisik, bergaris-garis, atau berlekuk. Kemudian untuk kulit batangnya berwarna putih kelabu, hijau kelabu sampai cokelat, merah, dan sawo matang sampai cokelat (Sulichantini, 2016). Tanaman ini memiliki karakteristik pertumbuhan yang cepat, kemampuan bertunas yang baik, mudah beradaptasi terhadap kondisi lingkungan, serta sangat sesuai untuk berbagai produk kayu. Pohon *Eucalyptus* ini juga dapat digunakan sebagai pohon peneduh, konservasi tanah, kayu pertukangan, hingga bahan dasar pembuatan pulp (Old dkk., 2003). Hal tersebut menjadikan *Eucalyptus pellita* menjadi spesies utama yang digunakan dalam HTI di beberapa negara, khususnya di Indonesia dan Asia Tenggara (Hung dkk., 2015).

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.2. Penyakit Daun pada *Eucalyptus pellita*

Eucalyptus pellita merupakan tanaman yang tidak bebas penyakit (Brune, 2021). Setiap spesies tanaman *Eucalyptus* dapat memiliki variasi resistensi/ketahanan terhadap penyakit yang berbeda-beda yang disebabkan karena adanya variasi klon. Terjadi interaksi yang kuat antara ketahanan klon *Eucalyptus* dengan faktor lingkungan, baik lingkungan biotik maupun abiotik (Siregar dkk., 2020). Terdapat berbagai penyakit daun yang dapat menyerang berbagai jenis klon tanaman *Eucalyptus pellita*. Penyakit embun jelaga yang disebabkan oleh jamur *Capnodium sp* yang tumbuh pada daun tanaman dan membentuk koloni berwarna hitam sehingga menyebabkan permukaan daun yang terserang berwarna hitam dan terganggu proses fotosintesisnya sehingga mengakibatkan produktivitas tanaman menurun (Putra, 2019). Selain itu, penyakit daun lainnya seperti hawar daun (*Kirramyces sp*) yang ditandai dengan munculnya bercak daun yang awalnya berwarna hijau pucat kemudian berubah menjadi kuning, kecoklatan hingga nekrosis dan menutupi sebagian besar daun. Awalnya memiliki jumlah yang kecil tetapi dapat menyebar dan dapat mengakibatkan defoliasi yang parah (Carnegie dkk., 2008). Terdapat pula penyakit bercak daun (*Cryptosporiopsis eucalypti*) dimana ditandai dengan bentuk tidak beraturan dengan warna kecoklatan (Thu dkk., 2010) dan bintik-bintik terjadi di kedua sisi daun yang bervariasi dalam ukuran, warna, dan bentuk di antara setiap spesies *Eucalyptus* (Old dkk., 2003). Penyakit ini bahkan dapat mengakibatkan matinya jaringan daun yang menyebabkan daun kemudian kering, rontok, dan meranggas (Ngatiman & Anggraeni, 2006).



Gambar 2.1. Penyakit hawar daun pada daun tanaman *Eucalyptus* (Carnegie dkk., 2008, hal. 107)

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 2.2. Penyakit bercak daun (*Cryptosporiopsis eucalypti*) pada daun tanaman *Eucalyptus* (Thu dkk., 2010, hal. 64) dan penyakit embun jelaga pada daun tanaman *Eucalyptus* (Dokumentasi Pribadi)

Beragam hama dan penyakit lainnya yang menyerang tanaman *Eucalyptus pellita* di beberapa wilayah tropis juga telah berhasil dibuktikan (Hutapea dkk., 2023). Salah satunya yaitu kasus penyakit *Cerratocystis fimbriata* yang telah ditemukan di beberapa wilayah di Asia Tenggara (Brune, 2021). Di Indonesia sendiri, Arsensi dkk., (2016) menemukan berbagai penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus pellita* di Kalimantan Timur yang disebabkan oleh beberapa patogen, seperti *Cercospora sp., Pestalotia sp., Curvularia sp., Bipolaris sp., Marsonina sp.,* dan *Dactylaria sp*. Kemudian di Jambi pertama kali ditemukan penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh patogen *Ralstonia solanacearum* pada tanaman *Eucalyptus* yang kemudian menyebar hingga ke Riau, Palembang, dan Kalimantan Timur (Siregar dkk., 2020).

2.3. Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh atau *remote sensing* mengacu pada sebuah aktivitas merekam atau mengamati suatu objek atau fenomena dari tempat yang jauh dengan sebuah sensor yang dipasang pada pesawat, satelit, dan wahana lainnya untuk mengambil gambar suatu objek atau fenomena yang ada di permukaan bumi (Wang & Weng, 2014). Lillesand dan Kiefer (2015) mengartikan penginderaan jauh sebagai ilmu dan seni yang digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai objek atau fenomena menggunakan suatu alat (Muhsoni, 2015). Penginderaan jauh dikatakan sebagai seni karena dalam prosesnya diperlukan keterampilan artistik, seperti tata warna dan gambar untuk analisis data. Adapun hasil yang diperoleh dari penginderaan jauh dapat berupa citra

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

atau foto udara. Citra penginderaan jauh merupakan gambar yang dapat digunakan untuk memantau objek yang ada di permukaan bumi (Somantri, 2009), sedangkan foto udara adalah sebuah gambar yang dicetak pada media foto yang dihasilkan dari hasil pemotretan secara fotografi (Wicaksono, 2009).

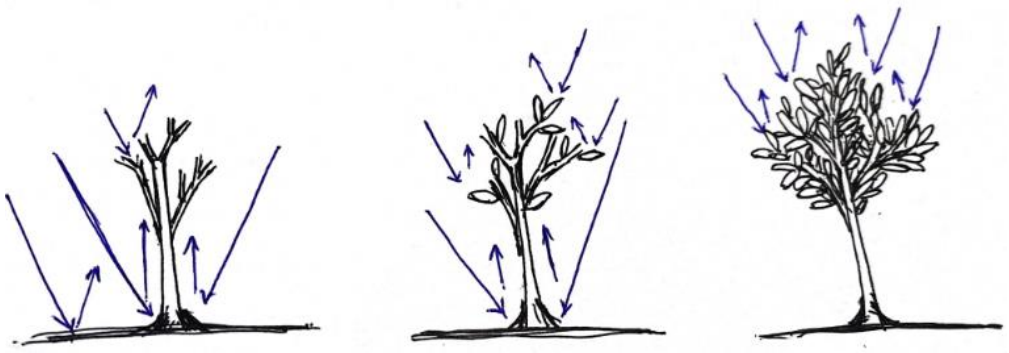
Teknik penginderaan jauh dikembangkan untuk memperoleh sekaligus menganalisis informasi yang berkaitan dengan bumi dalam bentuk radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi (Muhsoni, 2015). Energi dari pantulan atau pancaran gelombang elektromagnetik tersebut diterima oleh sensor yang ada pada sistem penginderaan jauh untuk memperoleh nilai spektral dari suatu objek, dimana nilai spektralnya berasal dari nilai energi yang dapat diterima oleh sensor. Setiap objek memiliki karakteristik dan respon yang berbeda-beda terhadap suatu panjang gelombang dan sebaliknya. Hal tersebut menyebabkan dapat ditemukannya objek yang sama dapat memiliki respon yang berbeda di suatu kondisi yang berbeda pula (Molidena & As-Syakur, 2012).

2.4. Penginderaan Jauh untuk Vegetasi

Penginderaan jauh untuk vegetasi dapat digunakan untuk memperkirakan kondisi atau tingkat kesehatan tanaman karena adanya klorofil yang dapat terdeteksi oleh gelombang elektromagnetik cahaya tampak dan inframerah dekat (Masita, 2022). Objek vegetasi dapat memiliki nilai spektral yang berbeda dalam suatu kondisi yang berbeda. Karakteristik pantulan spektral vegetasi ini dipengaruhi oleh kandungan pigmen daun, material organik, air, hingga karakteristik struktural daun seperti bentuk dan luas daun. Secara umum, vegetasi memiliki karakter spektral yang unik apabila dibandingkan dengan objek lain sepeti tanah dan air (Molidena & As-Syakur, 2012). Selain itu, terdapat pula faktor lainnya seperti kondisi cuaca, gangguan atmosfer, perbedaan posisi matahari yang berdampak pada pencahayaan dan nilai piksel, serta sudut perekaman. Hal tersebut dapat diatasi dengan koreksi radiometrik. Koreksi tersebut dapat dilakukan dengan penggunaan panel kalibrasi reflektan dalam perekaman menggunakan UAV (Micasense, 2024).

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Faktor lainnya seperti adanya perbedaan kerapatan kanopi yang terlihat pada Gambar 2.3 juga dapat mempengaruhi nilai pantulan spektral objek tanaman. Dimana ketika kerapatan kanopi sangat rendah atau tidak adanya daun pada tanaman, menyebabkan pantulan yang tertangkap oleh sensor merupakan pantulan piksel tanah atau *background*. Berbeda dengan pantulan yang didapatkan pada tanaman dengan kerapatan kanopi rendah hingga sedang. Nilai spektral yang dipantulkan dapat terkontaminasi oleh objek lain seperti ranting, tanah, maupun daun. Kemudian pada tanaman dengan kerapatan kanopi tinggi akan memiliki nilai pantulan spektral murni dari objek daun.



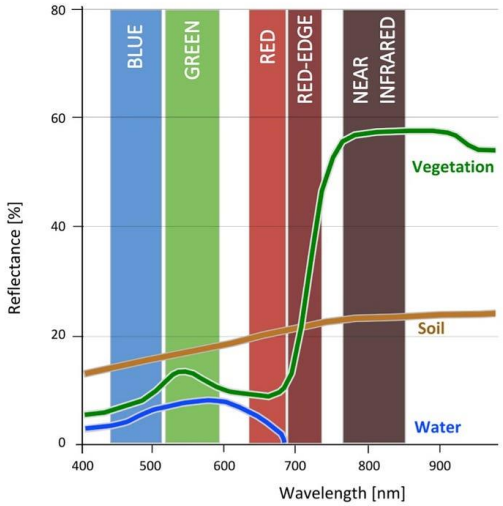
Gambar 2.3. Ilustrasi pantulan pada kerapatan kanopi yang berbeda (Dokumentasi Pribadi, 2024)

Perbedaan karakteristik pantulan spektral setiap gelombang dapat dilihat pada Gambar 2.4, vegetasi memiliki pantulan dan transmisi yang rendah pada gelombang *visible* atau tampak karena energi diserap oleh pigmen yang ada pada tanaman seperti pigmen klorofil yang menyerap gelombang biru dan merah untuk fotosintesis (Verbyla, 2022). Kemudian rendahnya pantulan karena penyerapan yang relativf rendah juga terjadi pada gelombang hijau yang menyebabkan dedaunan sehat terlihat berwarna hijau. Ketika tanaman tersebut tidak sehat dan mengakibatkan produksi klorofil menurun menyebabkan tanaman kurang dapat menyerap dengan baik sehingga reflektansinya akan menjadi lebih tinggi. Hal ini terjadi pada gelombang merah yang menyebabkan munculnya kekuningan atau klorosis pada daun tanaman (Hoffer, 1978).

Vegetasi memantulkan nilai spektral yang tinggi pada gelombang inframerah dekat (NIR) karena tingginya area antar muka pada daun serta bentuk dan orientasi

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

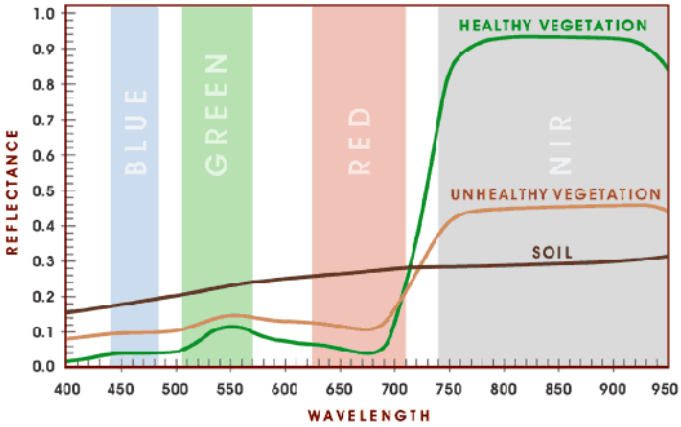
daun pada tanaman. Pada gelombang ini pula daun hijau hanya menyerap sangat sedikit energi yang menyebabkan reflektansi tinggi (Hoffer, 1978). Rendahnya pantulan pada gelombang NIR dapat menginisiasikan bahwa suatu tanaman mengalami stres karena menurunnya area antar muka pada daun akibat penggumpalan protoplasma di dalam sel mesofil daun (Verbyla, 2022). Dengan kata lain dapat mengetahui atau melihat tanaman yang sakit. Kemudian karakteristik lainnya dapat terlihat dari gelombang Red Edge yang terletak di antara gelombang merah dan NIR yang mencakup bagian di mana pantulan meningkat drastis dari daerah gelombang merah ke daerah NIR. Sensitivitas gelombang Red Edge terdapat pada struktur daun dan kandungan klorofilnya (Farmonaut, 2019).



Gambar 2.4. Pantulan spektral objek vegetasi, tanah, dan air pada gelombang Biru, Hijau, Merah, Red Edge, dan Near Infrared (Farmonaut, 2019, hal. 1)

Tanaman sehat dan tanaman sakit juga dapat diketahui dari perbedaan reflektan. Pada Gambar 2.5 terlihat perbedaan dari grafik reflektansi tanaman sehat (garis berwarna hijau) dan tanaman tidak sehat (garis berwarna merah). Tanaman yang sehat memiliki nilai reflektansi yang lebih rendah pada gelombang *visible* dan nilai reflektansi yang lebih tinggi pada gelombang inframerah dekat. Berbeda dengan tanaman tidak sehat yang memiliki nilai reflektansi yang tinggi pada gelombang *visible* dan nilai reflektansi yang rendah pada gelombang inframerah dekat (Chang dkk., 2013). Perbedaan tersebut disebabkan dari perbedaan respon spektral setiap band-nya.

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 2.5. Pantulan spektral vegetasi sehat, vegetasi sakit, dan tanah pada gelombang *visible* dan NIR (Chang dkk., 2013, hal. 3)

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Liao dkk., (2022) dalam mendeteksi penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus* diketahui bahwa daun *Eucalyptus* yang sehat memiliki karakteristik yang jelas berbeda disebabkan oleh warna daun dan kandungan air. Daun yang sehat berwarna hijau dan lembab, sedangkan daun yang terkena penyakit berwarna coklat atau gelap dan sangat kering, bergantung pada tingkat keparahan penyakit. Perbedaan pigmen dan jaringan mesofil antara daun yang sehat dan terkena penyakit membuat saluran hijau lebih sensitif terhadap kondisi kesehatan tanaman berdasarkan pada penilaian *Mutual Information* (MI) *Scores*.

2.5. *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV)

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau dikenal sebagai drone merupakan pesawat terbang yang dapat terbang tanpa adanya pilot dan penumpang di dalamnya (Kardasz & Doskocz, 2016). UAV dapat dioperasikan tanpa kendali manual di dalamnya, melainkan dikendalikan melalui kendali jarak jauh atau kendali otonom (Fan dkk., 2020) dengan memanfaatkan gelombang radio (Kardasz & Doskocz, 2016). UAV memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan satelit. Kelebihan tersebut diantaranya seperti memiliki fleksibilitas tinggi, respon yang cepat, serta resolusi spasial yang tinggi (Liao dkk., 2022). Selain itu, UAV juga memiliki kesesuaian untuk analisis multitemporal, memiliki biaya operasional yang rendah apabila dibandingkan dengan satelit atau pesawat terbang, dan kemampuan untuk tetap beroperasi pada

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

wabah penyakit tertentu (Duarte dkk., 2020). Akan tetapi, di samping kelebihannya tersebut, UAV juga memiliki kelemahan berupa mencakup area yang lebih kecil jika dibandingkan dengan satelit, tergantung pada cuaca, adanya peraturan yang ketat untuk operasi penerbangan, dan tingginya hasil yang didapatkan (Pádua dkk., 2017).

Semakin berkembangnya teknologi, sensor pada kamera UAV tidak hanya menggunakan kamera non metrik saja dalam penggunaannya, tetapi juga dapat membawa kamera dengan sensor yang dibuat mirip dengan satelit penginderaan jauh berupa sensor multispektral (Kushardono, 2014). Sensor multispektral dapat menghasilkan citra dengan saluran berbeda dimana masing-masing memiliki variasi nilai spektral yang berbeda pula (Bua, 2022). Adanya sensor multispektral menjadikan UAV dapat digunakan untuk mendeteksi dan memantau penyakit pada tanaman (Duarte dkk., 2020). Pada penelitian ini, UAV yang digunakan adalah DJI Mavic 3 Multispektral yang terdiri dari lima saluran, yaitu RGB, *Green*, *Red*, *Eed Edge*, dan *Near Infrared* (NIR). Spesifikasi lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Spesifikasi DJI Mavic 3 Multispektral (ag.dji.com)

Spesifikasi	Keterangan
Tinggi Terbang Maksimal di atas Permukaan Laut	6000 meter
Durasi Terbang Maksimal	37 – 43 menit
GNSS	GPS + Galileo + BeiDou + GLONASS
Pengoperasian Suhu Disarankan	-10° – 40° C
Kamera	RGB dan Multispektral
Ukuran Foto Maksimal	5280 x 3956 (RGB) 2592 x 1944 (Multispektral)
Sensor	4/3 CMOS (Piksel efektif 20 MP) untuk RGB ½.8-inch CMOS (Piksel efektif 5MP) untuk multispektral
Saluran Multispektral	*Green* (G): 560 nm ± 16nm; *Red* (R): 650 nm ± 16nm; *Red Edge* (RE): 730 nm ± 16nm; *Near-Infrared* (NIR): 860 nm ± 26nm
Format Foto	JPEG/DNG (RGB) TIFF (Multispektral)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.6. Panel Kalibrasi Reflektan

Calibrated Reflectance Panel (CRP) atau panel kalibrasi reflektan merupakan alat kalibrasi radiometrik ringkas yang telah memiliki nilai pantulan yang sudah diukur sebelumnya. Pengambilan gambar panel kalibrasi reflektan ini sangat penting dalam pengumpulan data, terutama pada data multispektral karena dapat mengkalibrasi berdasarkan kondisi pencahayaan pada saat dilakukannya pemotretan di waktu yang sama (Micasense, 2024). Panel ini juga digunakan sebagai koreksi radiometrik untuk menghilangkan perngaruh kondisi cuaca/gangguan atmosfer/perbedaan posisi matahari yang berdampak pada pencahayaan. Dash dkk., (2017) melakukan pemantauan Kesehatan tanaman menggunakan UAV dengan panel kalibrasi yang dipotret sebelum dan sesudah penerbangan dengan tujuan memberikan representasi yang lebih akurat mengenai jumlah cahaya saat pengambilan gambar. Pengambilan gambar panel juga direkomendasikan berada pada bidang tanah yang rata dan di area terbuka. Kemudian kamera drone diarahkan ke panel dengan posisi matahari tertutupi punggung manusia sehingga matahari tidak menerpa panel dan panel tidak memiliki bayangan yang terpantul dari benda di sekitarnya (Micasense, 2024).

2.7. Ketelitian Geometrik

Ketelitian geometrik merupakan salah satu syarat dalam standar ketelitian peta dasar yang menunjukkan nilai ketidakpastian koordinat posisi objek di peta yang dibandingkan dengan koordinat objek sebenarnya di lapangan. Ketelitian geometri suatu citra orthofoto dalam dunia fotogrametri diperlukan untuk mengetahui apakah pemetaan dengan menggunakan wahana UAV sudah memenuhi standar ketelitian peta dasar dari Badan informasi Geospasial (BIG) atau belum (Farman dkk., 2023). Selain itu, dalam peta orthofoto juga diperlukan infromasi ketelitian untuk menjaga hak serta kewajiban, baik di tingkat internasional, nasional, maupun lokal (Tarmizi, 2019). Uji ketelitian geometrik diatur dalam Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar dan Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018 tentang Perubahan Atas Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Ketelitian Peta Dasar. Dalam peraturan tersebut disebutkan bahwa terdapat dua komponen ketelitian geometri, yaitu komponen horizontal dan juga komponen vertikal. Dalam Farman dkk., (2023) dijelaskan bahwa ketelitian horizontal (CE9 dan ketelitian vertikal (LE90) berarti bahwa 90% perbedaan posisi secara horizontal atau vertikal objek di peta dibandingkan posisi sebenarnya tidak melebihi radius tersebut. Terdapat salah satu faktor yang dapat mempengaruhi ketelitian geometri yang dihasilkan suatu peta ortofoto menurut Gunawan dkk., (2019) yaitu ketinggian terbang. Di mana dalam penelitiannya menunjukkan bahwa semakin tinggi terbang wahana, maka ketelitian yang dihasilkan semakin baik.

2.8. Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi merupakan algoritma matematis yang dimanfaatkan dalam penginderaan jauh untuk menekankan fenomena vegetasi secara representatif (Hanan dkk., 2020) dan dapat diterapkan pada citra dengan multisaluran karena melibatkan beberapa saluran sekaligus untuk menghasilkan citra baru yang lebih baik dalam menyajikan fenomena vegetasi (Muhsoni, 2015). Indeks vegetasi pertama dikembangkan berdasarkan tiga saluran yang cukup representatif dalam menyajikan fenomena vegetasi, yaitu saluran hijau, merah, dan inframerah dekat (Danoedoro, 2012). Indeks vegetasi juga menjadi salah satu metode analisis digital yang dapat digunakan untuk mengevaluasi kondisi kesehatan suatu tanaman (Yuniasih & Adjie, 2022). Penilaian kondisi tanaman pada indeks vegetasi didapatkan melalui hasil ekstraksi dan peningkatan fitur baru melalui kombinasi saluran spektral yang tidak dimiliki oleh saluran individual (Wang & Weng, 2014). Tingginya nilai indeks vegetasi menunjukkan bahwa vegetasi yang ada memiliki tingkat kehijauan yang tinggi. Sebaliknya, rendahnya nilai indeks vegetasi dapat menunjukkan rendahnya tingkat kehijauan pada vegetasi (Arhatin & Prihatin, 2013). Terdapat berbagai jenis indeks vegetasi yang setiap indeks tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing (Huang dkk., 2021). Pada penelitian ini, indeks vegetasi yang digunakan adalah *Green Normalized Difference Vegetation Index* (GNDVI) dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI).

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.8.1. GNDVI

Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI) merupakan salah satu indeks vegetasi yang hampir sama dengan indeks vegetasi NDVI. Perbedaannya terletak pada saluran hijau yang digunakan sebagai pengganti dari saluran merah. Indeks ini dapat digunakan untuk mengukur laju fotosintesis, memantau tingkat stres tanaman, serta memiliki kemampuan lebih baik dalam estimasi konsentrasi pigmen pada daun. GNDVI memiliki rentang nilai antara -1 sampai 1. Nilai indeks GNDVI dapat dihitung menggunakan formula berikut (Gitelson dkk., 1996).

$$GNDVI = \frac{(NIR - Green)}{(NIR + Green)} \quad (2.1)$$

2.8.2. NDVI

Indeks vegetasi NDVI menjadi salah satu indeks yang umum digunakan untuk melakukan evaluasi dan memantau kondisi tanaman (Yuniasih & Adjie, 2022), untuk mengetahui tingkat kehijauan tanaman (Pangestu & Banowati, 2023), serta berkaitan langsung dengan kapasitas fotosintesis (Mukhlisin & Soemarno, 2020). Nilai dari indeks NDVI berada pada rentang -1 hingga 1, dengan nilai negatif yang menunjukkan bahwa objek non vegetasi dan nilai positif menunjukkan objek vegetasi. Nilai vegetasi yang mendekati nilai 1 menunjukkan bahwa kondisi vegetasi tersebut rapat dan memiliki kondisi yang sehat (Yuniasih & Adjie, 2022). Indeks vegetasi ini didapatkan dari perhitungan rasio nilai spektral dari band atau saluran merah (*Red*) dan inframerah dekat (NIR) hasil pantulan dari objek tanaman/vegetasi (Yuniasih dkk., 2022). Rumus yang digunakan untuk perhitungan NDVI adalah sebagai berikut (Lillesand & Kiefer, 2015).

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \quad (2.2)$$

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.9. Telaah Penelitian Sebelumnya

Orisinalitas penelitian "Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman *Eucalyptus pellita* Menggunakan UAV Multispektral" ditunjukkan dengan perbandingan peneltian sebelumnya, yaitu:

Nazir dkk., (2021) dalam penelitiannya yang berjudul "*Early Monitoring of Health Status of Plantation-Grown Eucalyptus pellita at Large Spatial Scale via Visible Spectrum Imaging of Canopy Foliage Using Unmanned Aerial Vehicles*" melakukan pemantauan status kesehatan tanaman di Sabah, Malaysia dengan wahana UAV yang dilengkapi dengan kamera RGB. Analisis Kesehatan tanaman dilakukan dengan memanfaatkan indeks VARI-green untuk mendeteksi status kesehatan dan mengkelaskannya ke dalam 4 kelas, yaitu *healthy*, *moderate*, *severe*, dan *dead* menggunakan klasifikasi *unsupervised* serta menghasilkan akurasi sebesar 91%. Persamaan penelitian ini yaitu melakukan deteksi kesehatan *Eucalyptus pellita* menggunakan indeks vegetasi, beberapa metode teknis pengolahan, dan metode uji akurasi dengan *confusion matrix*, sedangkan perbedaannya terletak pada lokasi penelitian, tipe wahana UAV yang digunakan, serta hasil tingkatan kesehatannya.

Pemantauan penyakit daun juga dilakukan oleh Liao et al., (2022) dalam penelitiannya yang berjudul "*Detection Eucalyptus Leave Disease with UAV Multispectral Imagery*" yang melakukan deteksi penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus* di Provinsi Fujian, China menggunakan UAV DJI Phantom 4 Multispektral. Metode *Mutual Information* (MI) digunakan untuk mengetahui indeks vegetasi yang paling sensitif terhadap penyakit tanaman. Didapatkan bahwa NRI adalah indeks yang paling baik dan kemudian digunakan untuk menganalisis level kesehatan tanaman menggunakan sistem klasifikasi *Random Forest* (RF) dengan nilai akurasi keseluruhan yang didapatkan sebesar 90.1%. Persamaan penelitian ini yaitu menggunakan dua indeks vegetasi untuk melakukan deteksi penyakit daun dengan wahana UAV. Perbedaan penelitian terletak pada indeks yang digunakan, lokasi penelitian, penilaian hingga mencapai tingkat keparahan, dan metode klasifikasi yang digunakan.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Lei dkk., (2021) melakukan penelitian dengan menerapkan data multispektral hasil perekaman drone DJI Phantom 4 Multispektral dengan 5 indeks vegetasi untuk deteksi penyakit kuning pada daun tanaman pinang di Konta Danzhou, Hainan, Cina. Model klasifikasi BPNN, SVM, Niave Bayes, Decision Tree, dan K-Nearest Neighbor digunakan untuk menentukan tingkat keparahan dalam bentuk persentase penyakit kuning pada tajuk tanaman dan kemudian dilakukan analisis korelasi nilai indeksnya dengan *Living Vegetation Volume* (LVV). Persamaan penelitian terletak pada indeks yang digunakan, yaitu GNDVI dan NDVI, penentuan tingkat keparahan dalam skala persentase, dan klasifikasi SVM. Perbedaan penelitian terletak pada wilayah kajian, objek tanaman dan tidak adanya analisis korelasi dengan LVV. Lebih lengkapnya, penelitian terdahulu yang relevan disajikan pada Tabel 2.2.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 2.2. Penelitian sebelumnya yang relevan dengan penelitian ini

Nama	**Judul**	**Lokasi**	**Metode**	**Hasil**
Nazir dkk., 2021	*Early Monitoring of Health Status of Plantation-Grown Eucalyptus pellita at Large Spatial Scale via Visible Spectrum Imaging of Canopy Foliage Using Unmanned Aerial Vehicles*	Sabah, Malaysia	1. Indeks vegetasi VARI-green untuk mendeteksi status Kesehatan tanaman 2. Klasifikasi *unsupervised* untuk mengkelaskan status kesehatan tanaman (*healthy, moderate, severe,* dan *dead*) 3. Uji akurasi dengan metode *confusion matri*x dan *kappa coefficient*	1. Menyatakan bahwa indeks VARI-green dapat menunjukkan status Kesehatan tanaman *Eucalyptus pellita* dan menghasilkan *overall accuracy* 91% dan nilai *kappa coefficient* 0,62
Lei dkk., 2021	*Remote Sensing Detecting of Yellow Leaf Disease of Arecanut Based on UAV Multisource Sensors*	Kota Danzhou, Hainan, Cina	1. Perekaman udara dengan DJI Phantom 4 *untuk 3D measurement* dan DJI P4 Multispektral untuk data multispektral 2. Indeks vegetasi NDVI, OSAVI, LCI, GNDVI, dan NDRE dan metode klasifikasi BPNN, SVM, Naïve Bayes, Decision Tree, dan K-nearest Neighbor untuk tingkat keparahan penyakit kuning daun dalam bentuk persentase 3. Analisis korelasi nilai indeks dengan LVV	1. Menghasilkan hasil prediksi tingkat keparahan penyakit kuning pada daun paling tinggi dengan klasifikasi BPNN dan SVM 2. Terdapat hasil yang menunjukkan bahwa ada hubungan antara area LVV dengan tingkat kerapahan penyakit kuning daun yang ditunjukkan dengan nilai R tinggi

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Liao dkk., 2022	*Detection Eucalyptus Leave Disease with UAV Multispectral Imagery*	Provinsi Fujian, China	1. Menggunakan UAV DJ Phantom 4 Multispektral 2. *Mutual Information* (MI) untuk mengetahui band dan indeks vegetasi yang paling sensitif terhadap penyakit tanaman 3. Indeks vegetasi GI dan NRI untuk analisis kesehatan tanaman 4. Klasifikasi RF dan SAM untuk kesehatan vegetasi ke dalam kelas *healthy, midly, moderately,* dan *severely* 5. Uji akurasi dengan metode *confusion matrix* dan *kappa coeficient*	1. Menunjukkan bahwa band hijau, red edge, dan NIR sangat sensitif untuk penyakit pada tanaman hutan 2. Menunjukkan bahwa indeks vegetasi GI dan NRI sangat sensitif untuk penyakit pada tanaman dengan nilai >0.5 dengan NRI yang paling baik 3. Menghasilkan *overall accuracy* sebesar 90.1% dengan nilai *kappa coefficient* 0.87 dengan metode RF dan indeks vegetasi NRI
Dell dkk., 2019	*Detection of Necrotic Foliage in a Young Eucalyptus pellita Plantation using Unmanned Aerial vehicle RGB Photography – a Demonstration of Concept*	Riau, Sumatra	1. Menggunakan UAV DJI Phantom 4 Pro 2. Metode CHM untuk individu pohon serta DAP/ALS *point cloud* untuk tinggi masing-masing pohon 3. Indeks vegetasi VARI-green hasil turunan dari RGB *point cloud* untuk mengkelaskan tingkat keparahan tajuk setiap individu pohon ke	1. Dari 1250 tajuk pohon, 1133 termasuk kelas sehat, 39 tajuk rusak sebagian, 40 tajuk mati, dan 38 tajuk *missing* 2. Menghasilkan *overall accuracy* sebesar 99.0%

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

			dalam kelas *healthy*, *partially damaged*, *dead*, dan *missing*) 4. Uji akurasi dengan metode *confusion matrix*	
Pietrzykowski dkk., 2007	*Predicting Mycosphaerella Leaf Disease Severity in a Eucalyptus Globulus Plantation Using Digital Multi-spectral Imagery*	Tasmania, Australia	1. Digital Multi-Spectral Camera 2. Mengkelaskan Tingkat keparahan penyakit berdasarkan defoliasi dan indeks nekrosis ke dalam kelas *low* (<20%), *moderate* (20-70%), dan *high* (>70%) 3. Pembuatan model dengan regresi linear dan uji akurasi dengan *confusion matrix*	1. Terdapat korelasi yang rendah antara nilai spektral dengan nilai indeks nekrosis dan defoliasi 2. Menghasilkan *overall accuracy* 71% untuk defoliasi dan 67% untuk indeks nekrosis
Penelitian ini	Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman *Eucalyptus pellita* Menggunakan UAV Multispektral	Kecamatan Tualang, Kabupaten Siak, Riau	1. UAV DJI Mavic 3 Multispektral untuk perekaman udara 2. Membandingkan indeks vegetasi NDVI dan GNDVI untuk mendeteksi penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus* 3. Klasifikasi SVM dan *Zonal Statistic* 4. Uji akurasi menggunakan *confusion matrix*	1. Proses akuisisi data yang efisien untuk tanaman *Eucalyptus pellita* 2. Transformasi indeks vegetasi yang optimal digunakan dalam deteksi tingkat keparahan epnyakit daun pada tanaman *Eucalyptus pellita* 3. Peta distribusi penyakit daun *Eucalyptus pellita* beserta akurasi yang diperoleh

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 2.3. Perbedaan metode yang digunakan

Metode	Nazir dkk., 2021	Lei dkk., 2021	Liao dkk., 2022	Dell dkk., 2019	Pietzykowski dkk., 2017	Penelitian Ini
Perekaman UAV Multispektral		✓	✓		✓	✓
Perekaman UAV RGB	✓			✓		
Terbang Rendah (<50m)		✓		✓		✓
Terbang Tinggi (>50m)	✓		✓			
Indeks Vegetasi	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Buffer Kanopi	✓					✓
Living Vegetation Volume (LVV)		✓				
Klasifikasi *Supervised*		✓	✓			✓
Klasifikasi *Unsupervised*	✓					
Uji Akurasi *Confusion Matrix*	✓		✓	✓	✓	✓
Uji Korelasi/Regresi		✓			✓	

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 2.4. Matriks perbandingan penelitian terdahulu

Penelitian Terdahulu	Wahana/ Sensor	Parameter Terbang	Indeks	Metode Pengolahan	Hasil	Kelebihan	Kekurangan
Nazir dkk., 2021	Phantom 4 Pro sensor kamera RGB	Tinggi terbang 129 meter Forward overlap 60% Side overlap 30% Perekaman nadir	VARI-Green	Agisoft metashape untuk pembuatan orthomozaik Hasil orthomosaik dilakukan *buffer* di setiap individu pohon untuk mendapatkan cakupan kanopi pohon Klasifikasi status kesehatan ke dalam empat kelas dengan *Zonal Statistics* Uji akurasi *confusion matrix*	Peta sebaran status kesehatan tanaman hasil analisis indeks vegetasi dengan akurasi 90%	Dapat menilai tingkat keparahan setiap kanopi ke dalam 4 kelas berdasarkan perubahan warna daun	Sensor RGB menyebabkan tidak dapat menggunakan indeks seperti NDVI *Buffer* kurang merepresnetasikan seluruh kanopi individu pohon

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Lei dkk., 2021	DJI Phantom 4 Multispektral	Tinggi terbang 40 m Forward overlap 80% Side overlap 70% Perekaman oblique	NDVI OSAVI LCI GNDVI NDRE	DJI Terra untuk pemrosesan data foto udara Foto udara 2D untuk analisis indeks vegetasi SfM 3D point cloud untuk data LVV Metode *Machine Learning* untuk klasifikasi prediksi model penyakit Penilaian korelasi antara LVV dengan keprahakan penyakit kekuningan daun	Data foto udara 2D dengan RMSE 0,619 m data LVV Hasil prediksi penyakit kuning daun dengan akurasi tertinggi pada BPNN sebesar 92% Hasil grafik uji korelasi	Terdapat kaitan antara tiap kelas penyakit dengan LVV Penggunaan berbagai *machine learning* dapat sangat efektif untuk menilai keparahan dalam nilai kuantitatif	Penggunaan ENVI 5.3 memiliki keterbatasan dalam ekstraksi tajuk/kanopi pohon Error lebih mudah ditemukan pada data LVV
Liao dkk., 2022	DJI Phantom 4 Multispektral	Tinggi terbang 180 meter	NRI GI	DJI Terra untuk	Menghasilkan nilai MI dengan indeks	MI scores dapat menjadi metode	Data multipsketral yang diambil masih belum

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

		Side overlap 85%		pemrosesan data foto udara Indeks vegetasi yang digunakan berdasarkan MI Scores Metode klasifikasi untuk deteksi kesehatan kanopi tanaman dengan RF dan SAM	terbaik adalah NRI dan GI Hasil pemetaan distribusi spasial menunjukkan akurasi tertinggi pada hasil pengolahan RF dengan indeks NRI 90,1%	*feature selection* dalam menentukan indeks yang sesuai	terkalibrasi dan dapat mempengaruhi hasil nilai reflektan
Dell dkk., 2019	DJI Phantom 4 Pro	Tinggi terbang 30 m Forward dan Side overlap 95%	VARI-Green	Agisoft photoscan professional untuk pemrosesan data foto udara Analisis CHM untuk deteksi individu pohon Analisis indeks vegetasi pada	Hasil visual sebaran tajuk pohon yang sakit berdasarkan data VARI *point cloud* Hasil model memiliki akurasi total 99%	Analisis indeks vegetasi dilakukan pada tiap *point clouds* lebih cepat untuk mendeteksi nekrosis daun	Sensor RGB menyebabkan tidak dapat menggunakan indeks seperti NDVI Data lidar dapat lebih baik untuk analisis CHM

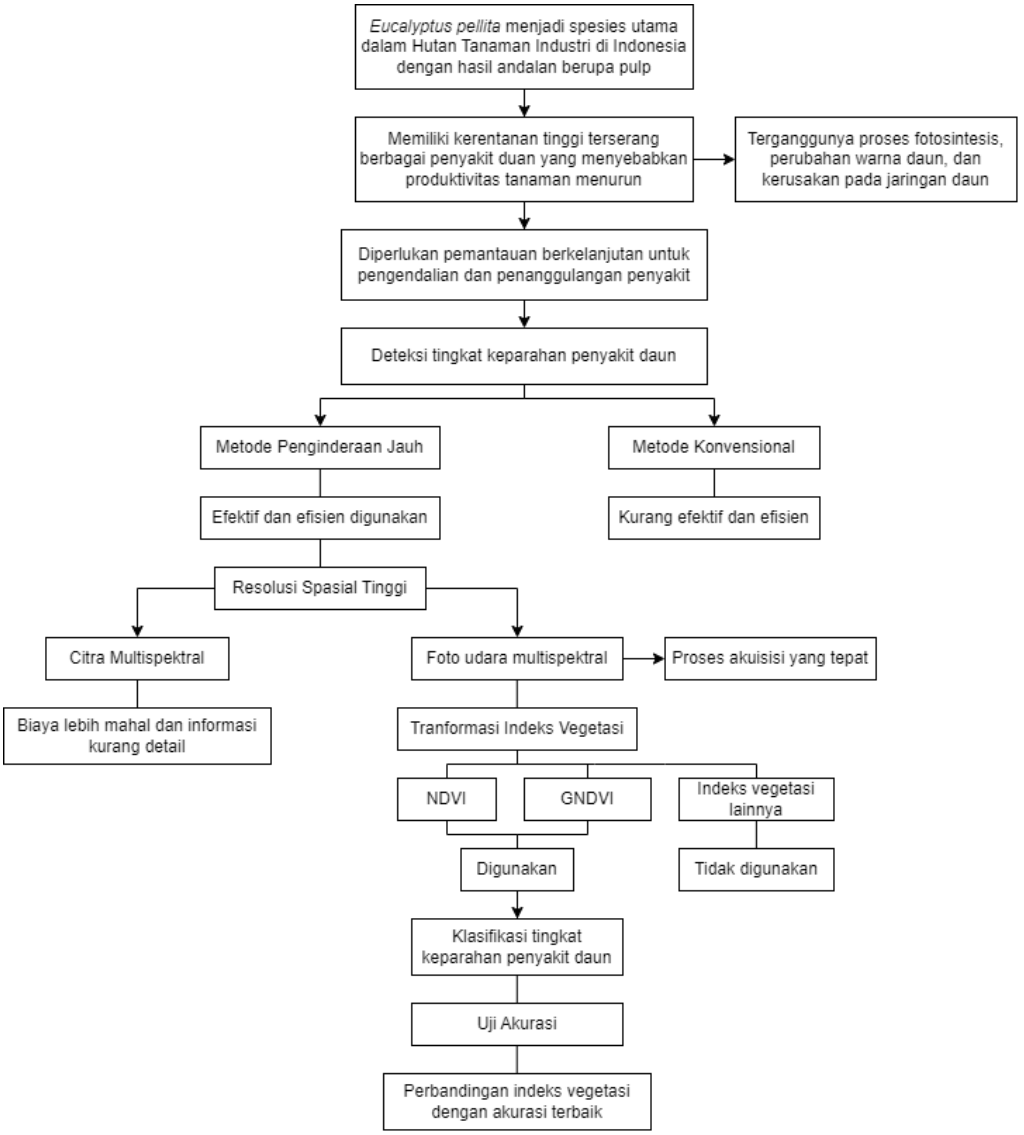
Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

				data point clouds per satu pohon			
Pietzykowski dkk., 2017	Digital Multispektral Camera (DMSC)	-	NDVI dan indeks rasio	Pengkelasan penyakit daun didasarkan pada gejala penyakit per kanopi pohon Pembuatan model dengan regresi linear Uji korelasi dan regresi antara variabel spektral dan hasil nilai indeks	Peta sebaran kelas keparahan penyakit daun ke dalam dua jenis, yaitu defoliasi dengan hasil akurasi 71% dan nekrosis dengan akurasi 67%	Terdapat hasil perbandingan korelasi antara penyakit dengan nilai spektral atau indeksnya	Rendahnya akurasi yang dihasilkan sehingga analisis tekstur dan tambahan iinformasi spektral pada citra dapat meningkatkan akurasi Analisis hanya terbatas pada skala tajuk dan tidak dapat per daun

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.10. Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran penelitian secara skematik dapat dilihat pada Gambar 2.6.

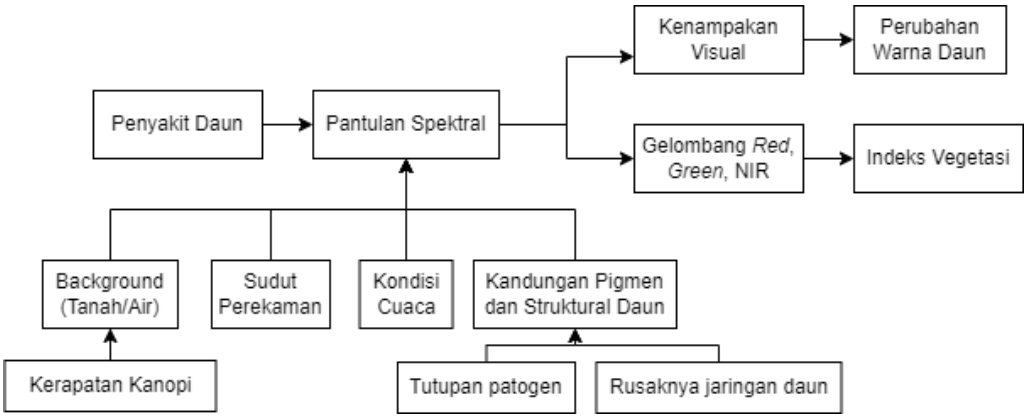


Gambar 2.6. Skema kerangka pemikiran penelitian

2.11. Kerangka Teori

Berdasarkan beberapa teori yang digunakan dalam penelitian, disusun kerangka teori untuk menunjang penelitian dan tercapainya tujuan sebagai berikut

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 2.7. Skema kerangka teori penelitian

2.12. Batasan Operasional

Deteksi merupakan suatu proses yang dilakukan terhadap berbagai masalah dengan tujuan untuk memeriksa sesuatu dengan menggunakan cara dan teknik tertentu agar suatu masalah dapat terpecahkan dan menghasilkan sebuah solusi (Yudono dkk., 2021).

Eucalyptus pellita merupakan tanaman yang termasuk ke dalam famili *Myrtaceae* yang banyak ditemukan di hutan terbuka dan berasal dari Australia dan Papua Nugini, tetapi dapat tumbuh dengan baik di daerah tropis seperti Indonesia, India, Brazil, Kongo, Fiji, Afrika Selatan, dan Uruguay (Astiani dkk., 2014).

Indeks Vegetasi merupakan algortima atau transformasi matematis yang diterapkan pada citra multispektral yang bertujuan untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi atau aspek lainnya yang melibatkan beberapa saluran sekaligus dan menghasilkan citra baru yang representative dalam menyajikan fenomena vegetasi (Muhsoni, 2015).

Penginderaan Jauh atau *remote sensing* merupakan sebuah aktivitas merekam atau mengamati suatu objek atau fenomena dari tempat yang jauh dengan sebuah sensor yang dipasang pada pesawat, satelit, dan wahana lainnya untuk mengambil gambar suatu objek atau fenomena yang ada di permukaan bumi (Wang & Weng, 2014).

Penyakit adalah hasil dari beberapa gangguan pada proses kehidupan suatu tanaman yang disebabkan oleh jamur, virus, dan bakteri (Maria dkk., 2020).

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

***Unmanned Aerial Vehicle* (UAV)** atau drone (pesawat udara tanpa awak) merupakan pesawat terbang yang dapat terbang tanpa adanya pilot dan penumpang di dalamnya serta dikendalikan secara jarak jauh menggunakan gelombang radio atau secara otonom dengan rute yang telah ditentukan (Kardasz & Doskocz, 2016).

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1.Alat dan Bahan Penelitian

3.1.1. Alat Penelitian

Peralatan pendukung yang akan digunakan pada penelitian ini adalah:

a. DJI Mavic 3 Multispektral, untuk pemotretan udara di lapangan
b. D-RTK 2 *High Precision GNSS Mobile Station*, untuk melakukan koreksi koordinat posisi secara *differential real-time* agar mendapatkan akurasi pemotretan hingga tingkat sentimeter
c. Panel kalibrasi, untuk melakukan kalibrasi reflektan pada drone
d. Anemometer, untuk mengukur kecepatan angin
e. GNSS CHCNAV untuk mengukur koordinat titik ICP dan plot sampel di lapangan
f. Checklist lapangan, untuk mencatat hasil data/informasi di lapangan
g. Papan jalan, sebagai alas yang digunakan untuk mencatat di lapangan
h. Alat tulis, untuk mencatat segala informasi di lapangan
i. Gawai, untuk dokumentasi kegiatan lapangan
j. *Flagging tape*, untuk menandai plot sampel pohon
k. Laptop/komputer, untuk memproses data dan membuat laporan
l. *Software* DJI Pilot 2, untuk membuat rencana jalur terbang
m. *Software* AvenzaMap, untuk membantu proses *ground truth*
n. *Software* Agisoft Metashape Professional, untuk memproses data foto udara
o. *Software* ENVI 5.3, untuk memproses/analisis data citra multispektral
p. *Software* ArcGIS atau QGIS, untuk klasifikasi dan pembuatan peta
q. *Software* Microsoft Office (Word dan Excel), untuk mencatat, analisis data, dan pembuatan laporan
r. *Software* rtkpost, untuk *post processing* data koordinat
s. *Software* REDtoolbox, untuk *post processing* data foto udara

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

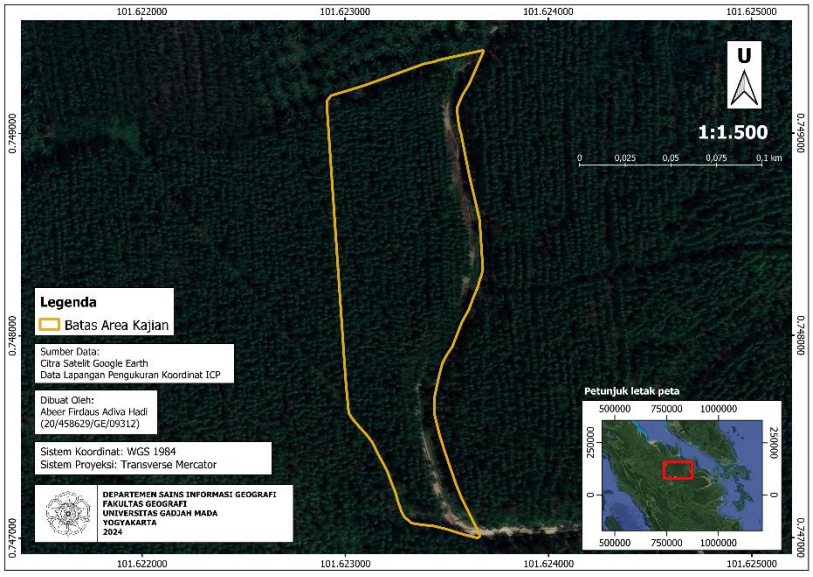
3.1.2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini yaitu:

a. Citra Google Earth, untuk menentukan batasan wilayah kajian
b. *Alumunium Composite Panel* (ACP) 20 cm x 20 cm, untuk pembuatan papan tanda *Independent Check Point* (ICP)
c. Data GNSS SMK Kehutanan Negeri (SMKKN), untuk koreksi *base station* GPS CHCNAV

3.2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di sebagian wilayah perkebunan dengan homogenitas tanaman *Eucalyptus pellita* yang dikelola oleh PT. Arara Abadi yang disajikan pada Gambar 3.1. Secara administratif, daerah kajian berada di Desa Pinang Sebatang Barat, Kecamatan Tualang, Kabupaten Siak, Riau. Kecamatan Tualang memiliki luas keseluruhan 343,60 km^2 dan terdiri dari 8 desa dan 1 kelurahan. Kecamatan ini beriklim tropis dengan suhu berkisar 23°C – 39°C dan curah hujan yang relatif rendah. Kecamatan Tualang berada di dataran rendah dengan struktur tanah yang terdiri dari tanah podsolik, tanah organosol, dan gley humus berbentuk tanah rawa-rawa atau tanah basah. Petak yang dipilih sebagai area kajian berada pada koordinat 791910 – 792050 mT dan 82900 – 82670 mU.



Gambar 3.1. Peta lokasi penelitian

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Wilayah kajian yang dipilih di atas hanya berada pada satu petak yang ditanami oleh tanaman *Eucalyptus pellita* dengan nomor petak RSKA 025307 seluas 1 Ha. Jarak tanam antar pohon sebesar 4 x 1,87 meter. Petak ini berada di wilayah dengan topografi yang datar. Umur tanaman *Eucalyptus pellita* pada petak tersebut telah menginjak umur tanaman 1 tahun 4 bulan (16 bulan) per Oktober 2023 dengan jenis klon yang sama, di mana klon tersebut memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terserang penyakit daun, seperti embun jelaga (*Capnodium sp*), penyakit hawar daun (*Kirramyces sp*), dan penyakit bercak daun (*Cryptosporiopsis*). Ketiga penyakit daun tersebut menyebar merata di seluruh tanaman dengan tingkat keparahan yang berbeda-beda. Beberapa tanaman pada petak ini juga terserang penyakit mematikan bernama *Cerratocystis fimbriata*.

3.3. Tahap Pra-Lapangan

3.3.1. Persiapan Alat

Tahap persiapan alat dilakukan dengan mempersiapkan peralatan yang dibutuhkan untuk mengambil data di lapangan yang meliputi pengambilan gambar menggunakan UAV multispektral, peletakan dan pengukuran ICP, serta pengambilan data sampel lapangan. Persiapan pemotretan yang dilakukan meliputi memastikan kelengkapan drone DJI Mavic 3 Multispektral, memastikan drone dapat terhubung dengan *Remote Control* (RC) dan dengan D-RTK 2, serta penyiapan panel kalibrasi. Kemudian dipersiapkan alat penyebaran ICP berupa tanda (pre-mark) yang terbuat dari ACP dengan ukuran 20 x 20 cm dan GPS CHCNAV untuk pengukuran koordinat. Untuk pengambilan sampel *ground truth* dipersiapkan alat seperti, *checklist* lapangan, alat tulis, papan jalan, GPS *handheld* atau GPS CHCNAV, *flagging tape*, dan gawai.

3.3.2. Pembuatan Jalur Terbang

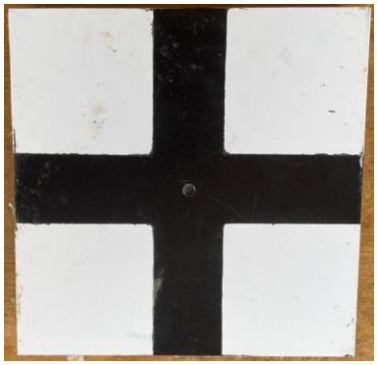
Pembuatan rencana jalur terbang dilakukan pada lokasi petak kajian yang telah ditentukan batasan wilayahnya dengan menggunakan perangkat lunak DJI Pilot 2. Proses ini bertujuan untuk mengetahui batasan area yang akan dilakukan pemotretan dan juga memberikan perintah pada drone untuk memotret. Melalui perencanaan jalur terbang juga dapat diketahui perkiraan waktu terbang dan baterai yang dibutuhkan

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

drone untuk mengambil gambar sesuai dengan jarak tempuh terbang drone. Parameter terbang ditentukan pula pada perangkat lunak DJI Plot 2 dengan tujuan agar pengambilan gambar pada wilayah kajian lebih teratur dan sesuai dengan parameter yang ditentukan.

3.3.3. Penentuan Titik ICP

Independent Check Point (ICP) atau titik cek merupakan titik kontrol tanah yang digunakan sebagai pengontrol kualitas yang dilakukan dengan cara membandingkan koordinat model dengan koordinat sebenarnya sehingga didapatkan ketelitian horizontal dari foto udara yang dihasilkan dari pemotretan yang dilakukan (Natar dkk., 2020). Titik ICP di lapangan ditandai dengan tanda (pre-mark) yang dibuat dari ACP dengan ukuran 20 cm x 20 cm berwarna hitam putih seperti yang terlihat pada Gambar 3.2. Sebaran lokasi peletakan ICP ditentukan dengan mempertimbangkan luas dan topografi wilayah kajian yang dipotret. Jumlah tanda titik ICP yang akan disebar di wilayah kajian sebanyak 7, dengan 5 berada di bagian luar petak dan 2 titik lainnya berada di dalam atau di tengah petak kajian.



Gambar 3.2. Tanda titik ICP (Dokumentasi Pribadi, 2023)

3.4. Tahap Lapangan

3.4.1. Penentuan Titik Sampel Lapangan

Penentuan titik sampel ditentukan di lapangan setelah dilakukan terbang tinggi menggunakan drone untuk melihat *sinoptic overview* dari wilayah kajian. Titik sampel yang akan diambil di lapangan sebagai data *ground truth* berupa titik dari satu individu pohon. Sebaran sampel ditentukan menggunakan plot dengan ukuran yang berbeda. Di

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

antaranya yaitu berukuran 4 x 5 pohon (4 baris dengan masing-masing baris terdapat 5 pohon), 3 x 7 pohon (3 baris dengan masing-masing baris terdapat 7 pohon), dan 3 x 5 pohon (3 baris dengan masing-masing baris terdapat 7 pohon) yang tersebar secara acak di wilayah kajian. Perbedaan ukuran plot tersebut disebabkan oleh adanya pembatas berupa parit di setiap 4 atau 3 baris pohon. Dengan berbagai ukuran plot tersebut, ditargetkan dapat mendapatkan total titik sampel sebanyak kurang lebih 100 pohon. Metode ini dipilih karena seluruh individu pohon pada petak terserang penyakit daun secara merata tetapi memiliki tingkat keparahan yang berbeda-beda. Maka dari itu, dengan menggunakan plot sudah dapat mewakili variasi tingkat keparahan penyakit daun di lapangan.

3.4.2. Pemotretan Udara

Pemotretan gambar udara dilakukan dengan menggunakan DJI Mavic 3 Multispektral yang telah terhubung dengan D-RTK 2. Drone yang digunakan memiliki satu kamera dengan sensor RGB dan 4 kamera dengan sensor multispektral yang terdiri dari panjang gelombang yang berbeda, yaitu *Red*, *Green*, NIR, dan *Red Edge* yang terlihat pada Tabel 3.1. Sebelum dilakukan pemotretan udara dilakukan peletakan titik ICP di titik yang telah ditentukan.

Tabel 3.1. Band pada DJI Mavic 3 Multispektral (ag.dji.com)

Band	***Center Wavelength* (nm)**	***Wavelength Range* (nm)**
Green (G)	560	544 – 576
Red (R)	650	634 – 666
Red Edge (RE)	730	714 – 746
Near-Infrared (NIR)	860	834 – 886

Proses akuisisi data foto udara dilakukan dengan memperhatikan beberapa parameter terbang seperti yang terdapat pada Tabel 3.2. Tinggi terbang berada pada 25 meter di atas permukaan tanah atau tergolong dalam tinggi terbang rendah. Hal ini bertujuan agar menghasilkan foto udara dengan *Ground Sample Distance* (GSD) atau resolusi spasial kurang lebih 1 cm dan agar dampak dari pengaruh atmosfer rendah. *Forward*/*side overlap* tinggi bertujuan untuk memastikan representasi kanopi pohon memiliki kualitas yang baik dan menghasilkan representasi struktur yang lebih baik

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

karena meningkatnya penyatuan titik gambar (Dell dkk., 2019). Kemudian terbang tidak dengan *follow terrain mode* karena wilayah kajian yang memiliki topografi datar, sehingga pemotretan tanpa *follow terrain* tidak berpengaruh terhadap hasil pemotretan karena tidak adanya variasi perbedaan media hantar/atmosfer antara objek dengan wahana dan juga hasil dari GSD akan sama karena jarak antara wahana dengan objek yang tetap.

Tabel 3.2. Parameter terbang untuk area kajian

Flight Parameter	**Keterangan**
Tinggi Terbang (m)	25
Durasi Terbang (menit)	25
Forward Overlap (%)	80
Side Overlap (%)	70
Sudut kamera	Nadir (90°)
Follow Terrain	*No*

3.4.3. Pengambilan Data Lapangan

Pengambilan data di lapangan terbagi menjadi dua kegiatan, yaitu pengambilan sampel tingkat keparahan penyakit daun di lapangan atau *ground truth* dan pengukuran GPS untuk mendapatkan koordinat ICP. Keduanya dilakukan pada hari yang bersamaan dengan dilakukannya pemotretan udara. Pengambilan data *ground truth* dilakukan dengan mengisi *checklist* lapangan berupa tabel yang terdiri dari kode plot, nomor sampel, waktu pengambilan data, kode GPS, kondisi cuaca, dan keterangan tingkat keparahan penyakit daun yang dilakukan bersama dengan pakar tanaman *Eucalyptus* menggunakan metode *expert judgement* disertai dengan pengambilan dokumentasi lapangan. Data yang didapatkan berupa data titik kode sampel per pohon di setiap plot yang telah ditentukan dilengkapi dengan informasi persentase tingkat keparahan penyakit daun dalam unit analisis per individu pohon yang nantinya akan dikelaskan ke dalam 3 kelas tingkat keparahan penyakit daun. Pengamatan dan penentuan tingkat keparahan penyakit daun hanya dilakukan oleh satu *expert judgement* dengan tujuan untuk meminimalisir perbedaan persepsi. Jumlah sampel

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

yang ditentukan sebanyak 6 plot sampel dengan target titik sampel yang didapatkan mencapai kurang lebih 100 titik pohon.

Pengukuran bertujuan untuk mendapatkan koordinat ICP pada setiap titik yang telah dilakukan dan pada setiap ujung plot sampel dengan menggunakan GPS Geodetik CHCNAV. Pengukuran dilakukan dengan metode *rapid static* untuk pengukuran pada titik ICP dan plot sampel. Metode ini dipilih karena dapat menghemat waktu karena waktu pengamatan yang dibutuhkan hanya berkisar 5 – 20 menit di setiap titiknya. Berbeda dengan metode statik yang membutuhkan waktu dalam selang jam (Faroby dkk., 2010). Selanjutnya ditentukan satu titik untuk *base station* dan titik lainnya diukur menggunakan *rover*. *Base station* dipasang terlebih dahulu dalam waktu 1 jam sebelum dilakukan pengukuran dan setiap titik ICP diukur dengan lama waktu pengukuran 15 – 20 menit, sedangkan titik ujung plot 2 – 5 menit. Pengukuran ujung plot ini digunakan untuk memastikan letak posisi pohon yang diamati di lapangan sudah tepat agar nantinya analisis data per pohon dapat dilakukan dengan maksimal.

3.5. Tahap Pasca Lapangan

3.5.1. *Post Processing* Data GPS

Data GPS *base station* dan *rover* hasil pengukuran dengan CHCNAV menghasilkan file dengan format rinex. File tersbeut kemudian dilakukan *post processing* dengan menggunakan *software* rtkpost. Titik *base station* diikat ke data koordinat SMKKN waktu pengukuran yang sama dengan waktu pengukuran di lapangan, di mana SMKKN ini adalah titik acuan atau data independen paling benar karena sudah terikat dengan jaring geodetik nasional. Hasil *post processing* tersebut berupa data tunggal koordinat *base station* terkoreksi yang selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk mengoreksi data *rover* dan menghasilkan data koordinat tunggal di berbagai titik ICP maupun ujung plot. Data koordinat tersebut kemudian digunakan untuk uji ketelitian geometrik pada hasil orthomozaik.

3.5.2. Pembuatan Orthomozaik

Proses pembuatan orthomozaik dilakukan dengan cara menggabungkan foto yang didapatkan dari proses perekaman udara berupa citra foto multispektral menjadi

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

satu kesatuan dengan menggunakan *software* Agisoft Metashape Professional. Langkah pertama yang dilakukan yaitu memasukkan foto berformat .TIFF untuk pengolahan multispektral dan .jpg untuk pengolahan RGB melalui fitur *Add Photos Multi-Camera System* dan dilanjutkan dengan memasukkan foto panel kalibrasi secara terpisah pada fitur *Calibrate Reflectance*. Pemrosesan panel kalibrasi dilakukan sebelum dilakukannya proses *align photo,* di mana input data dengan menggunakan foto panel kalibrasi yang telah didapatkan di lapangan beserta file pendamping excel dengan nomor seri yang sama dengan nomor yang ada pada panel. Tahap penyelarasan foto atau *align photo* selanjutnya dilakukan sebagai perkiraan antara lokasi kamera dengan *tie point cloud* sehingga nantinya dapat membentuk *matching point* antar foto. Pengaturan *align photo* diatur dengan kualitas yang tinggi dalam pemrosesan set data dengan tujuan agar foto-foto tersebut disampel pada resolusi aslinya (Dell dkk., 2019). Selanjutnya yaitu membangun *dense point cloud*, *classify ground points*, *build mesh*, *smooth mesh*, *build DEM*, dan *build orthomosaic*. Setiap tahapan tersebut dapat dilakukan dengan parameter rekontruksi yang diinginkan, seperti kualitas data. Sementara itu, pembuatan orthomozaik terbagi menjadi 2, yaitu orthomozaik RGB dan orthomozaik multispektral dengan tahapan pembuatan sama. Hanya saja perbedaan terletak pada input file, di mana orthomozaik RGB menggunakan file berformat .jpg dan juga perbedaan tidak digunakannya kalibrasi reflektan. Akan tetapi pemrosesan tidak menggunakan kalibrasi lensa. Orthomozaik RGB akan digunakan untuk uji ketelitian dan membantu dalam proses interpretasi visual, sedangkan orthomozaik multispektral untuk data analisis. Kedua hasil orthomozaik kemudian dapat di *export* ke dalam format TIFF untuk dilakukan pemrosesan lebih lanjut. Selain itu, hasil pemrosesan DEM juga di *export* karena akan digunakan sebagai input ekstraksi nilai ketinggian untuk uji ketelitian geometrik foto udara.

3.5.3. Uji Ketelitian Foto Udara

Uji ketelitian foto udara dilakukan pada hasil orthomozaik dengan menggunakan koordinat titik ICP yang telah diakuisisi di lapangan dan telah diketahui nilai koordinatnya melalui pemrosesan GPS. Ketelitian foto udara merupakan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ketidakpastian koordinat suatu objek di hasil foto udara dengan koordinat objek asli di lapangan dengan mengacu pada nilai perbedaan koordinat X, Y, dan Z antara nilai koordinat ICP hasil pengukuran di lapangan dan titik ICP pada hasil orthomozaik (Natar dkk., 2020). Uji ketelitian dilakukan mengacu pada form uji ketelitian pada Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar dan Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018 tentang Perubahan Atas Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Kualitas posisi analisis dengan menggunakan perhitungan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) yang menggambarkan kualitas kesalahan random dan sistematik (Tarmizi, 2019). Semakin kecil atau semakin mendekati 0 nilai RMSE maka koreksi geometriknya semakin baik (Parmadi & Sukojo, 2016). Nilai RMSE ini kemudian dapat digunakan untuk mengetahui nilai *Circular Error* (CE) 90 yang menunjukkan ketelitian horizontal serta nilai *Linear Error* (LE) 90 yang menunjukkan ketelitian vertikal.

3.5.4. Transformasi Indeks Vegetasi

Hasil foto udara multispektral tajuk vegetasi yang telah dibuat memuat lima saluran yang kemudian dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut melalui tranformasi indeks vegetasi menggunakan *software* ENVI 5.3 Classic. Indeks vegetasi yang digunakan adalah indeks vegetasi NDVI dan GNDVI. Perhitungan nilai indeks vegetasi NDVI dilakukan dengan dua saluran, yaitu *Red* dan *Near-Infrared* (NIR), sedangkan GNDVI dengan menggunakan saluran tampak NIR dan *Green*. Perhitungan dilakukan melalui *tools Band Math* pada perangkat lunak ENVI 5.3 Classic dengan memasukkan Formula 2.1. untuk GNDVI dan Formula 2.2 untuk NDVI.

Penelitian ini memiliki fokus pada membandingkan peran dari band *visible* (Red dan Green) dalam indeks yang digunakan. Indeks NDVI dipilih karena menjadi salah satu indeks yang sering digunakan untuk mengetahui tingkat kehijauan tanaman (Pangestu & Banowati, 2023) dan berkaitan langsung dengan kapasitas fotosintesis (Mukhlisin & Soemarno, 2020). Dimana salah satu penyakit daun, yaitu hawar daun dapat berdampak pada terhambatnya proses fotosintesis. Kemudian GNDVI digunakan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

karena dapat mengukur laju fotosintesis, memantau tingkat stress tanaman, dan yang terpenting adalah lebih baik dalam mengestimasi konsentrasi pigmen daun (Gitelson dkk., 1996) karena adanya saluran hijau yang digunakan sebagai pengganti saluran merah pada NDVI. Yang mana penyakit daun berdampak pada berubahnya warna daun yang awalnya hijau menjadi kuning, kecoklatan, hingga hitam. Selain itu juga mengacu pada hasil penelitian Liao dkk., (2022) yang menyatakan bahwa memang band *visible* memiliki nilai MI yang berbeda, sedangkan Red Edge memiliki nilai yang sama dengan Near Infrared (NIR). Indeks yang menggunakan band Red Edge seperti NDRE tidak digunakan karena Red Edge memiliki nilai yang sama dengan NIR dan juga mempertimbangkan usia tanaman yang masih tergolong muda, sehingga NDVI dan GNDVI lebih baik digunakan dibandingkan NDRE.

3.5.5. Klasifikasi Penyakit Daun

Data yang digunakan sebagai input klasifikasi daun sakit dan sehat yaitu dengan menggunakan data *training sample* yang dilakukan dengan menggunakan *tools region of interest* pada ENVI 5.3. Sampel *training* tersebut didapatkan melalui pengamatan secara visual interpreter menggunakan beberapa kunci interpretasi untuk mengetahui karakteristik visual daun sakit dan sehat dalam proses pemilihannya. Kemudian dilakukan analisis secara statistik ROI yang dihasilkan untuk mengetahui perbedaan spektral daun sehat dan sakit pada setiap band. Setelah itu hasil ROI akan digunakan sebagai input melakukan klasifikasi daun sakit dan sehat dalam satu tajuk pohon dengan input raster berupa orthomozaik hasil transformasi indeks vegetasi. Metode klasifikasi yang digunakan untuk membagi daun menjadi 2 kelas yaitu dengan klasifikasi *supervised* atau terbimbing, dimana dalam prosesnya piksel yang memiliki karakteristik spektral yang sama diasumsikan sebagai kelas yang sama (Masitha, 2017). Algoritma klasifikasi yang digunakan adalah algoritma *Support Vector Machine* (SVM) pada perangkat lunak ENVI. SVM dilakukan untuk mengkelaskan kanopi pohon ke dalam dua kelas, yaitu kelas sakit, yaitu kelas yang terserang penyakit daun dan kelas sehat sesuai dengan data *training* yang didapatkan. SVM dipilih karena terbukti mampu menyajikan kompleksitas komputasi yang lebih rendah, membutuhkan

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

waktu lebih cepat untuk melatih SVM, dan memiliki akurasi yang baik pada penelitian yang dilakukan oleh Lei dkk., (2021).

3.5.6. Penentuan Kelas Tingkat Keparahan Penyakit Daun

Kanopi pohon dalam penelitian ini menjadi unit analisis dalam menentukan kelas tingkat keparahan penyakit daun. Untuk membatasi setiap kanopi pohon dilakukan dengan melakukan plot titik pada bagian tengah kanopi yang kemudian dilakukan *buffer* dengan *tools* pada perangkat lunak Arcgis. *Buffer* yang dilakukan berperan sebagai estimasi kanopi pohon *Eucalyptus pellita*, sehingga *buffer* yang diterapkan menyesuaikan rata-rata diameter kanopi pohon dalam wilayah kajian. Metode ini juga dilakukan oleh Nazir dkk., (2021) dalam membatasi kanopi sebagai unit analisis tingkat keparahan penyakit pada tanaman *Eucalyptus pellita*. Kelas tingkat keparahan penyakit daun dikelaskan menjadi 3, yaitu tingkat rendah, sedang, dan tinggi, dengan persentase keparahan tiap kelasnya disesuaikan dengan persentase yang didapatkan di lapangan. Hasil *buffer* kemudian dilakukan *overlay* dan *clip* dengan raster hasil klasifikasi daun sakit dan sehat untuk selanjutnya dilakukan analisis dengan membandingkan luasan daun sehat terhadap luasan kanopi keseluruhan dalam satu pohon secara visual.

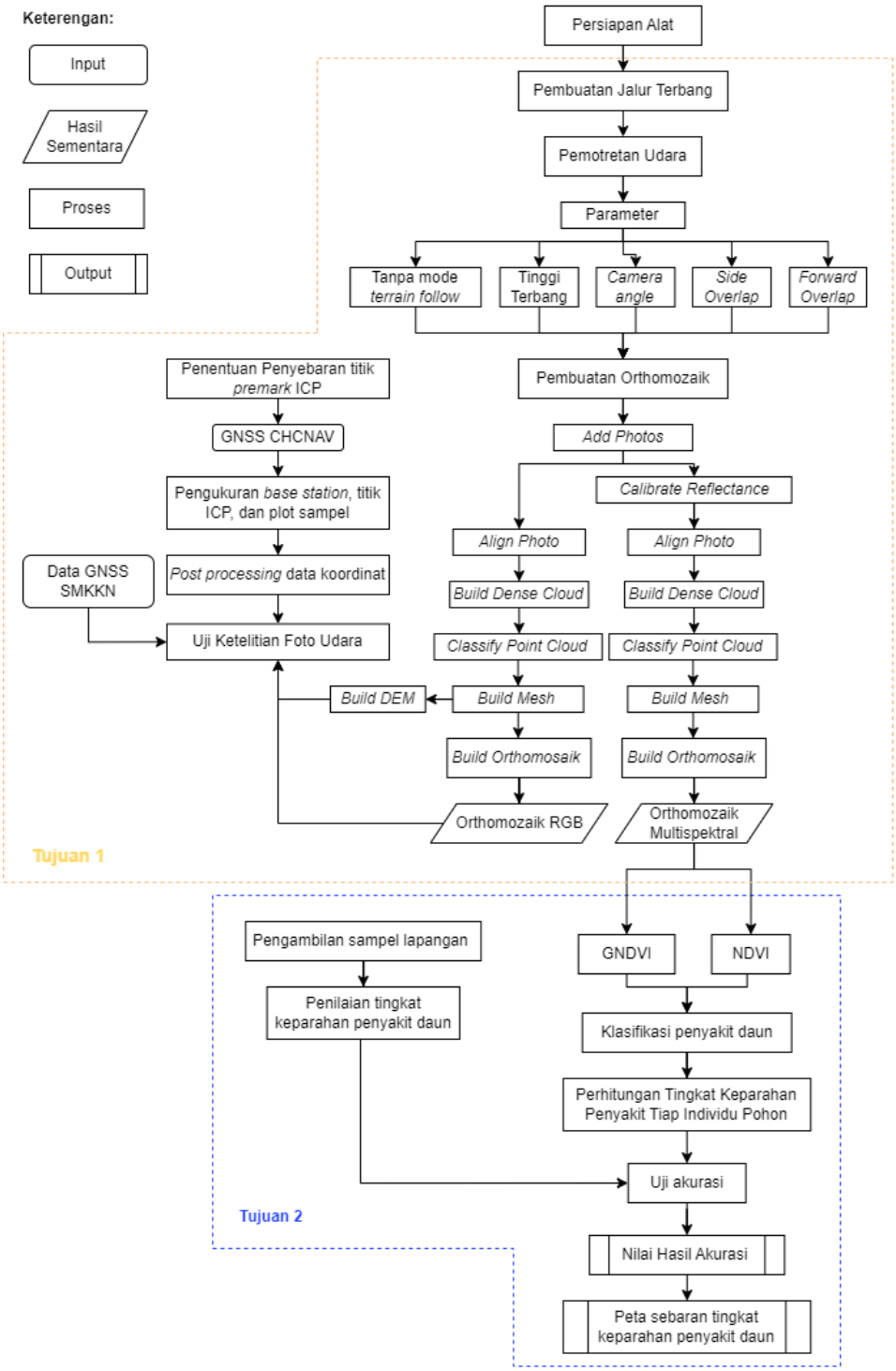
3.5.7. Uji Akurasi

Metode uji akurasi digunakan yaitu dengan metode *confusion matrix* yang mengacu pada Congalton dan Green (2019) dengan cara membandingkan kelas hasil klasifikasi citra terhadap kelas sebenarnya yang dianggap benar hasil dari kegiatan survey lapangan. Terdapat tiga parameter umum yang diperoleh, yaitu *Overall Accuracy* (OA), *Producers'* Accuracy (PA), dan *User's Accuracy* (UA). Metode *confusion matrix* yang dibuat nantinya berdasarkan pada akurasi kelas individu yang dihitung dengan membagi elemen untuk setiap kelasnya dalam bentuk baris dan kolom. *Producers' accuracy* didapatkan dengan membagi setiap kelas diagonal utama dengan jumlah total elemen pada kolom kategori, sedangkan *user's accuracy* dihitung dengan membagi setiap diagonal utama dengan jumlah total baris elemen yang diklasifikasikan (Nazir dkk., 2021). Data sampel yang diambil di lapangan berupa kelas tingkat

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

keparahan penyakit daun di setiap individu pohon hasil penilaian *expert judgment* atau seorang pakar penyakit *Eucalyptus* digunakan untuk uji akurasi dengan membandingkan tingkat keparahan penyakit hasil pemodelan dengan hasil penilaian di lapangan. Indeks optimal dapat diketahui dengan melihat nilai hasil uji akurasi yang paling tinggi di antara dua indeks yang digunakan.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



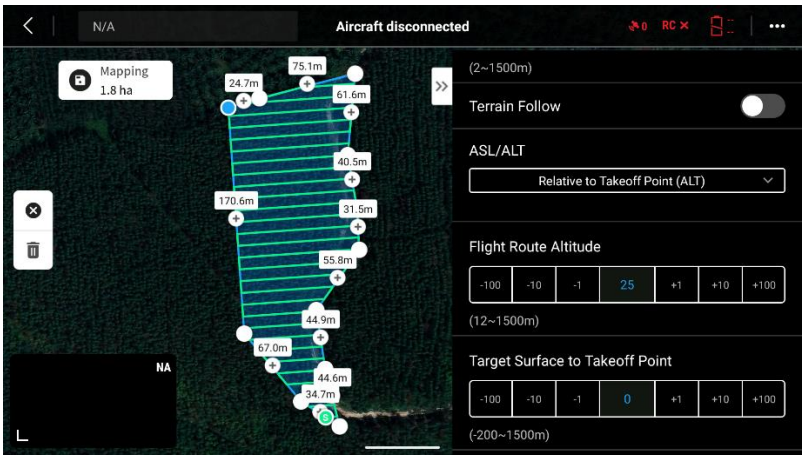
Gambar 3.3. Skema diagram alir penelitan

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pra-Lapangan

Pada tahap pra-lapangan, yaitu seminggu sebelum dilakukannya kegiatan pengambilan data di lapangan, dilakukan persiapan berbagai alat yang dibutuhkan selama proses pengambilan data, seperti Drone DJI Mavic 3 Multispektral, D-RTK 2, panel kalibrasi, anemometer, GPS CHCNAV, checklist lapangan, papan jalan, alat tulis, gawai, *flagging tape*, dan papan ACP. Alat yang telah dipersiapkan tersebut seluruhnya digunakan selama proses pengambilan data di lapangan. Hanya ACP saja yang memiliki jumlah berlebih, sehingga tidak dipergunakan seluruhnya. Selanjutnya adalah pembuatan jalur terbang menggunakan perangkat lunak DJI Pilot 2 yang telah disesuaikan dengan wilayah kajian dan parameter terbang yang ditentukan seperti pada Gambar 4.1. Pada gambar dapat diketahui informasi tinggi terbang yaitu 25 meter dan luas daerah cakupan pemotretan seluas 1,8 ha. Tahap terakhir adalah penentuan lokasi titik ICP dengan ACP sebanyak 7 titik yang disebar di area tepi dan tengah kajian. Ketujuh titik ICP terdiri dari 5 titik di bagian tepi petak dan 2 titik di dalam petak kajian. Seluruh titik harus berada dalam cakupan pemotretan.



Gambar 4.1. Jalur terbang area pemotretan menggunakan DJI Pilot 2 (Data Lapangan, 2023)

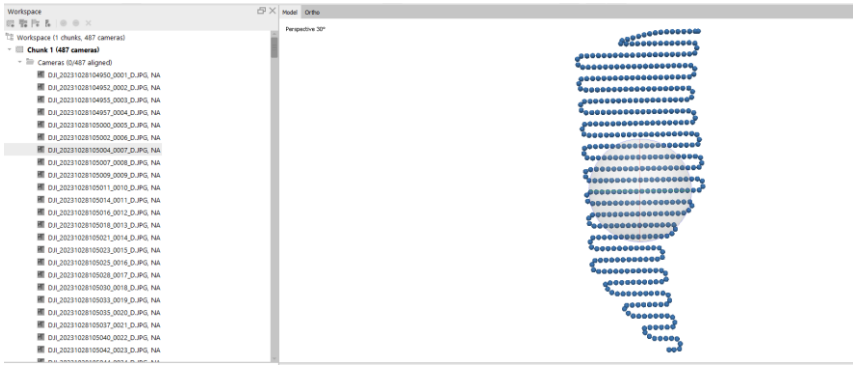
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.2. Akuisisi Data di Lapangan

4.2.1. Pemotretan Udara

Pemotretan udara dilakukan menggunakan DJI Mavic 3 Multispektral pada tanggal 27 – 28 Oktober 2023 di petak tanaman *Eucalyptus pellita* dengan nomor RSKA 025307 yang memiliki klon sama dengan penyakit daun berupa hawar daun, embun jelaga, dan bercak daun. Pemotretan udara yang digunakan adalah hasil pemotretan pada tanggal 28 Oktober 2023. Hal ini dikarenakan kondisi pemotretan yang dilakukan pada tanggal 27 Oktober didominasi oleh cuaca yang berangin hingga hujan lebat yang mengakibatkan terhambatnya proses pemotretan.

Jumlah *capture* yang dihasilkan tanggal 28 Oktober 2023 sebanyak 487 (Gambar 4.2) dengan total foto sebanyak 2.435 foto yang terdiri dari foto berformat file JPG untuk foto RGB dan format TIF untuk hasil foto multispektral dengan saluran *Red*, *Green*, *Red Edge*, dan NIR. Selain itu, juga dihasilkan 2 foto panel kalibrasi yang dipotret sebelum dan sesudah dilakukan pemotretan sebanyak masing-masing 2 foto pada folder pemotretan yang berbeda. Dengan adanya gambar panel sebelum dan sesudah terbang, maka dapat memberikan representasi yang lebih akurat mengenai jumlah cahaya saat pengambilan gambar (Micasense, 2024). Foto panel kalibrasi ini akan digunakan sebagai input pemrosesan orthomozaik, tepatnya pada tahap *calibrate reflectance.* Pemotretan dilakukan selama kurang lebih 20 menit yang dimulai pada pukul 10.49 – 11.08 WIB dengan tinggi terbang 25 meter dan kondisi cuaca di lapangan cerah berawan.

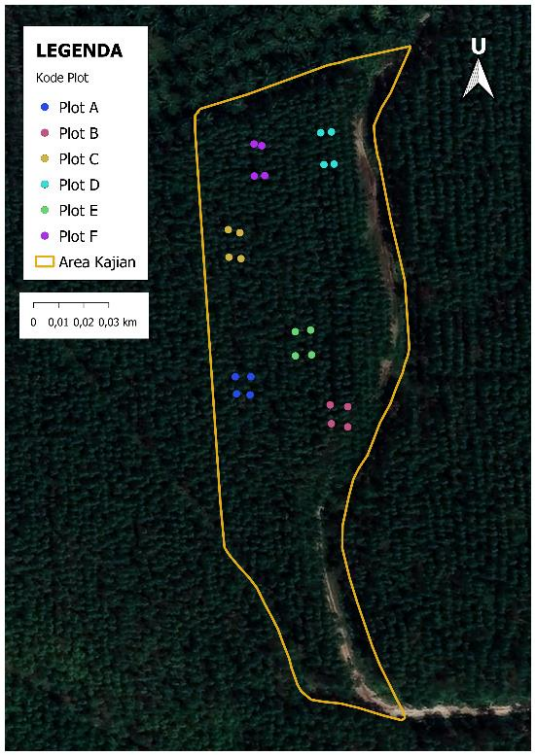


Gambar 4.2. Hasil pemotretan udara pada Agisoft Metashape Profesional (Data Lapangan, 2023)

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.2.2. *Ground Truth*

Sama halnya dengan pemotretan udara, pengambilan data *ground truth* dilakukan pada tanggal 27 – 28 Oktober 2023. Data yang didapatkan sesuai dengan lokasi sampel yang telah ditentukan dengan total sebanyak 6 plot sampel pohon yang sebarannya dapat dilihat pada Gambar 4.3. Lokasi ujung titik plot didapatkan dari hasil pengukuran koordinat di lapangan dengan menggunakan GPS Geodetik CHCNAV yang telah dilakukan *post processing* dengan menggunakan data GNSS SMK Kehutanan Negeri (SMKKN) sebagai titik koreksi *base station* menggunakan perangkat lunak rtkpost. Selain itu, setiap individu pohon yang dilakukan penilaian juga dipasang *flagging tape* yang digunakan untuk mengetahui dan mempermudah mengenali individu pohon yang sudah dilakukan penilaian di lapangan.



Gambar 4.3. Peta Sebaran lokasi titik sampel *ground truth* (Pengolahan Data Lapangan, 2024)

Gambar di atas menunjukkan peta sebaran lokasi titik sampel *ground truth* dengan menggunakan plot berbentuk persegi. Simbol lingkaran menunjukkan titik

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

pada setiap ujung plot yang dilakukan pengukuran. Perbedaan kode plot disimbolisasikan dengan perbedaan warna pada lingkaran. Plot A disimbolisasikan dengan warna biru tua, plot B berwarna ungu muda, plot C berwarna kuning, plot D berwarna cyan, plot E berwarna hijau, dan plot F berwarna ungu tua. Total keseluruhan terdapat 6 plot yang tersebar di dalam area kajian yang dibatasi dengan simbol garis berwarna jingga. Titik plot tersebut hanya merupakan batasan terluar, di mana pohon yang dijadikan sampel mencakup seluruh individu pohon yang ada pada setiap plotnya.

Pada setiap titik sampel pohon dilakukan penilaian tingkat keparahan penyakit daun dengan metode *expert judgement*. Kegiatan ini dilakukan bersama dengan seorang pakar tanaman *Eucalyptus pellita* PT Arara Abadi yang bernama Bapak Dr. Bayo Alhusaeri Siregar. Penilaian didasarkan pada pengamatan secara subjektif terkait persentase tajuk pohon yang terserang penyakit daun. Proses penilaian dengan cara melihat dan mengamati tajuk pohon dari bagian bawah pohon. Perhitungan tingkat keparahan dilakukan dengan memperkirakan persentase perbandingan luas permukaan daun yang sakit dengan luas daun keseluruhan dalam satu tajuk pohon yang nantinya hasilnya akan digunakan untuk menentukan tingkat kelas keparahan penyakit. Metode perhitungan yang dilakukan merupakan metode yang sudah dibuat oleh perusahaan hutan industri itu sendiri dalam melakukan monitoring tanaman. Selain dengan metode *expert judgement*, penilaian di lapangan juga dengan metode *personal communication*, di mana informasi didapatkan dari hasil komunikasi dengan seorang pakar.

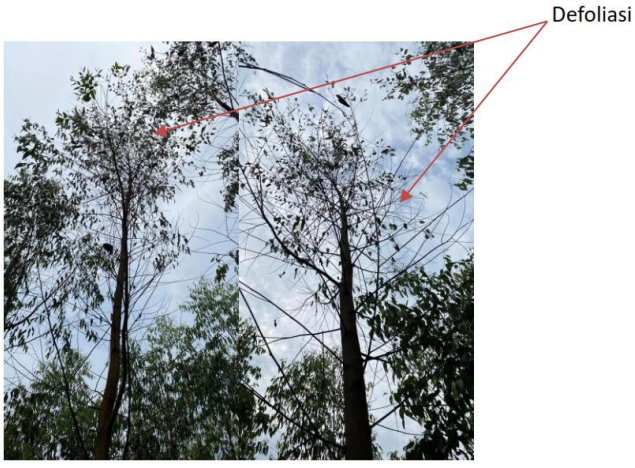
Dari hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa pohon yang terserang penyakit daun pada wilayah kajian memiliki karakteristik berupa perubahan warna pada daun seperti bintik/bercak noda hitam, kekuningan, hingga kecoklatan yang tersebar di sebagian hingga seluruh permukaan daun dengan pola yang menyebar dan tidak beraturan. Gambaran daun yang memiliki karakteristik tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.4. Kemudian kondisi lainnya yaitu berupa adanya peristiwa daun-daun rontok pada tajuk/kanopi yang menyebabkan perbedaan tutupan kanopi antar pohon. Hal ini sejalan dengan pernyataan Carnegie dkk., (2008) yang menyatakan bahwa penyakit daun dapat menyebabkan dampak serius berupa defoliasi yang parah. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ngatiman dan Anggraeni (2006), peristiwa

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

defoliasi atau gugurnya daun ini disebabkan oleh gangguan patogen pada daun yang mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis pada tumbuhan. Terganggunya proses fotosintesis ini dapat terlihat dari nekrotik berupa bercak daun yang meluas sehingga menyebabkan adanya kerusakan pada jaringan daun atau pengguguran daun. Gambaran kanopi pohon akibat peristiwa pengguguran daun/defoliasi pada tanaman *Eucalyptus pellita* di lapangan dapat terlihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.4. Penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus pellita* di lokasi kajian (Dokumentasi Lapangan, 2023)



Gambar 4.5. Pohon akibat peristiwa pengguguran daun/defoliasi (Dokumentasi Lapangan, 2023)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Berdasarkan pengambilan data di lapangan dengan menggunakan metode *expert judgement*, didapatkan hasil perhitungan keparahan penyakit daun dengan nilai terendah yaitu 0% dan nilai tertinggi 50%. Penilaian tingkat keparahan berada dalam interval 5 karena disesuaikan dengan metode penilaian yang memang dilakukan di perusahaan terkait dalam menghitung persentase penyakit daun dalam satu tajuk pohon. Tingkat keparahan 0% didapatkan pada tanaman terobosan atau tanaman yang masih muda dengan ukuran yang sangat kecil dengan tinggi kurang dari 150 cm. Gambaran tanaman ini di lapangan tampak pada Gambar 4.6 di bawah ini.



Gambar 4.6. Tanaman terobosan (Dokumentasi Lapangan, 2023)

Tingkat keparahan tertinggi hanya 50% karena tidak ada tanaman tegak yang memiliki daun sakit di seluruh kanopi. Berdasarkan informasi dari *expert* tanaman *Eucalyptus pellita* di lapangan, tanaman dengan penyakit daun sudah parah akan dilakukan penebangan supaya tidak merambat ke tanaman lainnya. Kemudian di lapangan juga dijumpai beberapa tanaman mati yang memiliki karakteristik berupa pohon yang sudah tumbang dengan keseluruhan daun yang telah mengering atau pohon tegak tanpa daun pada tajuk pohon. Selain itu, juga terdapat tanaman yang terkena penyakit penggerek cincin dan tanaman stagnan seperti yang tampak pada Gambar 4.7. Tanaman dengan penyakit penggerek cincin menyebabkan batang tanaman patah dan menghasilkan cabang baru dengan arah tumbuh menyamping atau hilangnya tajuk/kanopi pohon, sedangkan tanaman stagnan terjadi akibat pertumbuhan tanaman

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

yang terhenti sehingga tidak memiliki tinggi yang normal atau kerdil. Pada beberapa tanaman stagnan ini menyebabkan tidak terbentuknya kanopi pohon, sehingga tidak dapat digunakan sebagai data sampel untuk analisis dan uji akurasi. Hasil pengambilan data *ground truth* secara lengkap dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 4.7. Tanaman terserang penyakit penggerek cincin dan tanaman stagnan (Dokumentasi Lapangan, 2023)

Dari data persentase keparahan penyakit daun pada satu kanopi pohon yang didapatan di lapangan tersebut kemudian dilakukan penentuan tingkat kelas keparahan penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus pellita*. Jumlah kelas yang ditentukan sebanyak 3 kelas yang terdiri dari kelas rendah, sedang, dan tinggi. Pembagian interval nilai persentase keparahan penyakit daun dengan menggunakan metode interval teratur berdasarkan data yang didapatkan di lapangan. Metode interval teratur sendiri menggunakan interval yang sama dalam membagi setiap kelasnya dengan nilai interval didapatkan dari pengurangan nilai terbesar dengan terkecil yang kemudian dibagi dengan jumlah kelas yang diinginkan (Kurniati & Rahardjo, 2015).

Berdasarkan data *ground truth,* diketahui jumlah titik sampel pohon yang berhasil dilakukan penilaian lapangan sebanyak 113 titik sampel. Akan tetapi, dari 113 titik sampel tersebut terdapat 9 titik sampel yang tidak dimasukkan ke dalam pengkelasan karena merupakan tanaman mati, tanaman stagnan, atau tanaman yang terkena penggerek cincin. Tanaman tersebut tidak dimasukkan ke dalam kelas

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

manapun tetapi dikelompokkan tersendiri sebagai tanaman mati/stagnan/terkena penggerek cincin dan tidak dihitung sebagai sampel. Dari 9 pohon, 3 diantaranya merupakan tanaman mati, 1 tanaman terkena penyakit penggerek cincin yang menyebabkan tanaman bagian atas tidak tumbuh, dan 5 lainnya merupakan tanaman stagnan/kerdil yang memiliki karakteritik gundul pada kanopi bagian tengah.

Tanaman yang tidak mengalami permasalahan seperti terkena penyakit penggerek cincin, mati, dan stagnan kemudian dikelaskan ke dalam 3 kelas tingkat keparahan penyakit daun. Jumlah total keseluruhan pohon yang dapat dikelaskan sebanyak 104 pohon. Data kelas tingkat keparahan penyakit daun hasil pengamatan di lapangan dan pengkelasan dapat dilihat pada Tabel 4.1. Berdasarkan tabel diketahui bahwa 104 pohon terbagi ke dalam 6 plot berbeda. Plot A memiliki total 13 pohon, plot B 16 pohon, plot C 20 pohon, plot D 20 pohon, plot E 15 pohon, dan plot F 20 pohon. Selain itu, dapat juga diketahui bahwa tingkat kelas keparahan penyakit daun di lapangan didominasi oleh kelas rendah dengan total 74 pohon. Kelas sedang dengan total pohon sebanyak 25 dan tingkat keparahan terendah yaitu kelas tinggi dengan total sebanyak 5 pohon. Total keseluruhan 104 sampel pohon ini nantinya akan digunakan sebagai input dalam melakukan uji akurasi dengan metode *confusion matrix*.

Tabel 4.1. Kelas tingkat keparahan penyakit hasil *ground truth* (Pengolahan Data Lapangan, 2023)

Plot	Tingkat Kelas Keparahan*			Total Baris	Total Keseluruhan
	Rendah	Sedang	Tinggi		
A	9	4	0	13	104
B	13	3	0	16	
C	15	5	0	20	
D	10	8	2	20	
E	13	1	1	15	
F	14	4	2	20	

**Tingkat Kelas Keparahan merepresentasikan tingkat keparahan penyakit daun yang telah dihitung berdasarkan data yang didapatkan di lapangan dengan metode interval teratur, yaitu Rendah (0-17%), Sedang (18-34%), dan Tinggi (>34%).*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.2.3. Pengukuran Koordinat ICP

Pengukuran koordinat ICP dilakukan di waktu yang sama dengan dilakukannya pemotretan udara dan *ground truth*. Titik koordinat ICP yang akan dilakukan pengukuran ditetapkan langsung di lapangan dengan mempertimbangkan luasan wilayah sejumlah 7 titik yang tersebar merata. Kemudian untuk waktu pengukuran koordinat ICP dilakukan ketika UAV/drone sedang tidak dalam posisi memotret dengan tujuan agar pre-mark ACP tidak tertutupi oleh GNSS CHCNAV yang diletakkan tepat di atas ACP. Hal ini juga bertujuan agar ACP dapat terlihat jelas pada gambar hasil pemotretan udara setelah dilakukan pengolahan. Cuaca di lapangan pada saat pengukuran cenderung cerah berawan hingga mendung dan hujan sesekali. Gambaran proses pengukuran *base station* dan *rover* pada titik ICP di lapangan dapat dilihat pada Gambar 4.8.



(a) (b)

Gambar 4.8. Pengukuran ICP di lapangan: (a) *Base Station*, (b) *Rover* mengukur pada salah satu titik ICP (Dokumentasi Lapangan, 2023)

Pada gambar terlihat bahwa proses pengukuran berada di wilayah yang terbuka. Pada Gambar 4.8 (b) terlihat pengukuran ICP berada di tengah-tengah pepohonan, tetapi peletakannya berada di antara kedua pohon yang memiliki jarak tanaman cukup lebar. Hal tersbeut bertujuan agar pre-mark ICP tidak tertutupi oleh kanopi pohon atau tetap berada di wilayah yang terbuka. Hal ini bertujuan agar ICP dapat terpotret dengan jelas dan dapat diidentifikasi pada hasil foto udara (Tarmizi, 2019).

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Pengukuran koordinat ICP dilakukan dengan GPS Geodetik GNSS CNCNAV menggunakan metode pengukuran *rapid static*. Metode pengukuran koordinat *rapid static* sendiri merupakan metode pengukuran dalam rentang waktu 5 hingga 20 menit (Faroby dkk., 2010). Pengukuran koordinat ICP pada penelitian ini dilakukan dalam waktu 15 - 20 menit per titiknya. Pemilihan waktu mempertimbangkan waktu pelaksanaan lapangan yang terbatas serta kondisi cuaca di lapangan yang saat itu rawan terjadi hujan. Kemudian pengukuran *base station* tergolong pengukuran metode statik karena berada dalam selang waktu jam (Faroby dkk., 2010). Di mana pengukuran *base station* dimulai satu jam lebih awal sebelum dilakukan pengukuran koordinat ICP dan kemudian dibiarkan terus mengukur selama pengukuran koordinat ICP itu berlangsung. Dengan demikian, GPS pada *base station* mengukur lebih dari 4 jam.

4.3. Pasca Lapangan

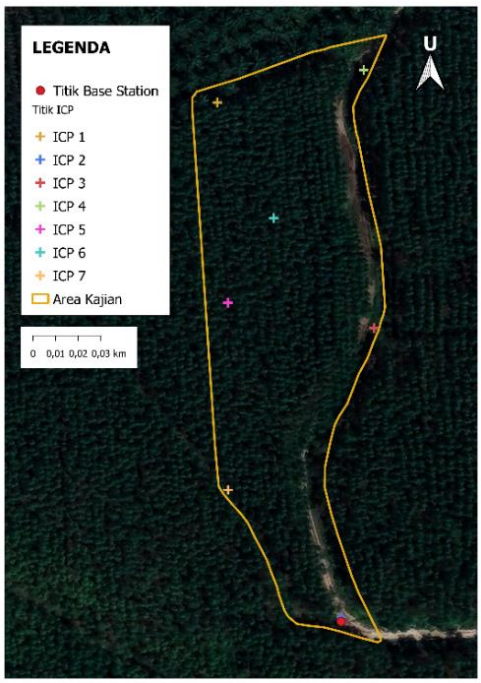
4.3.1. Data Koordinat ICP

Hasil pengukuran koordinat ICP di lapangan diolah dengan memanfaatkan data GNSS SMK Kehutanan Negeri (SMKKN) sebagai titik koreksi *base station* GPS CHCNAV dan pernagkat unak rtkpost. Total titik yang didapatkan sebanyak 7 titik ICP dan 1 titik *base station*. Nilai koordinat tunggal setiap titik dari hasil *post processing* dapat dilihat pada Tabel 4.2, sedangkan untuk visualisasi sebaran titik ICP dan *base* dari setiap titiknya terlihat pada Gambar 4.9.

Tabel 4.2. Nilai koordinat ICP di lapangan hasil pengukuran GPS (Pengolahan Data Lapangan, 2024)

Kode	X	Y	Z
ICP 1	791953.058565228	82890.9838202394	19.3901
ICP 2	792007.829979211	82664.5371830737	17.9699
ICP 3	792022.169784853	82791.7435499002	19.4055
ICP 4	792018.137752850	82904.9745313589	17.7846
ICP 5	791958.141282035	82802.6362602550	18.5866
ICP 6	791978.335048159	82839.4602687653	18.975
ICP 7	791958.246150690	82720.8608111932	19.0683
Base Station	792002.431716931	82660.9434632107	19.3047

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 4.9. Sebaran titik ICP dan *base station* di lapangan (Pengolahan Data Lapangan, 2024)

Pada Tabel 4.2 dapat diketahui nilai koordinat horizontal (X, Y) dan vertikal (Z) dari ketujuh titik ICP dan satu titik *base station*. Setiap nilai koordinat dituliskan dalam sistem koordinat WGS 1984, UTM zona 47N dan diperlihatkan dalam format *easting* (X), *northing* (Y), dan *height* (Z) dengan satuan meter (m). Nilai koordinat titik ICP inilah yang nantinya akan digunakan sebagai input koordinat dalam proses uji akurasi ketelitian geometrik foto udara/orthomozaik yang dihasilkan.

Visualisasi nilai koordinat pada wilayah kajian dapat dilihat pada Gambar 4.9. Gambar tersebut menunjukkan bahwa titik ICP divisualisasikan dengan simbol berbentuk *plus* (+) dengan warna yang berbeda-beda yang disesuaikan dengan kode nomor ICP. Warna jingga menunjukkan letak titik ICP 1, warna biru ICP 2, warna merah ICP 3, warna hijau muda ICP 4, warna merah muda ICP 5, warna cyan ICP 6, dan warna kuning untuk ICP 7. Kemudian untuk titik *base station* disimbolisasikan dengan bentuk lingkaran berwarna merah yang terletak di ujung selatan wilayah kajian. Secara keseluruhan dapat dilihat bahwa posisi titik ICP sudah tersebar secara merata di seluruh area kajian, dengan 5 titik ICP berada pada bagian luar wilayah kajian dan 2

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

titik ICP berada di tengah wilayah kajian. Sebaran ICP yang merata pada wilayah kajian merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi sebelum dilakukan uji ketelitian posisi (Tarmizi, 2019). Berdasarkan Gambar 4.9 tersebut, maka dikatakan bahwa sebaran ICP di wilayah kajian penelitian sudah memenuhi syarat.

4.3.2. Hasil Orthomozaik

Orthomozaik atau foto udara yang dihasilkan mencakup 2 jenis orthomozaik, yaitu orthomozaik RGB dan orthomozaik multispektral. Dua jenis orthomozaik yang tersebut pemrosesannya dilakukan secara terpisah. Hal tersebut dikarenakan tidak adanya band biru sehingga komposit *true color* atau RGB tidak dapat terbentuk dari orthomozaik multispektral. Orthomozaik *true color* atau RGB yang didapatkan dari pemrosesan foto dengan format file .jpg, sedangkan orthomozaik multispektral didapatkan dari pemrosesan foto dengan format file .tiff. Pemrosesan kedua orthomozaik menggunakan perangkat lunak Agisoft Metashape Professional melalui beberapa parameter pemrosesan yang mencakup 8 tahapan utama, yaitu a*lignment, calibrate reflectance, optimization, build dense cloud, classify ground points, build mesh, smooth mesh*, dan *build orthomosaic*. Parameter pemrosesan yang dihasilkan pada masing-masing orthomozaik berbeda-beda yang dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 di bawah ini.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 4.3. Informasi parameter pemrosesan orthomozaik RGB (*Processing Report* Agisoft Metashape Professional, 2024)

No	Parameter Pemrosesan	Keterangan
1.	***Alignment Photo***	
	Accuracy/Quality	*Medium*
	Generic Preselection	*No*
	Reference Preselection	*Yes*
	Key Point/Tie Point Limit	*40.000/10.000*
	Exclude Stationary Tie Points	*Yes*
2.	***Calibrate Reflectance***	
	Use Reflectance Panel	*No*
	Use Sun Sensor	*Yes*
3.	***Optimization***	
	Parameters	*Fit f, k1-k3 cx, cy, p1, p2, b1, b2*
4.	***Build Dense Cloud***	
	Quality	*Medium*
	Depth Filtering	*Disabled*
	Calculate Point Colors	*Yes*
	Processing Time	*27 Minutes 5 Seconds*
5.	***Classify Ground Points***	*Default*
6.	***Build Mesh***	
	Source Data	*Dense Cloud*
	Point Classes	*Ground*
	Processing Time	*3 Minutes 7 Seconds*
7.	***Smooth Mesh***	
	Strength	*100*
	Fix Borders	*Yes*
8.	***Build Orthomosaic***	
	Surface	*Mesh*
	Enable Hole Filling	*Yes*
	Processing Time	*35 Minutes 4 Seconds*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 4.4. Informasi parameter pemrosesan orthomozaik multispektral (*Processing Report* Agisoft Metashape Professional, 2024)

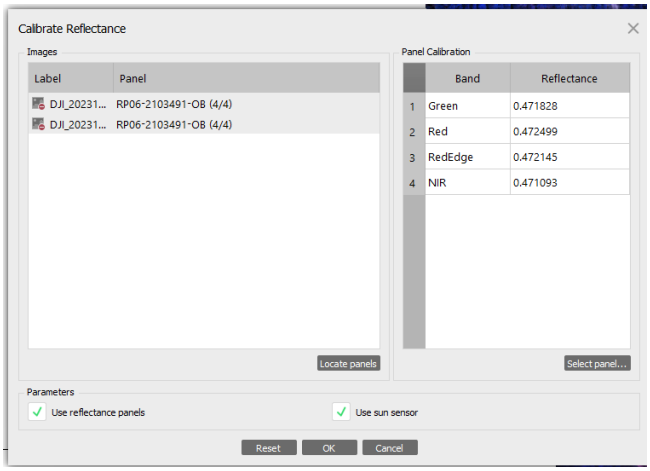
No	Parameter Pemrosesan	Keterangan
1.	***Alignment Photo***	
	Accuracy/Quality	*High*
	Generic Preselection	*No*
	Reference Preselection	*Yes*
	Key Point/Tie Point Limit	*Default*
	Exclude Stationary Tie Points	*Yes*
2.	***Calibrate Reflectance***	
	Use Reflectance Panel	*Yes*
	Use Sun Sensor	*Yes*
3.	***Optimization***	
	Parameters	*Fit f, k1-k3 cx, cy, p1, p2, b1, b2*
4.	***Build Dense Cloud***	
	Quality	*High*
	Depth Filtering	*Disabled*
	Calculate Point Colors	*Yes*
	Processing Time	*11 Minutes 43 Second*
5.	***Classify Ground Points***	*Default*
6.	***Build Mesh***	
	Source Data	*Dense Cloud*
	Point Classes	*Ground*
7.	***Smooth Mesh***	
	Strength	*100*
	Fix Borders	*Yes*
8.	***Build Orthomosaic***	
	Surface	*Mesh*
	Enable Hole Filling	*Yes*
	Processing Time	*31 Minutes 52 Second*

Berdasarkan tabel di atas, diketahui pada pada proses *align photo* dilakukan dengan pengaturan akurasi yang tinggi pada pembuatan orthomozaik multispektral. Hal ini berbanding terbalik dengan orthomozaik RGB yang menggunakan *accuracy alignment medium* karena hanya digunakan sebagai pembantu visual di lapangan,

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Berbeda dengan orthomozaik multispektral yang nantinya digunakan sebagai data utama dalam analisis. Tingginya akurasi digunakan agar foto yang ter-*sample* merupakan foto dengan resolusi aslinya. Hal ini mengacu pada penelitian Dell dkk., (2019) yang menggunakan akurasi tinggi pada proses *alignment* dalam pembuatan orthomozaik dengan objek tanaman *Eucalyptus pellita*. Selain itu, *alignment* dengan kualitas tinggi juga bertujuan untuk mempertahankan nilai asli dari foto udara yang dihasilkan, sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Alrassi (2018).

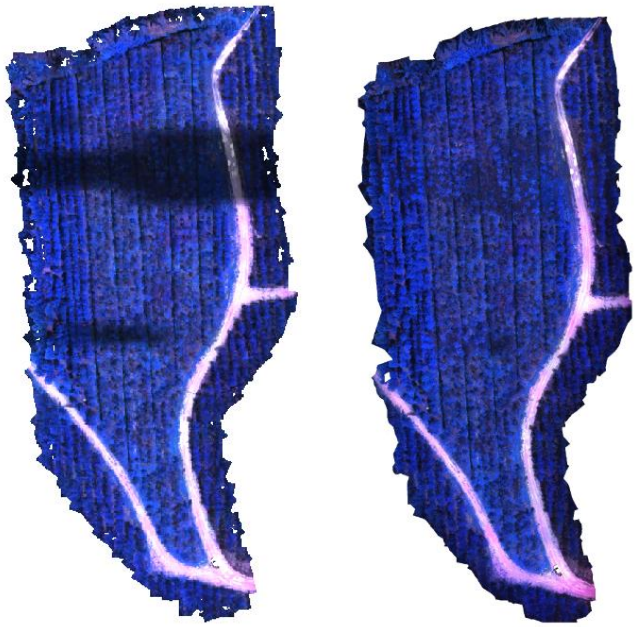
Untuk proses kalibrasi reflektan hanya dilakukan untuk pemrosesan orthomozaik multispektral karena sensor drone yang digunakan mengukur cahaya yang dipantulan dalam 4 band yang berbeda, maka penting untuk mengetahui input cahaya matahari pada setiap band dan panel kalibrasi dapat melakukannya (Micasense, 2024). Pemrosesan panel kalibrasi dilakukan sebelum proses *align photo* menggunakan tools *Calibrate Reflectance* (Gambar 4.10) dengan input foto panel kalibrasi yang telah didapatkan di lapangan beserta file pendamping csv dengan nomor seri yang sama dengan nomor yang ada pada panel. Pada kolom ‘Images’ terdapat foto panel dengan drone sebelum dan sesudah dilakukan pemotretan. Gambar panel digunakan untuk mengimbangi kondisi pencahayaan pada saat pengambilan gambar. Kemudian untuk file csv terletak pada kolom ‘Panel Calibration’, di mana dapat dilihat bahwa setiap band yang ada pada drone memiliki nilai reflektan yang berbeda Kemudian dilanjutkan melakukan *check* pada parameter berupa *use reflectance panel* dan *use sun sensor*.



Gambar 4.10. Pemrosesan panel kalibrasi reflektan (Pengolahan Data, 2024)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Penggunaan panel ini terbukti memberikan perbedaan pada hasil foto udara yang diolah. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.11. Berdasarkan gambar di atas, diketahui bahwa terdapat perbedaan visual antara citra hasil orthomozaik multispektral yang telah dilakukan kalibrasi reflektan dalam pemrosesannya dengan orthomozaik yang tidak dilakukan kalibrasi. Perbedaan terlihat pada adanya gelap terang atau belang pada orthomozaik, di mana pada sisi tertentu terdapat daerah yang gelap dan daerah yang terang pada orthomozaik sebelum dilakukan kalibrasi reflektan. Hal tersebut dikarenakan prinsip panel kalibrasi yang dijadikan sebagai bahan referensi dengan karakteristik pantulan yang sudah diketahui untuk mengonversi nilai piksel. Di mana ketika kondisi tertentu menyebabkan nilai pantulan berbeda, panel dapat mengetahui perbedaan tersebut dan didapatkan konstanta yang kemudian dinormalisasikan dan diterapkan pada piksel-piksel orthomozaik sehingga belang dapat menghilang. Setelah dilakukan kalibrasi, orthomozaik memiliki visualisasi seperti pada gambar b, di mana perbedaan gelap terang atau belang menghilang dan memiliki visualisasi yang lebih tajam. Hasil orthomozaik dengan kalibrasi reflektan kemudian digunakan untuk bahan analisis selanjutnya.

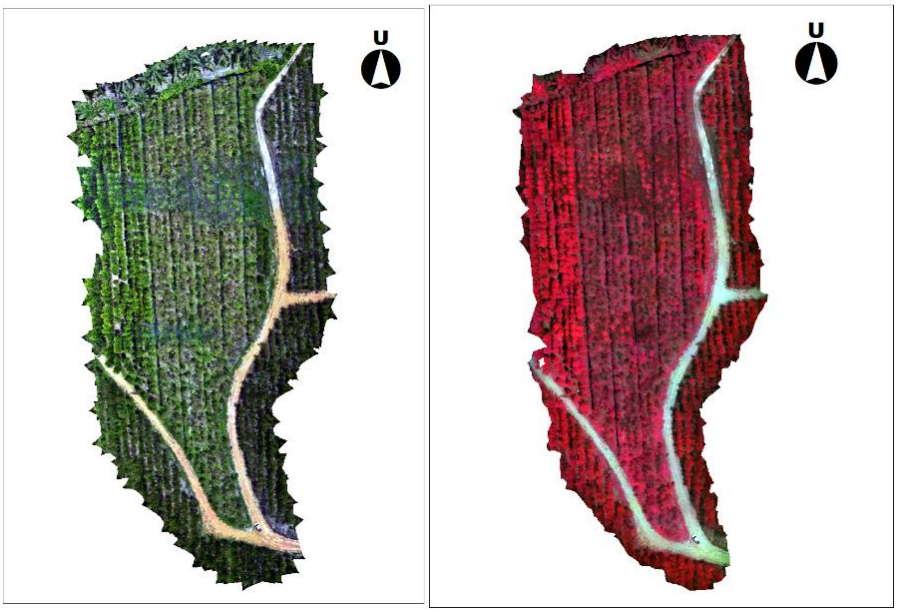


(a) (b)

Gambar 4.11. Orthomozaik multispektral: (a) Sebelum dilakukan kalibrasi reflektan, (b) Setelah dilakukan kalibrasi reflektan (Pengolahan Data Lapangan, 2024)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Hasil orthomozaik RGB dan multispektral dapat dilihat pada Gambar 4.12. Hasil orthomozaik *false color standard* menggunakan 3 band yang dilakukan komposit warna. Di mana inframerah dekat terdapat pada saluran merah, merah pada saluran hijau, dan hijau pada saluran biru. Hasil orthomozaik multispektal inilah yang nantinya akan digunakan dalam pemrosesan lanjutan seperti klasifikasi objek, tranformasi indeks vegetasi, dan pemetaan klasifikasi kelas tingkat keparahan penyakit daun. Input pembuatan orthomozaik digunakan data input hasil *mesh* yang telah dilakukan *smoothing*. Hal ini dilakukan karena area kajian yang merupakan daerah dengan tutupan vegetasi pepohonan, di mana pepohonan dapat terlihat sangat miring jika tertutupi oleh Digital Surface Model (DSM) bukan *mesh*. Selain itu, tingkat kekuatan yang digunakan *smoothing* juga bergantung pada variasi dan kompleksitas tutupan vegetasi, yang mana tingkat kekuatan sedang hingga tinggi cocok untuk wilayah pepohonan hutan (Sivanandam dkk., 2022). Pada hasil pengolahan orthomozaik *true color* menunjukkan nilai *ground resolution* yang dihasilkan sebesar 6,44 mm/piksel, sedangkan hasil pengolahan orthomozaik *false color standard* menunjukkan nilai *ground resolution* sebesar 1.09 cm/piksel.



(a) (b)

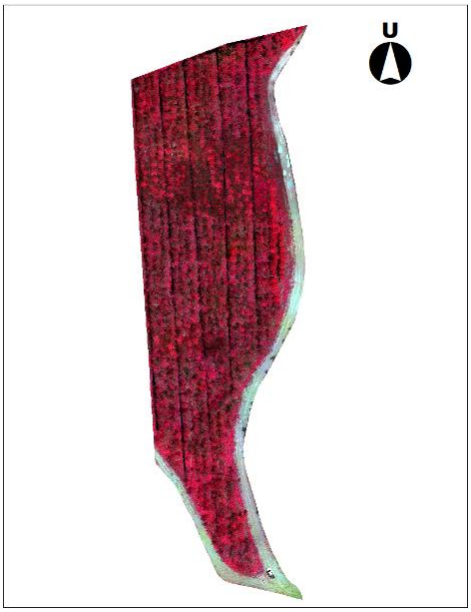
Gambar 4.12. Orthomozaik pada lokasi kajian: (a) Komposit *true color*/RGB, (b) Multispektral komposit *false color standard* (Pengolahan Data Lapangan, 2024)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Secara visual, kedua hasil orthomozaik menunjukkan adanya perbedaan kanopi pohon. Di mana pada pohon *Eucalyptus pellita* di wilayah kajian memiliki kanopi yang tidak terlalu terbentuk jika dibandingkan dengan daerah petak kajian yang berbatasan langsung di sebelah barat wilayah kajian. Hal tersebut sejalan dengan pengamatan di lapangan yang menunjukkan bahwa beberapa pohon mengalami gugur daun yang menyebabkan kerapatan kanopi berkurang dan juga banyaknya tanaman stagnan atau kerdil, serta penyakit penggerek cincin yang menyebabkan pohon tidak memiliki kanopi. Selain itu, secara visual juga dapat dilihat bahwa variasi warna objek terlihat lebih jelas pada hasil orthomozaik *true color* (Gambar 4.12 (a)). Hal ini dikarenakan kenampakan objek pada foto merupakan representasi warna asli di lapangan. Objek tanah terlihat berwarna cokelat muda untuk tanah kering dan cokelat tua untuk tanah basah tanah yang tertutup bayangan pohon. Objek vegetasi, baik itu daun pohon dan rumput terlihat berwarna hijau, serta objek air berwarna gelap, bening, serta memantulkan bayangan objek di atasnya. Berbeda dengan hasil orthomozaik multispektral (Gambar 4.12 (b)) yang menunjukkan warna semu atau bukan sebenarnya. Warna merah menunjukkan objek vegetasi, warna abu-abu dan cokelat tua untuk objek tanah, dan hitam untuk air. Akan tetapi komposit ini lebih memudahkan untuk mengetahui objek vegetasi.

Hasil orthomozaik multispekral kemudian dilakukan *clipping* atau pemotongan yang disesuaikan dengan *Region of Interest* (ROI) wilayah kajian yang telah dibuat sebelumnya dengan menggunakan *tools raster processing* > *clip* pada perangkat lunak ArcGIS. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan objek lain yang berada di luar wilayah kajian dan bukan merupakan objek kajian. Selain itu juga dapat mengurangi besar penyimpanan dan dapat meringankan proses analisis selanjutnya. Objek jalan tetap dipertahankan dikarenakan berperan sebagai pembatas wilayah kajian. Orthomozaik multispektral hasil *clip* dapat dilihat pada Gambar 4.13. Pada gambar terlihat bahwa orthomozaik sudah memiliki cakupan wilayah yang lebih sempit dibandingkan dengan hasil awal orthomozaik sebelum melalui proses *clipping*. Hasil *clip* orthomozaik ini yang kemudian akan digunakan sebagai input data pada proses dan tahap analisis berikutnya.

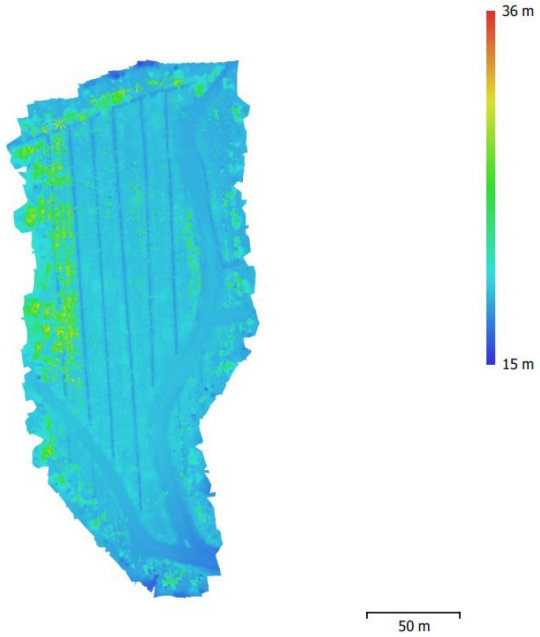
Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 4.13. Hasil *clip* orthomozaik multispektral komposit *false color standard* (Pengolahan Data Lapangan, 2024)

Selain menghasilkan orthomozaik, hasil foto pada pemotretan udara juga diolah untuk menghasilkan Digital Elevation Model (DEM) seperti yang tampak pada gambar di bawah (Gambar 4.14). DEM hasil pengolahan foto udara memberikan informasi bentuk permukaan secara digital berdasarkan data ketinggian. Hasil DEM ini digunakan untuk mendapatkan nilai ketinggian pada seluruh titik ICP. Perolehan nilai ketinggian didapatkan dengan melakukan ekstraksi nilai dari data raster di mana hasil ekstraksi nilai tersebut nantinya akan digunakan sebagai input nilai ketinggian dalam uji ketelitian vertikal orthomozaik. DEM yang digunakan dalam penelitian ini merupakan DEM hasil proses pengolahan foto dengan format .jpeg. Berdasarkan hasil dari *Processing Report* Agisoft Metashape Professional (terlampir) didapatkan nilai *ground resolution* yang dihasilkan sebesar 2.58 cm/piksel. Pada gambar di bawah juga dapat diketahui rentang nilai ketinggian DEM yang dihasilkan, yaitu berkisar antara 15 – 36 meter. Visualisasi warna biru menunjukkan ketinggian paling rendah, sedangkan warna merah untuk nilai ketinggian paling tinggi.

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 4.14. DEM wilayah kajian (Pengolahan Data Lapangan, 2024)

4.3.3. Uji Ketelitian Orthomozaik

Uji ketelitian orthomozaik didapatkan dengan cara membandingkan nilai koordinat ICP hasil akuisisi di lapangan menggunakan GPS Geodetik dengan koordinat titik ICP hasil interpretasi pada orthomozaik. Nilai koordinat ICP interpretasi pada hasil orthomozaik dapat dilihat pada Tabel 4.5. Pada tabel tersebut nilai koordinat secara horizontal (X, Y) masing-masing titik ICP diproyeksikan dalam sistem koordinat WGS 1984, UTM zona 47N dan diperlihatkan dalam format *easting* (X) dan *northing* (Y). Nilai ketinggian (Z) didapatkan dari ekstraksi nilai pada hasil pengolahan DEM foto udara menggunakan *tools extract multi values* pada perangkat lunak Arcgis. Jika dibandingkan dengan hasil pengukuran koordinat ICP di lapangan (Tabel 4.2), terdapat perbedaan nilai koordinat X, Y, dan Z. Akan tetapi, perbedaan lebih terlihat pada perbedaan nilai ketinggian (Z) yang menunjukkan selisih ketinggian rata-rata kurang dari 1 meter. Nilai koordinat tersebut dijadikan sebagai input dalam uji ketelitian foto udara dengan acuan perhitungan menggunakan formulir perhitungan ketelitian posisi menurut Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) Nomor 15 Tahun (2014). Titik uji yang digunakan yaitu berjumlah 7 titik.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 4.5. Nilai koordinat ICP pada orthomozaik (Pengolahan Data Lapangan, 2024)

Kode	X	Y	Z
ICP 1	791952.78856900	82890.7221852018	19.3917
ICP 2	792007.81134505	82664.5927167283	18.018
ICP 3	792022.17555500	82791.7347252713	19.2692
ICP 4	792017.58843800	82905.0344763358	18.7129
ICP 5	791957.61018600	82802.7507615163	19.5515
ICP 6	791977.85580778	82839.9502585591	19.3261
ICP 7	791957.69796700	82720.5501084612	19.1971

Perhitungan ketelitian dilakukan dengan menggunakan Microsoft excel dengan formula perhitungan uji ketelitian horizontal (X, Y) dan vertikal (Z) yang mengacu pada Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) Nomor 15 Tahun (2014) tentang Ketelitian Peta RBI. Adapun kelas ketelitian peta rupa bumi Indonesia oleh BIG dapat dilihat pada Tabel 4.6. Nilai ketelitian terdiri dari nilai Circular Error (CE) 90 untuk ketelitian horizontal serta nilai Linear Error (LE) 90 untuk ketelitian vertikalnya. Nilai ketelitian di setiap kelasnya dapat dihitung melalui ketentuan ketelitian geometri peta RBI berdasarkan kelas seperti yang tertera pada Tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4.6. Ketelitian Peta Rupa Bumi Indonesia (Sumber: Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) Nomor 6 Tahun 2018 tentang Perubahan Atas Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar., hal. 2)

No.	Skala	Interval Kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horizontal	Vertikal	Horizontal	Vertikal	Horizontal	Vertikal
1	1:1.000.000	400	300	200	600	300	900,0	400
2	1:500.000	200	150	100	300	150	450,0	200
3	1:250.000	100	75	50	150	75	225,0	100
4	1:100.000	40	30	20	60	30	90,0	40
5	1:50.000	20	15	10	30	15	45,0	20
6	1:25.000	10	7,5	5	15	7,5	22,5	10
7	1:10.000	4	3	2	6	3	9,0	4
8	1:5.000	2	1,5	1	3	1,5	4,5	2
9	1:2.500	1	0,75	0,5	1,5	0,75	2,3	1
10	1:1.000	0,4	0,3	0,2	0,6	0,3	0,9	0,4

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Perhitungan uji ketelitian horizontal dapat dilihat pada Tabel 4.7 di bawah. Perhitungan dilakukan dengan nilai koordinat yang telah dikonversikan ke dalam format UTM zona 47 N dengan tujuan untuk mempemudah proses perhitungan. Hal ini dikarenakan satuan dalam koordinat sudah dalam meter. Secara keseluruhan, perhitungan uji ketelitian dilakukan dengan menghitung selisih kuadrat dari X dan Y dan kemudian menjumlahkan selisih kuadrat keduanya dari masing-masing titik. Jumlah selisih kuadrat X dan Y menunjukkan error radius. Selanjutnya dari nilai ini didapatkan jumlah, rata-rata, RMSE horizontal, dan juga akurasi horizontal (CE90).

Tabel 4.7. Perhitungan uji ketelitian horizontal (Pengolahan Data Lapangan, 2024)

Nama Titik	X				Y				
	Koordinat ICP Orthomozaik (Interpretasi)	Koordinat ICP Pengukuran GPS Geodetik	$(X_{GPS} - X_{Ortho})$	$(X_{GPS} - X_{Ortho})^2$	Koordinat ICP Orthomozaik (Interpretasi)	Koordinat ICP Pengukuran GPS Geodetik	$(Y_{GPS} - Y_{Ortho})$	$(Y_{GPS} - Y_{Ortho})^2$	$(X_{GPS} - X_{Ortho})^2 + (Y_{GPS} - Y_{Ortho})^2$
ICP 1	791952.788569	791953.058565	0.269996	0.072898	82890.722185	82890.983820	0.2616350	0.068452893	0.1413509
ICP 2	792007.811345	792007.829979	0.018634	0.000347	82664.592717	82664.537183	-0.0555337	0.003083987	0.0034312
ICP 3	792022.175555	792022.169785	-0.005770	0.000033	82791.734725	82791.743550	0.0088246	0.000077874	0.0001112
ICP 4	792017.588438	792018.137753	0.549315	0.301747	82905.034476	82904.974531	-0.0599450	0.003593400	0.3053402
ICP 5	791957.610186	791958.141282	0.531096	0.282063	82802.750762	82802.636260	-0.1145013	0.013110539	0.2951735
ICP 6	791977.855808	791978.335048	0.479240	0.229671	82839.950259	82839.460269	-0.4899898	0.240089998	0.4697613
ICP 7	791957.697967	791958.246151	0.548184	0.300505	82720.550108	82720.860811	0.3107027	0.096536188	0.3970415
								Jumlah	1.6122099
								Rata-Rata	0.2303157
								RMSE Horizontal ($RMSE_r$)	**0.4799122**
								Akurasi Horizontal 90%	**0.7282667**

Pada tabel di atas dapat diketahui perbandingan nilai ICP hasil pengukuran GPS geodetik di lapangan dengan hasil interpretasi pada orthomozaik dengan total terdapat 7 titik ICP. Dari perhitungan menggunakan formula yang telah ditetapkan, maka didapatkan nilai RMSE horizontal (RMSEr) sebesar 0.4799122 m. Selanjutnya berdasarkan ketentuan perhitungan *United States National Map Standards* (USNMAS) didapatkan nilai ketelitian horizontal (CE90) sebesar 0.7282667 m atau 72 cm. Mengacu pada Tabel 4.6 terkait ketelitian peta RBI, maka ketelitan horizontal pemetaan yang dilakukan dengan menggunakan UAV pada area kajian memenuhi standar ketelitian peta yang dapat dapat digolongkan pada skala 1:1.000 kelas 3.

Berdasarkan hasl dari uji ketelitian geometrik, diketahui bahwa hasil RMSE horizontal sebesar 0,4799122 meter atau kurang lebih 48 cm. Di mana hal tersebut dapat dikatakan tidak terlalu mempengaruhi hasil sampel unit tanaman dikarenakan jarak tanam antar pohon 4 x 1,87 meter. Dengan pergeseran 48 cm masih berada pada kanopi yang sama, sehingga hasil ketelitian yang didapatkan masih dapat digunakan dalam analisis dan tidak terlalu mempengaruhi hasil akurasi nantinya. Dari hal tersebut

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

juga dapat dikatakan bahwa dengan tinggi terbang rendah dan menghasilkan nilai error 48 cm masih dapat dilakukan dalam penelitian.

Hasil perhitungan uji ketelitian vertikal dapat dilihat pada Tabel 4.8 di bawah ini. Nilai ketinggian (Z) ICP orthomozaik didapatkan dari hasil ekstraksi nilai DEM, sedangkan ketinggian ICP pengukuran GPS geodetik didapatkan dari hasil pengukuran di lapangan. Kedua nilai ketinggian memiliki satuan meter.

Tabel 4.8. Perhitungan uji ketelitian vertikal (Pengolahan Data Lapangan, 2024)

Nama Titik	Z		$(Z_{GPS}-Z_{Ortho})$	$(Z_{GPS}-Z_{Ortho})^2$
	Ketinggian ICP Orthomozaik (DEM)	Ketinggian ICP Pengukuran GPS Geodetik		
ICP 1	19.3917	19.3901	-0.00160	0.00000
ICP 2	18.018	17.9699	-0.04810	0.00231
ICP 3	19.2692	19.4055	0.13630	0.01858
ICP 4	18.7129	17.7846	-0.92830	0.86174
ICP 5	19.5515	18.5866	-0.96490	0.93103
ICP 6	19.3261	18.975	-0.35110	0.12327
ICP 7	19.1971	19.0683	-0.12880	0.01659
		Jumlah		1.95353
		Rata-Rata		0.27908
		RMSE Vertikal ($RMSE_z$)		**0.52828**
		Akurasi Vertikal 90% (LE90)		**0.87160**

Pada tabel dapat diketahui perbandingan nilai Z atau nilai ketinggian ICP hasil pengukuran dengan GPS geodetik di lapangan dengan ICP hasil interpretasi pada DEM foto udara yang dihasilkan. Dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai ketinggian rata-rata 0.2 meter. Dari perhitungan menggunakan formula yang telah ditetapkan, maka didapatkan nilai RMSE vertikal (RMSEz) 0.27908 m. Selanjutnya berdasarkan ketentuan perhitungan *United States National Map Standards* (USNMAS) didapatkan nilai ketelitian vertikal (LE90) sebesar 0.87160 m atau 87 cm. Mengacu pada Tabel 4.6 terkait ketelitian peta RBI, maka ketelitan vertikal pemetaan yang dilakukan dengan menggunakan UAV pada area kajian memenuhi standar ketelitian peta yang dapat digolongkan pada skala 1:2.500 kelas 3. Hal ini berbeda dengan ketelitian horizontal yang didapatkan pada perhitungan sebelumnya.

Berdasarkan Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 dapat diketahui bahwa nilai error (RMSE) pada uji ketelitian vertikal memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

RMSE pada uji ketelitian horizontal yang didapatkan. Di mana perbedaan nilai error kurang lebih sebesar 0,05 m. RMSE pada uji ketelitian horizontal terbukti memiliki ketelitian geomterik lebih baik dibandingkan ketelitian vertikal. Hal ini berdasarkan pada penyataan Parmadi dkk., (2016) yang menyatakan bahwa semakin mendekati 0 nilai RMSE maka ketelitian geometriknya semakin baik.

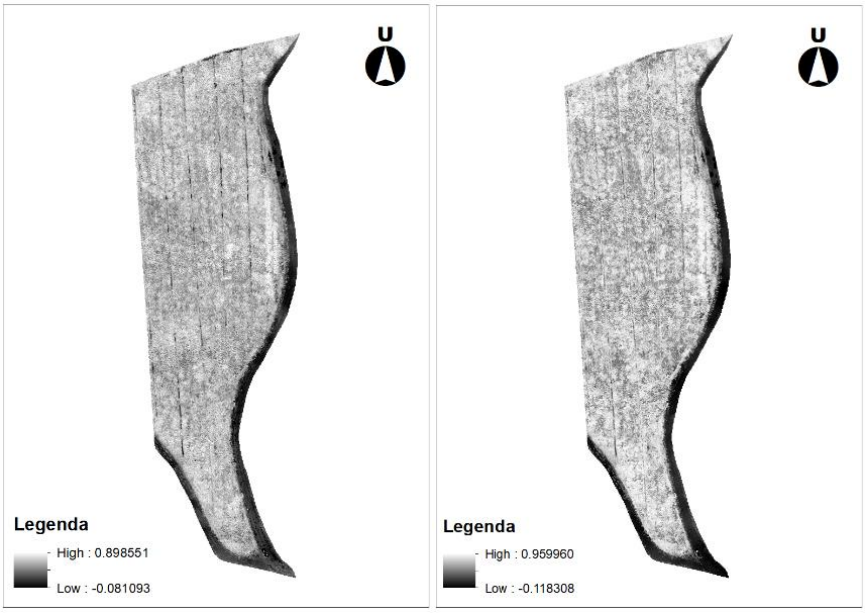
Jika dilihat dari nilai CE90 dan LE90 yang didapatkan, masing-masing menunjukkan nilai error yang cukup tinggi. Nilai LE90 memiliki nilai error 0.15 meter lebih tinggi dibandingkan dengan nilai CE90. Tingginya nilai error menunjukkan bahwa kurangnya nilainya ketelitian yang dihasilkan yang dapat disebabkan oleh adanya faktor berupa ketinggian terbang yang dapat mempengaruhi ketelitian geometri horizontal maupun vertikal yang dihasilkan. Tinggi terbang dapat mempengaruhi faktor berupa sudut paralaks dan pergeseran relief yang menyebabkan berubahnya nilai ketelitian geometri (Gunawan dkk., 2019). Sudut paralaks mampu mempengaruhi ketelitian horizontal, di mana semakin tinggi terbang drone maka sudut paralaks semakin kecil dan mampu mengurangi ketelitian geometri horizontal dari foto udara. Pada kasus tinggi terbang 25 meter yang tergolong rendah menyebabkan sudut paralaks semakin besar sehingga nilai ketelitian geometri horizontal bertambah. Kemudian untuk pergeseran relief sendiri dapat mempengaruhi ketelitian vertikal. Semakin tinggi terbang drone maka pergeseran relief akan semakin kecil dan menyebabkan ketelitian vertikal semakin baik. Pada kasus tinggi terbang rendah menyebabkan pergeseran relief lebih besar sehingga menyebabkan ketelitian vertikal semakin buruk. Selain itu, faktor lainnya yang dapat mempengaruhi nilai ketelitian yang dihasilkan yaitu karena tidak digunakannya titik ikat atau Ground Control Point (GCP). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Purba dkk., (2022) penggunaan GCP sudah terbukti dapat meningkatkan ketelitian geometri hasil foto udara, di mana semakin banyak GCP yang digunakan, ketelitian yang dihasilkan akan semakin baik.

4.3.4. Transformasi Indeks Vegetasi

Hasil transformasi indeks vegetasi pada wilayah kajian dapat dilihat pada Gambar 4.15. Secara visual, keduanya sama-sama divisualisasikan dengan warna

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

hitam putih yang menunjukkan semakin cerah warnanya maka nilai indeks semakin tinggi dan semakin gelap maka nilai indeks semakin rendah. Perbedaan visual juga dapat dilihat dari perbedaan kontras warna yang ditampilkan. Hasil indeks GNDVI memiliki warna lebih abu-abu dengan rona lebih gelap dibandingkan dengan hasil indeks NDVI yang memiliki rona lebih cerah dan perbedaan warnanya lebih terlihat. Hasil NDVI cenderung seperti memiliki kekontrasan warna yang lebih tajam dibandingkan dengan hasil GNDVI. Perbedaan ini juga dapat dilihat dari wilayah jalan di tepi area kajian, di mana jalan pada hasil NDVI memiliki rona lebih gelap dan warna lebih hitam dibandingkan dengan hasil GNDVI. Hasil indeks vegetasi GNDVI diketahui memiliki rentang nilai dari -0.081093 hingga 0.898551, sedangkan hasil indeks vegetasi NDVI diketahui memiliki rentang nilai dari -0.118308 hingga 0.959960. Hal tersebut menunjukkan bahwa hasil transformasi kedua indeks vegetasi pada hasil pemrosesan data penilitian ini sejalan dengan teori rentang nilai yang ada, bahwa indeks vegetasi GNDVI dan NDVI keduanya sama-sama memiliki rentang nilai antara -1 sampai 1 (Gitelson dkk., 1996; Yuniasih & Adjie, 2022).



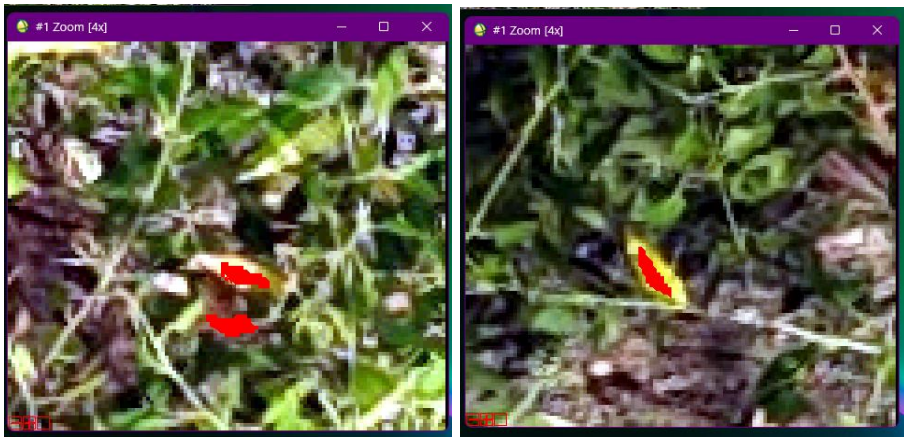
(a) (b)

Gambar 4.15. Foto udara hasil transformasi indeks vegetasi: (a) GNDVI, (b) NDVI (Pengolahan Data Lapangan, 2024)

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.3.5. Klasifikasi Penyakit Daun

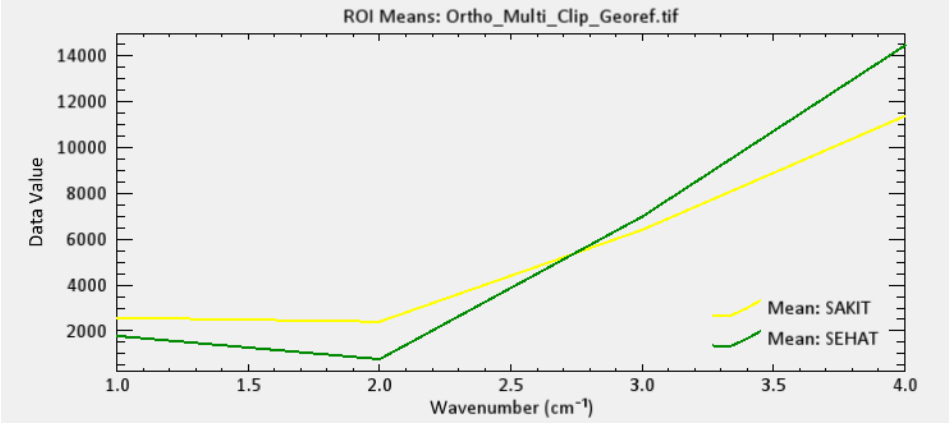
Klasifikasi penyakit daun dilakukan melalui berbagai tahap. Tahapan pertama yaitu melalui pengambilan sampel *training* daun sehat dan sakit pada orthomozaik dengan menggunakan *tools Region of Interest* (ROI) pada perangkat lunak ENVI 5.3. Pembuatan ROI dilakukan melalui pengamatan secara visual pada orthomozaik RGB dan multispektral melalui fitur *link display* pada ENVI. Untuk mengenali daun sakit dilakukan interpretasi visual menggunakan beberapa kunci interpretasi seperti rona, warna, pola, dan asosiasi. Daun yang sakit pada orthomozaik memiliki warna kuning kecoklatan hingga hitam dengan rona cerah hingga gelap pada daerah yang berwarna hitam. Hal ini sesuai dengan karakteristik penyakit daun yang ditemui di lapangan. Selain itu, daun yang sakit juga berhasil dikenali dengan polanya yang mengelompok dan berasosiasi dengan kanopi pohon. Secara visual, pola bintik hitam pada daun tidak dapat dikenali pada hasil orthomozaik. Berbeda dengan karakteristik kekuningan hingga cokelat yang lebih mudah untuk dikenali dan digunakan sebagai *training area*. Selain itu, pengambilan sampel daun sehat juga dilakukan pada daun yang memiliki kenampakan visual berwarna hijau dengan rona sedikit gelap. Pengambilan sampel *training* bersifat subjektif, sehingga interpreter harus yakin dengan *training* yang diambil berdasarkan kenampakan visualnya. Gambaran pengambilan *training sample* pada ENVI dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.16. Pengambilan *training sample* daun sakit dan daun sehat (Pengolahan Data, 2024)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Berdasarkan data pengambilan sampel daun sakit dan sehat pada orthomozaik multispektral, dilakukan analisis statistik untuk mendapatkan kurva pantulan spektral rata-rata daun sakit dan sehat seperti yang tampak pada Gambar 4.17 di bawah. Analisa statistik menggunakan *tools statistic all ROI's* pada perangkat lunak ENVI. Pada gambar tersebut terlihat perbandingan kurva pantulan spektral objek daun sakit yang divisualisasikan dengan garis berwarna kuning dan daun sehat dengan garis berwarna hijau. Sumbu X menunjukkan nomor band, yaitu band 1 adalah saluran hijau, band 2 adalah saluran merah, band 3 adalah saluran Red Edge, dan band 4 adalah saluran NIR. Kemudian sumbu Y menunjukkan nilai data atau nilai spektralnya. Secara keseluruhan kurva pantulan spektral rata-rata daun sakit memiliki nilai spektral yang lebih tinggi pada band *visible* hijau dan merah serta memiliki nilai pantulan spektral yang lebih rendah pada band NIR dibandingkan dengan pantulan daun sakit.



Gambar 4.17. Kurva pantulan spektral rata-rata daun sakit dan daun sehat (Pengolahan Data, 2024)

Pada wilayah kajian diketahui bahwa penyakit daun seperti hawar daun dan embun jelaga memiliki dampak negatif berupa mampu merusak jaringan daun serta tumbuhnya jamur yang mengakibatkan tertutupinya permukaan daun sehingga dapat menghambat fotosintesis. Verbyla (2022) menyatakan bahwa energi gelombang merah dapat terserap oleh pigmen yang ada pada tanaman, berupa pigmen klorofil untuk melakukan proses fotosintesis. Hal tersebutlah yang menyebabkan energi pada gelombang merah pada tanaman atau daun sehat akan rendah dan berlaku juga

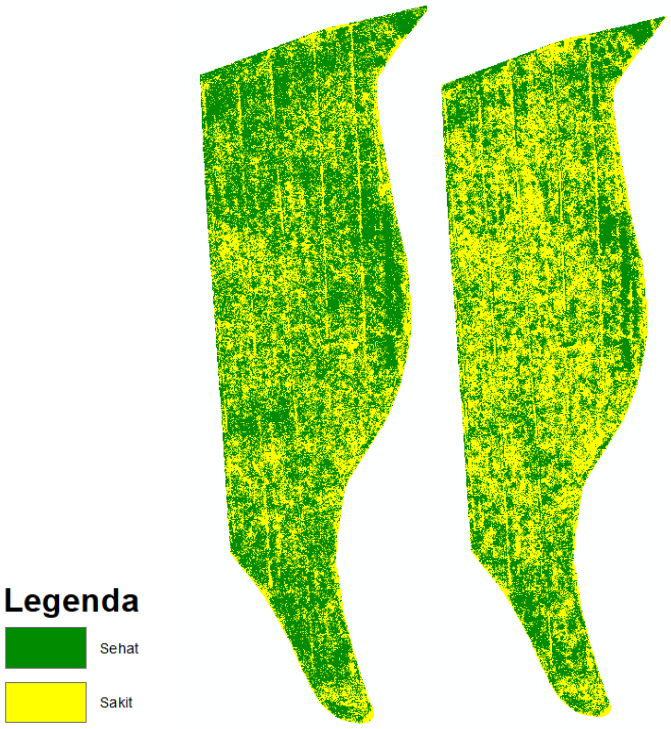
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

sebaliknya. Pada Gambar 4.17 diketahui bahwa kurva pantulan spektral gelombang merah pada daun yang sakit memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan daun sehat. Hal ini membuktikan bahwa dampak adanya penyakit daun yang ditemukan di lapangan mampu menghambat proses fotosintesis. Tingginya nilai pantulan spektral daun sakit pada band merah menunjukkan bahwa energi tidak dapat terserap maksimal oleh pigmen klorofil yang ada pada tanaman untuk melakukan fotosintesis karena terganggunya proses fotosintesis pada daun tanaman tersebut.

Selain itu, sejalan dengan penelitian Chang dkk., (2013) yang mengemukakan bahwa tanaman sehat memiliki reflektansi lebih tinggi pada gelombang NIR atau inframerah dekat juga terbukti pada tingginya pantulan spektral daun sehat dibandingkan dengan daun sakit. Walaupun perbedaan nilai tidak terlalu jauh, tetapi garis kurva spektral daun sehat memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan garis kurva daun sakit pada gelombang NIR. Rendahnya nilai reflektansi daun sakit pada gelombang NIR ini dapat mengindikasikan bahwa tanaman stress karena menurunnya area antar muka daun (Verbyla, 2022), di mana dalam penelitian ini menurunnya area muka daun dapat disebabkan oleh jamur *Capnodium sp* yang tumbuh pada daun tanaman *Eucalyptus pellita* dengan karakteristik berupa koloni berwarna hitam.

Data sampel *training* dalam bentuk ROI yang telah didapatkan kemudian digunakan sebagai input dalam proses klasifikasi dengan menggunakan metode Support Vector Machine (SVM) pada perangkat lunak ENVI 5.3. Data raster yang akan diklasifikasikan merupakan citra orthomozaik yang sudah dilakukan transformasi indeks, baik itu indeks NDVI maupun GNDVI. Hal ini bertujuan untuk membagi kelas pada citra indeks ke dalam kelas sehat dan sakit berdasarkan karakteristik spektralnya. Di mana karaksteristik spektral yang sama akan diasumsikan atau dikelaskan ke dalam kelas yang sama (Masitha, 2017). Hasil klasifikasi citra indeks vegetasi dapat dilihat pada Gambar 4.18 di bawah ini.

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



(a) (b)

Gambar 4.18. Hasil klasifikasi SVM: (a) GNDVI, (b) NDVI (Analisis Data, 2024)

Hasil klasifikasi SVM didapatkan dari pemrosesan menggunakan *linear classifier* sebagai *kernel function* nya. Hal ini mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Lei dkk., (2021) yang mengimplementasikan algoritma ini untuk memprediksi penyakit daun kekuningan pada tanaman palm dan menghasilkan nilai akurasi yang baik. Selain itu, pemilihan algoritma *linear classifier* ini juga mempertimbangkan waktu pemrosesan, di mana algortima tersebut mampu melakukan training data dengan waktu yang lebih singkat. Hal ini terbukti di mana pemrosesan hanya membutuhkan waktu kurang dari 20 menit. Kemudian untuk pengaturan parameter lainnya menggunakan atura sistem *default*.

Berdasarkan gambar di atas, warna kuning menunjukkan kelas sakit dan warna hijau menunjukkan kelas sehat. Pada GNDVI, kelas sakit memiliki rentang nilai indeks 0.49 – 0.8 dan kelas sehat >0.8, sedangkan pada indeks NDVI kelas sakit memiliki rentang nilai indeks 0.47 – 0.87 dan kelas sehat >0.87. Perbedaan rentang nilai tersebut menyebabkan perbedaan visual pada orthomozaik hasil transformasi indeks, di mana

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

warna kuning pada indeks NDVI terlihat lebih banyak dibandingkan pada indeks GNDVI. Nilai indeks kelas sehat lebih mendekati angka 1 yang mengindikasikan bahwa tingginya kandungan klorofil pada daun tanaman, sedangkan kelas sakit yang memiliki nilai indeks rendah atau mendekati 0 mengindikasikan semakin rendah atau hampir tidak adanya kandungan klorofil pada area permukaan daun (Lei dkk., 2021).

Proses klasifikasi dilakukan pada seluruh wilayah kajian, bukan pada objek vegetasi atau tanaman *Eucalyptus pellita* saja. Hal ini dikarenakan tidak memungkinkannya melakukan *masking* secara manual karena wilayah kajian memiliki kompleksitas yang tinggi, terutama pada area hutan. Objek lain seperti rumput, tanah, dan air juga ikut terkelaskan. Objek rumput terkelaskan ke dalam kelas sehat dan sakit karena juga merupakan objek vegetasi, sedangkan objek tanah terbuka dan air terkelaskan ke dalam kelas sakit. Untuk mengetahui perbandingan daun sakit dan sehat dalam satu kanopi selanjutnya dilakukan pembatasan dengan hasil *buffer* per pohon sebagai estimasi kanopi pohon. Hal ini dilakukan selain dengan tujuan untuk mendapatkan batasan estimasi kanopi pohon, tetapi juga untuk menghilangkan objek lainnya seperti tanah, air, dan rumput yang ikut terkelaskan pada area kajian.

4.3.6. Penentuan dan Pemetaan Tingkat Keparahan Penyakit Daun

Penentuan tingkat keparahan penyakit daun dilakukan unit kanopi pohon dengan estimasi kanopi berdasarkan hasil *buffer*. Penitikan pohon dilakukan secara manual berdasarkan interpretasi visual pada orthomozaik dengan menggunakan beberapa kunci interpretasi berupa rona, warna, bentuk, dan pola. Kanopi pohon memiliki warna merah dengan rona terang pada orthomozaik multispektral komposit *false color standard*, berbentuk menyerupai lingkaran, dan memiliki pola yang kurang teratur. Peletakan titik dilakukan di tengah kanopi pohon dengan tujuan agar saat dilakukan *buffer* memiliki cakupan kanopi lebih merata. Terdapat beberapa pohon yang tidak digunakan karena kanopi pohon pada orthomozaik tidak terbentuk secara sempurna. Hal ini dapat disebabkan karena kondisi pohon di lapangan yang memang tidak memiliki tutupan kanopi atau hasil orthomozaik yang kurang sempurna. Pohon yang berhasil diidentifikasi secara visual berjumlah 889 pohon.

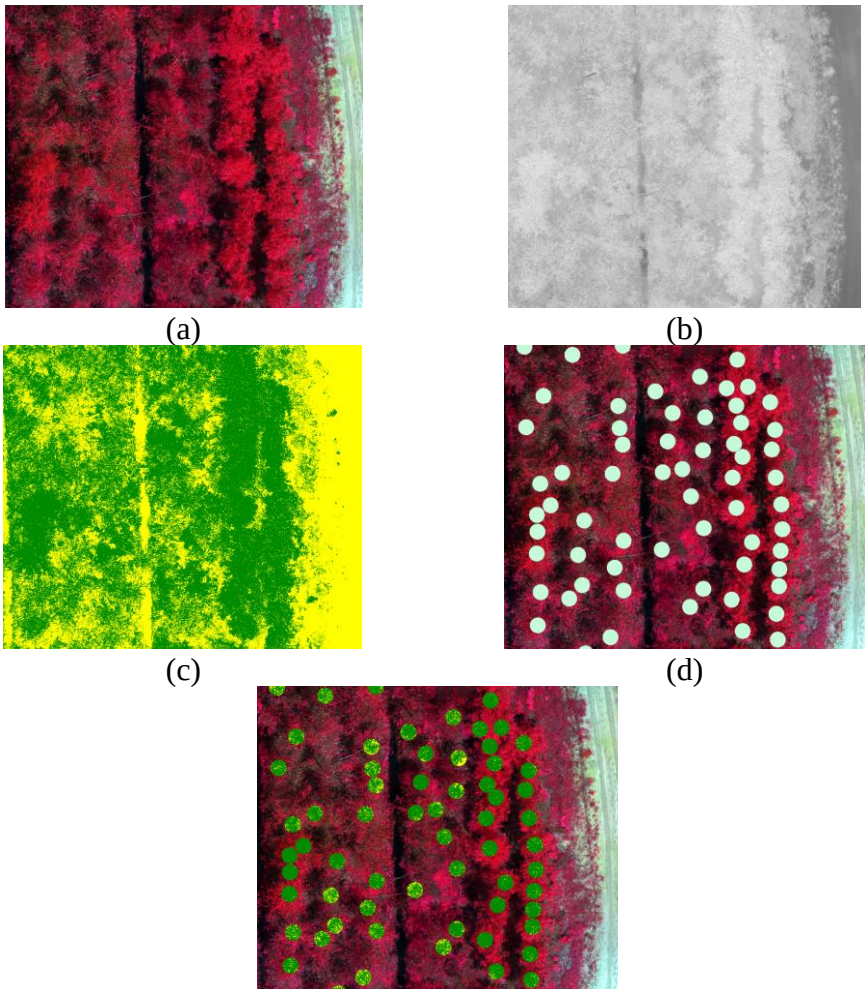
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Teknik *buffer* dilakukan pada shapefile titik pohon dengan pengaturan radius 0.75 meter sehingga diameter yang dihasilkan berukuran 1.5 meter. Penentuan radius tersebut berdasarkan pada rata-rata kanopi pohon yang dikur secara manual menggunakan *tools measurement* melalui perangkat lunak Arcgis di beberapa titik pohon pada wilayah kajian. Diketahui diameter terbesar pohon mencapai 2.5 meter, sedangkan diameter terkecilnya 0.8 meter. Teknik analisis *buffer* ini dilakukan sebagai batasan estimasi kanopi pohon di lapangan. Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa beberapa pohon dengan ukuran diameter lebih dari 1.5 memiliki daerah kanopi yang tidak masuk ke dalam cakupan *buffer*, sedangkan pohon yang memiliki diameter kanopi kurang dari 1.5 meter menyebabkan objek seperti tanah atau rumput termasuk ke dalam cakupan *buffer*. Segmentasi tidak dilakukan karena kondisi kanopi pohon yang kurang terbentuk di lapangan maupun pada orthomozaik yang dihasilkan. Ekstraksi kanopi pada ENVI dapat menjadi masalah di wilayah yang kompleks atau memiliki kanopi kecil dan rerumputan sebagai latarnya (Lei dkk., 2021).

Gambar 4.19 menunjukkan gambaran secara menyeluruh terkait hasil prosedur atau tahapan yang dilakukan dalam pembuat model plot dari data mentah berupa orthomozaik hingga menghasilkan citra indeks vegetasi per kanopi pohon. Data raster orthomozaik multispektral komposit *false color standard* (Gambar 4.19 (a)) menunjukkan visualisasi normal di lapangan dengan komposit tertentu yang memvisualisasikan objek vegetasi dengan warna merah. Orthomozaik hasil transformasi indeks (Gambar 4.19 (b)), baik itu indeks vegetasi GNDVI maupun NDVI menjadi input raster dalam proses klasifikasi daun sakit dan sehat dengan data sampel training yang didapatkan menghasilkan citra raster orthomozaik hasil klasifikasi yang divisulisasikan berwarna hijau untuk kelas sehat dan kuning untuk kelas sakit (Gambar 4.19 (c)). Titik pohon yang telah dilakukan *buffer* dengan estimasi diameter pohon sebesar 1.5 meter (Gambar 4.19 (d)) dilakukan *clip* dengan input raster hasil klasifikasi sehingga menghasilkan hasil *clip* raster indeks vegetasi (Gambar 4.19 (e)). Proses tersebut dilakukan pada kedua indeks, GNDVI dan NDVI secara terpisah dengan memanfaatkan beberapa *tools* pada perangkat lunak Arcgis.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Penggabungan proses *clip* dan *buffer* pada raster hasil klasifikasi dilakukan dengan tujuan untuk memisahkan kanopi dengan objek lainnya yang tidak termasuk ke dalam unit analisis. Hasil yang didapatkan terbukti mempermudah visualisasi dalam proses analisis penilaian kanopi. Hal ini juga didukung oleh penelitian Nazir dkk., (2021) yang menyatakan bahwa *buffer* dan *clip* dapat mempermudah proses analisis penyakit dalam unit kanopi pohon.

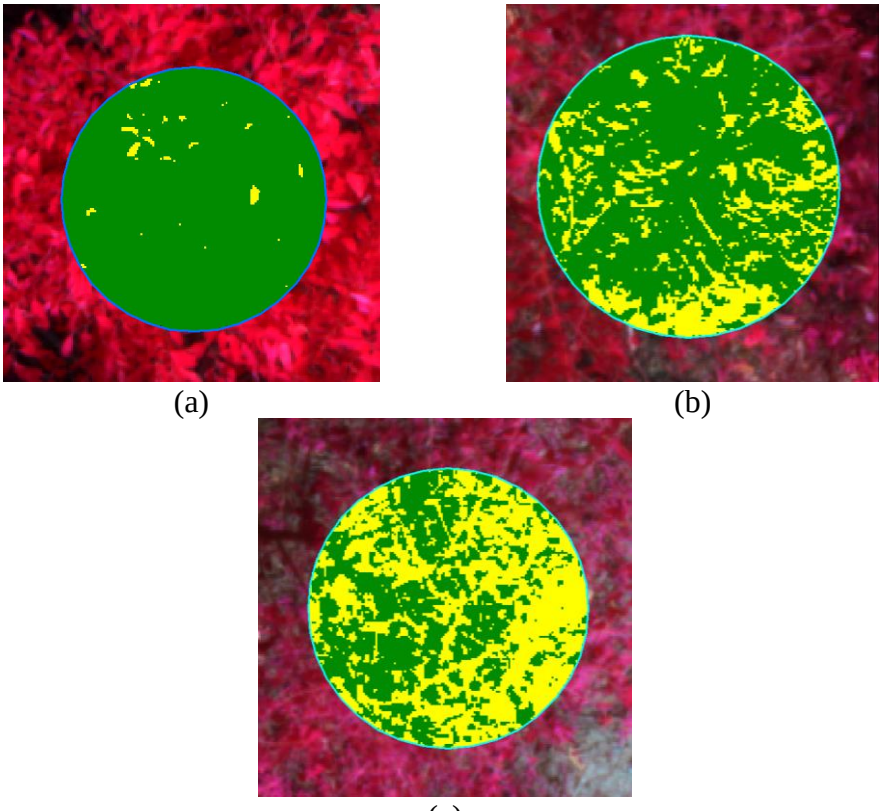


Gambar 4.19. Prosedur pembuatan model plot dari data mentah: (a) Raster Orthomozaik, (b) Orthomozaik transformasi indeks GNDVI, (c) Raster hasil klasifikasi, (d) Plot *buffer* pohon, (e) Clip indeks GNDVI (Pengolahan Data, 2024)

Klasifikasi tingkat keparahan penyakit daun ke dalam 3 kelas, yaitu tingkat rendah, sedang, dan tinggi dilakukan dengan membandingkan luasan kelas yang

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

tergolong sehat (warna hijau) terhadap luasan seluruh kanopi seluruhnya pada setiap individu pohon. Perbandingan luasan dilakukan secara subjektif melalui pengamatan visual warna dalam satu kanopi pohon. Di mana kelas rendah memiliki luasan sehat yang lebih besar dibandingkan kelas sakit, kelas sedang memiliki luasan sehat yang hampir sama dengan wilayah sakit, dan kelas tinggi memiliki luasan sehat yang sangat sedikit dibandingkan dengan luasan sehat dalam satu kanopi pohon (Gambar 4.20). Pengkelasan dilakukan pada seluruh kanopi pohon dengan raster hasil *clip* dan *shapefile buffer* yang dilakukan *overlay*. Pengkelasan dilakukan dengan pengamatan dan pengisian kelas secara manual satu per satu pada *field attribute table* untuk setiap indeks yang digunakan.



(a) (b)

(c)

Gambar 4.20. Visualisasi penentuan kelas tingkat keparahan penyakit daun: (a) Rendah, (b) Sedang, (c) Tinggi, (Analisis Data, 2024)

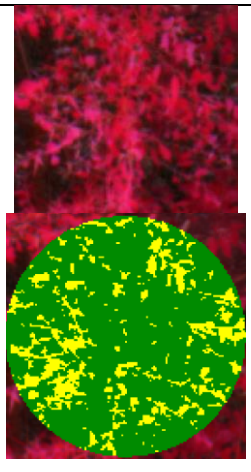
Berdasarkan hasil klasifikasi tingkat keparahan penyakit daun seluruh individu pohon pada kedua indeks, diketahui bahwa jumlah pohon pada setiap kelas yang

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

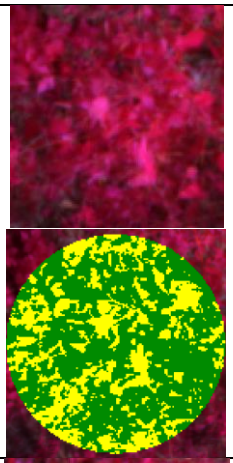
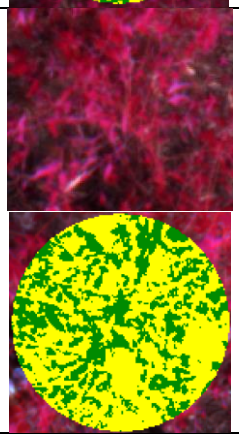
didapatkan berbeda. Pada indeks GNDVI dari 889 pohon yang dilakukan analisis, 557 diantaranya termasuk ke dalam kelas rendah, 295 tergolong kelas sedang, dan 37 pohon terklasifikasi ke dalam kelas tinggi. Sementara itu, pada indeks NDVI diketahui 355 pohon tergolong kelas rendah, 340 pohon kelas sedang, dan 194 pohon kelas tinggi. Perbedaan jumlah tersebut berkaitan dengan hasil raster yang didapatkan. Seperti yang diketahui sebelumnya bahwa pada raster NDVI, luasan kelas sakit lebih banyak dibandingkan dengan luasan kelas sakit pada GNDVI. Perbedaan luasan ini karena adanya perbedaan rentang nilai, di mana kelas sakit pada NDVI memiliki rentang yang lebih lebar sehingga menyebabkan beberapa rentang nilai GNDVI yang tergolong sehat akan terklasifikasikan menjadi sakit pada indeks NDVI.

Perbandingan data hasil lapangan dengan data model dapat dilihat pada Tabel 4.9 yang menunjukkan matriks perbandingan antara foto di lapangan, foto orthomozaik, hasil model, dan nilai indeks. Nilai indeks didapatkan dengan menghitung rata-rata nilai piksel per kanopi pohon dengan menggunakan *tools zonal statistic*s. Hal tersebut mempermudah proses verifikasi dan validasi data di lapangan. Berdasarkan nilai indeks yang didapatkan, diketahui bahwa ketiga kelas memiliki rentang nilai yang berbeda serta kenampakan visual yang berbeda pula.

Tabel 4.9. Matriks perbedaan data lapangan dengan data model (Analisis Data, 2024)

Tingkat Keparahan	**Foto di Lapangan**	**Foto di Orthomozaik dan Hasil Model**	**Nilai Indeks Rata-Rata dalam Satu Kanopi**
Rendah	Pohon C5 		GNDVI 0,794702 NDVI 0,867939

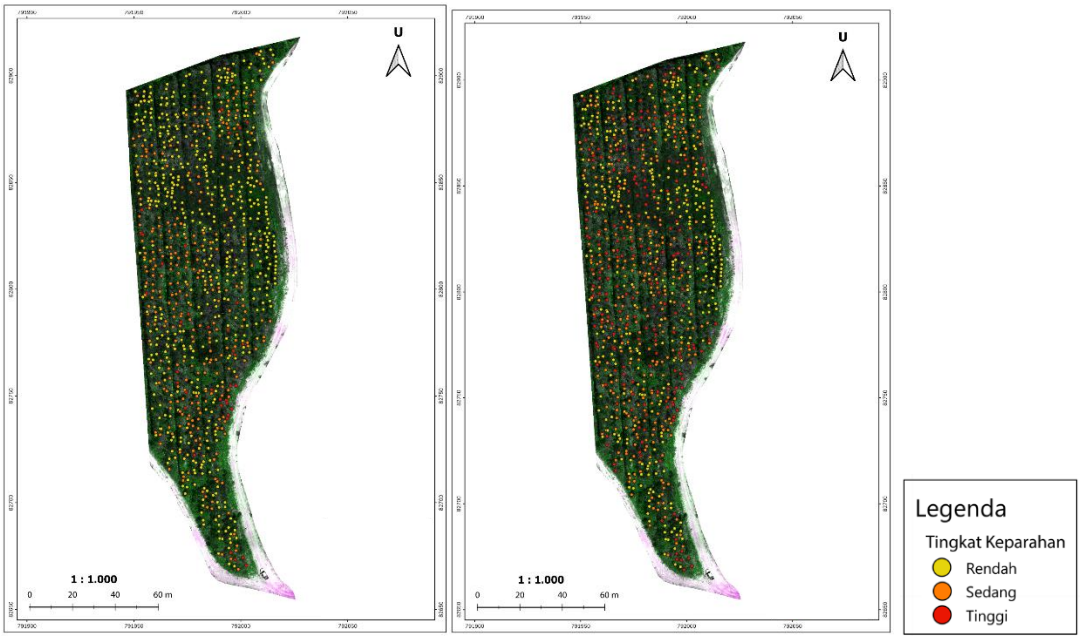
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Sedang	Pohon D1 		GNDVI 0,700548 NDVI 0,815735
Tinggi	Pohon B14 		GNDVI 0,613196 NDVI 0,708005

Setiap kanopi pohon yang telah dilakukan klasifikasi ke dalam 3 kelas tingkat keparahan penyakit daun kemudian dipetakan untuk mengetahui sebaran kelas secara keseluruhan dalam wilayah kajian. Peta sebaran tingkat keparahan penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus pellita* dengan menggunakan indeks vegetasi di wilayah kajian dapat dilihat pada Gambar 4.21. Berdasarkan peta tersebut dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan sebaran kelas yang dihasilkan antara hasil model indeks GNDVI (Gambar 4.21 (a)) dan hasil model indeks NDVI (Gambar 4.21 (b)). Pada sebaran kelas dengan GNDVI, dilihat bahwa kelas rendah banyak mendominasi pada bagian utara, timur, dan selatan area kajian, sedangkan kelas sedang dan tinggi pada wilayah tengah dan barat. Tanaman yang tergolong dalam kelas tinggi pun terlihat hanya sedikit dan menyebar atau berdekatan dengan kelas sedang. Sementara itu, peta sebaran kelas dengan NDVI menunjukkan hal yang berkebalikan, Dimana kelas sedang dan tinggi terlihat mendominasi wilayah kajian. Tanaman dengan kelas sedang hanya berada pada

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

sebelah timur dan sedikit pada bagian utara wilayah kajian. Kelas tinggi terlihat lebih menyebar hampir di seluruh wilayah. Selain untuk mengetahui sebaran kelas secara keseluruhan, adanya peta ini dapat memudahkan tenaga lapangan/hutan untuk melihat status secara keseluruhan area secara lebih cepat (Nazir dkk., 2021).



(a) (b)

Gambar 4.21. Peta sebaran tingkat keparahan penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus pellita*: (a) GNDVI, (b) NDVI (Analisis Data, 2024)

4.3.7. Uji Akurasi

Uji akurasi pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *confusion matrix* yang bertujuan untuk mengetahui keakuratan atau hasil perbandingan antara proses hasil klasifikasi pada citra foto udara transformasi indeks vegetasi dengan hasil yang dianggap benar di lapangan. Uji akurasi diterapkan pada kelas tingkat keparahan penyakit daun pada individu pohon hasil klasifikasi kedua indeks dengan kelas tingkat keparahan penyakit daun per individu pohon di lapangan. Hasil klasifikasi setiap plot sampel menggunakan indeks GNDVI dan NDVI dapat dilihat pada Tabel 4.10. Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa jumlah setiap kelas tingkat keparahan di masing-masing plot indeks memiliki hasil yang berbeda. Secara keseluruhan pada hasil GNDVI, kelas tingkat keparahan yang dominan pada keenam plot adalah kelas

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

rendah dan kelas dengan jumlah pohon paling sedikit berada pada kelas tinggi. Pada hasil NDVI untuk kelas tingkat keparahan sedang memiliki jumlah pohon lebih banyak dibandingkan dengan kelas keparahan rendah. Pada indeks ini diketahui banyak sampel pohon yang terkelaskan ke dalam kelas tingkat keparahan tinggi. Dari total 104 sampel uji akurasi, didapatkan total 72 pohon terklasifikasikan ke dalam tingkat keparahan rendah, 25 tingkat sedang, dan 7 tingkat tinggi pada model indeks GNDVI. Sementara itu, pada model indeks NDVI didapatkan 41 pohon terklasifikasikan ke dalam tingkat keparah rendah, 39 tingkat sedang, dan 24 tingkat tinggi.

Tabel 4.10. Hasil Klasifikasi Kedua Indeks Pada Plot Sampel (Analisis Data, 2024)

Indeks Vegetasi	Plot	Kelas Tingkat Keparahan*			Total Baris	Total Keseluruhan
		Rendah	Sedang	Tinggi		
GNDVI	A	9	4	0	13	104
	B	7	6	3	16	
	C	17	2	1	20	
	D	8	9	3	20	
	E	11	4	0	15	
	F	20	0	0	20	
NDVI	A	4	4	5	13	104
	B	3	8	5	16	
	C	12	5	3	20	
	D	6	11	3	20	
	E	5	6	4	15	
	F	11	5	4	20	

Perhitungan uji akurasi dilakukan pada keseluruhan 104 sampel pohon yang telah ditetapkan sebelumnya yang tersebar pada 6 plot. Data yang digunakan merupakan hasil klasifikasi pengambilan data lapangan (*ground truth*) yang dilakukan dengan *expert judgment* (Tabel 4.1) dan data hasil klasifikasi indeks (Tabel 4.10). Perhitungan perbandingan data lapangan dengan data hasil model indeks dilakukan dengan data hasil klasifikasi pohon di lapangan pada bagian kolom tabel, sedangkan data hasil klasifikasi model indeks pada bagian baris tabel. Hasil perbandingan model klasifikasi indeks dengan data sebenarnya di lapangan ternyata menunjukkan perubahan yang cukup tinggi dilihat dari adanya misklasifikasi. Pada model GNDVI didapatkan sampel pohon yang tidak mengalami perubahan kelas terdiri dari 59 sampel kelas rendah, 14 sampel kelas sedang, dan 2 sampel kelas tinggi. Sisa sampel lainnya

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

mengalami misklasifikasi kelas, di mana 10 sampel yang terklasifikasikan kelas rendah pada model ternyata di lapangan termasuk kelas sedang, 3 sampel kelas rendah pada model kenyataanya di lapangan termasuk kelas tinggi, 11 sampel kelas sedang pada model ternyata termasuk kelas rendah, 1 sampel kelas tinggi pada model ternyata termasuk kelas sedang, dan 4 sampel kelas tinggi pada model yang kenyataanya di lapangan termasuk kelas rendah. Hal serupa juga terjadi pada model NDVI, di mana jumlah perubahan atau misklasifikasi yang terjadi lebih banyak. Perbandingan hasil klasifikasi model dan lapangan yang tidak mengalami misklasifikasi hanya 36 sampel pada kelas tingkat keparahan rendah, 14 sampel pada kelas sedang, dan 3 sampel pada kelas tinggi. Misklasifikasi terjadi pada sampel pohon lainnya, di mana 5 pohon terklasifikasi kelas rendah ternyata termasuk ke dalam kelas tinggi di lapangan, 2 pohon kelas rendah pada model ternyata kelas tinggi di lapangan, 23 pohon kelas sedang ternyata terklasifikasi kelas rendah di lapangan, 6 pohon kelas tinggi ternyata termasuk kelas sedang di lapangan, dan 15 pohon kelas tinggi yang ternyata terklasifikasi rendah di lapangan. Misklasifikasi tersebut dapat dilihat pada tabel *confusion matrix* yang terdapat pada Tabel 4.11 beserta dengan hasil perhitungan parameter umum lainnya.

Tabel 4.11. Uji akurasi *confusion matrix* kelas tingkat keparahan penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus pellita* (Analisis Data, 2024)

Hasil Klasifikasi Model	Kelas Klasifikasi	Data Lapangan				*User's Accuracy* (%)	*Overall Accuracy* (%)
		Rendah	Sedang	Tinggi	Total Baris		
GNDVI	Rendah	59	10	3	72	81.94%	72.12%
	Sedang	11	14	0	25	56%	
	Tinggi	4	1	2	7	28.57%	
	Total Kolom	74	25	5	104		
	Producers Accuracy (%)	79.73%	56%	40%			
NDVI	Rendah	36	5	2	43	83.72%	50.96%
	Sedang	23	14	0	37	37.84%	
	Tinggi	15	6	3	24	12.50%	
	Total Kolom	74	25	5	104		
	Producers Accuracy (%)	48.65%	56%	60%			

Berdasarkan hasil perhitungan akurasi pada tabel di atas, diketahui bahwa akurasi tingkat keparahan penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus pellita* dengan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

memanfaatkan indeks vegetasi GNDVI dan NDVI menghasilkan akurasi yang berbeda. Pada hasil model indeks GNDVI didapatkan *Producer's Accuracy* (PA) dengan rentang nilai 40% - 79.73%, *User's Accuracy* (UA) dengan rentang nilai antara 28.57% - 81.94%, dan dihasilkan *Overall Accuracy* (OA) sebesar 72.12%. Sementara itu, pada model indeks NDVI didapatkan *Producer's Accuracy* (PA) yang berada pada rentang nilai 48.65% - 60%, *User's Accuracy* (UA) dengan rentang nilai antara 12.50% - 83.72%, dan dihasilkan *Overall Accuracy* (OA) sebesar 50.96%. Dari hasil perhitungan akurasi keseluruhan (OA) tersebut diketahui bahwa model dengan indeks GNDVI memiliki nilai akurasi yang lebih tinggi dengan nilai akurasi 72.12% dibandingkan dengan model indeks NDVI yang memiliki nilai akurasi hanya 50.96%. Tingginya nilai akurasi pada indeks GNDVI menunjukkan bahwa indeks tersebut lebih optimal digunakan dalam deteksi tingkat keparahan penyakit daun pada wilayah kajian. Akan tetapi keduanya masih termasuk ke dalam kelas akurasi yang rendah dan dapat dikatakan belum berhasil untuk digunakan sebagai penentuan tingkat keparahan penyakit daun. Hal ini sejalan dengan penelitian Nazir dkk., (2021) yang menyatakan bahwa nilai akurasi keseluruhan suatu model dapat dikatakan berhasil dalam mengidentifikasi kelas kesehatan tanaman ketika nilainya lebih dari 90%.

Indeks GNDVI dan NDVI merupakan indeks yang keduanya sama-sama menggunakan saluran inframerah dekat dalam formulanya. Perbedaannya terletak pada band *visible* yang digunakan, di mana GNDVI menggunakan band hijau, sedangkan NDVI menggunakan band merah. Seperti yang diketahui bahwa pantulan spektral daun sakit dan sehat berbeda di setiap band nya. Daun tanaman *Eucalyptus* yang sehat dan sakit memiliki karakteristik yang berbeda yang diakibatkan oleh kandungan air, pigmen, dan warna daun. Seperti yang diketahui di lapangan, bahwa daun yang terserang penyakit memiliki karakteristik seperti adanya bercak hitam, warna daun yang menjadi kuning kecoklatan, hingga kandungan air yang sedikit ditandai dengan daun yang kering. Hal tersebut berdampak pada pigmen daun dan jaringan mesofil daun. Indeks GNDVI dapat memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi karena adanya peran saluran hijau. Saluran hijau merupakan salah satu saluran yang paling sensitif terhadap kondisi kesehatan tanaman berdasarkan perhitungan *Mutual Information* (MI)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

scores dalam penelitian yang dilakukan oleh Liao dkk. (2022) dalam deteksi penyakit pada tanaman *Eucalyptus*. Kemudian dilanjutkan oleh saluran NIR dan merah.

Terjadinya banyak misklasifikasi pada sampel pohon hasil model dengan sampel di lapangan dapat terjadi karena metode *buffer* yang digunakan. Diketahui banyak misklasifikasi banyak terjadi di kelas rendah atau sedang di lapangan, di mana hasil model menunjukkan kelas dengan tingkatan yang lebih tinggi. Seperti ketika yang di lapangan kelas rendah, ternyata hasil model menjadi terkelaskan ke dalam kelas sedang/tinggi. Metode *buffer* dengan diameter lingkaran 1.5 meter merupakan estimasi rata-rata kanopi, di mana pasti terdapat kanopi yang lebar diameternya tidak mencapai 1.5 meter atau bahkan lebih dari 1.5 meter. Kanopi yang memiliki diameter kurang dari 1.5 meter menyebabkan cakupan *buffer* yang digunakan sebagai unit analisis melebihi kanopi pohon sebenarnya. Hal ini menyebabkan objek lain diluar kanopi seperti tanah terbuka atau bahkan air dapat ikut terkelaskan sebagai kelas sakit dalam satu cakupan wilayah *buffer* sehingga dapat mempengaruhi hasil pengkelasan pada model indeks yang dibuat dan berpengaruh pada akurasi yang didapatkan. Dampak tersebut telah terbukti dan dinyatakan dalam Stone & Mohammed (2017) bahwa *error* yang terjadi dalam klasifikasi dapat meningkat akibat adanya kontaminasi dari objek lainnya. Begitu juga sebaliknya, ketika kanopi asli di lapangan ternyata memiliki diameter yang lebih lebar maka menyebabkan cakupan *buffer* hanya pada sebagian kanopi saja dan perbandingan yang dihitung tidak sama seperti di lapangan, di mana penilaian kelas di lapangan dihitung dengan membandingkan luasan daun sakit terhadap luasan satu kanopi. Selain itu, diketahui bahwa di lapangan kondisi kanopi tidak semuanya rapat dan setiap pohon memiliki kerapatan kanopi yang berbeda. Dengan menggunakan *buffer* maka seluruh cakupannya akan menutupi kanopi pohon, sehingga ketika kerapatan kanopi rendah maka terdapat objek lain yang termasuk ke dalam pengkelaskan. Untuk mengurangi hal ini maka dapat digunakan data kerapatan kanopi secara visual (Stone & Mohammed, 2017).

Faktor lainnya yang dapat mempengaruhi hasil klasifikasi dan akurasi dalam penelitian ini mengacu pada pada Stone & Mohammed (2017) yang menyebutkan bahwa salah satu hal perlu diperhatikan dalam pengaplikasian teknologi penginderaan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

jauh untuk menilai tanaman hutan yang rusak akibat hama dan jamur yaitu nilai spektral pada daun tanaman. Pada penelitian ini pengambilan sampel *training* dilakukan hanya dengan pembuatan ROI melalui visual orthomozaik dan kegiatan lapangan pun hanya melakukan penilaian tingkat keparahan per tajuk pohon tanpa adanya pengambilan data spektral menggunakan spektrometer. Penelitian yang dilakukan oleh Stone dkk. (2003) membuktikan bahwa pengambilan data dengan menggunakan spektrometer menunjukkan kapabilitas yang baik dalam mendeteksi penyakit pada vegetasi. Hal tersebut jika diterapkan maka dapat meningkatkan akurasi dalam mengetahui tanaman berpenyakit dan yang sehat. Akan tetapi, pengambilan data *training* untuk mengetahui nilai spektral melalui pengamatan visual pada orthomozaik juga tetap dapat dilakukan selama gejala visual tanaman sakit pada kanopi pohon dapat diamati secara sinoptik dan terlihat adanya warna yang berbeda pada kanopi pohon (Stone & Mohammed, 2017).

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan antara lain:

1. Proses akuisisi data foto udara dengan menggunakan UAV multispektral untuk tanaman *Eucalyptus pellita* secara efektif dapat dilakukan dengan mempersiapkan seluruh alat dengan baik, menggunakan GCP dan ICP ketika melakukan pemotretan, memotret di cuaca yang stabil dengan memperhatikan parameter terbang seperti tinggi terbang yang rendah, *side/forward overlap* yang tinggi, mode terbang, dan penggunaan panel kalibrasi. Kemudian dilanjutkan dengan pemrosesan orthomozaik dengan menggunakan 8 tahapan utama, yaitu a*lignment, calibrate reflectance, optimization, build dense cloud, classify ground points, build mesh, smooth mesh,* dan *build orthomosaic*.
2. Hasil deteksi tingkat keparahan penyakit daun pada tanaman *Eucalyptus pellita* dengan memanfaatkan dua indeks vegetasi menunjukkan bahwa indeks GNDVI menjadi indeks yang optimal digunakan untuk deteksi tingkat keparahan penyakit daun dibandingan dengan model indeks NDVI yang ditunjukkan dari hasil akurasi model, di mana GNDVI memiliki nilai akurasi keseluruhan yang lebih tinggi, yaitu 72.12% sedangkan NDVI 50.96%.

5.2. Saran

Berdasarkan penilitian yang telah dilakukan, dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Penggunaan UAV multispektral dapat digunakan untuk deteksi tingkat keparahan penyakit daun karena adanya sensor multispektral dan resolusi yang tinggi, tetapi diperlukan waktu pemotretan yang tepat untuk meminimalisir adanya pengaruh cuaca yang berdampak pada foto udara yang dihasilkan.
2. Penilaian penyakit pada tanaman harus memperhatikan beberapa aspek, salah satunya adalah penilaian atau pengambilan sampel di lapangan. Untuk

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

mendapatkan nilai spektral yang lebih baik, maka dalam pengambilan sampel daun sakit dapat menggunakan spektrometer.

3. Diperlukan pengembangan untuk penelitian lanjutan dengan memanfaatkan indeks yang menggunakan saluran Red Edge dalam formulanya karena dapat membaca variabilitas luas daun dan efek sebuah tanaman dilihat dari *background* tanahnya.
4. Pengaplikasian algoritma *deep learning* seperti *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam deteksi penyakit daun pada tanaman memiliki peluang atau potensi yang cukup besar untuk dilakukan dalam penelitian lanjutan.

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR PUSTAKA

Arhatin, R. E., & Prihatin, I. W. (2013). Algoritma Indeks Vegetasi Mangrove Menggunakan Satelit Landsat ETM+ (Vegetation Index Algorithm for Mangrove Derived from Landsat ETM+). *BULETIN PSP*, *21*, 215–228.

Arsensi, I., Lahjie, A. M., Simarangkir, B. D. A. S., & Mardji, D. (2016). Leaf Diseases On Eucalyptus Pellita F. Muell In Plantation Of Pt Surya Hutani Jaya At Sebulu, East Kalimantan. *East Kalimantan Article in International Journal of Scientific & Technology Research*, *5*, 10–15. www.ijstr.org

Astiani, D. P., Jayuska, A., Arreneuz, S., & Hadari Nawawi, J. H. (2014). *Uji Aktivitas Antibakteri Minyak Atsiri Eucalyptus Pellita Terhadap Bakteri Escherichia coli dan Staphylococcus aureus*. *3*(3), 49–53.

Badan Pusat Statistik. (2021). *Produksi Perusahaan Pembudidaya Tanaman Kehutanan menurut Jenis Produksi 2019-2021*. Badan Pusat Statistik. https://www.bps.go.id/indicator/60/1851/1/produksi-perusahaan-pembudidaya-tanaman-kehutanan-menurut-jenis-produksi.html

Binkley, D., Campoe, O. C., Alvares, C. A., Carneiro, R. L., & Stape, J. L. (2020). Variation in Whole-Rotation Yield Among Eucalyptus genotypes in Response to Water and Heat Stresses: The TECHS project. *Forest Ecology and Management*, *462*, 117953. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.117953

Brune, A. (2021). Eucalypts for Tropical Rainforest (Af) Climate. *Silvae Genetica*, *70*(1), 170–183. https://doi.org/10.2478/sg-2021-0014

Bua, P. M. L. (2022). *Analisis Indeks Vegetasi Menggunakan Citra Multispektral Pada Drone Untuk Pengukuran Kesehatan Tanaman Karet (Studi Kasus: Pusat Penelitian Karet Sembawa)*. Institut Pertanian Bogor.

Burgess, T. I., Andjic, V., Wingfield, M. J., & Hardy, G. E. St. J. (2007). The Eucalypt Leaf Blight Pathogen Kirramyces destructans Discovered in Australia. *Australasian Plant Disease Notes*, *2*(1), 141. https://doi.org/10.1071/dn07056

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Carnegie, A., Lawson, S., Smith, T., Pegg, G., Stone, C., & McDonald, J. (2008). *Healthy Hardwoods: a Field Guide to Pests, Diseases and Nutritional Disorders in Subtropical Hardwoods*. Forest & Wood Products Australia.

Chang, J., Clay, D. E., Clay, S. A., & Reese, C. L. (2013). Using Field Scouting or Remote Sensing Technique to Assess Soybean Yield Limiting Factors. *iGrow Soybean*.

Clarke, Bronwyn., McLeod, Ian., Vercoe, Tim., Rural Industries Research and Development Corporation (Australia), Joint Venture Agroforestry Program (Australia), Forest and Wood Products Research and Development Corporation (Australia), Land & Water Australia., CSIRO (Australia). Division of Forestry and Forest Products., & Natural Heritage Trust (Australia). (2009). *Trees for Farm forestry: 22 Promising Species*. RIRDC.

Congalton, R., & Green, K. (2019). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices* (3 ed.). CRC Press.

Danoedoro, P. (2012). *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Andi.

Dash, J. P., Watt, M. S., Pearse, G. D., Heaphy, M., & Dungey, H. S. (2017). Assessing very high resolution UAV imagery for monitoring forest health during a simulated disease outbreak. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *131*, 1–14. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.07.007

Dell, M., Stone, C., Osborn, J., Glen, M., McCoull, C., Rimbawanto, A., Tjahyono, B., & Mohammed, C. (2019). Detection of necrotic foliage in a young Eucalyptus pellita plantation using unmanned aerial vehicle RGB photography–a demonstration of concept. *Australian Forestry*, *82*(2), 79–88. https://doi.org/10.1080/00049158.2019.1621588

Duarte, A., Acevedo-Muñoz, L., Gonçalves, C. I., Mota, L., Sarmento, A., Silva, M., Fabres, S., Borralho, N., & Valente, C. (2020). Detection of Longhorned Borer Attack and Assessment in Eucalyptus Plantations Using UAV Imagery. *Remote Sensing*, *12*(19), 1–20. https://doi.org/10.3390/rs12193153

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Fan, B., Li, Y., Zhang, R., & Fu, Q. (2020). Review on the Technological Development and Application of UAV Systems. *Chinese Journal of Electronics*, *29*(2), 199–207. https://doi.org/10.1049/cje.2019.12.006

Farman, Ode Muhammad Golok Jaya, L., Nurhayati Yusuf, D., Ode Restele, L., Iswandi, M., & Syaf, H. (2023). *Uji Ketelitian Geometri Citra Ortofoto Untuk Penyediaan Data Spasial Skala Besar Orthophoto Image Geometry Accuracy Test For Provision of Large-Scale Spatial Data*. *8*(1). https://journal.uho.ac.id/index.php/jpw/index

Farmonaut. (2019, Januari 9). *Applications of Satellite Imagery Bands — Part 2: Vegetation Red Edge (B5,B6,B7,B8A)*.

Faroby, J. S., Taufik, M., & Handoko, Y. E. (2010). *Optimasi Waktu Pengamatan Pada Pengukuran Kerangka Kontrol Horisontal Orde 4 Menggunakan Metode Rapid Static*. 34–38.

Fitzastri Alrassi. (2018). *Pemanfaatan Foto Udara Digital Format Kecil Untuk Pemetaan Kesehatan Tanaman Lada (Piper ningrum L) (Studi di Desa Entikong, Kabupaten Sanggau Provinsi Kalimantan Barat)*. Universitas Gadjah Mada.

Gitelson, A. A., Kaufman, Y. J., & Merzlyak, M. N. (1996). Use of a Green Channel in Remote Sensing of Global Vegetation from EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment*, *58*(3), 289–298. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00072-7

Gunawan, K., Wikandaru, R., Sudiyanto, A., Nursanto, E., Cahyadi, T. A., Krisna Suhendra, Y., Ikhsan, R., & Noor, L. (2019). *Analisis Pengaruh Tinggi Terbang Drone Terhadap Ketelitian Geometri Peta Foto*. 143–151. http://journal.itny..ac.id/online/index.php/ReTII

Hanan, A. F., Pratikto, I., & Soenardjo, N. (2020). Analisa Distribusi Spasial Vegetasi Mangrove di Desa Pantai Mekar Kecamatan Muara Gembong. *Journal of Marine Research*, *9*(3), 271–280. https://doi.org/10.14710/jmr.v9i3.27573

Hoffer, R. M. (1978). Biological and Physical Consideration in Applying Computer Aided Analysis Techniques to Remote Sensor Data. Dalam S. Phylip H & D. Sherley M (Ed.), *Remote Sensing: The Quantitative Approach*. McGraw Hill.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Huang, S., Tang, L., Hupy, J. P., Wang, Y., & Shao, G. (2021). A Commentary Review on The Use of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in The Era of Popular Remote Sensing. Dalam *Journal of Forestry Research* (Vol. 32, Nomor 1). Northeast Forestry University. https://doi.org/10.1007/s11676-020-01155-1

Hung, T. D., Brawner, J. T., Meder, R., Lee, D. J., Southerton, S., Thinh, H. H., & Dieters, M. J. (2015). Estimates of Genetic Parameters for Growth and Wood Properties in Eucalyptus pellita F. Muell. to Support Tree Breeding in Vietnam. *Annals of Forest Science*, *72*(2), 205–217. https://doi.org/10.1007/s13595-014-0426-9

Hutapea, F. J., Weston, C. J., Mendham, D., & Volkova, L. (2023). Sustainable management of Eucalyptus pellita plantations: A review. Dalam *Forest Ecology and Management* (Vol. 537). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.120941

Kardasz, P., & Doskocz, J. (2016). Drones and Possibilities of Their Using. *Journal of Civil & Environmental Engineering*, *6*(3). https://doi.org/10.4172/2165-784x.1000233

Kurniati, E., & Rahardjo, N. (2015). Evaluasi Metode Klasifikasi dalam Pembuatan Peta Kepadatan Penduduk DIY dengan Permukaan Statistik dan Uji Proporsi. *Jurnal Bumi Indonesia*, *4*(1).

Kushardono, D. (2014). Teknologi Akuisisi Data Pesawat Tanpa Awak dan Pemanfaatannya untuk Mendukung Produksi Informasi Penginderaan Jauh. *INDERAJA*, *5*, 24–31.

Kusumaningtyas, D. A., Khoirudin, H., Tami, M., Sari, M. U., Nirsatmanto, A., Nugraheni, A. D., & Nugroho, F. (2022). Eucalyptus Leaves as Potential Indicators of Gold Mine in Indonesia. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *8*(1), 45–50. https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i1.1092

Lei, S., Luo, J., Tao, X., & Qiu, Z. (2021). Remote Sensing Detecting of Yellow Leaf Disease of Arecanut Based on UAV Multisource Sensors. *Remote Sensing*, *13*(22). https://doi.org/10.3390/rs13224562

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Liao, K., Yang, F., Dang, H., Wu, Y., Luo, K., & Li, G. (2022). Detection of Eucalyptus Leaf Disease with UAV Multispectral Imagery. *Forests*, *13*(8). https://doi.org/10.3390/f13081322

Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. (2015). *Remote Sensing and Image Interpretation* (7th ed.). Wiley.

Maria, E., Fadlin, F., & Taruk, M. (2020). Diagnosis Penyakit Tanaman Padi Menggunakan Metode Promethee. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, *15*(1), 27–31.

Masita, M. (2022). *Pemetaan Kondisi Mangrove Menggunakan Citra di Pulau Pannikiang Kecamatan Mallusetasi, Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan*. Universitas Hasanuddin.

Masitha, M. (2017). *Pendugaan Kerapatan Mangrove dengan Algoritma Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) DAN Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI)* . Institut Pertanian Bogor.

Micasense. (2024, Januari 23). *How Do Calibrated Reflectance Panels Improve My Data?*

Molidena, E., & As-Syakur, Abd. R. (2012). *Karakteristik Pola Spektral Vegetasi Hutan dan Tanaman Industri Berdasarkan Data Penginderaan Jauh*. http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/

Muhsoni, F. F. (2015). *Penginderaan Jauh (Remote Sensing)*. UTMPRESS.

Mukhlisin, A., & Soemarno, S. (2020). Estimasi Kandungan Klorofil Tanaman Kopi Robusta (Coffea canephora var. Robusta) Menggunakan Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) di Bangelan, Wonosari, Malang. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, *7*(2), 329–339. https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2020.007.2.18

Natar, C., Sabri, L. M., & Awaluddin, M. (2020). Analisis Akurasi Model 3 Dimensi Bangunan dari Foto Udara Secara Tegak dan Miring (Studi Kasus: Gedung Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro). *Jurnal Geodesi Undip Januari*, *9*(1).

Nazir, M. M., Megat, N., Terhem, R., Norhisham, A. R., Mohd Razali, S., & Meder, R. (2021). Early Monitoring of Health Status of Plantation-Grown Eucalyptus

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

pellita at Large Spatial Scale via Visible Spectrum Imaging of Canopy Foliage Using Unmanned Aerial Vehicles. *Forests*, *12*(10), 1393. https://doi.org/10.3390/f12101393

Ngatiman, & Anggraeni, I. (2006). Penyakit Bercak Daun Pada Tanaman Eucalyptus. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, *3*(3), 183–191.

Old, K. M., Wingfield, M. J., & Yuan, Z. Q. (2003). *A Manual of Diseases of Eucalypts in South-East Asia*. Center of International Forestry Research. http://www.cifor.cgiar.org

Pádua, L., Vanko, J., Hruška, J., Adão, T., Sousa, J. J., Peres, E., & Morais, R. (2017). UAS, Sensors, and Data Processing in Agroforestry: a Review Towards Practical Applications. *International Journal of Remote Sensing*, *38*(8–10), 2349–2391. https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1297548

Pangestu, N. H. A., & Banowati, G. (2023). Pemetaan Kesehatan Kebun Kelapa Sawit Berdasarkan Nilai Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Menggunakan Citra Landsat-8 Di Kebun PT. Wanapotensi Guna. *Agriprima : Journal of Applied Agricultural Sciences*, *7*(1), 40–49. https://doi.org/10.25047/agriprima.v7i1.513

Parmadi, W. T., & Sukojo, B. M. (2016). Analisa Ketelitian Geometrik Citra Pleiades Sebagai Penunjang Peta Dasar RDTR (Studi Kasus: Wilayah Kabupaten Bangkalan, Jawa Timur). *Jurnal Teknik ITS*, *5*(2). https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.17213

Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018 Tentang Perubahan Atas Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. (2018).

Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014. (2014).

Purba, R., Hasan, H., & Sasmito, K. (2022). Pengaruh Penggunaan Ground Control Point dalam Pengolahan Foto Udara Pada PT Internasional Prima Coal Sub PT Coalindo Adhi Perkasa Kota Samarinda Provinsi Kalimantan Timur (The Effect of Using Ground Control Points in Aerial Photo Processing at PT Internasional

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Prima Coal Sub PT Coalindo Adhi Perkasa, Samarinda, East Kalimantan). *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, *10*(2), 1–7.

Putra, K. P. (2019). *Pengamatan Penyakit Embun Jelaga pada Komoditi Jeruk*.

Siregar, B. A., Giyanto, Hidayat, S. H., Siregar, I. Z., & Tjahjono, B. (2020). Epidemiology of Bacterial Wilt Disease on Eucalyptus pellita F. Muell. in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *468*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/468/1/012033

Sivanandam, P., Turner, D., & Lucieer, A. (2022). *Drone RGB and Multispectral Data Processing Protocol*.

Somantri, L. (2009). *Teknologi Penginderaan Jauh (Remote Sensing)*.

Stone, C., Chisholm, L. A., & McDonald, S. (2003). Spectral Reflectance Characteristics of Pinus radiata needles Affected by Dothistroma needle blight. *Canadian Journal of Botany*, *81*(6), 560–569. https://doi.org/10.1139/b03-053

Stone, C., & Mohammed, C. (2017). Application of Remote Sensing Technologies for Assessing Planted Forests Damaged by Insect Pests and Fungal Pathogens: a Review. *Current Forestry Reports*, *3*(2), 75–92. https://doi.org/10.1007/s40725-017-0056-1

Sulichantini, E. D. (2016). *Growth of Eucalyptus pellita F Muell at Land by Using Propagation from Seed with Methods by Using Seeds, Cuttings And Tissue Culture*. *41*, 269–275.

Supangat, B. A., Sudira, P., Supriyo, H., & Poedjirahajoe, E. (2012). Studi Intersepsi Hujan Pada Hutan Tanaman Eucalyptus Pellita di Riau. *AGRITECH*, *32*(3), 318–324.

Tarmizi, A. F. (2019). *Uji Akurasi Ketelitian Peta Orthofoto Menggunakan Pesawat UAV Untuk Tata Guna Lahan (Studi Kasus: Kecamatan Purworejo, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah)*. ITN Malang.

Thu, P., Grilffiths, M., Pegg, G., McDonald, J., Wylie, R., King, J., & Lawson, S. (2010). *Healthy plantations: a Field Guide to Pests and Pathogens of Acacia, Eucalyptus and Pinus in Vietnam*.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Verbyla, D. L. (2022). *Satellite Remote Sensing of Natural Resources*. CRC Press. https://doi.org/10.1201/9780138740191

Wang, G., & Weng, Q. (2014). *Remote Sensing of Natural Resources*. CRC Press.

Wicaksono, F. Y. E. (2009). *Apa Itu Foto Udara?*

Yudono, M. A. S., Maulana Yusup, R., M.Syam, F., & Siti Anisa Nurhasanah, E. (2021). Rancang Bangun Sistem Deteksi Harga Perkakas Dengan Menggunakan Augmented Reality. *FIDELITY : Jurnal Teknik Elektro*, *3*(3), 52–55. https://doi.org/10.52005/fidelity.v3i3.97

Yuniasih, B., & Adjie, A. R. P. (2022). Evaluasi Kondisi Kebun Kelapa Sawit Menggunakan Indeks NDVI dari Citra Satelit Sentinel 2. *Jurnal Teknotan*, *16*(2), 127. https://doi.org/10.24198/jt.vol16n2.10

Yuniasih, B., Rizky Purnama Adji, A., & Budi, B. (2022). Evaluation of Pre-Replanting Oil Palm Plant Health using the NDVI Index from Landsat 8 Satellite Imagery. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, *11*, 304–313. https://doi.org/10.23960/jtep-l.v11.i2.304-313

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

LAMPIRAN

Lampiran 1. Catatan Lapangan

Tanggal Pengambilan Data Lapangan: 27 - 28 Oktober 2023					
Cuaca: Cerah Berawan, Hujan, dan Mendung (27 Okt) Cerah (28 Okt)					
Informasi Tambahan Jarak tanam 4 meter x 1,87 meter Clone 50xx seluas 1 Ha Banyak Eucalyptus pellita terserang penyakit mematikan berupa ceratocytis Leaf disease berupa embun jelaga dengan jamur hitam capmodium dan kirramyces dan coklat bintik hitam kecil kuning Karakteristik wilayah homogen merata, umur tanaman 16 bulan per Oktober 2023, dan penyakit daun masih dapat terus berkembang Hasil Perhitungan Kelas Inerval yaitu, 0-17 rendah, 17-34 sedang, 35 ke atas tinggi					
No Plot	**File GPS**	**Persentase Penyakit Visual Lapangan**	**Kelas Keparahan**	**Keterangan Lain**	**Uji Validasi**
A1	160	5	Rendah		Ya
A2		5	Rendah		Ya
A3		10	-	Adanya penggerek cincin	Tidak
A4		25	Sedang		Ya
A5	162	10	Rendah		Ya
A6		20	Sedang		Ya
A7		20	Sedang		Ya
A8		10	Rendah		Ya
A9		10	Rendah		Ya
A10		15	Rendah	Tanaman sakit dan memiliki terobosan	Ya
A11		0	-	Tanaman Mati	Tidak
A12		10	Rendah	Ada penggerek cincin	Ya
A13		10	Rendah		Ya
A14		15	Rendah		Ya
A15	163	20	Sedang	Ada penggerek cincin	Ya
B1	175	10	Rendah		Ya
B2		15	Rendah		Ya
B3		0	-	Tanaman hampir mati dan gugur daun tinggi	Tidak
B4		5	Rendah		Ya
B5	176	5	-	Tanaman stagnan	Tidak
B6		25	Sedang		Ya
B7		5	Rendah	Daun mulai gugur	Ya
B8		5	Rendah		Ya
B9		10	Rendah		Ya
B10		10	Rendah		Ya
B11		20	Sedang	Ada penggerek cincin dan gugur daun	Ya
B12		5	Rendah		Ya
B13		5	Rendah		Ya
B14		5	Rendah	Tanaman stagnan	Ya
B15	177	15	Rendah		Ya
B16		15	-	Tanaman stagnan	Tidak
B17		10	Rendah		Ya
B18		20	Sedang		Ya
B19		15	Rendah		Ya
B20	174	10	-	Tanaman stagnan	Tidak

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

C1	156	15	Rendah		Ya
C2		15	Rendah		Ya
C3		20	Sedang	Tanaman stagnan	Ya
C4		10	Rendah		Ya
C5		5	Rendah		Ya
C6		10	Rendah		Ya
C7	157	10	Rendah		Ya
C8		10	Rendah		Ya
C9		15	Rendah		Ya
C10		0	-	Tanaman Mati	Tidak
C11		20	Sedang		Ya
C12		5	Rendah		Ya
C13		5	Rendah		Ya
C14	158	20	Sedang		Ya
C15		5	Rendah		Ya
C16		20	Sedang		Ya
C17		5	Rendah		Ya
C18		10	Rendah		Ya
C19		10	Rendah		Ya
C20		10	Rendah		Ya
C21	159	25	Sedang		Ya
D1	152	20	Sedang		Ya
D2		15	Rendah	Ada penggerek cincin	Ya
D3		10	Rendah	Ada penggerek cincin	Ya
D4		10	Rendah	Ada penggerek cincin	Ya
D5		5	Rendah		Ya
D6		15	Sedang	Ada penggerek cincin	Ya
D7	153	35	Tinggi		Ya
D8		5	Rendah		Ya
D9		20	Sedang		Ya
D10		5	Rendah		Ya
D11		5	Rendah		Ya
D12		30	Sedang	Ada penggerek cincin	Ya
D13		25	Sedang		Ya
D14	154	50	Tinggi		Ya
D15		25	Sedang	Ada penggerek cincin	Ya
D16		15	Rendah	Ada penggerek cincin	Ya
D17		0	-	Tanaman Mati	Tidak
D18		15	Rendah		Ya
D19		20	Sedang		Ya
D20		15	Rendah		Ya
D21	155	20	Sedang		Ya
E6		15	Rendah	Ada penggerek cincin	Ya
E7		5	Rendah	Ada penggerek cincin	Ya
E8		5	Rendah		Ya
E9		25	Sedang	Tanaman sedikit kerdil	Ya
E10		40	Tinggi		Ya
E11		10	Rendah		Ya
E12		15	Rendah		Ya
E13		15	Rendah		Ya
E14		5	Rendah		Ya
E15	149	15	Rendah		Ya
E16		10	Rendah		Ya
E17		10	Rendah		Ya
E18		15	Rendah	Ada penggerek cincin	Ya
E19		15	Rendah	Tanaman stagnan dan kanopi sedikit gundul	Ya
E20	150	15	Rendah	Tanaman stagnan	Ya

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

F1	165	10	Rendah		Ya
F2		15	Rendah	Tanaman stagnan	Ya
F3		15	Rendah		Ya
F4		25	Sedang	Daun mulai gugur	Ya
F5		15	Rendah		Ya
F6		10	Rendah		Ya
F7	166	10	Rendah		Ya
F8		10	Rendah		Ya
F9		10	Rendah		Ya
F10		5	Rendah		Ya
F11		35	Tinggi	Daun mulai gugur	Ya
F12		45	Tinggi	Tanaman mulai stagnan dan gugur daun	Ya
F13		20	Sedang		Ya
F14		25	Sedang		Ya
F15	167	10	Rendah		Ya
F16		10	Rendah		Ya
F17		10	Rendah		Ya
F18		15	Rendah		Ya
F19		15	-	Gundul di bagian tengah kanopi dan stagnan	Tidak
F20		10	Rendah		Ya
F21	168	25	Sedang		Ya

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Orthomozaik RGB Corrected

Processing Report

16 May 2024



Survey Data
Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABDURRAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

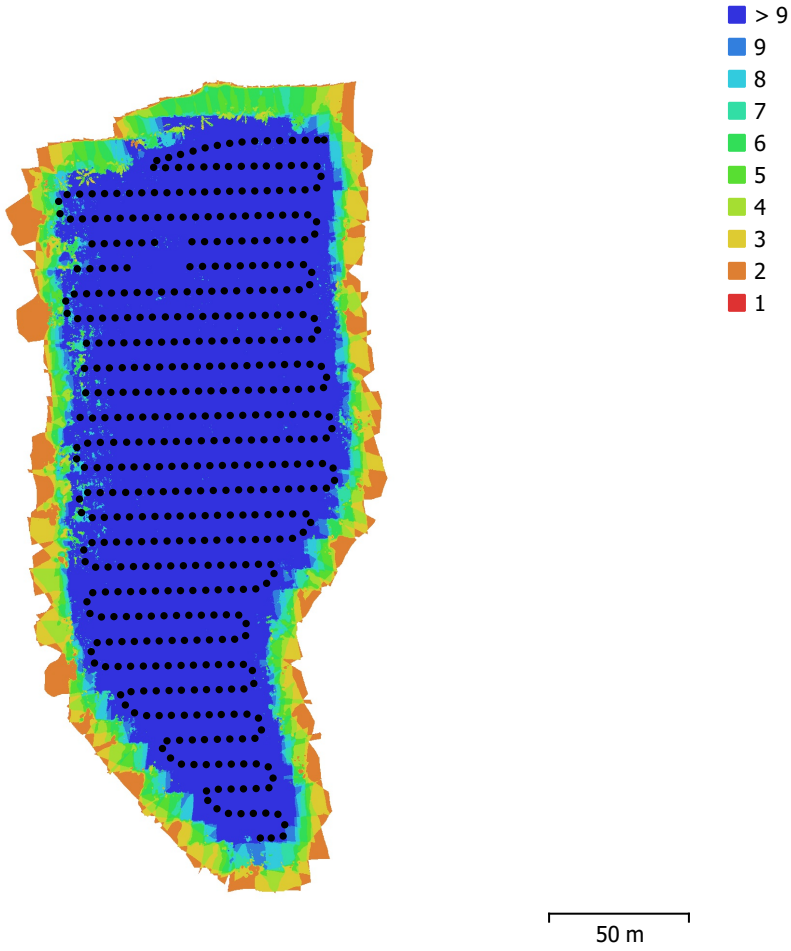


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	487	Camera stations:	472
Flying altitude:	25.9 m	Tie points:	241,423
Ground resolution:	6.44 mm/pix	Projections:	928,535
Coverage area:	0.0288 km²	Reprojection error:	1.65 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
M3M (12.29mm)	5280 x 3956	12.29 mm	unknown	No

Table 1. Cameras.

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABBERANDO ADI WIBAWA, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Camera Calibration

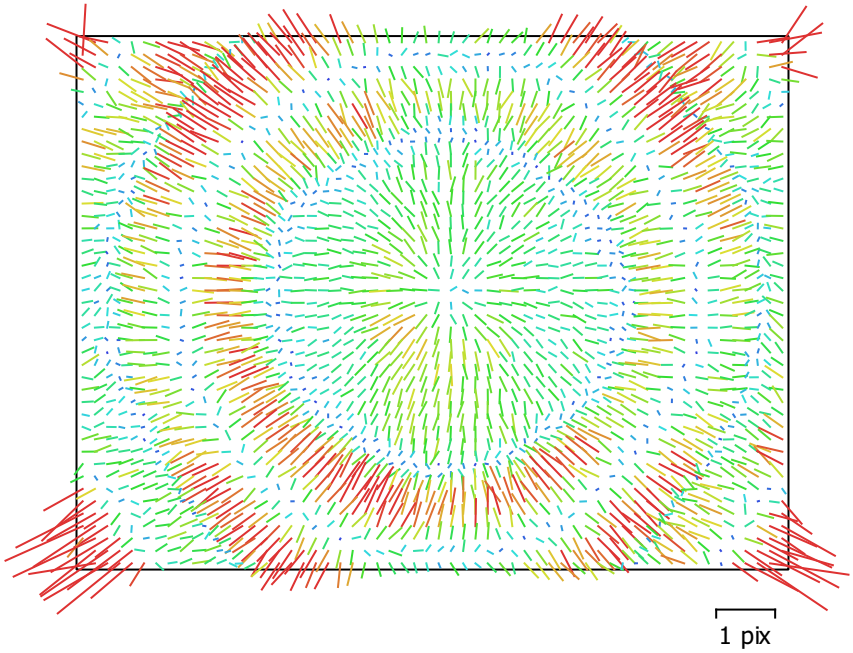


Fig. 2. Image residuals for M3M (12.29mm).

M3M (12.29mm)

487 images

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
Frame	**5280 x 3956**	**12.29 mm**	**unknown**

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	**3666.85**	2.2	1.00	-0.64	0.12	-0.96	0.06	-0.61	0.51	-0.06
Cx	**46.0822**	0.061		1.00	-0.08	0.62	-0.05	0.41	-0.09	0.03
Cy	**-25.3697**	0.039			1.00	-0.12	0.00	-0.07	0.05	-0.04
K1	**-0.104948**	0.00013				1.00	-0.32	0.79	-0.48	0.06
K2	**0.00143572**	0.0001					1.00	-0.81	0.00	0.01
K3	**-0.0155073**	9.6e-05						1.00	-0.28	0.03
P1	**-0.00025647**	2.6e-06							1.00	-0.04
P2	**-4.73206e-05**	1.8e-06								1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABBERUDDIN ASSIDIQI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Camera Locations

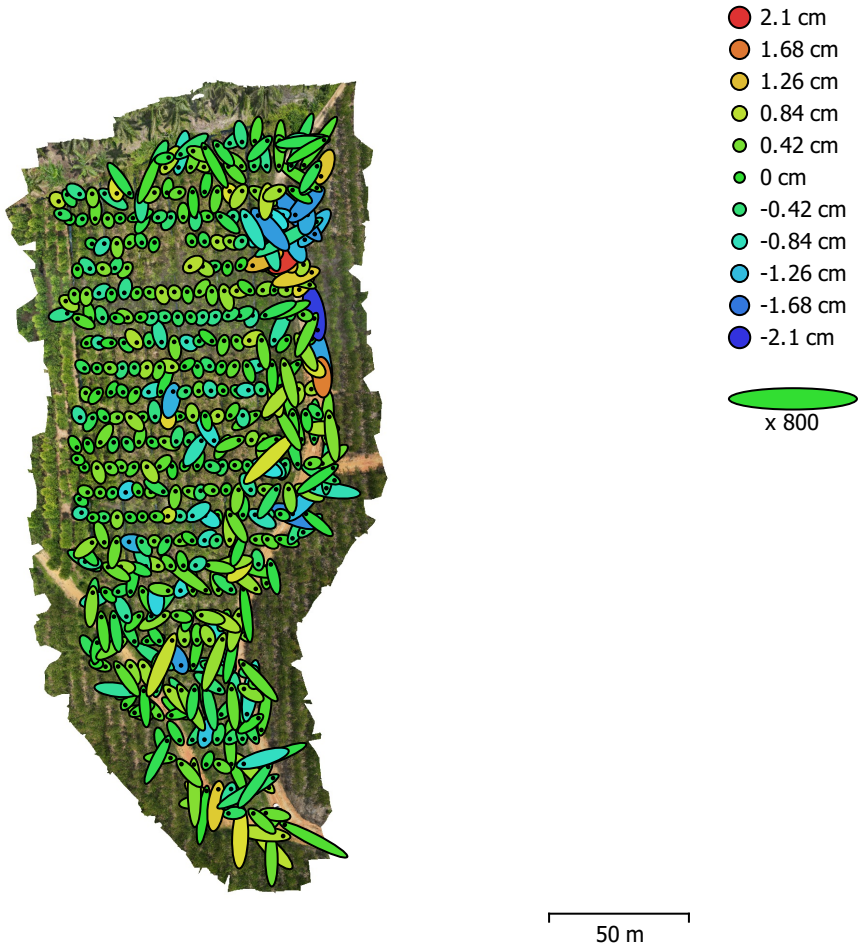


Fig. 3. Camera locations and error estimates.
Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.
Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total error (cm)
0.567652	0.745545	0.537618	0.937052	1.08032

Table 3. Average camera location error.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ARFIEFI RIZKI ADITAMA, Dr. Ir. Bambang Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Digital Elevation Model

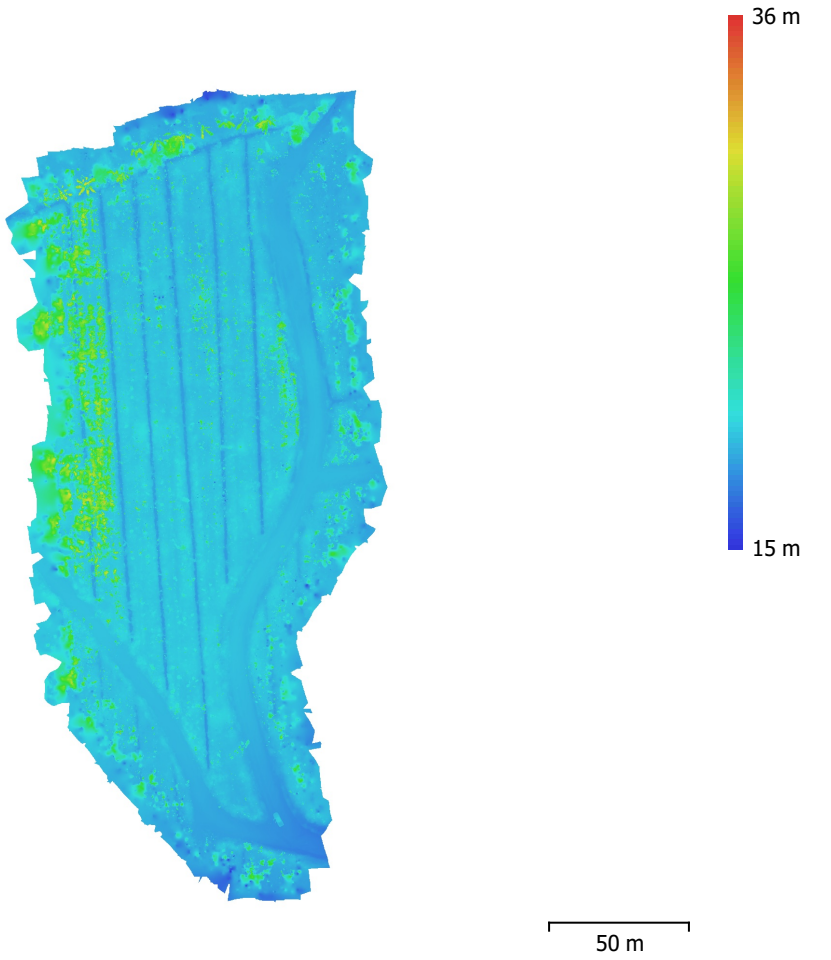


Fig. 4. Reconstructed digital elevation model.

Resolution:	2.58 cm/pix
Point density:	0.151 points/cm²

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
UNIVERSITAS GADJAH MADA
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Processing Parameters

General	
Cameras	487
Aligned cameras	472
Coordinate system	WGS 84 / UTM zone 47N (EPSG::32647)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll
Point Cloud	
Points	241,423 of 269,383
RMS reprojection error	0.173932 (1.64793 pix)
Max reprojection error	0.637193 (59.0137 pix)
Mean key point size	8.14915 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	1.25 GB
Average tie point multiplicity	4.22364
Alignment parameters	
Accuracy	Medium
Generic preselection	No
Reference preselection	Source
Key point limit	40,000
Key point limit per Mpx	1,000
Tie point limit	10,000
Exclude stationary tie points	Yes
Guided image matching	No
Adaptive camera model fitting	No
Matching time	2 hours 3 minutes
Matching memory usage	628.40 MB
Alignment time	16 minutes 0 seconds
Alignment memory usage	61.11 MB
Optimization parameters	
Parameters	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptive camera model fitting	No
Optimization time	11 seconds
Date created	2024:05:16 09:12:36
Software version	1.7.6.13524
File size	32.34 MB
Depth Maps	
Count	462
Depth maps generation parameters	
Quality	Medium
Filtering mode	Disabled
Max neighbors	40
Processing time	44 minutes 32 seconds
Memory usage	2.11 GB
Date created	2024:05:16 10:39:12
Software version	1.7.6.13524
File size	504.37 MB
Dense Point Cloud	
Points	45,379,204
Point colors	3 bands, uint8
Depth maps generation parameters	
Quality	Medium

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Filtering mode	Disabled
Max neighbors	40
Processing time	44 minutes 32 seconds
Memory usage	2.11 GB
Dense cloud generation parameters	
Processing time	27 minutes 5 seconds
Memory usage	3.51 GB
Ground points classification parameters	
Max angle (°)	15
Max distance (m)	1
Cell size (m)	50
Classification time	6 minutes 18 seconds
Classification memory usage	1.73 GB
Date created	2024:05:16 11:06:17
Software version	1.7.6.13524
File size	598.26 MB
Model	
Faces	1,999,954
Vertices	1,000,000
Vertex colors	3 bands, uint8
Depth maps generation parameters	
Quality	Medium
Filtering mode	Disabled
Max neighbors	40
Processing time	44 minutes 32 seconds
Memory usage	2.11 GB
Reconstruction parameters	
Surface type	Height field
Source data	Dense cloud
Interpolation	Extrapolated
Strict volumetric masks	No
Processing time	3 minutes 7 seconds
Memory usage	746.42 MB
Date created	2024:05:16 11:39:26
Software version	1.7.6.13524
File size	45.78 MB
DEM	
Size	7,567 x 13,705
Coordinate system	WGS 84 / UTM zone 47N (EPSG::32647)
Reconstruction parameters	
Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	3 minutes 23 seconds
Memory usage	308.00 MB
Date created	2024:05:16 11:48:24
Software version	1.7.6.13524
File size	194.72 MB
Orthomosaic	
Size	30,266 x 54,819
Coordinate system	WGS 84 / UTM zone 47N (EPSG::32647)
Colors	3 bands, uint8
Reconstruction parameters	
Blending mode	Mosaic
Surface	Mesh
Enable hole filling	Yes
Enable ghosting filter	No

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Processing tim...	.....
Memory usage	3.89 GB
Date created	2024:05:16 12:06:47
Software version	1.7.6.13524
File size	17.69 GB

System

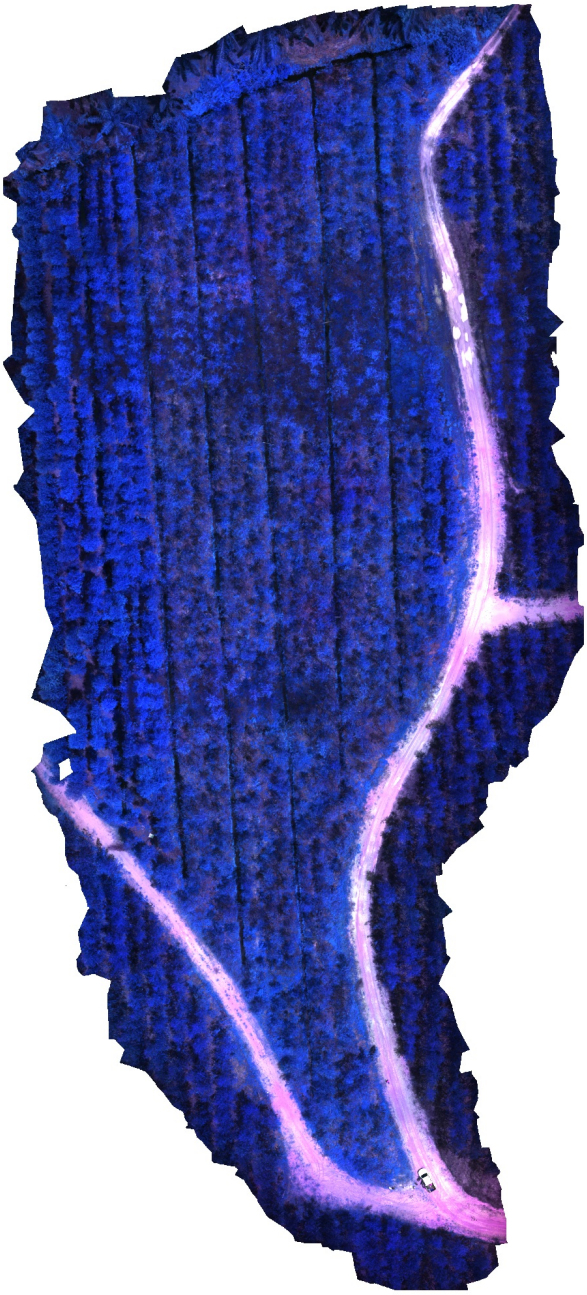
Software name	Agisoft Metashape Professional
Software version	1.7.6 build 13524
OS	Windows 64 bit
RAM	11.89 GB
CPU	Intel(R) Core(TM) i5-8250U CPU @ 1.60GHz
GPU(s)	Intel(R) UHD Graphics 620 NVIDIA GeForce MX150

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Abeer_Skripsi_OrthoMulti

Processing Report

23 April 2024



Survey Data
Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABDUL FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

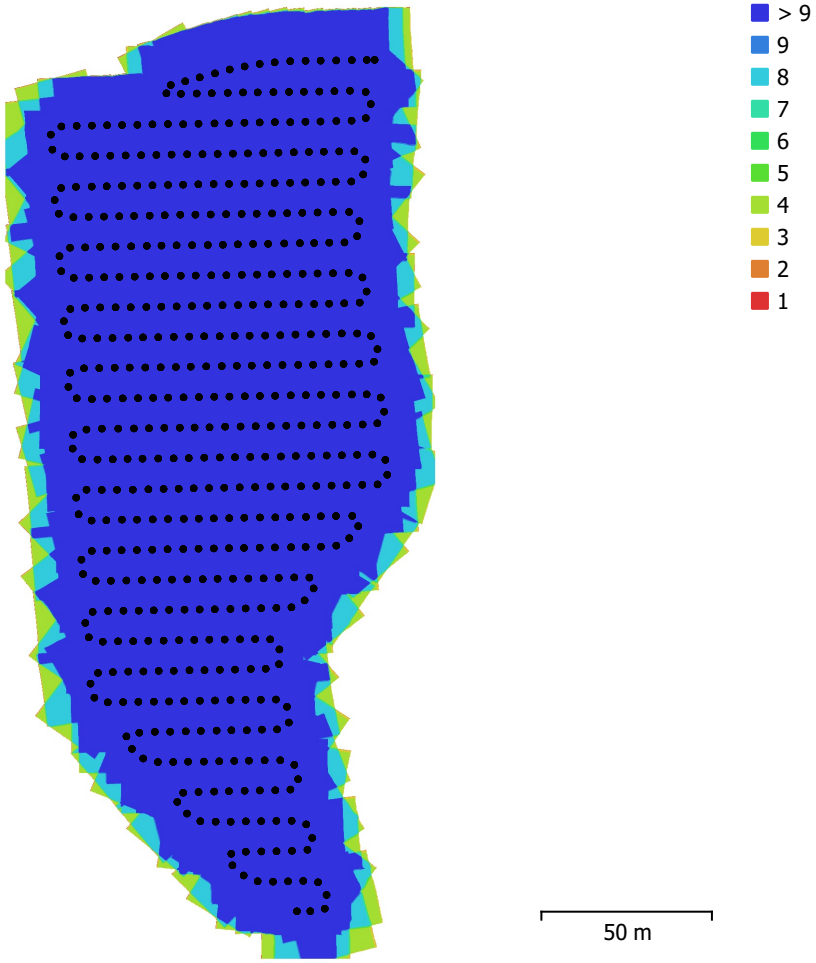


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	1,956	Camera stations:	1,948
Flying altitude:	24.4 m	Tie points:	2,130,533
Ground resolution:	1.09 cm/pix	Projections:	6,752,112
Coverage area:	0.027 km²	Reprojection error:	0.529 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
M3M, Green (4.34mm)	2592 x 1944	4.34 mm	2 x 2 µm	Yes
M3M, Red (4.34mm)	2592 x 1944	4.34 mm	2 x 2 µm	Yes
M3M, RedEdge (4.34mm)	2592 x 1944	4.34 mm	2 x 2 µm	Yes
M3M, NIR (4.34mm)	2592 x 1944	4.34 mm	2 x 2 µm	Yes

Table 1. Cameras.

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
Camera Calibration
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

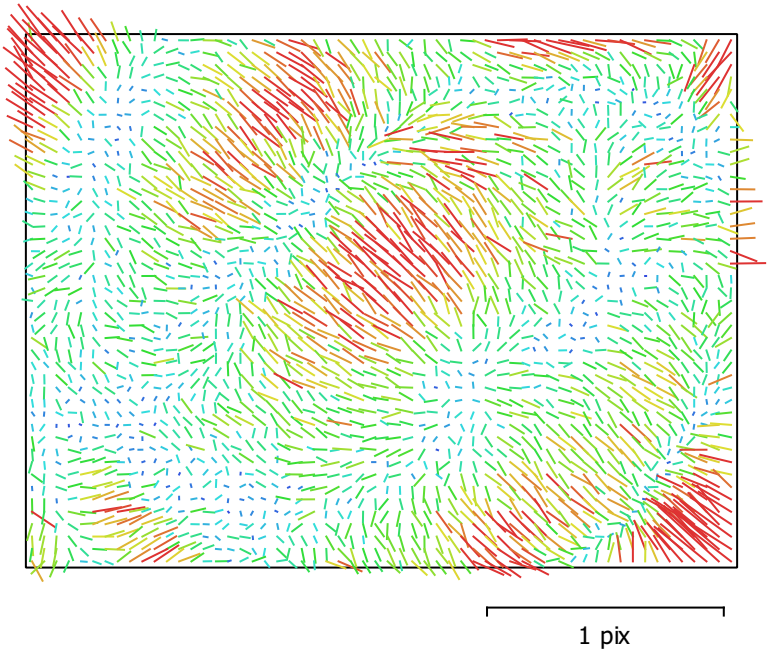


Fig. 2. Image residuals for M3M, Green (4.34mm).

M3M, Green (4.34mm)

489 images, precalibrated

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
Frame	**2592 x 1944**	**4.34 mm**	**2 x 2 µm**

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
F	**2169.6**	0.72	1.00	-0.44	-0.41	-0.28	0.03	0.08	-0.22	-0.13	0.04	0.14
Cx	**6.40738**	0.022		1.00	0.18	0.18	-0.02	-0.04	0.10	0.06	0.73	-0.06
Cy	**16.2455**	0.019			1.00	0.10	0.03	-0.04	0.09	0.06	-0.02	0.64
B1	**-4.46141**	0.0073				1.00	-0.02	-0.03	0.05	0.05	0.10	-0.06
B2	**0.0400938**	0.0059					1.00	0.00	-0.01	-0.00	-0.03	0.08
K1	**0.00832708**	5.7e-05						1.00	-0.96	0.89	0.01	0.01
K2	**-0.0409818**	0.00024							1.00	-0.92	-0.01	-0.03
K3	**-0.0192003**	0.0003								1.00	-0.00	-0.01
P1	**-0.000173569**	3.2e-06									1.00	-0.00
P2	**0.000422163**	2.6e-06										1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABBER [illegible] Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Camera Calibration

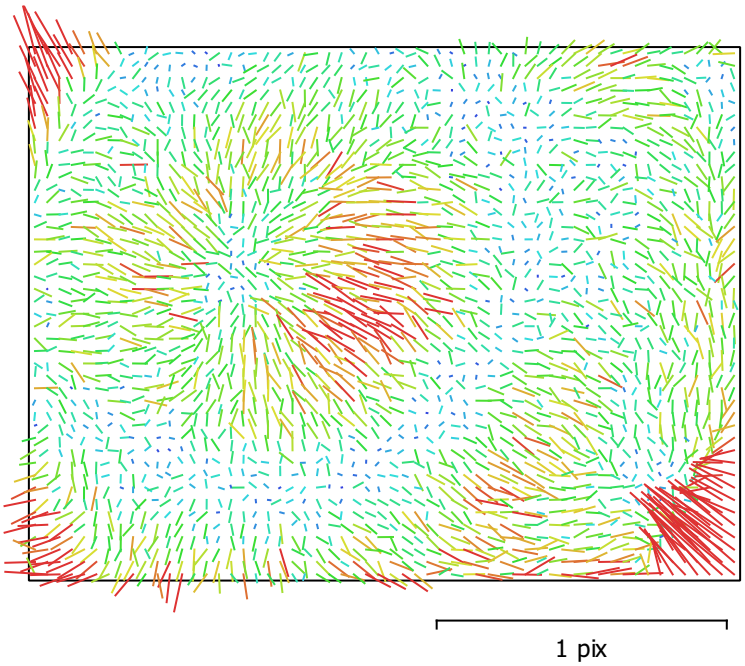


Fig. 3. Image residuals for M3M, Red (4.34mm).

M3M, Red (4.34mm)

489 images, precalibrated

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
Frame	**2592 x 1944**	**4.34 mm**	**2 x 2 µm**

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
F	**2179.42**	0.72	1.00	-0.44	-0.29	-0.29	0.04	0.09	-0.22	-0.12	0.05	0.06
Cx	**4.56067**	0.023		1.00	0.13	0.18	-0.03	-0.05	0.11	0.05	0.73	-0.03
Cy	**16.413**	0.018			1.00	0.07	0.03	-0.03	0.07	0.04	-0.03	0.73
B1	**-4.69566**	0.0074				1.00	-0.02	-0.03	0.05	0.05	0.09	-0.05
B2	**0.151706**	0.006					1.00	0.01	-0.01	-0.00	-0.02	0.07
K1	**0.0100311**	5.9e-05						1.00	-0.96	0.89	0.01	0.01
K2	**-0.0433407**	0.00025							1.00	-0.92	-0.01	-0.02
K3	**-0.0177868**	0.00031								1.00	-0.01	0.00
P1	**-3.43187e-05**	3.3e-06									1.00	-0.01
P2	**-6.96908e-05**	2.6e-06										1.00

Table 3. Calibration coefficients and correlation matrix.

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
Camera Calibration
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

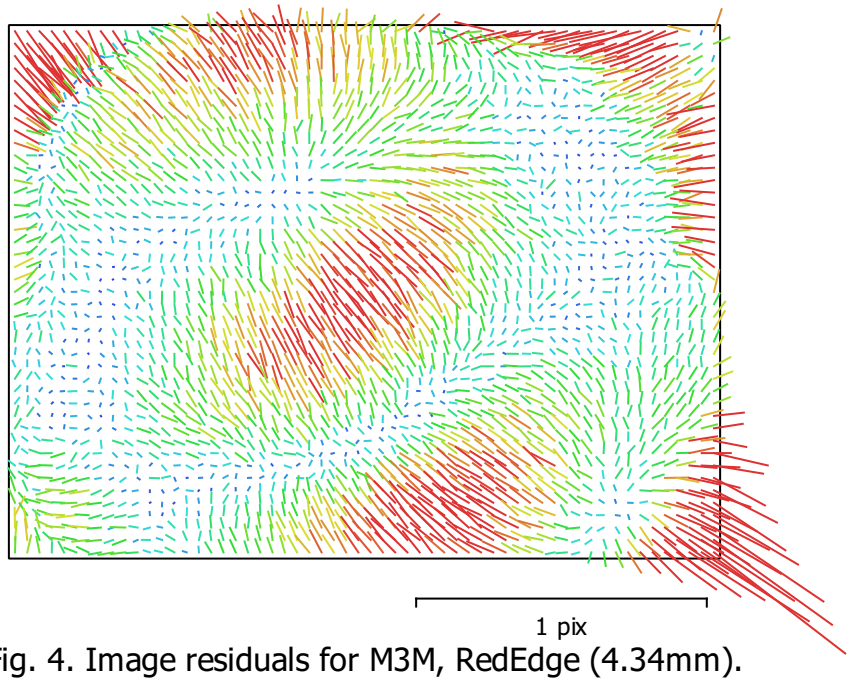


Fig. 4. Image residuals for M3M, RedEdge (4.34mm).

M3M, RedEdge (4.34mm)

489 images, precalibrated

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
Frame	**2592 x 1944**	**4.34 mm**	**2 x 2 µm**

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
F	**2182.02**	0.72	1.00	-0.48	-0.49	-0.27	0.05	0.09	-0.25	-0.09	0.01	0.03
Cx	**-5.88258**	0.023		1.00	0.24	0.18	-0.04	-0.05	0.12	0.03	0.73	-0.02
Cy	**17.9972**	0.02			1.00	0.13	0.01	-0.05	0.12	0.04	-0.01	0.66
B1	**-4.35745**	0.0073				1.00	-0.02	-0.04	0.05	0.04	0.11	-0.02
B2	**0.284736**	0.0059					1.00	0.01	-0.01	-0.00	-0.04	0.07
K1	**0.00946405**	5.6e-05						1.00	-0.96	0.90	0.00	-0.00
K2	**-0.0458995**	0.00024							1.00	-0.93	-0.00	-0.01
K3	**-0.0120341**	0.00029								1.00	-0.00	-0.00
P1	**-0.000482907**	3.2e-06									1.00	-0.00
P2	**-0.000441826**	2.6e-06										1.00

Table 4. Calibration coefficients and correlation matrix.

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABBER [illegible] Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Camera Calibration

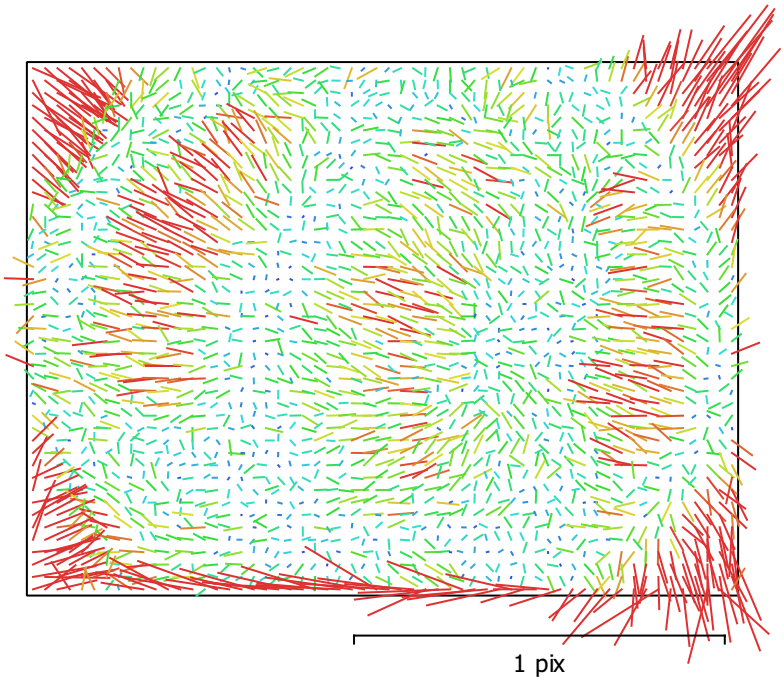


Fig. 5. Image residuals for M3M, NIR (4.34mm).

M3M, NIR (4.34mm)

489 images, precalibrated

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
Frame	**2592 x 1944**	**4.34 mm**	**2 x 2 µm**

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
F	**2187.81**	0.73	1.00	-0.62	-0.33	-0.29	0.04	0.11	-0.27	-0.02	0.09	0.08
Cx	**4.40064**	0.027		1.00	0.20	0.22	-0.04	-0.08	0.18	0.00	0.60	-0.06
Cy	**-13.9082**	0.019			1.00	0.09	0.03	-0.04	0.09	0.01	-0.04	0.71
B1	**-4.69172**	0.0074				1.00	-0.03	-0.04	0.06	0.03	0.08	-0.05
B2	**0.300226**	0.006					1.00	0.01	-0.01	0.00	-0.03	0.07
K1	**0.0119233**	6e-05						1.00	-0.96	0.91	0.01	0.01
K2	**-0.0543839**	0.00026							1.00	-0.94	-0.02	-0.02
K3	**-0.00259098**	0.00032								1.00	-0.01	0.00
P1	**8.87726e-05**	3.3e-06									1.00	-0.00
P2	**8.83303e-05**	2.7e-06										1.00

Table 5. Calibration coefficients and correlation matrix.

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
Camera Locations
ABBERUDDIN SADDAM HAR Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

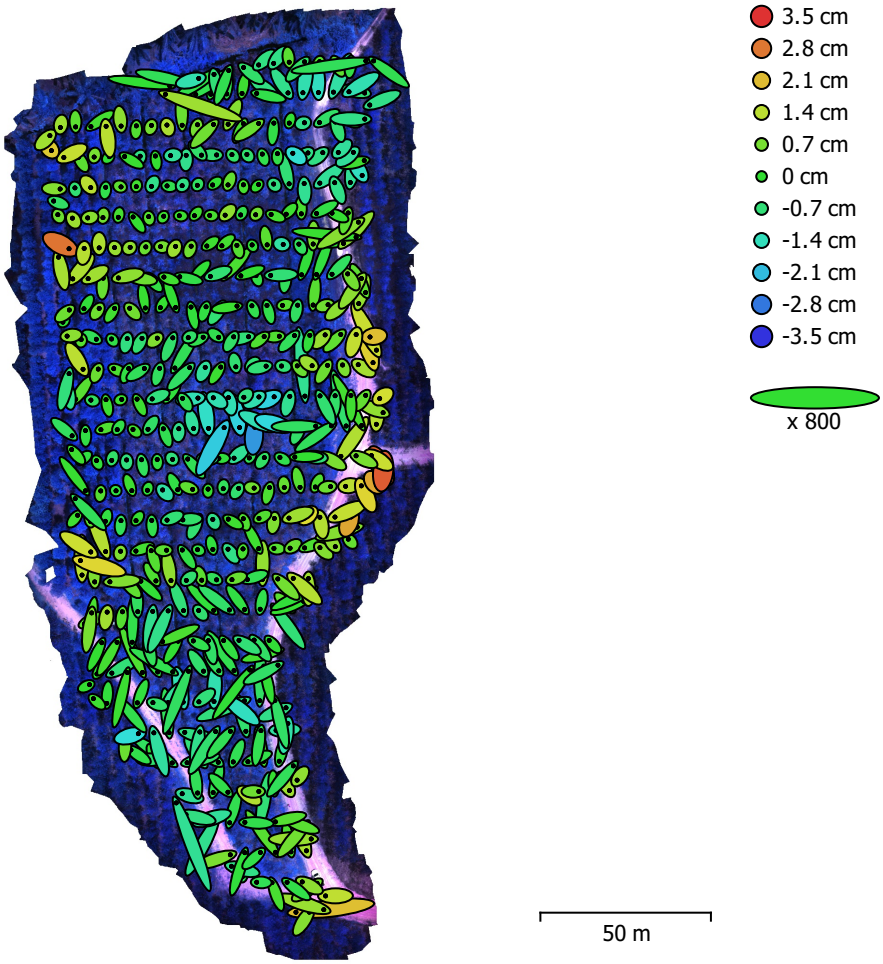


Fig. 6. Camera locations and error estimates.
Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.
Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total error (cm)
0.531047	0.606825	0.794987	0.80638	1.13237

Table 6. Average camera location error.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ARFEE ERDANA ADHIWIJAYA, Dr. Ir. Bambang Sapta Widartono, S.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Digital Elevation Model

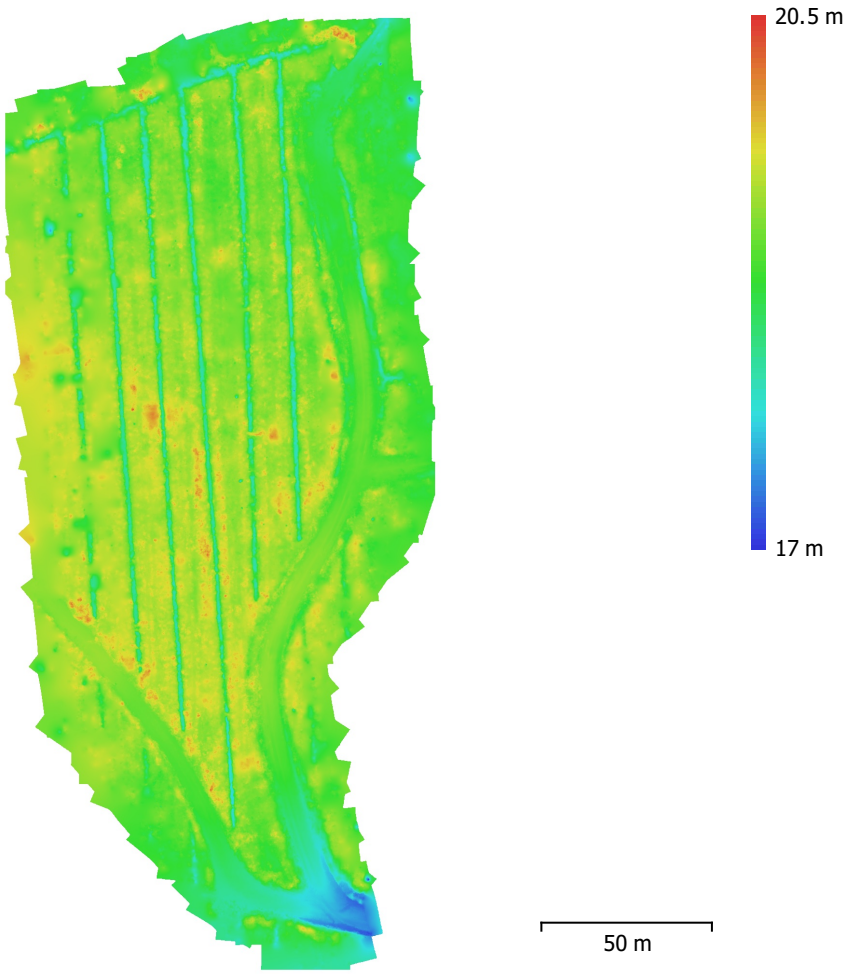


Fig. 7. Reconstructed digital elevation model.

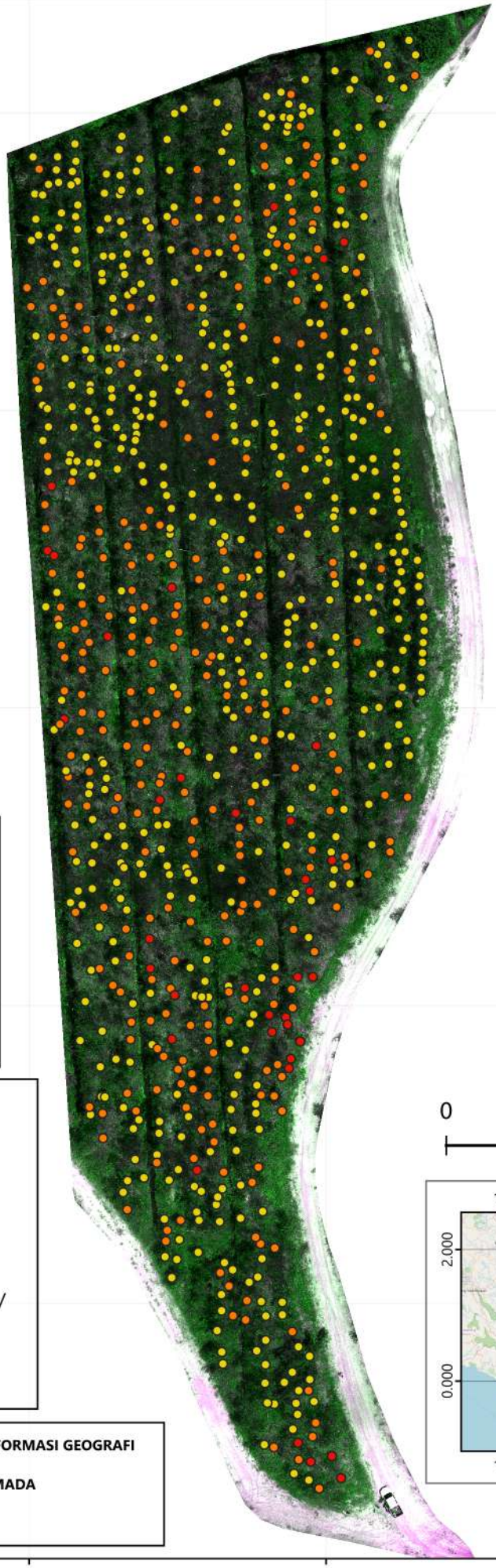
Resolution:	2.19 cm/pix
Point density:	0.209 points/cm²

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Rarasati Septa Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

PETA SEBARAN TANAMAN EUCALYPTUS PELLITA MENGGUNAKAN GNDVI

791900 791950 792000 792050

82900 82850 82800 82750 82700



Legenda

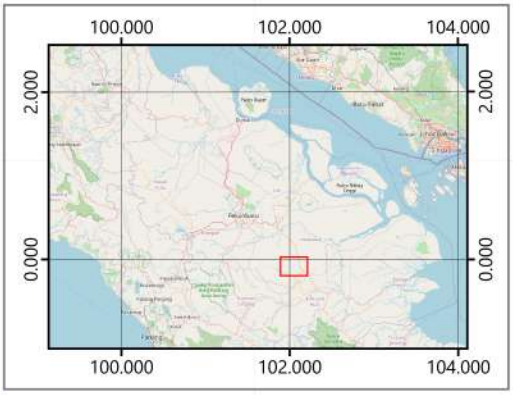
Tingkat Keparahan

- Rendah
- Sedang
- Tinggi

U

1 : 1.000

0 20 40 60 m



Sumber Data:
Foto Udara Multispektral

Dibuat oleh:
Abeer Firdaus Adiva Hadi
(20/458629/GE/09312)

Sistem Koordinat: WGS 1984 / UTM Zona 47N
Sistem Proyeksi: Transverse Mercator

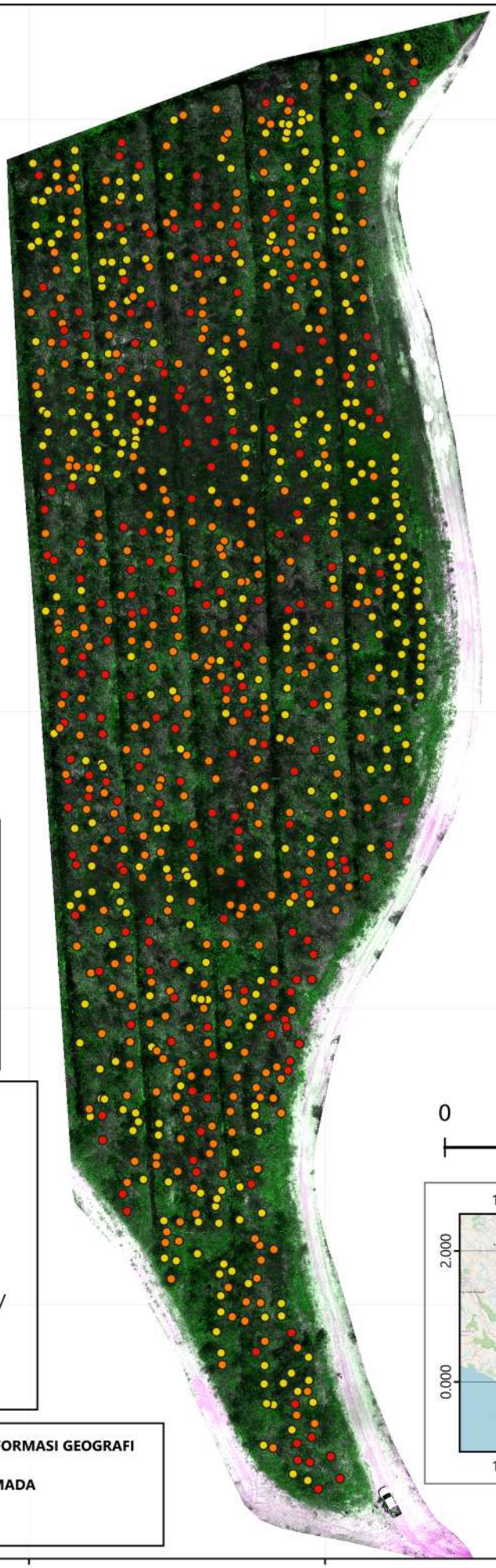
DEPARTEMEN SAINS INFORMASI GEOGRAFI
FAKULTAS GEOGRAFI
UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA
2024

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

PETA SEBARAN TANAMAN EUCALYPTUS PELLITA MENGGUNAKAN NDVI

791900 791950 792000 792050

82900 82850 82800 82750 82700



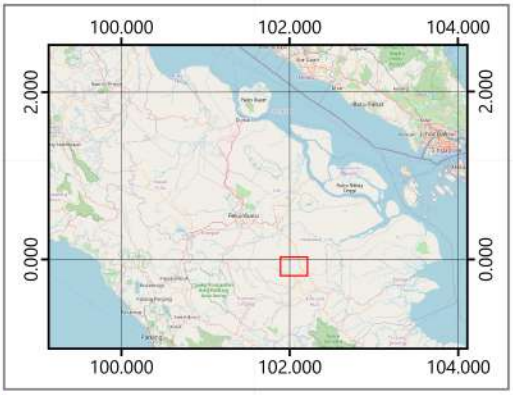
Legenda

Tingkat Keparahan
- Rendah
- Sedang
- Tinggi

U

1 : 1.000

0 20 40 60 m



Sumber Data:
Foto Udara Multispektral

Dibuat oleh:
Abeer Firdaus Adiva Hadi
(20/458629/GE/09312)

Sistem Koordinat: WGS 1984 / UTM Zona 47N
Sistem Proyeksi: Transverse Mercator

DEPARTEMEN SAINS INFORMASI GEOGRAFI
FAKULTAS GEOGRAFI
UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA
2024

Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

FAKULTAS GEOGRAFI
Bulaksumur, Yogyakarta 55281, Telp. (0274) 6492340 Faks. (0274) 589595
Laman: geo.ugm.ac.id, e-mail: geografi@ugm.ac.id

Nomor : 6375/UN1/FGE.1.1/KMH/PT.01.04/2023 17 Oktober 2023
Hal : Permohonan izin pengambilan data penelitian

Yth. Research & Development Head (Dr. Budi Tjahjono)
Jl. Minas Perawang KM. 26, Perawang, Riau 28772

Dengan ini kami mengajukan permohonan izin pengambilan data bagi mahasiswa Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada dalam rangka penyusunan skripsi dengan keterangan sebagai berikut:

nama	: Abeer Firdaus Adiva Hadi
NIM	: 20/458629/GE/09312
program studi	: Kartografi dan Penginderaan Jauh
judul penelitian	: "Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Penyakit pada Tanaman Eucalyptus pellita Menggunakan UAV Multispektral"
keperluan	: Permohonan izin pengambilan data penelitian skripsi sebagai berikut: Pengambilan Data Foto Udara pada Blok Tanaman Eucalyptus pellita
waktu	: 23-28 Oktober 2023
no. HP	: 082232398406

Kami mohon dapat disetujui dan mahasiswa diizinkan untuk mengakses data yang diperlukan.

Atas perhatian dan bantuan Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.

a.n. Dekan,
Wakil Dekan Bidang Pendidikan, Pengajaran,
dan Kemahasiswaan,
ditandatangani secara elektronik
Prof. Muhammad Kamal, S.Si., M.GIS., Ph.D.
NIP 197905092005011016

Tembusan:
Ketua Program Studi Kartografi dan Penginderaan Jauh
Fakultas Geografi UGM

Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh BSrE.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Lampiran 7

DOKUMENTASI LAPANGAN











UNIVERSITAS
GADJAH MADA

**Pemanfaatan Indeks Vegetasi untuk Deteksi Tingkat Keparahan Penyakit Daun pada Tanaman Eucalyptus
pellita Menggunakan UAV Multispektral**
ABEER FIRDAUS ADIVA HADI, Dr. Barandi Sapta Widartono, S.Si., M.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

