

## ANALISI PERHITUNGAN INDIVIDU POHON MANGROVE PADA CITRA UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) MENGUNAKAN METODE LOCAL MAXIMA

Trisna Mukti<sup>1</sup>, Sahid Agustian Hudjimartsu<sup>2</sup>, Erwin Hermawan<sup>3</sup>

Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

Jl. KH Sholeh Iskandar Km 2 Kota Bogor

Email: vhekmukti@gmail.com

### ABSTRACT

Mangrove forests are coastal plant communities dominated by various species of mangrove trees. The benefits of mangrove trees include providing household necessities, supplying industrial materials, and serving as a source of seedlings and raw materials for medicines. Indonesia has a vast mangrove forest covering approximately 3,364,076 hectares. Due to the large area, monitoring or inventorying the number of trees requires significant time and resources. The establishment of forest management aims to obtain substantial and versatile benefits for the prosperity of the community. Manual tree counting is considered inefficient as it requires counting each tree individually in the area, demanding a substantial amount of labor and cost. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) are one of the technologies used to obtain aerial imagery or spatial data. UAV technology enables rapid aerial photography at a lower cost. The objective of this research is to determine the results of the analysis for automating mangrove tree detection using the Local Maxima method. The tree detection results indicate that at a minimum height of 5 meters, there were 3,929 trees detected (window size 3.5) with an overall accuracy of 0.780, and 3,390 trees (window size 4) with an overall accuracy of 0.689. At a minimum height of 4 meters, there were 4,134 trees detected (window size 3.5) with an overall accuracy of 0.791, and 3,543 trees (window size 4) with an overall accuracy of 0.692.

*Keywords: mangrove, UAV, local maxima, tree detection, overall accuracy.*

### ABSTRAK

Hutan mangrove merupakan komunitas tumbuhan pantai yang didominasi oleh beberapa jenis pohon mangrove, manfaat pohon mangrove yakni sebagai penghasil keperluan rumah tangga, penghasil keperluan industri dan penghasil bibit serta bahan baku suatu obat. Perhitungan jumlah pohon secara manual dinilai tidak efisien karena perlu menghitung satu persatu pada area tersebut, sehingga memerlukan banyak tenaga dan biaya. Pesawat tanpa awak atau UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) merupakan salah satu teknologi untuk mendapatkan data citra atau data spasial. Teknologi UAV ini dapat menghasilkan foto udara dengan waktu yang cepat, dan biaya yang lebih murah. Tujuan dari penelitian ini Mengetahui hasil analisis dari otomatisasi pendeteksian pohon mangrove dengan metode Local Maxima. Hasil deteksi pohon menunjukkan pada ketinggian minimum 5 meter sebanyak 3929 pohon (ukuran *window size* 3.5) dengan hasil *overall accuracy* 0.780 dan 3390 pohon (ukuran *window size* 4) memperoleh *overall accuracy* 0.689. Sedangkan, pada minimum ketinggian 4 meter terdapat sebanyak 4134 pohon (ukuran *window size* 3.5) pohon dengan nilai *overall accuracy* 0.791 dan 3543 (ukuran *window size* 4) pohon terdeteksi memperoleh nilai *overall accuracy* 0.692.

*Kata Kunci: mangrove, UAV, local maxima, deteksi pohon, overall accuracy.*

---

### Riwayat Artikel :

Tanggal diterima : 13-08-2023

Tanggal revisi : 21-08-2023

Tanggal terbit : 22-08-2023

DOI :

<https://doi.org/10.31949/infotech.v9i2.6480>

**INFOTECH journal** by Informatika UNMA is licensed under CC BY-SA 4.0

Copyright © 2023 By Author



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Hutan mangrove adalah suatu ekosistem hutan di tepi pantai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut, sehingga lantai hutannya selalu tergenang air. Hutan mangrove merupakan suatu ekosistem peralihan antara darat laut, terdapat di daerah tropis dan sub tropis disepanjang pantai yang terlindung dan di muara sungai serta merupakan komunitas tumbuhan pantai yang didominasi oleh beberapa jenis pohon mangrove [1]. Adapun manfaat pohon mangrove yakni sebagai penghasil keperluan rumah tangga, penghasil keperluan industri dan penghasil bibit serta bahan baku suatu obat [2]. Berdasarkan peta mangrove nasional yang resmi dirilis oleh kementerian lingkungan hidup dan kehutanan pada tahun 2021, tercatat total luas wilayah hutan mangrove Indonesia mencapai 3.364.076 Ha [3].

Dengan luasnya area akan butuh waktu lama dan sumber daya cukup besar untuk dilakukan *monitoring* terhadap pengelolaan atau pendataan jumlah pohon sebagai inventarisasi, dibuatnya pengelolaan hutan bertujuan untuk memperoleh manfaat yang besar serta serbaguna dan untuk kemakmuran masyarakat. Dikarenakan perhitungan masih menggunakan cara tradisional atau manual. Perhitungan jumlah pohon secara manual dinilai tidak efisien karena perlu menghitung satu persatu pada area tersebut, sehingga memerlukan banyak tenaga dan biaya. Permasalahan tersebut menjadi salah satu penghambat dalam *monitoring* pohon mangrove di Kabupaten Bengkalis. Maka dibutuhkanlah teknologi agar dapat mempermudah *monitoring* jumlah pohon tersebut.

Salah satu teknologi yang sangat efektif adalah teknologi penginderaan jauh Penggunaan pada teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*), seperti pesawat tanpa awak atau UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) merupakan salah satu teknologi untuk mendapatkan data citra atau data spasial. Teknologi UAV ini dapat menghasilkan foto udara dengan waktu yang cepat, dan biaya yang lebih murah [4]. UAV digunakan tanpa adanya halangan awan membuat proses pengumpulan data menjadi lebih efektif, efisien dan akurat [5].

Penelitian sebelumnya yang dilakukan K. Srinarta, *et al.* Yang berjudul “Analisis Perhitungan Jumlah Pohon Kelapa Sawit Berdasarkan Algoritma *Canopy Height Model (CHM)* Dan *Local Maxima (LM)*”. Dapat memperoleh hasil *overall accuracy* yang tinggi untuk 2 kelas. Kelas optimal memiliki rata-rata *overall accuracy* sebesar 0,943 untuk SWS 3x3 dan 0,926 untuk SWS 5x5. Pada kelas tidak optimal (sedang), rata-rata *overall accuracy*-nya adalah 0,845 untuk SWS 3x3 dan 0,852 untuk SWS 5x5. Pada kelas tidak optimal (jarang) didapatkan *overall accuracy* yang rendah yaitu 0,670 untuk SWS 3x3 dan 0,706 untuk SWS 5x5 [6].

Penelitian selanjutnya yang ditulis oleh M. Mohan, *et al.* Yang berjudul “*Individual Tree Detection From Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Derived Canopy Height Model in an Open Canopy Conifer Forest*”. Melakukan deteksi pohon menggunakan

algoritma *local maxima* untuk mendeteksi puncak pohon secara otomatis dan didapatkan nilai akurasi  $> 0,80$  dengan menggunakan teknologi *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* dihutan terbuka [7].

Selain itu penelitian yang ditulis oleh F. A. Yudithia *et al.* Yang berjudul “Analisis Persebaran Keanekaragaman Hayati Pada Pohon Dan Potensinya Dalam Penyerapan Emisi Karbon Diwilayah Perkotaan Menggunakan Data Foto Udara (Studi Kasus: Kelurahan Darmo, Kota Surabaya)”. Menjelaskan menghitung jumlah pohon berdasarkan tutupan kanopinya dengan *Local maxima* memperoleh nilai sebesar 0,64 dan berhasil mendeteksi *Albizia julibrissin* berjumlah 743 pohon, *Cerbera manghas* berjumlah 475 pohon, *Ficus benjamina* berjumlah 502 pohon, *Plumeria rubra* berjumlah 324 pohon, dan *Polyalthia longifolia* berjumlah 779 pohon [8].

Oleh karena itu, sesuai dengan permasalahan diatas peneliti bermaksud untuk mengambil topik penelitian yang berjudul “Analisis Perhitungan Pohon Mangrove Pada Citra *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* Menggunakan Metode *Local Maxima*”, dengan tujuan agar dapat mempermudah perhitungan jumlah pohon mangrove yang ada pada suatu lahan dengan efisien. Pada penelitian ini digunakan metode *local maxima* dalam melakukan pendeteksian pohon. Hasil dari penelitian ini menyajikan informasi *monitoring* jumlah pohon mangrove yang dapat dijadikan sebagai aset dalam inventarisasi.

latar belakang, rumusan masalah, tujuan, metodologi serta tinjauan pustaka yang memuat kajian pustaka dan landasan teori yang relevan (Boleh dituliskan dalam sub bagian). Sumber keterangan ditunjuk dengan menuliskan di dalam kurung: nama akhir penulis dan tahun penerbitan. Disajikan secara sistematis sehingga didapatkan gambaran tentang dasar pembuatan makalah ini dan hasil yang diharapkan.

### 1.2. Rumusan Masalah

Perujukan Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana analisis hasil dari otomatisasi pendeteksian pohon mangrove pada citra UAV menggunakan metode *Local Maxima*?
2. Bagaimana analisis akurasi dari hasil otomatisasi perhitungan pohon mangrove?

### 1.3. Tujuan Penelitian

Sesuai rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui hasil analisis dari otomatisasi pendeteksian pohon mangrove dengan metode *Local Maxima*
2. Menganalisa akurasi dari otomatisasi perhitungan pohon mangrove.

#### 1.4. Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak menyimpang dari permasalahan yang ada, maka penulis membatasi permasalahan yakni sebagai berikut :

1. Studi kasus dilakukan di Kabupaten Bengkalis Pulau Rupa Utara Tanjung Lapin.
2. Data Citra yang digunakan pada tahun 2021.
3. Keluaran berupa analisis hasil perhitungan pohon mangrove berdasarkan data *point shapefile*.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Mangrove

Mangrove adalah jenis tanaman yang hidup di habitat air asin atau air laut. Mangrove memiliki manfaat pada bagian-bagian tanaman tersebut, misalnya untuk dijadikan bahan baku kosmetik/farmasi atau bahan tambahan tekstil. Hutan mangrove ini juga memiliki nilai ekonomis yang sangat tinggi bagi manusia. Kawasan mangrove ini menyediakan berbagai sumber daya alam seperti kayu, jenis-jenis ikan, krustasea, terumbu karang yang dapat menyokong kehidupan masyarakat di sekitarnya [9]. Mangrove merupakan tumbuhan penghasil biji (*spermatophyta*), dan bunganya sering kali mencolok. Biji mangrove relatif lebih besar dibandingkan biji kebanyakan tumbuhan lain dan seringkali mengalami perkecambahan ketika masih melekat di pohon induk (*vivipar*). Pada saat jatuh, biji mangrove biasanya akan mengapung dalam jangka waktu tertentu kemudian tenggelam. Lamanya periode mengapung bervariasi tergantung jenisnya [10].

### 2.2. Inventaris

Inventaris adalah kegiatan pengelolaan persediaan segala sesuatu yang memiliki nilai finansial, berlaku untuk perorangan, perusahaan dan pemerintahan [11]. Inventarisasi yang baik akan mendukung kelancaran operasional atau kegiatan yang telah dirancang sebelumnya [12].

### 2.3. Remote Sensing

*Remote Sensing* atau penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah, atau fenomena yang sedang dikaji [13].

### 2.4. Pesawat Tanpa Awak

Pesawat Tanpa Awak atau UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) yang biasa dikenal dengan istilah *drone*. Pesawat tanpa awak telah cukup lama dalam kemiliteran, namun saat ini mulai digunakan untuk kepentingan sipil contohnya dalam pemantauan hutan berbasis masyarakat, survei keanekaragaman hayati [14].

### 2.5. Foto Udara

Foto udara atau citra UAV (*unmanned aerial vehicle*) adalah suatu rekaman permukaan bumi yang dipengaruhi panjang fokus lensa kamera, ketinggian

terbang pesawat, waktu pemotretan, jenis film dan filter yang dipakai saat pemotretan. Foto udara dapat juga didefinisikan sebagai gabungan dari gambar atau citra foto yang dibuat untuk mengenal unsur-unsur dalam penafsiran atau interpretasi [15].

### 2.6. Pix4D Mapper

Pix4D Mapper merupakan sebuah penelitian ilmiah yang didirikan pada tahun 2011, *Pix4D Mapper* telah menjadi penyedia utama dan industri standar untuk perangkat lunak pengolahan data (UAV) secara profesional. Dimulai sebagai *spin-off* dari EPFL (*Ecole Polytechnique Federale de Lausanne*) Lab *Computer Vision* di Swiss, *Pix4D Mapper* adalah perusahaan yang dinamis dan berkembang pesat. Perusahaan ini telah berkembang dari tiga orang pada tahun 2012, dan saat ini mempekerjakan lima belas orang di kantor di Ecublens, tidak termasuk staf temporer yang bekerja pada proyek penelitian bekerjasama dengan EPFL. *Pix4D Mapper* mengembangkan algoritma pengolahan foto digital canggih untuk mengkonversi foto digital menjadi *orthomosaic 2D tergeoreference*, *3D surfaces model* dan *point cloud*. Dengan triangulasi udara otomatis yang canggih dan murni berdasarkan konten gambar dan teknik optimasi yang unik, *Pix4D Mapper* memungkinkan *drone* sipil menjadi alat survei pemetaan generasi berikutnya [16].

### 2.7. Orthomosaic

*Orthomosaic* atau mosaik ortofoto merupakan gabungan dari dua atau lebih foto udara yang saling bertampalan sehingga terbentuk paduan citra (*image*) yang berkesinambungan dan menampilkan daerah yang luas [17]. Ortofoto merupakan foto udara yang telah dikoreksi geometris dan menggambarkan objek dalam kondisi sebenarnya [18].

### 2.8. Digital Elevation Model

*Digital Elevation Model* (DEM) atau disebut dengan model elevasi *digital* merupakan visualisasi topografi atau ketinggian muka tanah yang dibangun berdasarkan hasil interpolasi deterministik. Selain DEM, *Digital Surface Model* (DSM) dan *Digital Terrain Model* (DTM) juga berisikan informasi mengenai ketinggian [19]. DEM merupakan produk penginderaan jauh yang banyak dimanfaatkan untuk pemetaan struktur geologi [20].

### 2.9. Canopy Height Model

*Canopy Height Model* merupakan *Digital Surface Model* (DSM) yang dinormalisasi ketinggiannya dengan mengurangi *Digital Terrain Model* (DTM) dengan *Digital Surface Model* (DSM). *Canopy Height Model* (CHM) sebagai representasi atau gambaran dari tinggi pohon pada wilayah penelitian. Tinggi pohon diukur melalui jarak antara pohon dan permukaan dengan titik tertinggi pohon atau puncak pohon [21]. CHM yang merupakan representasi raster dari kanopi pohon, tetapi dalam beberapa kasus orang telah menggunakan istilah ini untuk menggambarkan model yang mewakili semua

fitur di atas tanah, apakah mereka terdiri dari kanopi saja atau tidak [22].

**2.10. Local Maxima**

Local Maxima merupakan metode pendeteksian yang mengacu pada indikasi puncak atau peak sebuah objek. Metode *local maxima* dapat juga mengukur ketinggian sebuah objek pada suatu area. Pada penelitian ini metode *local maxima* dipergunakan untuk mendeteksi pohon berdasarkan puncak atau kanopi [23]. *Local maxima* atau *Local Maximum* sering juga disebut sebagai *local peak* atau puncak lokal, *Local maxima* akan menjadi nilai fungsi pada suatu titik dalam interval tertentu di mana nilai-nilai fungsi di dekat titik itu selalu lebih kecil dari nilai fungsi pada titik itu [6].

**2.11. Sliding Window Size**

*Sliding Window Size* (SWS) adalah ukuran jendela untuk mencari *local maxima*. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3, Nilai *sliding windows* dapat bervariasi sesuai dengan kebutuhan. Pemilihan ukuran SWS yang sesuai adalah hal yang penting. Ukuran SWS yang besar menyebabkan kesalahan omisi di mana pohon tidak akan terdeteksi. Sebaliknya, ukuran jendela yang kecil menghasilkan kesalahan komisi dimana area bukan pohon akan dideteksi sebagai pohon [6].

**2.12. Pemrograman R**

R adalah bahasa Pemrograman dan sistem perangkat lunak yang di rancang khusus untuk mengerjakan segala hal terkait komputasi statistik. Bahasa pemrograman ini pertama kali di kembangkan pada tahun 1993 oleh dua orang pakar statistik yaitu Ross Ihka dan Robert Gentleman di Auckland University, New Zealand [24].

**2.13. Rstudio**

R studio adalah salah satu GUI untuk R, salah satu keunggulan pada R studio ini adalah dapat dijalankan pada *browser* sehingga dijalankan diatas *browser*, maka pengguna tidak memerlukan lagi installasi R, kecuali paket (*package*) pemrograman sesuai dengan kebutuhan pengguna [25].

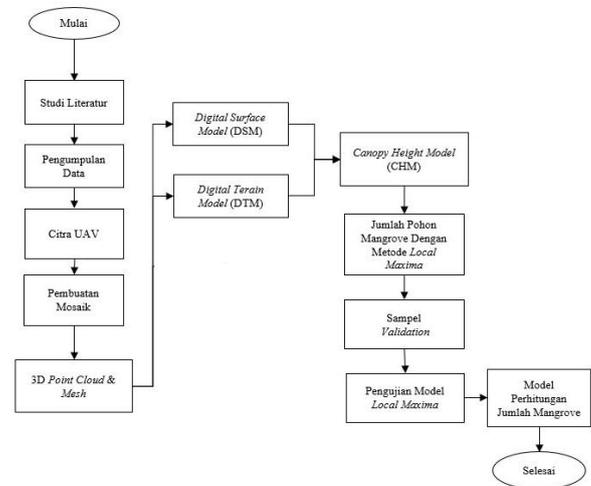
**2.14. ArcGIS**

ArcGIS adalah salah satu perangkat lunak yang dikembangkan oleh ESRI (*Environment Science & Research Institue*) yang merupakan kompilasi fungsi-fungsi dari berbagai macam perangkat lunak GIS yang berbeda seperti GIS *desktop*, *server*, dan GIS berbasis web. Perangkat lunak ini mulai dirilis oleh ESRI Pada tahun 1999. Produk utama dari ArcGIS adalah ArcGIS *desktop*, dimana ArcGIS *desktop* merupakan perangkat lunak GIS profesional yang komprehensif [26]. ArcGIS adalah produk sistem kebutuhan *software* yang merupakan kumpulan dari produk - produk *software* lainnya dengan tujuan untuk membangun sistem SIG yang lengkap [27].

**3. METODE PENELITIAN**

Waktu penelitian ini dimulai pada bulan Desember 2021, tempat penelitian berlokasi di Pulau Rupert Utara, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau yang terdapat area hutan mangrove yang tersebar hampir disepanjang daerah pesisir tepatnya daerah Tanjung Lapin.

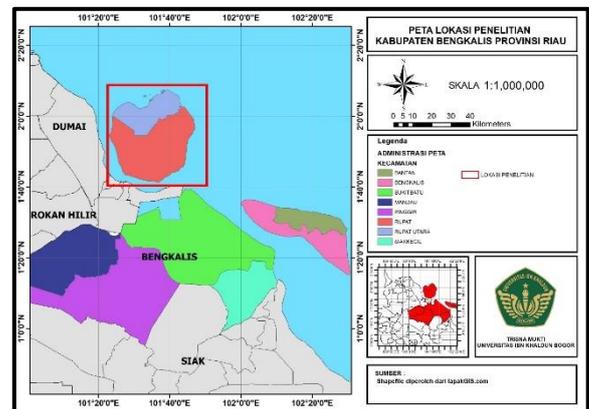
**3.1. Diagram Alir Penelitian**



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

**3.2. Pengumpulan Data Citra**

Data *Preparation* yakni data yang sudah diambil atau dipersiapkan untuk digunakan pada penelitian ini. Data yang diambil berupa foto udara dengan pengambilan melalui pesawat tanpa awak atau *drone* dengan tipe DJI Phantom 4 *Multispectral* pada wilayah pesisir pantai hutan mangrove yang terdapat di pulau Rupert Utara Provinsi Riau.



Gambar 3.2. Lokasi Penelitian

Data yang diambil berupa foto udara dengan pengambilan melalui pesawat tanpa awak dengan tipe DJI Phantom 4 *Multispectral* di pesisir Rupert Utara Tanjung Lapin dan terdapat satu jenis pohon mangrove pada kawasan pengambilan data dilokasi, jenis pohon mangrove tersebut termasuk kedalam *Rhizophora*.



Gambar 3. Dokumentasi lapangan

Berikut adalah informasi data mengenai pengambilan foto udara menggunakan pesawat tanpa awak DJI Phantom 4 *Multispectral* pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Informasi foto udara

Informasi Data Foto Udara	
Jenis data	Foto Udara RGB
Waktu Akuisisi	Desember 2021
Pesawat Udara	DJI Phantom 4 <i>Multispectral</i>
Kamera Udara	1 RGB camera and a <i>Multispectral camera array with 5 cameras</i>
Tinggi terbang	100 meter
Jumlah Foto Udara	1134 Foto Udara

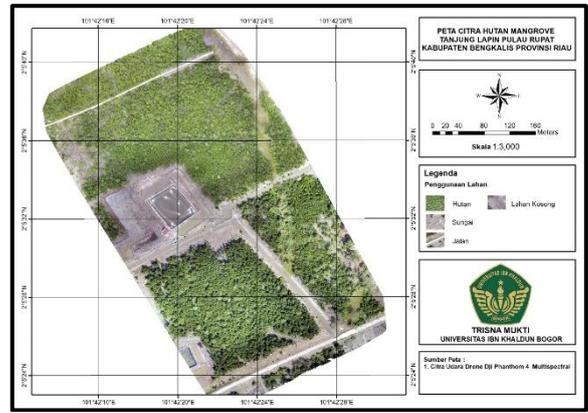
Pada penelitian ini metode *local maxima* dipergunakan untuk mendeteksi pohon berdasarkan puncak atau kanopi. Nilai *local maxima* pada metode ini didapatkan dari model ketinggian kanopi atau disebut juga *Canopy Height Model* (CHM), nilai ketinggian tersebut dijadikan acuan pada metode ini dalam menemukan individu sebuah pohon.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini melakukan pengolahan data spasial dengan menggunakan *Software Pix4d Mapper* untuk membuat *Orthomosaic*, *Digital Elevation Model*, *Digital Terrain Model*, *Canopy Height Model*. Kemudian dengan *Rstudio* untuk analisis spasial dan dilanjutkan dengan menggunakan *Arcgis* untuk mengolah kembali data spasial yang sudah didapat.

##### 4.1. Hasil *Orthomosaic*

Data yang sudah diambil menggunakan pesawat tanpa awak diolah kedalam *Pix4d Mapper* untuk dibuat peta *orthomosaic* yang akan menghasilkan satu gambar citra dari kumpulan atau gabungan citra sebelumnya



Gambar 4.1. Peta *orthomosaic* Tanjung Lapi

##### 4.2. 3D Point Clouds and Mesh

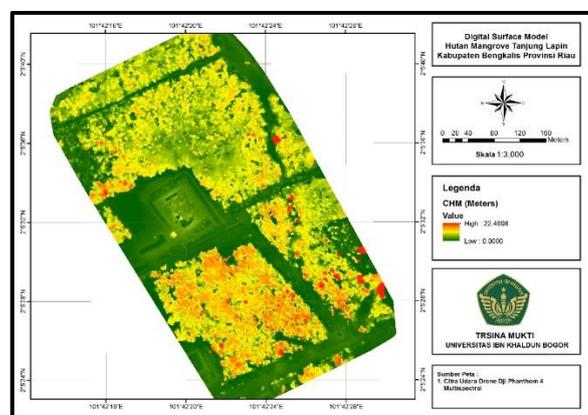
Hasil dari *orthomosaic* dibuat *3D Point Clouds and Mesh* untuk mendapatkan hasil berupa *Digital Surface Model* dan *Digital Terrain Model*.



Gambar 4.2. 3D Point Clouds and Mesh

##### 4.3. Canopy Height Modal

Data yang diperoleh melalui normalisasi dari pengukuran *Digital Terrain Model* dengan *Digital Surface Model* kemudian menghasilkan *Canopy Height Model* yang merupakan representasi dari tinggi pohon pada wilayah hutan mangrove dapat dilihat pada Gambar 4.3.



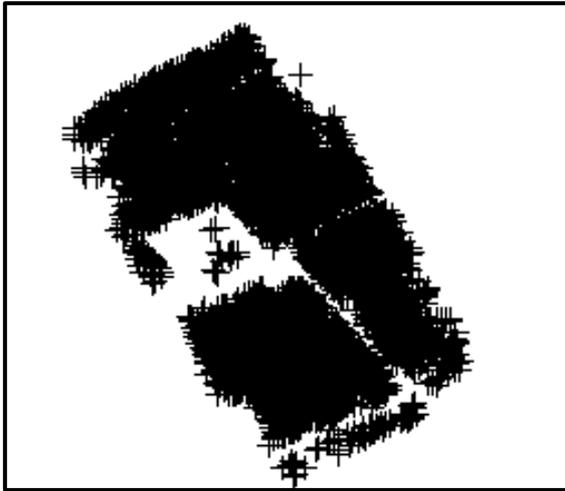
Gambar 4.3. Peta *canopy height model*

##### 4.4. Local Maxima

Pada penelitian ini untuk perhitungan jumlah titik pada pohon mangrove metode yang digunakan adalah *Local Maxima*. Dalam penelitian ini *local maxima* dapat melakukan deteksi dari identifikasi puncak pohon di dalam masing – masing plot, dilakukan pada data citra UAV dengan *Canopy*

Height Model berdasarkan deteksi local maxima yaitu tinggi minimal 5 meter dan ukuran windows size 3,5. Windows size dapat diubah sesuai dengan ketinggian sel pusatnya.

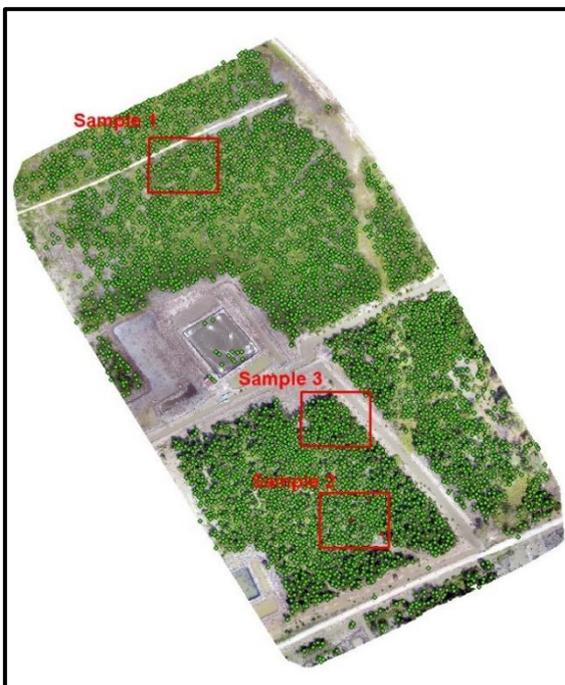
Seluruh analisis diimplementasikan menggunakan Bahasa pemrograman R dengan Software RStudio dan metode local maxima akan melakukan pemindaian pada data Canopy Height.



Gambar 4.4 Hasil deteksi pohon

#### 4.5. Evaluasi Model

Dalam tahap evaluasi model, dilakukan pengujian model data sample, dibuat 3 sample data referensi dari visual perhitungan. Titik sample dibuat manual dengan membuat point di tiap pohon menggunakan Software Arcgis dapat dilihat pada gambar 4.5. Hasil evaluasi model ini dibagi menjadi beberapa kelas, dengan minimum ketinggian 5 meter dan 4 meter. Pembagian kelas ini bertujuan untuk membandingkan hasil evaluasi model dari batas minimum ketinggian pada area sample yang telah ditentukan.



Gambar 4.5 Pengambilan sample

Tahapan setelah pengolahan data adalah proses analisis. Pada tahapan ini akan dilakukan analisis terhadap shapfile point yang dihasilkan. Akan dianalisis mengapa bisa terjadi komisi error. Mengapa bisa terjadi omisi error seperti pohon yang berdiameter kecil dan rendah. Juga dilakukan analisis mengenai nilai rate detection dan overall accuracy nya. Akurasi perhitungan jumlah pohon dinilai dengan membandingkan hasil perhitungan pohon yang telah dilakukan sebelumnya dengan metode digitasi manual dengan hasil deteksi pohon secara otomatis. Untuk setiap pohon yang diketahui, satu puncak yang terdeteksi dalam batas mahkota pohon dipilih untuk mewakili pohon dan sisanya. Kesalahan komisi (Commission Error) dihitung ketika titik hasil deteksi mengidentifikasi objek diluar dari mahkota pohon. Kesalahan omisi (Omission Error) dihitung ketika tidak ada titik yang terdeteksi dalam batas mahkota pohon yang diketahui [6].

$$Comission Error = \frac{Error\ lebih}{Error\ lebih + Correct} \dots\dots(1)$$

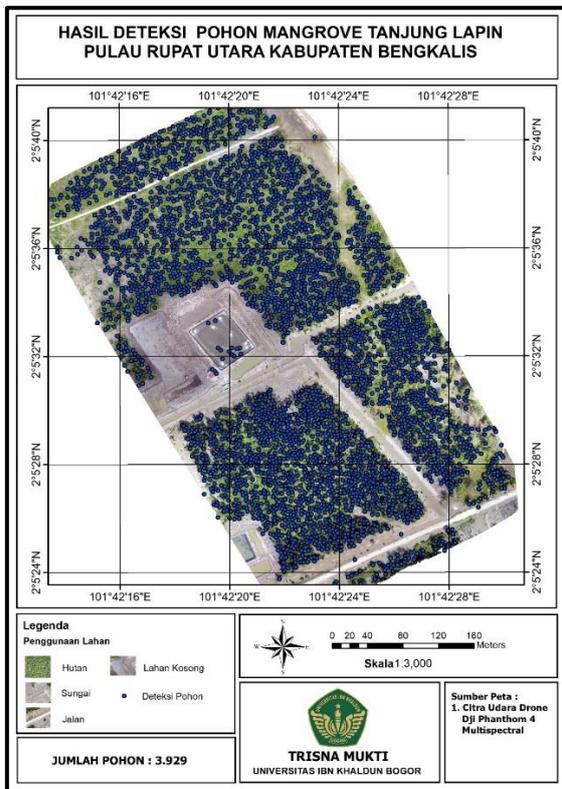
$$Omission Error = \frac{Error\ kurang}{Error\ kurang + Correct} \dots\dots(2)$$

$$Accuracy = \frac{Correct}{Total\ referensi + Error\ lebih} \dots\dots(3)$$

#### 4.6. Analisis kelas minimum tinggi 5 meter

##### 4.6.1. Menggunakan ukuran widow size 3.5

Hasil deteksi pohon jumlah pohon mangrove pada minimum tinggi 5 meter menggunakan ukuran window size 3,5. Terdapat hasil deteksi 3.929 pohon dengan menggunakan metode local maxima dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6. Peta hasil deteksi dengan window size 3.5

a. Sample 1

Berikut ini adalah hasil deteksi pohon mangrove menggunakan *local maxima*. Dengan minimum ketinggian 5 meter, hasil deteksi dilambangkan dengan *point* warna merah pada setiap *sample* 1 dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7. Sample 1 window size 3.5 dan tinggi 5 meter

b. Sample 2

Berikut ini adalah hasil deteksi pohon mangrove menggunakan *local maxima*. Dengan minimum ketinggian 5 meter, hasil deteksi dilambangkan dengan *point* warna merah pada setiap *sample* 2 dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8. Sample 2 window size 3.5 dan tinggi 5 meter

c. Sample 3

Berikut ini adalah hasil deteksi pohon mangrove menggunakan *local maxima*. Dengan minimum ketinggian 5, hasil deteksi dilambangkan dengan *point* warna merah pada *sample* 3 dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9. Sample 3 window size 3.5 dan tinggi 5 meter

Diberikan informasi hasil analisis yaitu berupa total referensi, hasil deteksi, *error* lebih, *error* kurang dan *Correct* Pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1. Tinggi 5 meter dengan window size 3.5

Area	Total Referensi	Hasil Deteksi	Error Lebih	Error Kurang	Corect
Sample 1	110	104	1	7	103
Sample 2	181	131	3	53	128
Sample 3	127	96	3	34	93

Pada area *sample* 1,2 dan 3 dengan minimum ketinggian 5 meter didapatkan informasi sebagai berikut :

1. Hasil deteksi secara otomatis memberikan *output* berupa titik yang terdeteksi sebanyak 104 titik pada *sample* 1 dengan total referensi 110 titik , 131 titik hasil deteksi pada *sample* 2 dengan total

referensi 181 titik, dan 96 titik hasil deteksi pada *sample 3* dengan total referensi 127 titik.

2. Pada *sample 1* mendapatkan 1 *error* lebih (titik diluar area kanopi pohon) dengan 7 *error* kurang (pohon tidak terdeteksi).
3. Pada *sample 2* mendapatkan 3 *error* lebih (titik diluar area kanopi pohon) dengan 53 *error* kurang (pohon tidak terdeteksi).
4. Pada *sample 3* mendapatkan 3 *error* lebih (titik diluar area kanopi pohon) dengan 34 *error* kurang (pohon tidak terdeteksi).
5. Pada *sample 1* jumlah *Correct* deteksi pohon otomatis adalah 103 titik pohon karena dari 104 titik pohon hasil deteksi terdapat 1 titik *error* lebih.
6. Pada *sample 2* jumlah *Correct* deteksi pohon otomatis adalah 128 titik pohon karena dari 131 titik pohon hasil deteksi terdapat 3 titik *error* lebih.
7. Pada *sample 3* jumlah *Correct* deteksi pohon otomatis adalah 93 titik pohon karena dari 96 titik pohon hasil deteksi terdapat 3 titik *error* lebih.

**4.6.2. Menggunakan ukuran widow size 4**

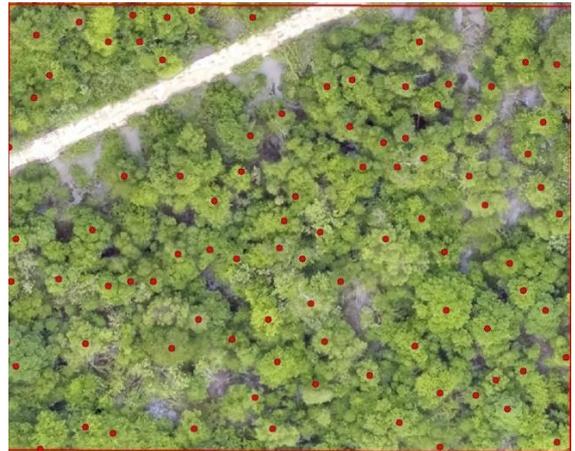
Hasil deteksi pohon jumlah pohon mangrove pada minimum tinggi 5 meter menggunakan ukuran *window size* 4. Terdapat hasil deteksi 3.390 pohon dengan menggunakan metode *local maxima* dapat dilihat pada Gambar 4. 10.



Gambar 4.10. Peta hasil deteksi dengan *window size* 4

a. *Sample 1*

Berikut ini adalah hasil deteksi pohon mangrove menggunakan *local maxima*. Dengan minimum ketinggian 5 meter, hasil deteksi dilambangkan dengan *point* warna merah pada setiap *sample 1* dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4. 11. *Sample 1 window size* 4 dan tinggi 5 meter

b. *Sample 2*

Berikut ini adalah hasil deteksi pohon mangrove menggunakan *local maxima*. Dengan minimum ketinggian 5 meter, hasil deteksi dilambangkan dengan *point* warna merah pada setiap *sample 2* dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4. 12. *Sample 2 window size* 4 dan tinggi 5 meter

c. *Sample 3*

Berikut ini adalah hasil deteksi pohon mangrove menggunakan *local maxima*. Dengan minimum ketinggian 5 meter, hasil deteksi dilambangkan dengan *point* warna merah pada setiap *sample 3* dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13. Sample 3 window size 4 dan tinggi 5 meter

Diberikan informasi hasil analisis yaitu berupa total referensi, hasil deteksi, error lebih, error kurang dan Correct pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Tinggi 5 meter dengan window size 4

Area	Total Referensi	Hasil Deteksi	Error Lebih	Error Kurang	Corect
Sample 1	110	92	0	18	92
Sample 2	181	122	1	60	121
Sample 3	127	72	0	55	72

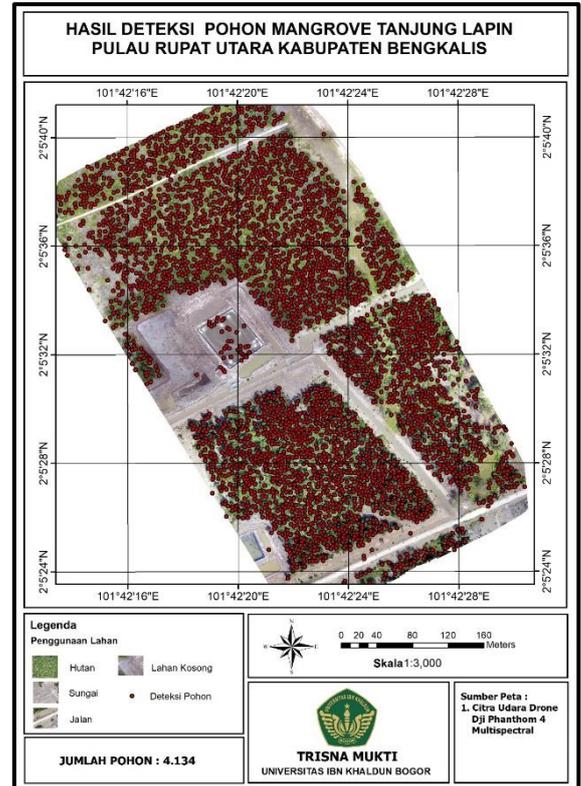
Pada area sample 1,2 dan 3 dengan minimum ketinggian 5 meter didapatkan informasi sebagai berikut :

1. Hasil deteksi secara otomatis memberikan output berupa titik yang terdeteksi sebanyak 92 titik pada sample 1 dengan total referensi 110 titik , 122 titik hasil deteksi pada sample 2 dengan total referensi 181 titik, dan 72 titik hasil deteksi pada sample 3 dengan total referensi 127 titik.
2. Pada sample 1 mendapatkan 0 error lebih (titik diluar area kanopi pohon) dengan 18 error kurang (pohon tidak terdeteksi).
3. Pada sample 2 mendapatkan 1 error lebih (titik diluar area kanopi pohon) dengan 60 error kurang (pohon tidak terdeteksi).
4. Pada sample 3 mendapatkan 0 error lebih (titik diluar area kanopi pohon) dengan 55 error kurang (pohon tidak terdeteksi).
5. Pada sample 1 jumlah Correct deteksi pohon otomatis adalah 92 titik pohon karena dari 92 titik pohon hasil deteksi tidak terdapat titik error lebih.
6. Pada sample 2 jumlah Correct deteksi pohon otomatis adalah 121 titik pohon karena dari 122 titik pohon hasil deteksi terdapat 1 titik error lebih.
7. Pada sample 3 jumlah Correct deteksi pohon otomatis adalah 72 titik pohon karena dari 72 titik pohon hasil deteksi tidak terdapatc titik error lebih.

4.7. Analisis kelas minimum tinggi 4 meter

4.7.1. Menggunakan ukuran window size 3.5

Hasil deteksi pohon jumlah pohon mangrove pada minimum tinggi 4 meter menggunakan ukuran window size 3,5. Terdapat hasil deteksi 4.134 pohon dengan menggunakan metode local maxima dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Peta hasil deteksi dengan window size 3.5

a. Sample 1

Berikut ini adalah hasil deteksi pohon mangrove menggunakan local maxima. Dengan minimum ketinggian 4 meter, hasil deteksi dilambangkan dengan point warna kuning pada setiap sample 1 dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4. 15 Sample 1 window size 3,5 dan tinggi 4 meter

b. *Sample 2*

Berikut ini adalah hasil deteksi pohon mangrove menggunakan *local maxima*. Dengan minimum ketinggian 4 meter, hasil deteksi dilambangkan dengan *point* warna kuning pada setiap *sample 2* dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4. 16 *Sample 2 window size 3,5 dan tinggi 4 meter*

c. *Sample 3*

Berikut ini adalah hasil deteksi pohon mangrove menggunakan *local maxima*. Dengan minimum ketinggian 4 meter, hasil deteksi dilambangkan dengan *point* warna kuning pada setiap *sample 3* dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4. 17 *Sample 3 window size 3,5 dan tinggi 4 meter*

Pada Tabel 4.3 diberikan informasi hasil analisis yaitu berupa total referensi, hasil deteksi, *error* lebih, *error* kurang dan *Correct*.

Tabel 4. 3. Evaluasi model tinggi minimum 4 meter dengan *window size 3,5*

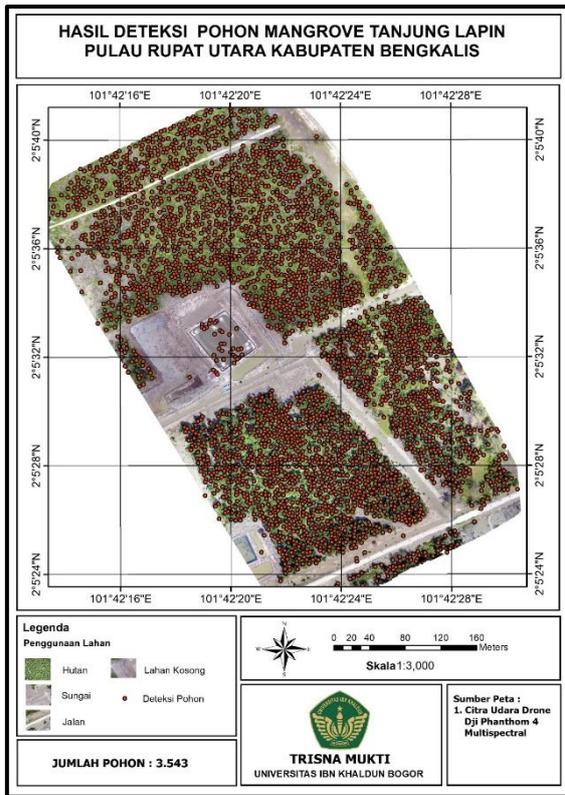
Area	Total Referensi	Hasil Deteksi	Error Lebih	Error Kurang	Correct
<i>Sample 1</i>	110	106	1	5	105
<i>Sample 2</i>	181	134	3	50	131
<i>Sample 3</i>	127	96	3	34	93

Pada area *sample 1,2* dan *3* dengan minimum ketinggian 4 meter didapatkan informasi sebagai berikut :

1. Hasil deteksi secara otomatis memberikan *output* berupa titik yang terdeteksi sebanyak 106 titik pada *sample 1* dengan total referensi 110 titik, 134 titik hasil deteksi pada *sample 2* dengan total referensi 181 titik, dan 96 titik hasil deteksi pada *sample 3* dengan total referensi 127 titik.
2. Pada *sample 1* mendapatkan 1 *error* lebih (titik diluar area kanopi pohon) dengan 5 *error* kurang (pohon tidak terdeteksi).
3. Pada *sample 2* mendapatkan 3 *error* lebih (titik diluar area kanopi pohon) dengan 50 *error* kurang (pohon tidak terdeteksi).
4. Pada *sample 3* mendapatkan 3 *error* lebih (titik diluar area kanopi pohon) dengan 34 *error* kurang (pohon tidak terdeteksi).
5. Pada *sample 1* jumlah *Correct* deteksi pohon otomatis adalah 105 titik pohon karena dari 106 titik pohon hasil deteksi terdapat 1 titik *error* lebih.
6. Pada *sample 2* jumlah *Correct* deteksi pohon otomatis adalah 131 titik pohon karena dari 134 titik pohon hasil deteksi terdapat 3 titik *error* lebih.
7. Pada *sample 3* jumlah *Correct* deteksi pohon otomatis adalah 93 titik pohon karena dari 96 titik pohon hasil deteksi terdapat 3 titik *error* lebih.

4.7.2. Menggunakan ukuran *window size 4*

Hasil deteksi pohon jumlah pohon mangrove pada minimum tinggi 4 meter menggunakan ukuran *window size 4*. Terdapat hasil deteksi 3.543 podengan menggunakan metode *local maxima* dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18. Peta hasil deteksi window size 4

a. Sample 1

Berikut ini adalah hasil deteksi pohon mangrove menggunakan *local maxima*. Dengan minimum ketinggian 4 meter, hasil deteksi dilambangkan dengan *point* warna kuning pada setiap *sample* 1 dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19. Sample 1 window size 4 dan tinggi 4 meter

b. Sample 2

Berikut ini adalah hasil deteksi pohon mangrove menggunakan *local maxima*. Dengan minimum ketinggian 4 meter, hasil deteksi dilambangkan dengan *point* warna kuning pada setiap *sample* 2 dapat dilihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20. Sample 2 window size 4 dan tinggi 4 meter

c. Sample 3

Berikut ini adalah hasil deteksi pohon mangrove menggunakan *local maxima*. Dengan minimum ketinggian 4 meter, hasil deteksi dilambangkan dengan *point* warna kuning pada setiap *sample* 3 dapat dilihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21. Sample 3 window size 4 dan tinggi 4 meter

Pada Tabel 4.4 diberikan informasi hasil analisis yaitu berupa total referensi, hasil deteksi, *error* lebih, *error* kurang dan *Correct*.

Tabel 4. 4. Tinggi 4 meter dengan window size 4

Area	Total Referensi	Hasil Deteksi	Error Lebih	Error Kurang	Corect
Sample 1	110	93	0	17	93
Sample 2	181	122	1	60	121
Sample 3	127	72	0	55	72

Pada area sampel 1,2 dan 3 dengan minimum ketinggian 4 meter didapatkan informasi sebagai berikut :

1. Hasil deteksi secara otomatis memberikan *output* berupa titik yang terdeteksi sebanyak 93 titik pada *sample* 1 dengan total referensi 110 titik, 122 titik hasil deteksi pada *sample* 2 dengan total referensi 181 titik, dan 72 titik hasil deteksi pada *sample* 3 dengan total referensi 127 titik.

2. Pada *sample 1* mendapatkan 0 *error* lebih (titik diluar area kanopi pohon) dengan 17 *error* kurang (pohon tidak terdeteksi).
3. Pada *sample 2* mendapatkan 1 *error* lebih (titik diluar area kanopi pohon) dengan 60 *error* kurang (pohon tidak terdeteksi).
4. Pada *sample 3* mendapatkan 0 *error* lebih (titik diluar area kanopi pohon) dengan 55 *error* kurang (pohon tidak terdeteksi).
5. Pada *sample 1* jumlah *Correct* deteksi pohon otomatis adalah 93 titik pohon karena dari 93 titik pohon hasil deteksi tidak terdapat titik *error* lebih.
6. Pada *sample 2* jumlah *Correct* deteksi pohon otomatis adalah 121 titik pohon karena dari 122 titik pohon hasil deteksi terdapat 1 titik *error* lebih.
7. Pada *sample 3* jumlah *Correct* deteksi pohon otomatis adalah 72 titik pohon karena dari 72 titik pohon hasil deteksi tidak terdapat titik *error* lebih.
- 8.

**4.8. Analisis akurasi deteksi pohon**

Pada tahap ini untuk mengetahui nilai kesalahan komisi (*comission error*), nilai kesalahan omisi (*omission error*) dan nilai akurasi pada masing-masing *sample* dari minimum ketinggian 5 meter dan minimum ketinggian.

**4.8.1. Kelas minimum tinggi 5 meter**

Berikut ini merupakan nilai hasil analisis akurasi deteksi pohon otomatis pada masing-masing *sample* dengan minimum ketinggian 5 meter menggunakan *window size 3.5* dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5. Akurasi minimum tinggi 5 meter dengan *window size 3.5*

Area	Total Referensi	Hasil deteksi	Error lebih	Error kurang	Correct	Commission	Omission	Accuracy
Sample 1	110	104	1	7	103	0.010	0.064	0.928
Sample 2	181	131	3	53	128	0.023	0.293	0.696
Sample 3	127	96	3	34	93	0.031	0.268	0.715
<b>Overall Accuracy</b>								<b>0.780</b>

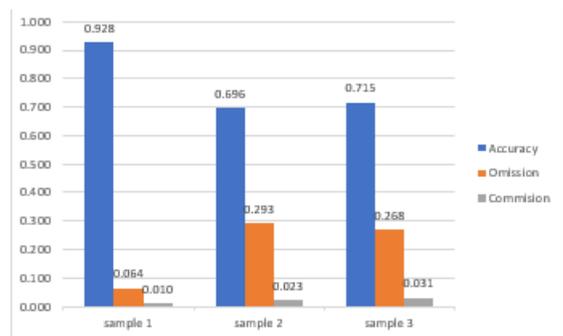
Berikut ini merupakan nilai hasil analisis akurasi deteksi pohon otomatis pada masing-masing *sample*

dengan minimum ketinggian 5 meter menggunakan *window size 4* dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 . Akurasi minimum tinggi 5 meter dengan *window size 4*

Area	Total Referensi	Hasil deteksi	Error lebih	Error kurang	Correct	Commission	Omission	Accuracy
Sample 1	110	92	0	18	92	0.000	0.164	0.836
Sample 2	181	122	1	60	121	0.008	0.331	0.665
Sample 3	127	72	0	55	72	0.000	0.433	0.567
<b>Overall Accuracy</b>								<b>0.689</b>

Berdasarkan dari hasil analisis nilai kesalahan komisi (*comission error*), kesalahan omisi (*omission error*), dan *accuracy* pada deteksi otomatis pohon mangrove dengan minimum ketinggian 5 meter dan *window size 3.5* pada masing-masing area *sample* dapat dilihat pada grafik Gambar 4.22.

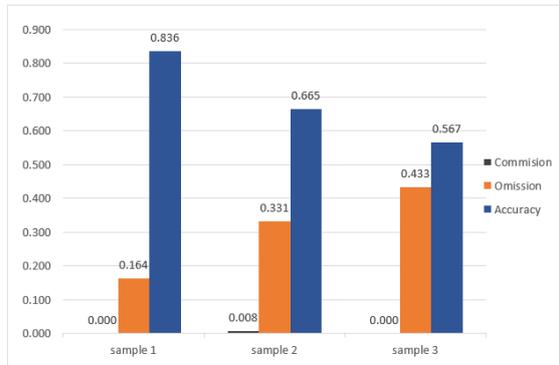


Gambar 4.22. Grafik uji akurasi tinggi 5 meter dengan *Window Size 3.5*

Hasil dari analisis nilai pada deteksi otomatis pohon mangrove dengan minimum ketinggian 5 meter dan *window size 3.5* didapatkan nilai pada *sample 1*

memperoleh 0,928, *sample 2* memperoleh 0,696 dan *sample 3* memperoleh 0,715. Kemudian untuk *overall accuracy* diperoleh dengan nilai *overall accuracy* 0,780.

Berdasarkan dari hasil analisis nilai kesalahan komisi (*comission error*), kesalahan omissi (*omission error*), dan *accuracy* pada deteksi otomatis pohon mangrove dengan minimum ketinggian 5 meter dan *window size* 4 pada masing-masing area *sample* dapat dilihat pada grafik Gambar 4.23.



Gambar 4.23. Grafik uji akurasi tinggi 5 meter dengan *Window Size* 4

Hasil dari analisis nilai pada deteksi otomatis pohon mangrove dengan minimum ketinggian 5 meter dan *window size* 3.5 didapatkan nilai akurasi pada *sample 1* memperoleh 0,836, *sample 2* memperoleh 0,665 dan *sample 3* memperoleh 0,567. Kemudian untuk *overall accuracy* diperoleh dengan nilai *overall accuracy* 0,689.

4.8.2. Kelas minimum tinggi 4 meter

Berikut ini merupakan tabel hasil analisis akurasi deteksi pohon otomatis pada masing-masing *sample* dengan ketinggian minimum 4 meter menggunakan *window size* 3.5 dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Akurasi minimum tinggi 4 meter dengan *window size* 3.5

Area	Total Referensi	Hasil deteksi	Error lebih	Error kurang	Correct	Commission	Omission	Accuracy
Sample 1	110	106	1	5	105	0.009	0.045	0.946
Sample 2	181	134	3	50	131	0.022	0.276	0.712
Sample 3	127	96	3	34	93	0.031	0.268	0.715
<b>Overall Accuracy</b>								<b>0.791</b>

Berikut ini merupakan tabel hasil analisis akurasi deteksi pohon otomatis pada masing-masing *sample*

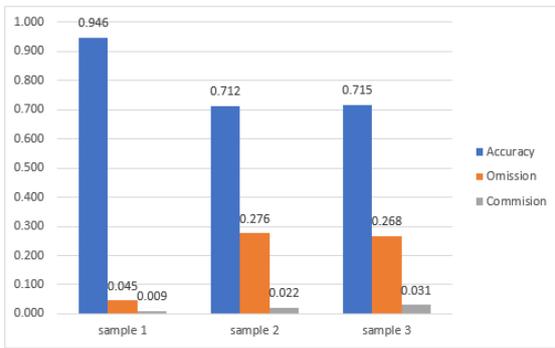
dengan ketinggian minimum 4 meter menggunakan *window size* 4 dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Akurasi minimum tinggi 4 meter dengan *window size* 4

Area	Total Referensi	Hasil deteksi	Error lebih	Error kurang	Correct	Commission	Omission	Accuracy
Sample 1	110	93	0	17	93	0.000	0.155	0.845
Sample 2	181	122	1	60	121	0.008	0.331	0.665
Sample 3	127	72	0	55	72	0.000	0.433	0.567
<b>Overall Accuracy</b>								<b>0.692</b>

Hasil analisis nilai kesalahan komisi (*comission error*), kesalahan omissi (*omission error*), dan *accuracy* pada deteksi otomatis pohon mangrove dengan minimum ketinggian 4 meter dan *window*

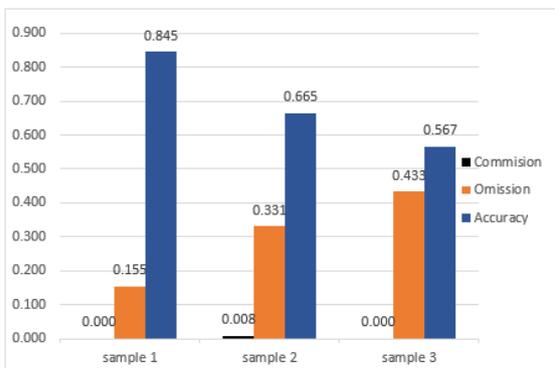
*size* 3.5 pada masing-masing area *sample* dapat dilihat pada grafik Gambar 4.24.



Gambar 4.24. Grafik uji akurasi tinggi 5 meter dengan Window Size 3.5

Hasil analisis nilai pada deteksi otomatis pohon mangrove dengan minimum ketinggian 4 meter dan window size 3.5 didapatkan nilai akurasi pada sample 1 memperoleh 0,946, sample 2 memperoleh 0,712 dan sample 3 memperoleh 0,715. Kemudian untuk overall accuracy diperoleh dengan nilai 0,791.

Berdasarkan dari hasil analisis nilai kesalahan komisi (comission error), kesalahan omisi (omission error), dan accuracy pada deteksi otomatis pohon mangrove dengan minimum ketinggian 4 meter pada masing-masing area sample dapat dilihat pada grafik Gambar 4.25.



Gambar 4.25. Grafik uji akurasi tinggi 5 meter dengan Window Size 4

Hasil analisis nilai pada deteksi otomatis pohon mangrove dengan minimum ketinggian 4 meter didapatkan nilai pada sample 1 memperoleh 0,845, sample 2 memperoleh 0,665 dan sample 3 memperoleh 0,567. Kemudian untuk overall accuracy diperoleh dengan nilai 0,692.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian Analisis Perhitungan Individu Pohon Mangrove Pada Citra Unmaned Aerial Vehicle (UAV) Menggunakan Metode Local Maxima diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil penelitian ini menunjukkan dengan metode local maxima pada kelas minimum ketinggian 5 meter dengan window size 3.5 memberikan hasil deteksi sebanyak 3929 pohon dan pada windows size 4 memberikan hasil deteksi 3390 pohon. Kemudian untuk kelas

minimum ketinggian 4 meter dengan window size 3.5 memberikan hasil deteksi sebanyak 4134 pohon dan pada window size 4 memberikan hasil deteksi 3543 pohon.

2. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai akurasi deteksi pohon menunjukkan pada ketinggian minimum 5 meter menggunakan window size 3.5 memperoleh nilai overall accuracy 0.780 dan nilai pada window size 4 memperoleh nilai overall accuracy 0.689. Kemudian pada ketinggian minimum 4 meter menggunakan window size 3.5 memperoleh nilai overall accuracy 0.791 dan pada window size 4 memperoleh nilai overall accuracy 0.692. Maka dapat disimpulkan bahwa parameter pada tinggi 4 meter dengan window size 3.5 lebih baik dari yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. H. Nanlohy and M. Masniar, "Manfaat Ekosistem Mangrove Dalam Meningkatkan Kualitas Lingkungan Masyarakat Pesisir," *Abdimas Papua J. Community Serv.*, vol. 2, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.33506/pjcs.v2i1.804.
- [2] A. Salim, A. K. Masyukhur, W. Eko S., and A. Nebuchadnezzar, "Manfaat Mangrove Bagi Peruntukan Sediaan Farmasitika Di Desa Mamuya Kecamatan Galela Timur Kabupaten Halmahera Timur (Tinjauan Etnofarmakologis)," *J. Enggano*, vol. 4, no. 1, pp. 12–25, 2019, doi: 10.31186/jenggano.4.1.12-25.
- [3] KKP, "KONDISI MANGROVE DI INDONESIA," *Direktorat Pendayagunaan Pesisir Dan Pulau - Pulau Kecil*, 2021. <https://kkp.go.id/djprl/p4k/page/4284-kondisi-mangrove-di-indonesia> (accessed Apr. 13, 2022).
- [4] E. Nour, "Implementasi Metode Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Tanaman Pada Citra Resolusi Tinggi (*The Implementation of Convolutional Neural Network Method for Agricultural Plant Classification in High Resolution Imagery*)," pp. 61–68, 2018.
- [5] M. M. Islami, T. Rusolono, Y. Setiawan, A. Rahadian, S. A. Hudjimartsu, and L. B. Prasetyo, "Height, Diameter and Tree Canopy Cover Estimation Based on Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery With Various Acquisition Height," *Media Konserv.*, vol. 26, no. 1, pp. 17–27, 2021, doi: 10.29244/medkon.26.1.17-27.
- [6] K. Srinarta, Y. Prasetyo, and F. Hadi, "Analisis Perhitungan Jumlah Pohon Kelapa Sawit Berdasarkan Algoritma Canopy Height Model (Chm) Dan Local Maxima (Lm)," *J. Geod. UNDIP*, vol. 11, no. 1, pp. 51–60, 2022, [Online]. Available:

- <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/32315>.
- [7] M. Mohan *et al.*, “Individual tree detection from unmanned aerial vehicle (UAV) derived canopy height model in an open canopy mixed conifer forest,” *Forests*, vol. 8, no. 9, pp. 1–17, 2017, doi: 10.3390/f8090340.
- [8] F. Yudithia Adam, L. Jaelani Muhamad, and H. Handayani Hapsari, “Analisis Persebaran Keanekaragaman Hayati Menggunakan Data Foto Udara dan Lidar,” *J. Tek. Its*, vol. 9, no. 2, pp. 41–47, 2020.
- [9] A. Jupri, “Inventarisasi Spesies Mangrove Di Teluk Kertasari, Sumbawa Barat,” *Biota J. Ilm. Ilmu-Ilmu Hayati*, 2019, doi: 10.24002/biota.v1i13.2549.
- [10] A. & E. I. Imran, “Inventarisasi Mangrove Di Pesisir Pantai Cemara Lombok Barat,” *JUPE J. Pendidik. Mandala*, vol. 1, no. May, p. 8, 2016.
- [11] M. Usnaini, V. Yasin, and A. Z. Sianipar, “Perancangan sistem informasi inventarisasi aset berbasis web menggunakan metode waterfall,” *J. Manajemen Inform. Jayakarta*, vol. 1, no. 1, p. 36, 2021, doi: 10.52362/jmijayakarta.v1i1.415.
- [12] S. Pinem and V. M. Pakpahan, “Aplikasi Inventarisasi Aset Berbasis Web Dengan Metode Waterfall,” *J. Inform. Univ. Pamulang*, vol. 5, no. 2, p. 208, 2020, doi: 10.32493/informatika.v5i2.5668.
- [13] I. Mangiri, “Analisis Tata Guna Lahan di Kabupaten Soppeng Berbasis GIS Menggunakan Citra Sentinel 2,” Universitas Hasanuddin Gowa, 2018.
- [14] M. A. Hakim, H. Emawati, and D. E. Mujahiddin, “Pemanfaatan Pesawat Tanpa Awak Untuk Pemetaan Dan Identifikasi Penutupan Lahan Pada Kawasan Hutan Pendidikan Unmul,” *Agrifor*, vol. 20, no. 1, p. 47, 2021, doi: 10.31293/agrifor.v20i1.4900.
- [15] D. Irsanti, B. Sasmito, and N. Bashit, “Kajian Pengaruh Penajaman Citra Untuk Penghitungan Jumlah Pohon Kelapa Sawit Secara Otomatis Menggunakan Foto Udara (Studi Kasus: Khg Bentayan Sumatra Selatan),” *J. Geod. Undip*, vol. 8, no. 1, pp. 428–434, 2019.
- [16] P. K. Hamur, M. T. Tjahjadi, and A. Yuliananda, “Kajian Pengolahan Data Foto Udara Menggunakan Perangkat Lunak Agisoft Photoscan Dan Pix4d Mapper ( Studi Kasus : Kecamatan Lowokwaru , Kota Malang ),” *Tek. Geod. ITN Malang.*, pp. 1–13, 2019, [Online]. Available: <http://eprints.itn.ac.id/>.
- [17] V. A. Sondang, “Pembuatan Model Ortofoto Hasil Perkamaman dengan Wahana UAV Menggunakan Perangkat Lunak Fotogrametri,” *J. Tekno Glob.*, vol. 6, no. 2, pp. 1–5, 2017, [Online]. Available: <http://ejournal.uigm.ac.id/index.php/TG/article/view/396>.
- [18] H. Swanda, E. Sadjati, and M. Ikhwan, “Pemanfaatan Teknologi Pesawat Tanpa Awak Untuk Identifikasi Klasifikasi Tutupan Lahan (Studi Kasus: Kawasan Tahura SSH),” *SENKIM Semin. Nas. ...*, vol. 1, no. 1, pp. 157–167, 2021, [Online]. Available: <http://journal.unilak.ac.id/index.php/senkim/article/view/7807%0Ahttps://journal.unilak.ac.id/index.php/senkim/article/download/7807/3262>.
- [19] M. Y. Iswari and K. Anggraini, “Demnas: Model Digital Ketinggian Nasional Untuk Aplikasi Kepesisiran,” *Oseana*, vol. 43, no. 4, 2018, doi: 10.14203/oseana.2018.vol.43no.4.2.
- [20] B. Raharja, A. Setianto, and A. D. Titisari, “Ekstraksi Informasi dari DEM untuk Pemetaan Struktur Geologi Studi Kasus di Daerah Kokap, Kulon Progo,” *J. Geomine*, vol. 8, no. 2, pp. 80–95, 2020, doi: 10.33536/jg.v8i2.483.
- [21] C. Alexander, A. H. Korstjens, and R. A. Hill, “Influence of micro-topography and crown characteristics on tree height estimations in tropical forests based on LiDAR canopy height models,” *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, vol. 65, no. August 2017, pp. 105–113, 2018, doi: 10.1016/j.jag.2017.10.009.
- [22] I. Hermawan, I. Yanuarsyah, S. Hudjimartsu, “Sistem Informasi Estimasi Tutupan Tajuk Menggunakan Data Lidar di Taman Nasional Kerinci Berbasis WebGIS,” *Semnati*, pp. 232–237, 2019.
- [23] W. Chen, H. Xiang, and K. Moriya, “Individual tree position extraction and structural parameter retrieval based on airborne LiDAR Data: Performance evaluation and comparison of four algorithms,” *Remote Sens.*, vol. 12, no. 3, 2020, doi: 10.3390/rs12030571.
- [24] L. L. Latifah, S. A. Hudjimartsu, and I. Yanuarsyah, “Analisis Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas Menggunakan Cluster Analysis Di Kota Bogor Berbasis Webgis,” *J. Ilm. Teknol. Infomasi Terap.*, vol. 8, no. 2, 2022, doi: 10.33197/jitter.vol8.iss2.2022.760.
- [25] L. Ali Muharom, A. Futuhul Hadi, D. Anggraeni, and J. Matematika, “JUSTINDO, Jurnal Sistem dan Teknologi

- Informasi Indonesia Rancang Bangun Data Warehouse dan R Studio Serta Pemanfaatannya dalam Peramalan Pola Konsumsi Masyarakat di Kabupaten Jember,” vol. 01, pp. 17–25, 2016, [Online]. Available: <http://ada.edu>.
- [26] J. April, M. B. Salim, A. L. Nugraha, and M. Awaluddin, “Desain Aplikasi Peta Desa Katonsari, Kecamatan Demak, Kabupaten Demak Berbasis Webgis,” *J. Geod. Undip*, vol. 7, no. 2, pp. 42–52, 2018.
- [27] D. Setyawan, A. L. Nugraha, and B. Sudarsono, “Analisis Potensi Desa Berbasis Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: Kelurahan Sumurboto, Kecamatan Banyumanik, Kabupaten Semarang),” *J. Geod. Undip*, vol. 7, no. 4, pp. 1–7, 2018.