

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Total luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencapai 16,8 juta hektar hasil reevaluasi luas tutupan perkebunan kelapa sawit menggunakan metode penginderaan jauh (BPS, 2022). Dengan luasan tersebut Indonesia menjadi penghasil kelapa sawit terbesar di dunia diikuti oleh Malaysia, Thailand, Colombia dan Nigeria. Untuk melakukan monitoring perkebunan kelapa sawit yang sangat luas tersebut dibutuhkan suatu inovasi teknologi yang lebih murah dan efisien (Mirzaeinia, A., Hassanalian, M., Lee, K., & Mirzaeinia, 2019).

Perkembangan teknologi informasi dan komputer yang sangat cepat mempengaruhi cara pandang orang terhadap teknologi perkebunan secara keseluruhan. Beberapa hal yang dulunya dilakukan secara manual dan memakan waktu lama didorong untuk lebih cepat dan dilakukan secara otomatis atau digital. Sebagai contoh adalah cara akuisisi data spasial di perkebunan kelapa sawit, yang pada saat ini mulai menggunakan pesawat tanpa awak (Drone) (O'Driscoll, 2018).

Teknologi pemetaan dengan drone menjadi pilihan alternatif disamping teknologi pemetaan lainnya seperti pemotretan udara baik skala besar dan kecil berawak serta pemetaan berbasis satelit (Dugdale, S. J., Malcolm, L. A., & Hannah, 2019). Teknologi ini sangat menjanjikan untuk diaplikasikan dikembangkan dan sesuai karakteristik topografis dan geografis Indonesia terutama untuk areal yang luas seperti perkebunan kelapa sawit (Duffy et al., 2018).

Pemanfaatan foto hasil pemetaan menggunakan drone biasanya digunakan untuk menghitung jumlah pokok tanaman kelapa sawit saja, sementara

perkembangan ilmu di pengolahan citra dari penginderaan jauh sudah memanfaatkan banyak sensor multispektral seperti inframerah, thermal dan bahkan hiperspektral.

Pada sisi lain, perkembangan perkebunan kelapa sawit di Indonesia dihadapkan pada berbagai permasalahan terutama masalah teknis yang menyebabkan rendahnya produktivitas tanaman jauh dari potensinya. Sementara itu, tingginya biaya produksi akibat input yang tidak sesuai, tidak efisiennya metode yang diterapkan serta kurang teraturnya sistem administrasi, berpotensi mengancam keberlanjutan usaha perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Berbagai permasalahan tersebut mendorong para petani kelapa sawit (*planters*) dan seluruh *stake holders* mulai menyadari pentingnya mengadopsi berbagai teknologi untuk diterapkan dalam manajemen perkebunan kelapa sawit sebagai suatu sistem *Precision Farming* (PF). Dalam kaitannya dengan penerapan PF pada perkebunan kelapa sawit terdapat beberapa komponen dasar dari PF, yaitu teknologi GPS (*Global Positioning System*), teknologi GIS (*Geographic Information System*), teknologi *remote sensing* atau penginderaan jauh, dan teknologi *variable-rate application* yang mencakup teknologi sensor dan berbagai peralatan mesin (Ginting et al., 2021).

Penerapan PF di perkebunan kelapa sawit juga sudah dilakukan untuk mengestimasi produksi tanaman. Estimasi produksi dalam manajemen perkebunan kelapa sawit selalu dilakukan untuk menentukan program kerja perkebunan yang tepat untuk memperoleh keuntungan yang optimal. Penerapan PF untuk mengestimasi tanaman didasarkan pada informasi mengenai faktor-faktor yang

mempengaruhi produksi seperti kondisi iklim, kondisi tanah, umur tanaman, dan faktor lainnya. Saat ini PF yang banyak diterapkan di perkebunan kelapa sawit untuk mengestimasi produksi didasarkan pada informasi indeks tanaman yang diturunkan foto satelit Quickbird ((Balasundram et al., 2013); (Darmawan et al., 2016); (Khamis, A., Ismail, Z., Haron, K., & Mohammed, 2005); (Setyowati et al., 2016)).

Hasil tandan per pohon kelapa sawit memiliki korelasi positif dengan jumlah radiasi cahaya yang diterima oleh kanopi tanaman. Kapasitas produksi tanaman kelapa sawit ditentukan oleh ukuran tajuk atau luas daun sebagai permukaan fotosintesis (Squire, 1984). Studi menunjukkan ada korelasi positif antara luas daun dengan hasil pada tanaman kelapa sawit pada jenis yang sama (Hardon, J. J., Williams, C. N., 1969).

Secara konvensional penentuan nilai *Leaf Area Index* (LAI) dilakukan dengan mengukur dan mengakumulasikan jumlah luas daun dalam satu bidang tertentu dan dibagi dengan luas bidang tersebut. LAI juga dapat diukur menggunakan alat ukur radiasi surya seperti *tube solari meter* yang dipasang paralel di atas dan di bawah tajuk tumbuhan. Kedua pendekatan tersebut mempunyai keterbatasan spasial, sehingga perlu dimanfaatkan metode pengukuran LAI dengan teknik penginderaan jauh. Pendugaan LAI dengan teknik ini memanfaatkan sifat spektral dari permukaan baik yang bersumber dari radiasi gelombang pendek dari matahari maupun radiasi gelombang panjang dari permukaan (Risdiyanto & Setiawan, 2007).

Beberapa penelitian berkaitan dengan produktivitas komoditas

perkebunan dengan menggunakan data penginderaan jauh seperti citra satelit dan metode indeks vegetasi telah dilakukan. Taufik (2021) melakukan penelitian estimasi produktivitas kelapa sawit menggunakan citra satelit Sentinel-2A dengan membandingkan hasil pengolahan menggunakan algoritma transformasi NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan ARVI (*Atmospherically Resistant Vegetation Index*). Metode pengolahan dilakukan dengan metode regresi linier dan regresi linier berganda. Hasil penelitian menunjukkan estimasi produksi kelapa sawit dengan metode regresi linier berganda dengan algoritma transformasi NDVI menghasilkan akurasi 76,815% dan untuk algoritma transformasi ARVI menghasilkan akurasi 77,327% (Taufik et al., 2021).

Penelitian tentang pemanfaatan citra sentinel-2A untuk estimasi produksi pucuk teh menunjukkan bahwa citra sentinel-2A mampu mengkorelasikan hasil estimasi produksi pucuk teh dengan beberapa transformasi indeks vegetasi. Penelitian ini menggunakan pendekatan spektral dalam melakukan estimasi produksi, sedangkan untuk perhitungan estimasi produksi menggunakan beberapa transformasi atau algoritma yaitu: NDVI, SAVI dan ARVI yang kemudian dilakukan regresi dengan produktivitas di lapangan dengan metode regresi linier (Nurmalasari & Santosa, 2016).

Penggunaan data citra satelit memiliki keterbatasan dalam ketersediaan data yang sepenuhnya bergantung pada akses layanan profesional yang dimiliki oleh perkebunan, dan juga bergantung pada kondisi cuaca karena data satelit hanya bisa digunakan ketika langit cerah. Penggunaan drone dengan kamera resolusi tinggi memberikan alternatif untuk mendapatkan data multispektral yang tidak

hanya memiliki resolusi yang lebih tinggi, namun juga lebih konsisten sepanjang siklus pertumbuhan tanaman. Aksesibilitas data dapat dilakukan sesuai permintaan dan frekuensi penyediaan data dapat dilakukan secara rutin setiap hari atau setiap minggu. Kelebihan foto udara resolusi tinggi dibandingkan dengan citra satelit adalah kemudahan dalam membedakan obyek kelapa sawit dan non-kelapa sawit.

Salah satu jenis kamera yang digunakan untuk menyediakan foto udara multispektral resolusi tinggi adalah kamera MicaSense RedEdge-P. Kamera MicaSense RedEdge-P adalah kamera dengan sensor multispektral dengan kualitas dan resolusi yang sangat tinggi. Resolusi tinggi diperoleh dengan cara melakukan penajaman gambar (*pan-sharpening*) menggunakan citra foto pankromatik. Metode penajaman gambar ini dapat menghasilkan resolusi spasial hingga 2cm pada ketinggian terbang di 60m di atas permukaan tanah. Kamera Micasense RedEdge-P dapat menangkap citra multispektral *Red, Green, Blue* (RGB), *Red-Edge* dan NIR (*Near Infra Red*) (MicaSense, 2022).

Unit satuan (luasan) evaluasi *yield* atau hasil panen yang saat ini banyak dilakukan adalah berdasarkan blok (25-100 Ha). Informasi yang beragam di dalam satu blok tersebut diseragamkan (homogenisasi) dengan cara menghitung rata-ratanya. Homogenisasi ini dapat menghilangkan informasi detail yang bermanfaat bagi ahli agronomi untuk mengevaluasi kondisi tanaman di dalam blok tersebut. Oleh karena itu, satuan penelitian ini diusulkan untuk dibuat dalam satuan ancak panen dan Tempat Pengumpulan Hasil (TPH). Dengan satuan ancak panen dan TPH ini, maka unit satuan yang dievaluasi menjadi semakin sempit sehingga rencana perbaikan dapat lebih fokus, misalnya pada kasus rendahnya *yield*.

Ancak panen biasa diartikan dengan luasan tertentu dari area tanaman kelapa sawit, di mana kegiatan pemanenan dilakukan oleh seorang atau sekelompok pemanen. Secara praktisnya, penentuan satu ancak panen biasanya berdasarkan baris tanam dan jalur panen yang sudah ditentukan. Tandan buah segar hasil pemanenan di ancak panen, selanjutnya dikumpulkan di TPH. Dari hasil pengumpulan di TPH tersebut, selanjutnya buah diangkut ke pabrik kelapa sawit.

Target *Precision Farming* sebenarnya adalah pokok per pokok, hanya saja secara praktis, sulit untuk diterapkan. Pendekatan dengan satuan ancak panen dan TPH diharapkan dapat memberikan ketepatan perlakuan terhadap permasalahan di suatu blok agar lebih terarah dan fokus. Drone dengan kamera multispektral diharapkan dapat digunakan sebagai alat untuk mengevaluasi hal tersebut. Selain itu, analisis pada unit satuan ancak panen dan TPH ini diperlukan agar dapat menjadi penutup celah atau *gap* antara evaluasi unit satuan pengamatan blok per blok dengan unit satuan pengamatan pokok per pokok.

Oleh karena itu, diperlukan analisis produktivitas TBS kelapa sawit pada tiap TPH dengan pendekatan luas kanopi dan indeks vegetasi tanaman kelapa sawit di tiap ancak-ancak panen, yang pengamatannya menggunakan kamera udara multispektral.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, maka permasalahan yang akan diteliti adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hubungan antara luas kanopi pohon kelapa sawit di ancak panen

terhadap produktivitas Tandan Buah Segar (TBS) di TPH?

2. Bagaimana hubungan antara nilai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) kanopi pohon kelapa sawit di ancak panen dengan produktivitas Tandan Buah Segar (TBS) di TPH?
3. Bagaimana hubungan antara nilai *Normalized Difference Red Edge* (NDRE) kanopi pohon kelapa sawit di ancak panen dengan produktivitas Tandan Buah Segar (TBS) di TPH?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menetapkan hubungan antara luas kanopi pohon kelapa sawit di ancak panen terhadap produktivitas Tandan Buah Segar (TBS) di TPH.
2. Menetapkan hubungan antara nilai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) kanopi pohon kelapa sawit di ancak panen dengan produktivitas Tandan Buah Segar (TBS) di TPH.
3. Menetapkan hubungan antara nilai *Normalized Difference Red Edge* (NDRE) kanopi pohon kelapa sawit di ancak panen dengan produktivitas Tandan Buah Segar (TBS) di TPH.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Manfaat Teoritis:
  - a. Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan tentang bagaimana teori hasil foto udara multispektral dapat

menganalisis produktivitas Tandan Buah Segar (TBS).

- b. Penelitian ini bisa menjadi referensi untuk pengembangan pemanfaatan foto udara multispektral untuk menganalisa produksi komoditas pertanian atau perkebunan lainnya.

## 2. Manfaat Praktis:

- a. Bagi penulis, penelitian ini diharapkan dapat menjadi sarana yang bermanfaat dalam mengimplementasikan pengetahuan penulis tentang pemanfaatan teknologi drone dan hasil foto udara multispektral kaitannya dengan produksi TBS.
- b. Bagi peneliti selanjutnya, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan aplikasi mengenai aspek-aspek lain yang dapat dikembangkan dari pemanfaatan foto udara multispektral seperti penggunaan indeks vegetasi.
- c. Bagi perusahaan, penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi manajemen untuk menggunakan hasil foto udara multispektral sebagai alat bantu manajemen untuk mengontrol dan mengevaluasi produksi TBS.

## 1.5 Keaslian Penelitian

Beberapa penelitian sebelumnya terkait tema penelitian ini disajikan dalam tabel 1.1:

Tabel 1.1 Keaslian Penelitian

Peneliti	Judul	Tujuan	Kesimpulan
(Taufik et al., 2021)	Estimasi Produktivitas Kelapa Sawit Menggunakan Metode NDVI ( <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> ) Dan ARVI ( <i>Atmospherically Resistant Vegetation Index</i> ) Dengan Citra Sentinel-2A (Studi Kasus : Beberapa Wilayah di Propinsi Riau).	1. Mengetahui hubungan antara algoritma transformasi NDVI dan ARVI dengan umur kelapa sawit pada Sentinel-2A. 2. Mengetahui hubungan algoritma transformasi NDVI dan ARVI, umur dan produksi kelapa sawit pada Sentinel-2A. 3. Mengetahui tingkat akurasi dan hasil estimasi produktivitas kelapa sawit dengan NDVI dan ARVI menggunakan Sentinel-2A.	Estimasi produksi kelapa sawit dengan metode regresi linier berganda dengan algoritma transformasi NDVI menghasilkan akurasi 76,815% dan untuk algoritma transformasi ARVI menghasilkan akurasi 77,327%.
(Dwinita, 2016)	Pemanfaatan Citra SPOT-5 Untuk Estimasi Produksi Kelapa Sawit ( <i>Elaies guineensis</i> Jacq.) (Lokasi Unit Kebun PT. Mutiara Sawit Seluma, Kabupaten Seluma, Provinsi Bengkulu)	Proses estimasi produksi kelapa sawit menggunakan aplikasi penginderaan jauh secara spasial dengan menggunakan algoritma indeks vegetasi. Indeks vegetasi yang digunakan dalam membangun model indeks yakni NDVI, GNDVI, dan SAVI	Ketelitian produktivitas dari model menghasilkan ketelitian estimasi produksi sebesar NDVI 81%, GNDVI 72%, dan SAVI 68,69%.
(Nurmalasari & Santosa, 2016)	Pemanfaatan Citra Satelit-2A Untuk Estimasi Produk Pucuk Teh Disebagian Kabupaten Karanganyar.	Untuk mengkaji akurasi permodelan hasil Estimasi Produksi Pucuk Teh berbasis transformasi Berbasis Indeks Vegetasi (NDVI, SAVI, ARVI).	Berdasarkan hasil Citra Sentinel-2A mampu Mengkorelasikan Hasil Estimasi Produk Pucuk Teh dengan beberapa Transformasi Indeks Vegetasi.
(Evrilia, 2014)	Analisis Tingkat Produktivitas dan Kesehatan Kelapa sawit Menggunakan Data Foto Udara Multispktral dan Lidar	1. Mengidentifikasi dan mengestimasi tingkat produktivitas kelapa sawit melalui informasi umur setiap pohon. 2. Mengidentifikasi tinggi pohon dari data LiDAR yang dimodelkan ke dalam	NDVI yang didapatkan dari analisis untuk mengklasifikasi pohon kelapa sawit mempunyai nilai index vegetasi dari rentang - 0.9 sampai 0.9. Pada - 0.9 sampai 0.1 merupakan area non vegetasi, nilai 0.1

		<p>bentuk DEM, DSM, dan CHM.</p> <p>3. Klasifikasi NDVI untuk menentukan kesehatan dari pohon kelapa sawit sebagai pendukung dalam estimasi tingkat produktivitas kelapa sawit.</p>	<p>sampai 0.3 merupakan vegetasi yang sakit, dan nilai 0,5 sampai 0.9 merupakan tumbuhan yang sehat.</p>
(Shabrina et al., 2020)	<p>Analisis Identifikasi Fase Tumbuh Padi Untuk Estimasi Produksi Padi Dengan Algoritma EVI dan NDRE Multitemporal Pada Citra Sentinel-2 di Kabupaten Demak</p>	<p>Mengetahui distribusi fase tumbuh padi yang dapat digunakan untuk mengestimasi produksi padi menggunakan citra satelit Sentinel-2. Algoritma yang digunakan dalam penentuan fase tumbuh padi adalah algoritma EVI (Enhanced vegetation Index) dan algoritma NDRE (Normalized Difference Red-Edge Index).</p>	<p>Hasil penelitian berupa analisis algoritma terbaik dalam penentuan fase tumbuh padi yaitu algoritma NDRE yang lebih baik dibanding dengan algoritma EVI dengan nilai koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) sebesar 0,6095 sehingga memiliki nilai keterpengaruhannya sebesar 60,95% dengan model persamaan <math>y = -0,0131 x^2 + 0,1484 x + 0,0758</math></p>