

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Indonesia mengalokasikan 120 juta Hektar (Ha) wilayahnya menjadi kawasan hutan atau sekitar 64% dari daratan Indonesia. Luasan alokasi hutan tersebut terbagi beberapa kategori yaitu Hutan Produksi (HP), Hutan Konservasi (HK) dan Hutan Lindung (HL). Hutan Produksi mencakup areal seluas 68,8 Juta Ha, Hutan konservasi seluas 22,1 Juta Ha (dengan tambahan 5,3 Juta Ha Kawasan Konservasi Laut), dan Hutan Lindung seluas 29,6 Juta Ha (KEMENLHK, 2020). Akan tetapi, dalam pengelolaannya, terdapat berbagai permasalahan dimana kurangnya perhatian terhadap fungsi ekologis dan fungsi sosial budaya dibanding dengan fungsi ekonomis (Hernowo dan Ekawati, 2014). Hal ini pula diperkuat dengan argumen Akhmaddhian (2016) bahwa kerusakan lahan diakibatkan oleh aktivitas penggundulan hutan, abrasi pinggir sungai, erosi dan alih fungsi lahan. Akibat dari aktivitas tersebut menyebabkan kondisi hutan Indonesia mendapat berbagai tekanan baik dari segi luasan (deforestasi) hingga produktivitas (degradasi).

Deforestasi hutan merupakan aktivitas manusia yang dapat menyebabkan luas lahan hutan dapat mengalami penurunan seperti konversi lahan untuk infrastruktur, permukiman, pertanian, pertambangan dan perkebunan (Yakin, 2017). Berkurangnya areal hutan tentunya dapat menyebabkan punahnya berbagai jenis spesies yang berdampak pada efek gas rumah kaca dan berpengaruh terhadap pemanasan global (Novalia, 2017). Menurut Forest Watch (2019) laju deforestasi yang terjadi di Indonesia pada tahun 2013-2017 sebesar 1,47 juta ha per tahun. Sejak periode tersebut, pemerintah mengeluarkan kebijakan penundaan pemberian izin pemanfaatan hutan dengan tujuan untuk menekan laju deforestasi. Hasilnya pada tahun 2019 angka deforestasi berhasil ditekan dengan laju deforestasi turun hingga 0,44 Juta Ha/Tahun (Peraturan Menteri Lingkungan dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/MenLHK/Setjen/ Set.1/8/2020). Deforestasi yang terus terjadi akan menyebabkan penurunan produktivitas lahan atau sering disebut degradasi (Wahyuni & Suranto, 2021).

Penurunan produktivitas lahan hutan baik sementara atau tetap diartikan sebagai degradasi lahan. Degradasi lahan sendiri memiliki istilah lain yaitu lahan tidak produktif, lahan kritis atau lahan tidur (Wahyunto dan Dariah, 2014). Luas lahan kritis di Indonesia pada Tahun 2018 tercatat seluas 14,01 Juta Ha, dibandingkan dengan tahun 2009 seluas 30,1 Juta Ha dan Tahun 2014 seluas 27,2 Juta Ha (Data Direktorat Jenderal PDASHL Tahun 2019). Pada Tahun 2018 penurunan luas lahan kritis mencapai angka 14,006 Juta Ha, dimana angka ini mengalami penurunan yang sebelumnya dilaporkan pada Tahun 2011 mencapai hingga 27,92 Juta Ha. Penurunan luas lahan kritis tersebut berdasarkan Surat Keputusan DIRJEN PDASHL Tahun 2020 yang memprioritaskan kegiatan Rehabilitasi Hutan dan Lahan (RHL) pada lahan kritis dan berhasil menekan laju lahan kritis.

Manfaat utama dari rehabilitasi hutan dan lahan adalah untuk memulihkan kawasan yang kritis, menjamin ketersediaan sumber daya alam, serta mencegah terjadinya berbagai bencana alam (Rachman et al., 2020). Kegiatan rehabilitasi hutan dan lahan selama ini telah terbukti mampu mengurangi luas lahan kritis melalui upaya pemulihan dan peningkatan fungsi hutan dan lahan, menjaga daya dukung

lahan, meningkatkan daya serap air, serta mengurangi limpasan air permukaan (Narendra dan Salim, 2020). Melakukan rehabilitasi hutan dan lahan dengan mempertimbangkan aspek ekologi dan ekonomi akan jauh lebih baik dibandingkan dengan membiarkan kawasan hutan terbuka tanpa adanya upaya penghijauan (Masthurri, 2023).

Perencanaan kegiatan RHL perlu memperhatikan aspek Sumber Daya Manusia (SDM) aspek lingkungan, aspek biofisik dan ekonomi budaya masyarakat (Ruslan *et al.*, 2016). Salah satu provinsi yang melakukan kegiatan RHL adalah Provinsi Sulawesi Selatan. Kegiatan RHL dilaksanakan pada tahun 2019 sampai tahun 2021. Kegiatan ini tersebar hampir di seluruh kabupaten diantaranya Kabupaten Bone, Kabupaten Barru, Kabupaten Gowa, Kabupaten Tanah Toraja dan Kabupaten Toraja Utara. Selain itu, Sulawesi Selatan memiliki luas lahan kritis yaitu 449,606 Ha dan luas kegiatan RHL yang dilaksanakan yaitu 19.600 Ha (Rancangan Teknis BPDASHL Jeneberang Saddang, 2019).

Kabupaten Barru khususnya di Desa Pujananting, Kecamatan Pujananting, Kabupaten Barru seluas 300 Ha. Masing-masing lokasi memiliki nama blok yaitu Blok Bonto Payung seluas 100 Ha, Blok Allu seluas 100 Ha dan Blok Landange seluas 100. Akan tetapi, efektivitas dalam pelaksanaan penentuan keberhasilan kegiatan secara aktual belum dapat dilakukan secara maksimal. Sehingga, diperlukan metode evaluasi tanaman yang mampu menggambarkan tingkat keberhasilan kegiatan RHL yang telah dilakukan dan dapat menghasilkan data yang tepat serta optimal dari segi waktu dan biaya.

Umumnya, pemantauan tanaman rehabilitasi hutan dan lahan dilakukan dengan mengukur tinggi tanaman secara manual dan mendokumentasikan tanaman sebagai dasar dalam menentukan keberhasilan program rehabilitasi hutan dan lahan. Namun, terdapat beberapa kendala seperti kurangnya akses terhadap teknologi dan sumber daya yang dibutuhkan, minimnya pengetahuan dan keterampilan teknis (Julvin *et al.*, 2024), keterbatasan dukungan keuangan dan infrastruktur, serta tantangan dalam mengelola dan menginterpretasi data (Sewiko *et al.*, 2023). Permasalahan-permasalahan ini harus segera diatasi agar pemantauan tanaman hasil rehabilitasi hutan dan lahan dapat dilakukan secara efektif dan berkelanjutan.

Salah satu upaya yang dapat mempercepat pemantauan tanaman untuk kegiatan rehabilitasi hutan dan lahan adalah dengan memanfaatkan wahana tanpa awak (*Unmanned Aerial Vehicle/UAV*) berbasis jaringan data spasial sesuai dengan arah kebijakan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Gamin, 2021). Penggunaan UAV atau yang dikenal dengan drone merupakan solusi untuk memantau kawasan hutan karena kemampuannya dalam melakukan survei dan pemantauan area yang luas, sulit dijangkau, dan tidak membutuhkan waktu yang lama (Sutrisno *et al.*, 2024). Teknologi pemetaan menggunakan UAV mampu menghasilkan citra fotogeometrik berkualitas tinggi dan beresolusi sangat tinggi (Mohan *et al.*, 2021). Oleh karena itu, penelitian ini lebih difokuskan pada penerapan dan efektivitas UAV dalam memantau tanaman hasil rehabilitasi hutan dan lahan di Kabupaten Barru .

### **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian pada latar belakang maka rumusan masalah yang perlu dijawab pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana efisiensi pemanfaatan UAV dalam menghitung tumbuh tanaman rehabilitasi hutan dan lahan di Kabupaten Barru yang diukur menggunakan UAV?
2. Bagaimana efektifitas penggunaan UAV dalam mengidentifikasi tanaman rehabilitasi hutan dan lahan dengan menerapkan UAV?

### **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan pada penelitian ini yaitu:

1. Analisis persentase pertumbuhan tanaman rehabilitasi hutan dan lahan di Kabupaten Barru yang diukur dengan menggunakan UAV.
2. Mengetahui efektifitas kecepatan dalam memonitoring dan evaluasi tanaman rehabilitasi hutan dan lahan dengan menggunakan UAV.

### **D. Kegunaan Penelitian**

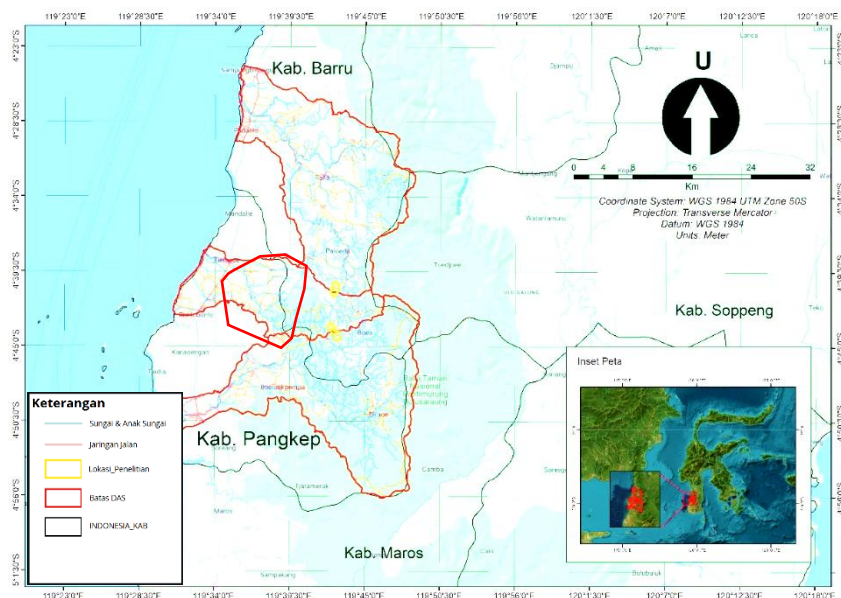
Kegunaan hasil penelitian ini adalah sebagai bahan informasi penting untuk Instansi – instansi pemerintahan yang dinaungi oleh Kementrian Kehutanan, Perusahaan-perusahaan Swasta, *Non Governmental Organization* (NGOs), dan Kelompok tani hutan maupun kelompok masyarakat yang akan melaksanakan kegiatan Rehabilitasi Hutan dan Lahan serta sebagai sumber referensi untuk menambah ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang kehutanan.

## BAB II

### METODE PENELITIAN

#### A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di kawasan Rehabilitasi Hutan dan Lahan di Desa Pujananting, Kecamatan Pujananting, Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan, selama 2 (dua) tahun 6 (enam) bulan yakni bulan Januari hingga bulan Juni 2025. Lokasi Penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

#### B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: 1). Perangkat keras (*hardware*) berupa laptop, drone, handphone kompatibel dalam penggunaan mapping, dan printer: 2). Perangkat lunak (*software*) yang digunakan adalah Sistem Informasi Geografis, Pengolah Foto Udara, SW Maps, Pix4DcapturePro dan DJI Go 4). Alat survey yang digunakan yaitu Drone DJI Phantom 4 Pro+ V2.0, meteran, *tally sheet*, kertas tahan air (*Newtop*), alat tulis dan kamera digital. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah; citra mapping hasil akuisisi data drone, peta wilayah kegiatan RHL BPDASHL Jeneberang Saddang tahun 2019 dan peta kerja.

#### C. Prosedur Penelitian

Prosedur monitoring, pemetaan tanaman dan identifikasi keberhasilan kegiatan di kawasan hutan rehabilitasi hutan dan lahan menggunakan drone adalah sebagai berikut :

1. Membuat peta kerja yang bersumber dari peta batas blok RHL BPDAS Jeneberang Saddang tahun 2019, peta topografi dan kemiringan lereng untuk menentukan titik terbang.

2. Menentukan batas pengambilan sampel.
3. Membuat misi rencana terbang dengan menggunakan fitur Follow Terrain agar semua pixel yang dihasilkan relatif sama.
4. Melakukan kegiatan orientasi lapang dan survey lapangan, meliputi:
  - a. Akuisisi data drone, dengan melakukan kegiatan mapping drone hingga secara keseluruhan misi terbang diselesaikan. Adapun spesifikasi akuisisi data drone dapat ditampilkan pada Tabel 1.

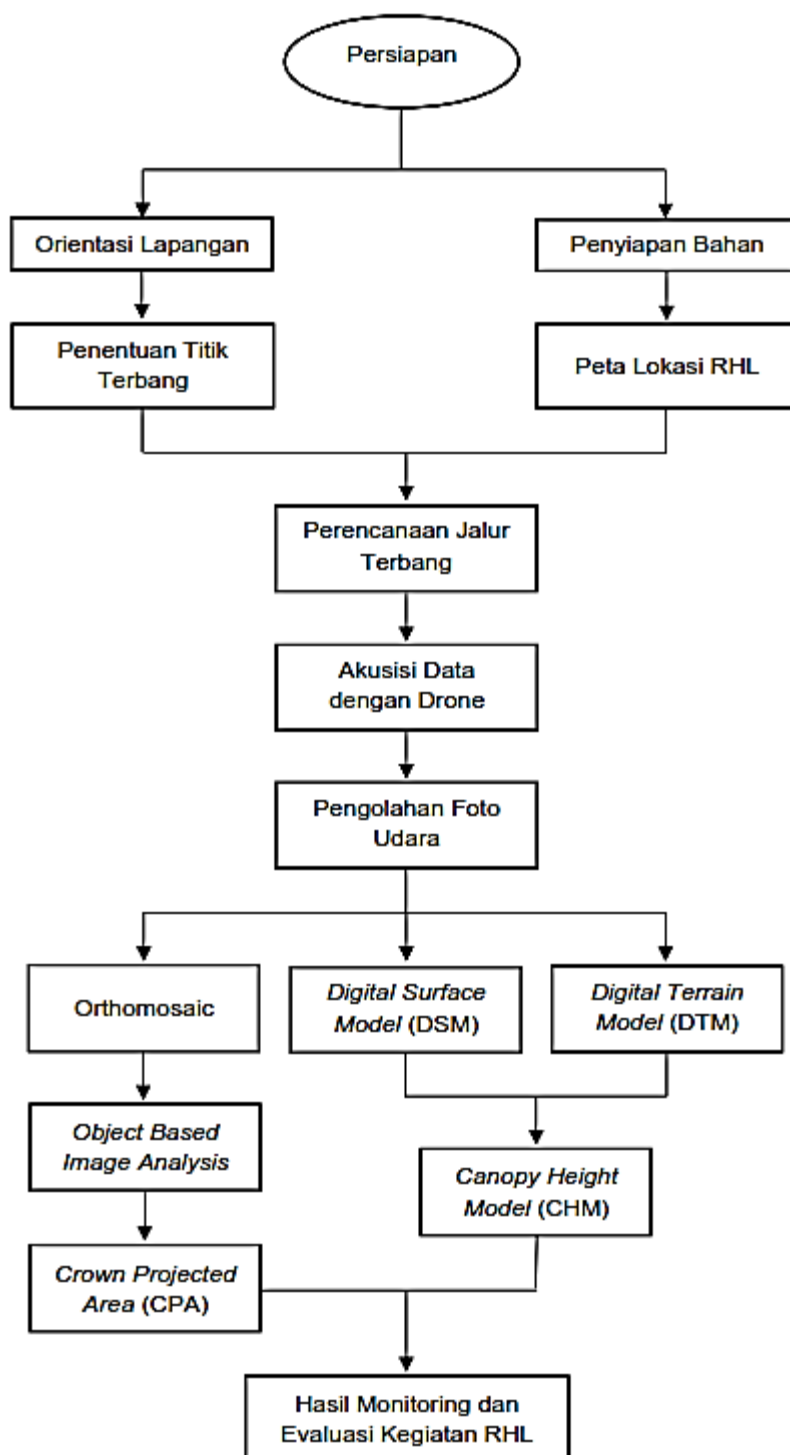
Tabel 1. Akuisisi Data Drone

| Jenis Drone         | Tinggi Terbang | Speed  | Angle | Overlap | GSD        |
|---------------------|----------------|--------|-------|---------|------------|
| DJI Phantom 4+ V2.0 | 80 m           | 10 m/s | 90°   | 80 %    | 2,18 cm/px |

Sumber: Setting Aplikasi Pix4DCapture Pro 2024.

- b. Melakukan pengukuran diameter dan tinggi pohon serta mengidentifikasi jenis tanaman RHL.
5. Melakukan pengolahan hasil fotogeometry dari hasil akuisisi data drone dengan melalui beberapa tahapan, meliputi: 1) Add Photo; 2) Align Photos; 3) Build Dense Cloud; 4) Build Mesh; 5) Build Texture; 6) Build Tiled Model; 7) Membangun DEM; dan 7) Build Orthomosaic (Farid, 2019). Hasil analisis kemudian akan mendapatkan hasil citra natural, DEM dan laporan hasil analisis.
6. Melakukan identifikasi objek hasil citra mapping dengan menggunakan metode OBIA (*Object-Based Image-Analysis*). Metode OBIA dilakukan dengan pendekatan klasifikasi berbasis objek yang terdiri dari beberapa tahap yaitu:
  - a. Segmentasi dan komputasi atribut spektral, geometris, tekstur, konseptual dan temporal.
  - b. Objek (semantik) klasifikasi
  - c. Pasca klasifikasi, berupa verifikasi, penghapusan kesalahan dan validasi (Alim *et al*, 2019)
7. Hasil analisis OBIA kemudian mendapatkan hasil peta penggunaan lahan. Hasil penggunaan lahan yang telah diketahui dilakukan perhitungan luasan masing-masing.
8. Citra mapping yang telah terkoreksi selanjutnya dilakukan perhitungan tanaman dan pengukuran lebar tajuk dengan metode *digitasi on screen*. Kemudian hasil tersebut akan mengeluarkan peta jumlah tanaman, lebar tajuk dan kerapatan tajuk tanaman.
9. Hasil dari analisis penggunaan lahan, data jumlah tanaman dan lebar tajuk tanaman dikategorikan sebagai evaluasi kegiatan RHL.
10. Hasil jumlah tanaman dan tinggi tanaman akan dikorelasikan dengan hasil pengukuran lapangan terhadap jenis tanaman.

Lebih jelasnya prosedur penelitian disajikan secara diagram alir yang terdapat pada Gambar 2.

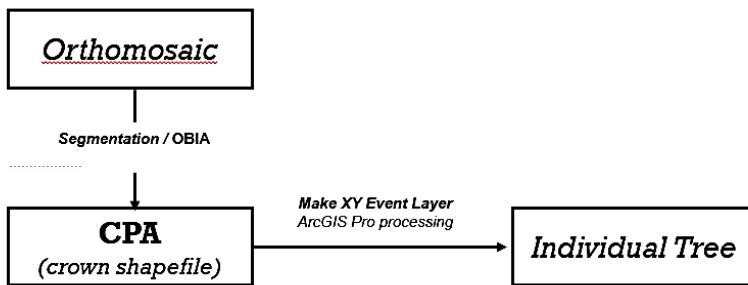


Gambar 2. Alur Prosedur Penelitian

## D. Analisis Data

### 1. Perhitungan Jumlah Pohon Dengan Metode *Object Base Image Analysis* (OBIA)

Metode yang digunakan dalam segmentasi *orthomosaic* untuk mendelineasi individu mahkota pohon (CPA) adalah *Object Base Image Analysis* (OBIA) dan jumlah pohon dihitung (*tree counting*) menggunakan *software Sistem Informasi Geografis*. Tahapan Analisis Menggunakan Analisis OBIA seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Segmentasi *Orthomosaic* pada Analisis OBIA

Selanjutnya CPA dianalisis *digitasi on screen* dengan *software Sistem Informasi Geografis* untuk mendapatkan jumlah pohon melalui proses *tree counting*.

### 2. Analisis Tinggi Pohon dengan Canopy Height Model

Untuk menghitung Canopy High Model (CHM) pertama-tama dimulai dengan mendelineasi marking tanaman pada *Orthomosaic* pada aplikasi GIS.

$$Efisiensi_{uav} = \frac{P \times OK_{uav}}{T}$$

Keterangan :

- $Efisiensi_{uav}$  = Rasio efisiensi penggunaan UAV terhadap metode konvensional
- $P$  = Rata-rata pohon yang dapat dihitung per orang per hari secara konvensional
- $OK_{uav}$  = Total orang-hari untuk metode UAV
- $T$  = Total jumlah pohon

Dibandingkan dengan pendekatan konvensional, rumus di atas digunakan untuk menentukan seberapa efektif penggunaan UAV dalam kegiatan pendataan jumlah tanaman pasca RHL. Jumlah tenaga kerja (orang-hari) yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas yang sama dengan cara manual dihitung untuk mengukur efisiensi.

Nilai efisiensi dapat dihitung dengan membagi jumlah pohon yang dapat dihitung secara konvensional (hasil dari produktivitas rata-rata per hari dikalikan dengan jumlah orang-hari metode UAV) dengan jumlah pohon yang benar-benar ditemukan di lapangan. Nilai efisiensi UAV lebih rendah menunjukkan bahwa metode UAV lebih efisien karena lebih sedikit sumber daya manusia diperlukan untuk mencapai hasil yang sama.

Rumus ini berfungsi sebagai dasar analisis kuantitatif untuk mengevaluasi efisiensi dan efektivitas teknologi UAV dalam monitoring vegetasi atau rehabilitasi lahan, terutama dalam skala besar.

Penentuan tinggi pohon dalam tahapan analisis ini dengan menggunakan analisis *Canopy Height Model* (CHM). Metode *Canopy Height Model* (CHM) adalah salah satu pendekatan yang umum digunakan dalam analisis tinggi pohon dengan menggunakan data foto udara berupa data *Digital Surface Model* (DSM). CHM menghasilkan model digital yang menggambarkan perbedaan ketinggian antara permukaan tanah dan atap kanopi vegetasi di suatu wilayah. *Canopy Height Model* merupakan *Digital Surface Model* (DSM) yang dinormalisasi ketinggiannya dengan mengurangkan *Digital Terrain Model* (DTM) dengan *Digital Surface Model* (DSM). *Canopy Height Model* (CHM) sebagai representasi atau gambaran dari tinggi pohon pada wilayah penelitian. Berikut rumus perhitungan data *Canopy Height Model* (CHM)

$$\text{CHM} = \text{DSM} - \text{DTM}$$

Keterangan:

DSM : *Digital Surface Model*

DTM : *Digital Terrain Model*

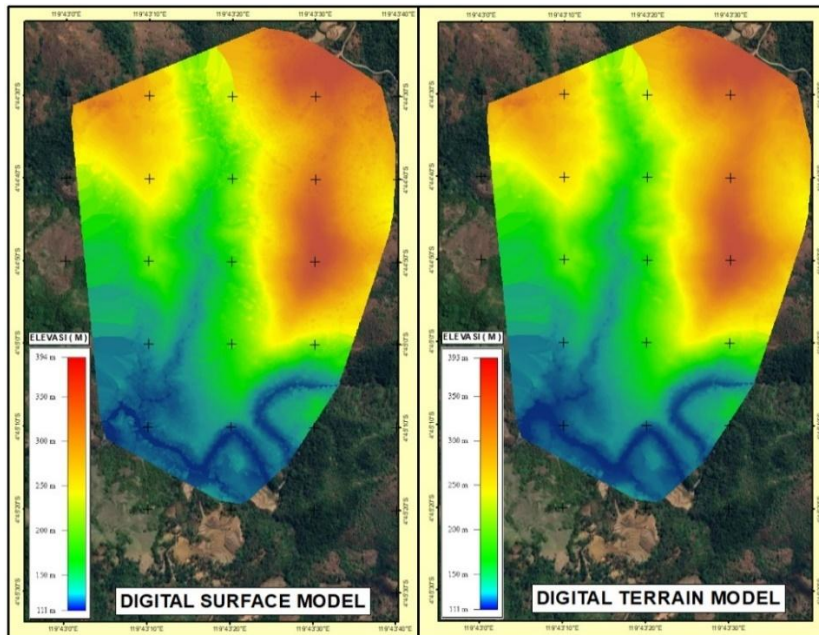
CHM : *Canopy Height Model*

Digital Surface Model (DSM) adalah representasi tiga dimensi dari permukaan bumi yang mencakup semua objek yang berada di atas tanah, seperti bangunan, pepohonan, dan infrastruktur buatan manusia. DSM lebih realistis daripada Digital Elevation Model (DEM), yang hanya menggambarkan permukaan tanah tanpa objek. Dalam bidang seperti perencanaan tata ruang, pengelolaan sumber daya alam, analisis banjir, dan pemetaan lahan kritis, model ini sangat penting. Penginderaan jauh berbasis satelit, fotogrametri udara, dan teknologi deteksi dan rangkaian cahaya (LiDAR) adalah beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghasilkan DSM. Resolusi data input dan metode ekstraksi ketinggian yang digunakan sangat berpengaruh pada akurasi DSM. DSM menjadi alat penting dalam pengelolaan lingkungan dan wilayah karena memberikan pemahaman menyeluruh tentang kontur dan karakteristik fisik permukaan lahan. Pemahaman ini mendukung analisis spasial yang lebih tepat dan berguna.

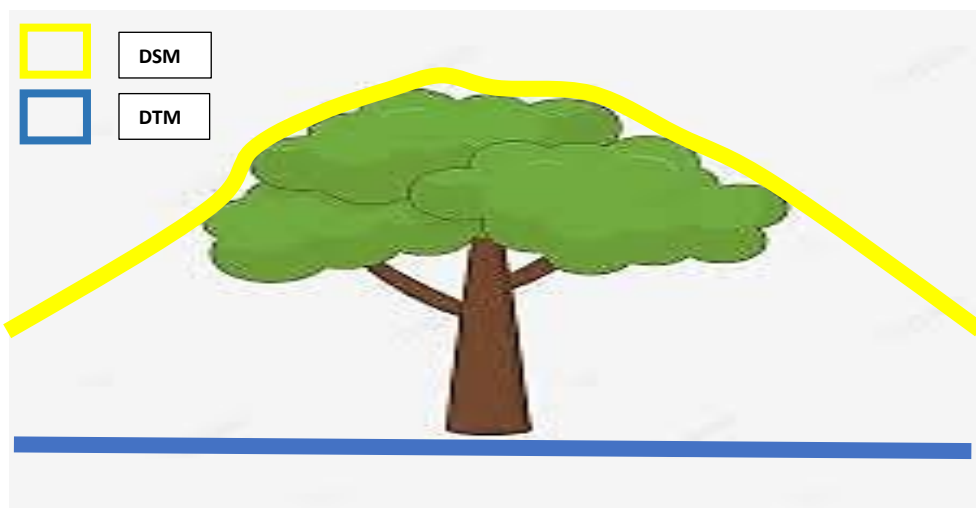
Proses Konversi data *Digital Surface Model* (DSM) menjadi *Digital Terrain Model* (DTM) dalam aplikasi Geomatica bertujuan untuk menghilangkan elemen-elemen serta objek permukaan seperti bangunan dan vegetasi, sehingga menyisakan hanya kontur permukaan tanah atau medan sebenarnya. Proses ini diawali dengan menyiapkan data DSM dalam format yang didukung, seperti .pix atau .tif, dan memastikan bahwa data tersebut berada dalam sistem koordinat yang sesuai. Selanjutnya, data DSM dibuka melalui aplikasi PCI Geomatica. Untuk mengidentifikasi objek-objek permukaan, seperti bangunan dan vegetasi, pengguna dapat menggunakan fitur ekstraksi objek yang tersedia pada menu *Feature Extraction*. Setelah objek dikenali, dilakukan klasifikasi objek ke dalam layer vektor atau raster dengan bantuan metode seperti *thresholding* atau *region growing*.

Metode menghitung tinggi objek menggunakan hasil foto drone di ArcMap, diperlukan dua data utama hasil olahan fotogrametri, yaitu DSM (*Digital Surface Model*) yang mencakup elevasi permukaan termasuk bangunan dan vegetasi, serta DTM (*Digital Terrain Model*) yang merepresentasikan permukaan tanah tanpa objek. Kedua data ini dimasukkan ke dalam ArcMap dan diproses menggunakan fitur Raster Calculator dari Spatial Analyst Tools. Perhitungan dilakukan dengan mengurangkan nilai DTM dari DSM menggunakan rumus sederhana:  $\text{DSM} - \text{DTM}$  di menu *layert*

*Attribut Table*, Lalu menambahkan *Add Field* sehingga menghasilkan raster baru yang merepresentasikan tinggi objek pada tiap piksel. Hasil perhitungan ini bisa dianalisis lebih lanjut menggunakan tools seperti *Identify* untuk nilai titik, atau *Zonal Statistics* untuk tinggi per area. Pastikan kedua raster memiliki sistem proyeksi dan resolusi yang sama agar hasil akurat. Dengan metode ini, tinggi objek seperti bangunan atau pohon dapat dihitung secara efisien langsung dari data foto udara seperti pada Gambar 4 dan Gambar 5.



a b  
Gambar 4. Data DSM dan DTM a) DSM , b) DTM



Gambar 5. Visualisasi Perbedaan Data DSM dan DTM