

Analisis *Tree Counting* Kelapa Sawit Menggunakan Metode *Object-Based Image Analysis* (OBIA) dan *Random Forest Machine Learning* (Studi Kasus: Kecamatan Cempaga Hulu, Kabupaten Kotawaringin Timur)

Raihan Daffa Gusti Abyanta, Hepi Hapsari Handayani, dan Raudlah Hawin Ayani
Departemen Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: hapsari@geodesy.its.ac.id

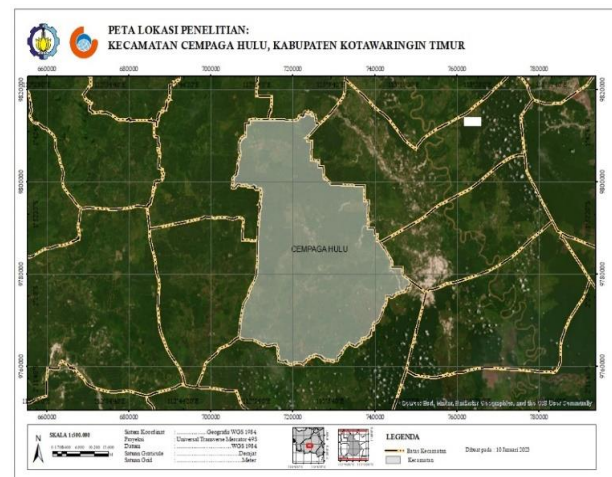
Abstrak—Sebagai upaya mempercepat perhitungan jumlah pohon kelapa sawit guna *asseting* dalam produksi komoditas sawit, dapat menggunakan teknologi di bidang geomatika dengan mengaplikasikan pemanfaatan teknologi *machine learning*. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk perhitungan jumlah pohon kelapa sawit dengan tepat, dan cepat adalah dengan klasifikasi berbasis objek menggunakan data mozaik *orthophoto*. Data tersebut dapat diolah menggunakan metode klasifikasi berupa *Object Based Image Analysis* (OBIA) dan *Random Forest Machine Learning*. Dalam pengolahan menggunakan masing masing sample pada sawit, tanah dan non sawit diwakili 80 sampel. Didapatkan hasil berupa raster lalu diolah menggunakan metode *multiresolution*. Hasil dari pengolahan otomatisasi sebesar 3098 titik pohon sawit dan hasil uji validasi digitasi manual sebesar 3034 titik pohon sawit sehingga didapat deviasi sebesar 64 titik pohon. Melalui pengujian performa pemodelan *machine learning*, yakni *confusion matrix* dengan nilai sebesar 0,89 dan *kappa* sebesar 0,78.

Kata Kunci—Kelapa Sawit, *Tree Counting*, *Random Forest*, OBIA.

I. PENDAHULUAN

INDONESIA dianugerahi oleh sumber daya alam yang melimpah, termasuk salah satunya terletak pada bujur khatulistiwa dan juga termasuk kedalam salah satu negara tropis. Kondisi tersebut menyebabkan kondisi tanah Indonesia menjadi subur sehingga memberi pengaruh baik bagi kehidupan masyarakat, salah satunya dalam sektor perkebunan. Komoditas yang menjadi instrumen tepat sebagai penghela pertumbuhan dan sekaligus juga pemerataan ekonomi di Indonesia adalah pohon sawit. Pohon sawit merupakan penghasil sumber minyak nabati. Potensi pohon sawit di Indonesia sangat besar dan penyebaran perkebunan pohon sawit di Indonesia saat ini sudah berkembang di 27 provinsi. Luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia dari tahun ke tahun terus meningkat dan pada tahun 2021 total keseluruhan luas kebun kelapa sawit di Indonesia adalah 14.663,60 ha.

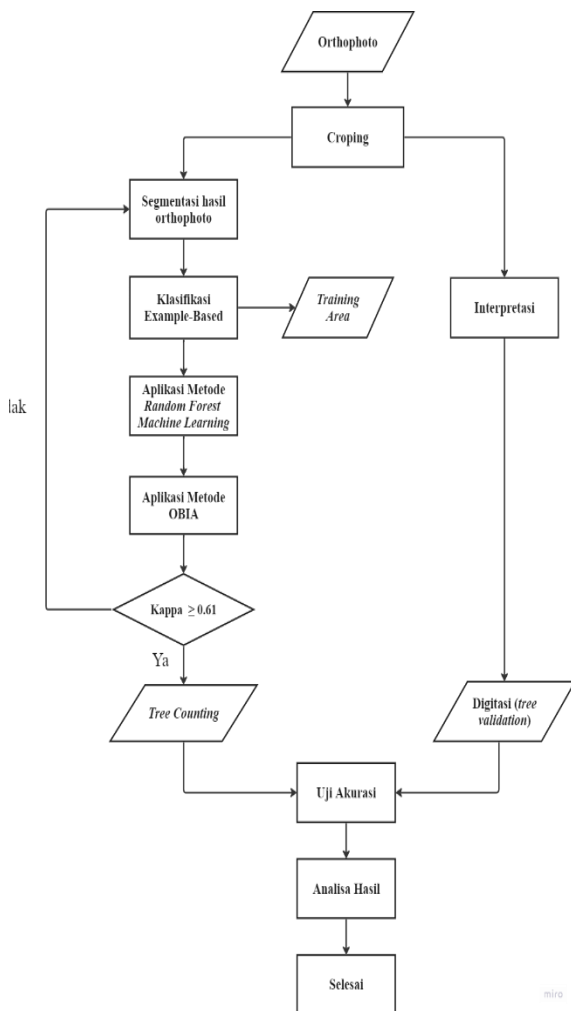
Pada tahun 2021, volume ekspor minyak sawit Indonesia mencapai 26,9 juta ton. Minyak Sawit menjadi salah satu komoditas penopang ekspor Indonesia selama pandemi yang membuat kinerja ekspor secara keseluruhan tidak terlalu buruk. Ekspor Minyak Sawit secara kuartalan menjadi salah satu komoditas yang tidak mencatatkan kontraksi namun terjadi penurunan yang diakibatkan penyebaran covid-19,



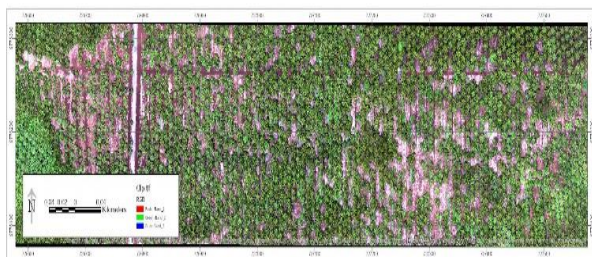
Gambar 1. Lokasi Penelitian.

sehingga menutup akses ekspor sementara. Hal itu membuat beberapa pasokan pada beberapa pemasok sawit menurun, salah satunya pada Provinsi Kalimantan Tengah. Selain pada proses ekspor yang berkurang, juga diakibatkan oleh adanya hama yang hidup sehingga merusak kondisi tanaman. Dikarenakan para pelaku usaha mengalami penurunan ekspor minyak kelapa sawit pada saat pandemi, maka pelaku usaha sawit perlu meningkatkan produktivitas panen sawit di saat-saat ini. Dengan meninjau persebaran pohon sawit, menghitung sebaran pokok per hektar tanpa meninjau pohon satu persatu, para pelaku usaha dapat mengestimasi produksi usaha dengan lebih akurat.

Sejak perkembangan zaman, manusia telah menggunakan banyak jenis alat untuk menyelesaikan berbagai masalah dengan cara yang lebih sederhana. Salah satu bidang pengembangan dalam lingkup geomatika yang dapat diaplikasikan untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan pemanfaatan pemotretan foto udara. Pemotretan dapat dilakukan menggunakan wahana berupa satelit ataupun drone, tergantung cakupan lahan yang akan diambil. Pada penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya adalah melakukan klasifikasi objek. Namun beberapa hal seperti resolusi dan ketajaman kamera yang digunakan sangat minim sehingga mempengaruhi hasil dari pengklasifikasian objek sehingga diperlukan adanya pengklasifikasian objek secara mendetail. Pada penelitian yang lain juga didapat beberapa metode yang digunakan namun juga perlu diperhatikan pada



Gambar 2. Diagram alir pengolahan data.



Gambar 3. Orthophoto.

tumbuh tanaman agar tidak adanya bias pada pengindetifikasian objek pada pohon kelapa sawit [1]

Hal itu sejalan dalam mengatasi permasalahan dengan algoritma prediksi salah satunya dengan menerapkan machine learning. *Machine learning* adalah cabang dari ilmu komputer yang mempelajari bagaimana cara mengajarkan komputer untuk melakukan sesuatu tanpa perintah secara eksplisit [2]. Dalam penerapannya machine learning sangat membantu kinerja pengolahan data salah satunya dalam keefektifan waktu. Ada beberapa pendekatan utama dalam machine learning dalam mendukung hal tersebut, salah satunya dengan metode *Object-Based Image Analysis* (OBIA). OBIA merupakan pendekatan klasifikasi citra yang tidak hanya mempertimbangkan aspek spektral namun aspek spasial objek. OBIA merupakan teknik klasifikasi yang memperhatikan kesatuan objek berdasarkan rona dan tekstur

Tabel 1.

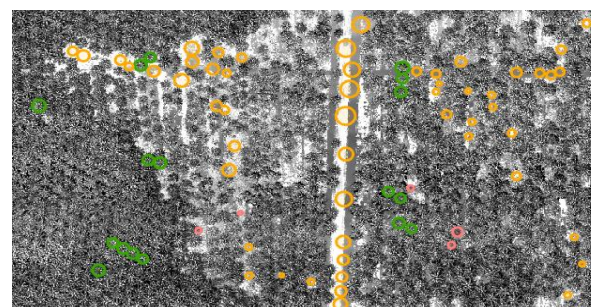
Penentuan <i>segmentation value</i>			
Segmentation	Value		
	1	2	3
<i>Spectral detail</i>	10	15	20
<i>Spatial detail</i>	10	15	2020
<i>Minimum segment size</i>	20	20	

Tabel 3.

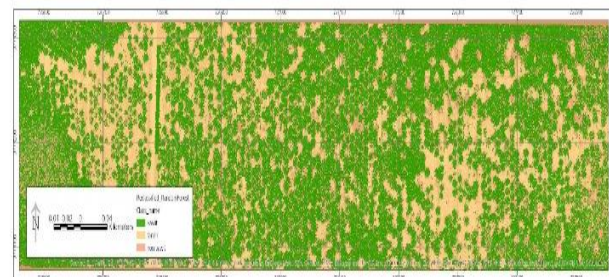
Sample Train Data	
Class	Sample
Sawit	80
Tanah	80
Non Sawit	80

Tabel 4.

Sample Train Data			
Max Number of Trees	30	50	80
Max Tree of Depth	10	30	60
Max Number of Sample	1000	1000	1000



Gambar 4. Pengolahan *sample train*.



Gambar 5. Klasifikasi *random forest*




piksel [3]. Metode lain yang dapat digunakan dalam perhitungan kelapa sawit dapat juga menggunakan *Random Forest Machine Learning*. Algoritme klasifikasi *Random Forest* (RF) untuk data foto udara memiliki hasil yang lebih unggul dalam hal metrik dan akurat dibandingkan dengan pengklasifikasi non-parametrik lainnya. Mengenai penilaian Pendekatan yang lebih berulang dan lebih mudah diikuti juga akan menguntungkan dalam proses tree counting [4]. Kedua metode tersebut dapat membantu mempercepat proses monitoring kondisi tanaman secara pasif dan mengetahui jumlah total keseluruhan tanaman yang tercakup dalam foto udara yang didapat.

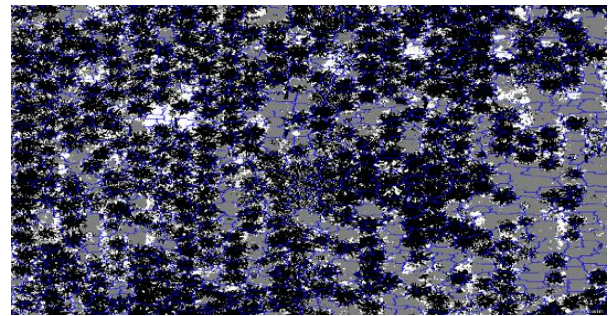
II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

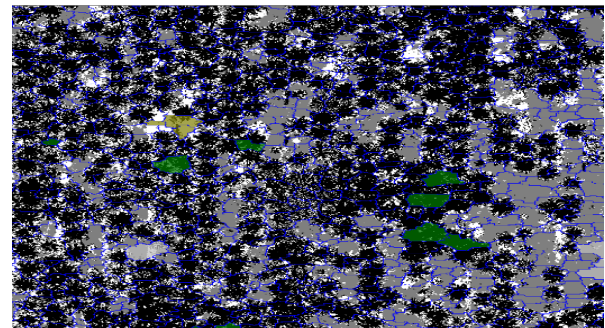
Lokasi Penelitian ini berstudi kasus di Kec. Cempaga Hulu, Kab. Kotawaringin Timur, Kalimantan Tengah yang terletak pada koordinat 01°40'16" – 02°02'44" LS dan 112°50'36" – 113°05'59" BT. Dengan batas sebelah utara dengan Kec. Katingan Tengah dan Kec. Tualan Hulu, sebelah

Tabel 2.
Hasil uji segmentasi

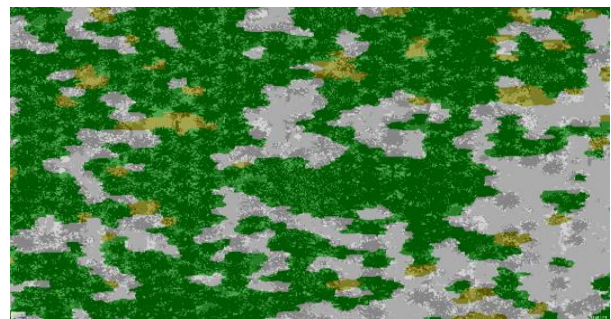
	Uji 1
<p><i>Spektral detail (10), spatial detail (10), min segment size (20)</i></p>	
	Uji 2
<p><i>Spektral detail (15), spatial detail (15), min segment size (20)</i></p>	
	Uji 3
<p><i>Spektral detail (20), spatial detail (20), min segment size (20)</i></p>	



Gambar 6. Klasifikasi *multiresolution*.



Gambar 7. *Select sample by class*.



Gambar 8. Klasifikasi *OBIA*.

C. Tahap Pengolahan Data

Diagram alir pengolahan data dapat dilihat pada Gambar 2.

1) Orthophoto

Orthophoto didapatkan dari pemrosesan penggabungan foto udara perkebunan kelapa sawit dari data yang telah didapat.

2) Cropping

Proses *cropping* diperlukan untuk kepentingan pengambilan *sample* lokasi yang akan dijadikan pembanding. Usahakan untuk memilih bagian area yang memiliki perbedaan situasi, misalnya dalam satu area yang di-crop terdapat bagian yang terkena bayangan awan, perbedaan warna *ground*, paparan sinar matahari dengan intensitas berbeda, dan perbedaan umur sawit. Perbedaan situasi tersebut merupakan parameter yang nantinya akan menjadi tolok ukur keakuratan perhitungan jumlah pohon kelapa sawit secara otomatis.

3) Training Area

Training area dalam penelitian ini bertujuan untuk validasi data pada input kelas pada tahap *example-based classification*

barat berbatasan dengan Kec. Tualan Hulu dan Kec. Parenggean, sebelah selatan berbatasan dengan Kec. Cempaga, sebelah timur berbatasan dengan Kec. Tewangsangkalangaring dan Kec. Katingan dapat dilihat pada Gambar 1.

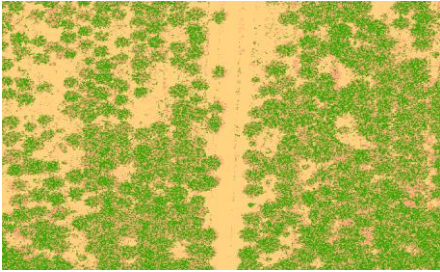
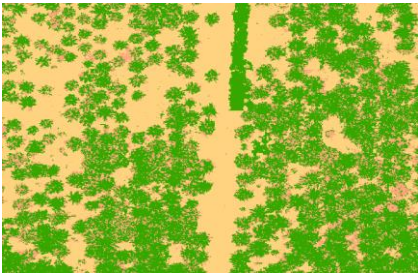
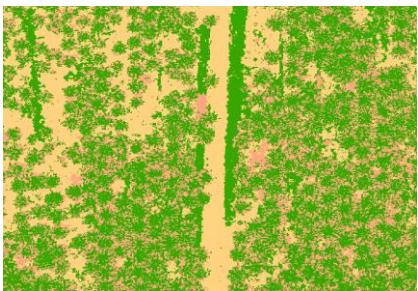
B. Data dan Peralatan

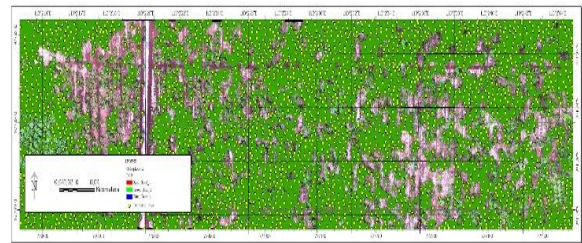
Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Mozaik *orthophoto* hasil pengolahan foto udara pada oktober 2022 di area perkebunan kelapa sawit di Kec. Cempaga Hulu, Kab. Kotawaringin Timur, Provinsi Kalimantan Tengah.
2. Shp dari point tree validation clip *orthophoto*.

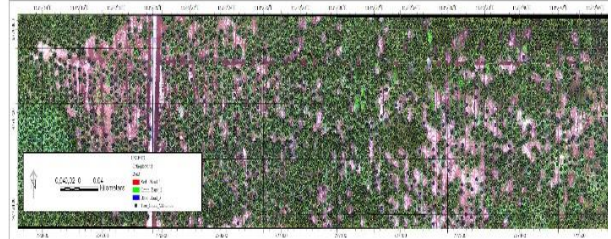
Peralatan yang digunakan untuk pengolahan data pada penelitian ini adalah perangkat keras (*hardware*) meliputi laptop Acer Nitro AN515-43 dan perangkat lunak (*software*) mencakup, *software* ArcGIS Pro, *software* Image Processing dan *Microsoft Office* 365.

Tabel 5.
Hasil uji *train sample*

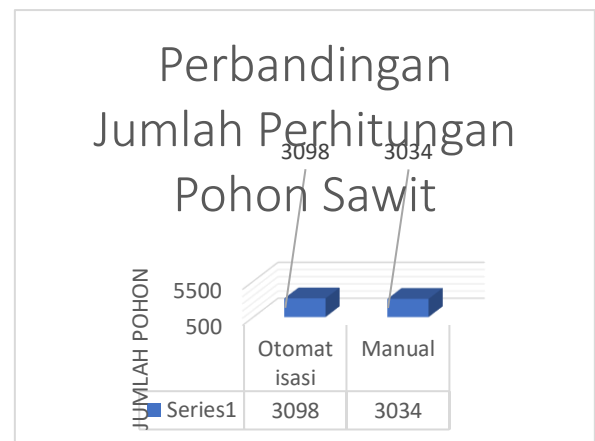
	Uji 1
<i>Max number trees (30), max tree depth (10), max number samples (1000)</i>	
	Uji 2
<i>Max number trees (50), max tree depth (30), max number samples (1000)</i>	
	Uji 3
<i>Max number trees (80), max tree depth (60), max number samples (1000)</i>	



Gambar 9. Distribusi otomatisasi pohon sawit.



Gambar 10. Distribusi digitasi manual pohon sawit.



Gambar 11. Perbandingan perhitungan jumlah pohon kelapa sawit.

dengan hasil pengolahan metode yang dilakukan.

4) Digitasi

Proses perhitungan ini menggunakan *tools editing* dengan metode indeks *ground truth*. Dalam mengidentifikasi objek digunakan metode klasifikasi visual untuk mendapatkan acuan dalam melakukan interpretasi dalam membedakan vegetasi dan non vegetasi. Untuk memudahkan identifikasi, setiap acuan yang dianggap pohon kelapa sawit di digit dengan point atau titik pada *modify tools*.

5) Klasifikasi Example-Based

Citra hasil segmentasi kemudian diklasifikasi dengan metode *example-based*, dengan cara memilih *training sample* untuk masing-masing kelas dari objek/segmen yang telah terbentuk dari segmentasi. Untuk proses klasifikasi kali ini digunakan algoritma *random forest* dan OBIA.

a. Random Forest

Citra *orthophoto* dilakukan proses klasifikasi parameter, sehingga dilakukan *training sample* agar didapat hasil keputusan terbaik. Klasifikasi parameter dimulai dengan parameter segmentasi *spectral detail*, *spatial detail* dan *segment size in pixel* jika sudah dalam prediksi keputusan terbaik maka akan dilanjutkan kedalam proses selanjutnya. Kemudian data hasil prediksi dilakukan *training tree* jika telah sesuai maka akan didapatkan hasil dari *random forest*.

b. OBIA

Citra hasil segmentasi *random forest* dilakukan proses *multiresolution* agar data dapat terdeteksi dalam berbagai resolusi, kemudian dilakukan pembedaan class dengan input parameter sample klasifikasi pada ortofoto yang telah teresolusi, antara lain: (1)Sawit: Pohon Sawit;(2)Non vegetasi: Non sawit/Gulma;(3)Tanah: Lahan Kosong. Selanjutnya diklasifikasi kembali dari hasil klasifikasi dengan input *select by attributes* untuk sawit lalu dilakukan *centroid x* dan *y* pada sawit yang telah tersegmentasi lalu dilakukan *XY table to point* sehingga akan didapat hasil titik yang dinyatakan pohon sawit. Pada akhir proses klasifikasi berbasis objek metode RF dan OBIA, kemudian dapat diketahui jumlah pohon sawit pada hasil pengolahan yang dilakukan.

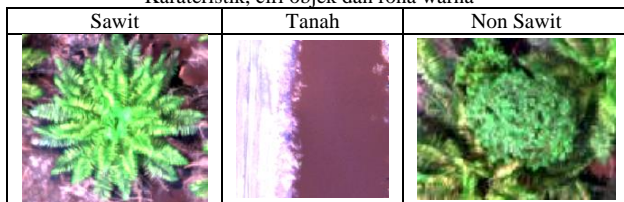
6) Kappa

Uji evaluasi akurasi pada pengolahan mengacu pada nilai koefisien kappa oleh persamaan congalton [5]. Sehingga digunakan batas uji sebesar $\geq 0,61$ agar batas yang digunakan dapat diterima dengan peluang akurasi baik.

7) Uji Akurasi

Pada proses uji akurasi menggunakan metode uji *matrix* menggunakan *confusion matrix* dan hasil dari deviasi antara data otomatisasi dan data digitasi.

Tabel 6.
Karakteristik, ciri objek dan rona warna



Tabel 7.
Confusion Matrix

Class Value	C_1	C_2	C_3	Total	U_Accuracy	Kappa
C_1	60	3	1	64	0,94	0
C_2	4	22	0	26	1	0
C_3	2	1	7	10	0,70	0
Total	66	26	8	100	0	0
P_Accuracy	0,91	0,85	1	0	0,89	0
Kappa	0	0	0	0	0	0,78

8) Analisa Hasil

Analisa hasil yang dilakukan dengan menggunakan hasil uji akurasi sehingga dianalisa terkait hasil pengolahan dan digitasi manual terhadap uji coba pada penelitian yang dilakukan dengan validasi yang ditampilkan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Mozaik Orthophoto

Gambar 3 merupakan hasil orthophoto dari pengolahan foto udara. Mozaik orthophoto memberikan informasi dalam sistem koordinat yakni UTM-WGS 84, satuan skala dalam meter, tinggi terbang mencapai 147,63 meter, dan luas mencapai 27,2875 ha.

Orthophoto kemudian dilakukan sun calibration untuk mendapat hasil orthophoto yang jelas dalam pengolahan data machine learning.

B. Hasil Pengolahan Machine Learning

Dalam proses klasifikasi dengan metode machine learning, dibagi menjadi 2 tahapan yakni Random Forest dan Object-Based Image Analysis (OBIA).

1) Random Forest

Pengolahan random forest digunakan dalam parameter untuk menentukan metode klasifikasi supervised dengan tipe object-based, segmentasi image dan training data. Dan untuk penentuan nilai parameter dilakukan uji segmentasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Jika segmentasi pada uji 1 menggunakan formulasi spectral detail diatur dengan value 10, spatial detail dengan value 10 dan minimum segment size dengan value 20. Pada uji 2 menggunakan formulasi spectral detail diatur dengan value 15, spatial detail dengan value 15 dan minimum segment size dengan value 20. Pada uji 3 menggunakan

formulasi spectral detail diatur dengan value maksimum sebesar 20, spatial detail dengan value maksimum sebesar 20 dan minimum segment size dengan value 20.

Percobaan uji akurasi juga ingin membuktikan deskripsi jika lebih besar parameter yang digunakan maka menghasilkan perataan yang lebih kecil dan output hasil yang lebih kasar. Perbedaan percobaan uji value dilakukan untuk mengetahui hasil dari masing masing segmentasi sehingga dapat dilihat segmentasi yang sesuai dengan objek yang didapat. Hal itu dapat membantu dalam pengolahan selanjutnya. Sehingga dapat dilihat perbedaan dari hasil uji segmentasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari pengujian tersebut dipilih formulasi pada uji kedua dengan formulasi spectral detail diatur dengan value 15, spatial detail dengan value 15 dan minimum segment size dengan value 20 untuk mendapatkan hasil yang sesuai segmentasi, agar dapat memudahkan untuk langkah pengolahan selanjutnya dengan mendapatkan hasil yang sesuai dengan kriteria dalam membedakan objek yang akan dilakukan perhitungan.

Kemudian data training diatur setelah dilakukan penentuan dari parameter segmentasi untuk menjalankan pengolahan, berupa sample train yang telah diolah. Dan untuk penelitian ini sample yang akan dilakukan training dibagi menjadi 3 kelas yakni sawit, tanah, dan non sawit. Jumlah penentuan sample dapat dilihat dalam Tabel 3.

Sawit, tanah, dan non sawit masing diwakili oleh 80 sampel, tanah diwakili oleh 82 sampel, non sawit diwakili 17 sampel. Sampel tersebut dilakukan dengan distribusi pada setiap bagian dari data orthophoto yang dianggap mewakili pada setiap bagiannya. Pengolahan sample train dapat dilihat pada Gambar 4.

Lalu train pengolahan dilakukan secara optimal menggunakan kombinasi default software pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4.

Untuk train sample pengolahan ini dilakukan uji coba formulasi dengan parameter yang digunakan. Pada uji 1 dilakukan percobaan max number of trees sebesar 30, max tree of depth sebesar 10, dan max number of samples sebesar 1000. Pada uji 2 dilakukan percobaan max number of trees sebesar 50, max tree of depth sebesar 30, dan max number of samples sebesar 1000. Pada uji 3 dilakukan percobaan max number of trees sebesar 80, max tree of depth sebesar 60, dan max number of samples sebesar 1000. sehingga didapatkan hasil pengolahan random forest dari uji coba formulasi dapat dilihat pada Tabel 5.

Sehingga dari pengujian tersebut dipilih formulasi pada uji kedua dengan dengan formulasi max number of trees 50, max tree depth sebesar 30 dan max number samples sebesar 1000 untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan kombinasi parameter yang diatur, agar hasil dari pengolahan data random forest mendapatkan hasil raster yang dapat memudahkan untuk langkah pengolahan selanjutnya dengan mendapatkan hasil yang sesuai dengan kriteria dalam membedakan objek yang akan dilakukan perhitungan. Sehingga didapatkan hasil keseluruhan raster dapat dilihat pada Gambar 5.

2) Object-Based Image Analysis

Setelah didapatkan hasil dari metode random forest berupa raster maka dilakukan segmentasi kembali menggunakan

metode *multiresolution* hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil objek yang dapat terdeteksi dari berbagai resolusi spasial sehingga dapat terbaca dengan dilanjutkan menggunakan *select sample* sesuai kelas yang telah ditentukan pada metode *random forest*. Untuk kelas yang digunakan harus sesuai dengan pembagian kelas pada pengolahan data *random forest*. Klasifikasi *multiresolution* dapat dilihat pada Gambar 6 dan *Select sample by class* dapat dilihat pada Gambar 7.

Kemudian setelah dilakukan pemilihan *sample* yang telah terdistribusi dilakukan metode *classification based on sample* yang telah dibuat. Klasifikasi OBIA dapat dilihat pada Gambar 8. Setelah dilakukan klasifikasi, hasil tersebut dilakukan *raster to point* menggunakan perhitungan *calculate geometry* dengan mencari *centroid* pada masing masing *polygon* yang didapat setelah dilakukan *select by attributes* untuk kelas yang terdeteksi sawit. Dari hasil Gambar 9 didapat jumlah titik sebesar 3098 titik pohon yang terdistribusi.

C. Hasil Digitasi Manual

Untuk setiap objek yang teridentifikasi berupa pohon sawit menggunakan *editing tools point* dengan validasi *based on spectral* dan interpretasi visual. Interpretasi pengenalan objek dilakukan dengan proses penafsiran berdasarkan karakteristik, ciri objek dan rona warna yang terlihat secara visual dapat dilihat pada Tabel 6.

Dalam melakukan interpretasi foto udara, dilakukan penafsiran objek untuk penentuan pohon sawit dari hasil data *orthophoto* secara visual. Dari hasil interpretasi visual yang dilakukan, terdapat 3 jenis pembagian klasifikasi interpretasi visual, yaitu sawit, tanah, dan non sawit. Hasil interpretasi ini selanjutnya dijadikan acuan untuk digitisasi klasifikasi penentuan pohon sawit. sehingga didapatkan hasil digitasi *point* pohon sawit dapat dilihat pada Gambar 10. Dari hasil tersebut didapatkan jumlah titik sebesar 3034 titik pohon sawit yang terdistribusi.

D. Analisa Uji Akurasi

Dari pengolahan tersebut dilakukan uji akurasi *Confusion Matrix* sebagai penilaian akurasi yang memuat hubungan antara sampel terklasifikasi dan hasil uji lapangan (*ground truth*) [6] dan *kappa* statistik sebagai perhitungan yang digunakan untuk mengevaluasi akurasi dari tutupan lahan yang dihasilkan oleh matriks kesalahan [7] sehingga didapatkan tabel *Confusion matrix* dapat dilihat pada Tabel 7. Dari tabel 7t dapat dilihat hasil akurasi *confusion matrix* sebesar 0,89 dan nilai *kappa* sebesar 0,78 yang mengindikasikan peluang akurasi baik.

E. Analisa Perhitungan Pohon

Uji nilai parameter pada proses perhitungan menggunakan OBIA dan *Random Forest* menghasilkan jumlah total dapat dilihat pada Gambar 11. Untuk Total pohon sawit pada perhitungan otomatisasi sebesar 3098 pohon dengan deviasi sebesar 64 pohon. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh pengolahan hasil secara menyeluruh tanpa penentuan secara khusus pada penggunaan parameter yang dilakukan sehingga hasil yang didapat merupakan hasil satu kesatuan dari *clip orthophoto* yang digunakan. Selain itu faktor lain seperti bentuk pohon yang dinamis dapat menyebabkan ambigu pada sistem kerja *machine learning* yang digunakan.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kesimpulan sebagai berikut:(1)Metode pengolahan menggunakan *random forest* menyajikan data berupa raster sehingga data yang ditampilkan masih dalam bentuk klasifikasi secara *spectral detection*, karena sifat tersebut maka *random forest* dapat dijadikan sebagai data pendukung untuk metode OBIA sebagai *object detection* untuk mendapatkan hasil berupa titik pohon sawit untuk mencapai perhitungan secara otomatisasi. Dari hasil tersebut dapat diketahui perbandingan antara digitasi dan otomatisasi yakni 3034 titik pohon dan 3098 titik pohon dengan deviasi sebesar 64 titik pohon;(2)Titik antara metode *machine learning* dan validasi interpretasi visual mencapai peluang *overall accuracy* sebesar 0,89 yang telah masuk kedalam nilai minimal sesuai dengan PERKA BIG No. 6 tahun 2018 dan nilai *kappa* sebesar 0,78 yang telah masuk rentang kategori baik;(3)Tidak semua hasil titik berada pada posisi yang tepat, hal ini dapat terjadi dikarenakan beberapa faktor antara lain, tingkat keberagaman bentuk pohon pada *orthophoto* yang didapat sehingga menjadi tantangan tersendiri bagi sistem untuk mengetahui sampling secara menyeluruh, selain itu tingkat rapat renggangnya pohon yang terbilang dinamis sehingga membuat kerja sistem secara *machine learning* membuat parameter yang ditentukan secara menyeluruh dan tidak terspesifik secara segmen baik renggang atau rapatnya pohon sawit. Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini antara lain(1)Pada masing-masing metode segmentasi pengolahan OBIA dan *random forest* diperlukan adanya menginterpretasi terlebih dahulu objek yang dideteksi terkait kerapatan objek, dan pengambilan gambar sehingga menghasilkan formulasi yang sesuai;(2)Perlu dilakukan penentuan parameter pengolahan *machine learning* dalam setiap kondisi yang berbeda-beda agar hasil yang didapatkan menjadi lebih baik;(3)Perlu dilakukan studi lebih lanjut dari hasil penelitian menggunakan kombinasi metode yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT. Aria Agri Indonesia, yang telah bersedia menyediakan data foto udara dan mozaik *orthophoto* yang memiliki peranan penting dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Rahaldi, H. H. Handayani, and A. Wibowo, "Analisa kesehatan tanaman padi berdasarkan nilai aster, normalize difference vegetation index (ndvi) menggunakan citra, (studi kasus: Kabupaten Indramayu - Jawa Barat)," *GEOID*, vol. 8, no. 2, pp. 107–117, 2013.
- [2] B. Mahesh, "Machine learning algorithms - A review," *International Journal of Science and Research (IJSR)*, vol. 9, no. 1, pp. 381–386, 2020, doi: 10.21275/art20203995.
- [3] W. Astrid Febrina, I. Yanuarsyah, and S. Agustian Hudjimartu, "Kombinasi obia (object-based image analysis) untuk identifikasi wilayah permukiman," in *SEMNATI*, Bogor, Jul. 2019, pp. 354–358.
- [4] C. I. Gedeon *et al.*, "Identification and counting of European souslik burrows from uav images by pixel-based image analysis and random forest classification: a simple, semi-automated, yet accurate method for estimating population size," *Remote Sens (Basel)*, vol. 14, no. 9, 2022, doi: 10.3390/rs14092025.
- [5] K. G. Congalton R, *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*, 2nd ed. Broken Sound Parkway

- NW: Taylor & Francis Group, LLC., 2009.ISBN: 978-1-4200-5512-2.
- [6] James S. Aber, Irene Marzolff, and Johannes B. Ries, *Format Aerial Photography. Small-Format Aerial Photography*, 1st ed. Amsterdam, the Netherlands: Elsevier Science, 2010..ISBN: 9780444532602.
- [7] Badan Informasi Geospasial, *Peraturan Kepala BIG Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar*. Bogor: Badan Informasi Geospasial Indonesia. BN 2014 (1516): 3 hlm.; jdih.big.go.id, 2014.