

ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN MENGUNAKAN CITRA SENTINEL-1 MULTITEMPORAL (Studi Lokasi: Kecamatan Singorojo, Kabupaten Kendal)

Muhammad Ghani Aryatama^{*)}, Abdi Sukmono, Firman Hadi

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email: advice.ghani@gmail.com^{*)}

ABSTRAK

Perubahan tutupan lahan merupakan hal yang tak bisa dihindari akibat dari aktivitas manusia. Perubahan tutupan lahan dapat terjadi dimanapun sehingga perlu adanya monitoring. Salah satu daerah yang berpotensi mengalami perubahan tutupan lahan adalah Kecamatan Singorojo, Kabupaten Kendal. Hal ini dikarenakan PT. Perkebunan Nusantara IX yang terdapat di wilayah Kecamatan Singorojo melakukan penebangan karet dari tahun pertengahan tahun 2019 hingga akhir 2020 yang mengindikasikan adanya fenomena perubahan tutupan lahan. Penelitian ini menggunakan data Citra Sentinel-1 multitemporal dari tahun 2018 hingga tahun 2020. Citra Sentinel-1 yang digunakan berjumlah 15 Citra Sentinel-1 tiap tahunnya sehingga total jumlah Citra Sentinel-1 adalah 45 Citra. Citra Sentinel-1 multitemporal dapat dilakukan ekstraksi fitur sehingga didapat nilai rata-rata, maksimum, minimum, dan standar deviasi. Hasil ekstraksi fitur kemudian dilakukan klasifikasi menggunakan metode supervised dengan algoritma *Support Vector Machine* (SVM). Hasil klasifikasi tersebut kemudian dilakukan overlay untuk memudahkan analisis perubahan tutupan lahan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa analisis perubahan tutupan lahan menggunakan data Citra Sentinel-1 multitemporal kurang maksimal. Hal ini karena adanya efek geometri yang mengakibatkan kesalahan klasifikasi pada area lereng. Selain itu, terdapat juga kesalahan klasifikasi akibat efek speckle dan kemiripan nilai piksel pada kelas vegetasi lain, jati campuran, dan karet. Akurasi keseluruhan dari hasil klasifikasi tiap tahun adalah 36,11% pada tahun 2018, 42,04% pada tahun 2019, dan 39,01% pada tahun 2020. Penambahan parameter slope hanya mampu mengeliminasi kesalahan akibat efek geometri saja sehingga akurasi keseluruhan meningkat menjadi 49,59% pada tahun 2018, 52,39% pada tahun 2019, dan 50,13% pada tahun 2020. Disisi lain, identifikasi perubahan tutupan lahan dapat dilakukan dengan melakukan analisis tambahan seperti menggunakan interpretasi hasil klasifikasi antar tahun, analisis dinamika backscatter, dan visualisasi komposit RGB multitemporal.

Kata Kunci: Ekstraksi Fitur, Kecamatan Singorojo, Multitemporal, Perubahan Tutupan Lahan, Sentinel-1

ABSTRACT

Land change is a phenomenon that human can't avoid which caused by human activities. Land change can occur in anywhere so land change should be monitored everytime. The one district in Kendal Regency where has the potential to experience land change is Singorojo District. This is because PT. Perkebunan Nusantara IX, which is located in the Singorojo District area, has been logging rubber from 2018-2020 which is indicate that land change occur. This study uses multitemporal Sentinel-1 Imagery data from 2018 to 2020. The Sentinel-1 Imagery used is 15 Sentinel-1 Imagery each year so that the total number of Sentinel-1 Imagery is 45 Imagery. Multitemporal Sentinel-1 images can be performed with feature extraction so that the average, maximum, minimum and standard deviation values are obtained. The results of feature extraction are then classified using the supervised method with the Support Vector Machine (SVM) algorithm. The results of the classification are then overlaid to facilitate the analysis of land changes. The results of this study indicate that the analysis of land change using multitemporal Sentinel-1 Imagery data is not optimal. This is because of the geometric effect which results in a misclassification of the slope area. In addition, there is also a misclassification due to the speckle effect and the similarity of pixel values in other vegetation classes, mixed teak and rubber. The overall accuracy of the classification results each year is 36.11% in 2018, 42.04% in 2019, and 39.01% in 2020. The addition of the slope parameter is only able to eliminate errors due to geometry effects only so that the overall accuracy increases to 49.59% in 2018, 52.39% in 2019, and 50.13% in 2020. In addition, land change identification can be performed with the other analysis like interpretation from land classifications result from each year, dynamic of backscatter analysis, and multitemporal RGB composite.

Keywords : Feature Extraction, Land Cover Change, Multitemporal, Sentinel-1, Singorojo District

^{*)} Penulis Utama, Penanggung Jawab

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Lahan merupakan hal yang sangat penting bagi kehidupan manusia untuk melakukan kegiatan seperti untuk pertanian, pembangunan infrastruktur, dan aktivitas lainnya. Perubahan tutupan lahan merupakan suatu hal yang tidak bisa dihindari dalam pelaksanaan pembangunan dan pengembangan suatu wilayah. Perubahan tutupan lahan mampu memberikan dampak positif sekaligus dapat memberikan dampak negatif kepada kehidupan manusia sehingga perlu adanya pengawasan dan perencanaan mengenai perubahan tutupan lahan.

Kecamatan Singorojo merupakan salah satu kecamatan yang terletak di Kabupaten Kendal dengan sektor unggulannya yaitu sektor pertanian dan perkebunan. PT. Perkebunan Nusantara IX merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang perkebunan dan agrowisata yang memiliki perkebunan karet di Kecamatan Singorojo, Kabupaten Kendal, namun, pada pertengahan tahun 2019 hingga tahun 2020, sebagian perkebunan karet di Kecamatan Singorojo dilakukan penebangan dengan skala yang luas. Penebangan pohon karet dengan skala yang luas ini bisa menjadi indikasi adanya perubahan alih fungsi lahan di Kecamatan Singorojo.

Salah satu metode untuk melakukan pengawasan perubahan tutupan lahan adalah penginderaan jauh. Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek di permukaan bumi beserta fenomenanya melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objeknya (Lillesand & Kiefer, 1990). Penginderaan jauh merupakan metode yang efektif dan efisien untuk mengamati perubahan tutupan lahan. Pemantauan perubahan tutupan lahan menggunakan penginderaan jauh diperlukan minimum dua data atau peta hasil klasifikasi untuk periode waktu yang berbeda (Wahyunto, Abidin, Priyono, & Sunaryo).

Synthetic Aperture Radar (SAR) merupakan penginderaan jauh aktif yang memanfaatkan nilai backscatter untuk mengambil informasi objek dipermukaan bumi. Citra SAR memiliki beberapa keunggulan yang tidak dimiliki oleh citra optis, yaitu, dapat menembus awan sehingga sangat cocok digunakan pada daerah yang sering tertutupi oleh awan. Disisi lain, citra SAR memiliki informasi yang lebih sedikit dibanding dengan citra optis sehingga sulit untuk menginterpretasikan suatu objek ketika hanya menggunakan satu citra SAR saja.

Salah satu citra SAR yang dapat digunakan adalah Sentinel-1. Citra Sentinel-1 merupakan salah satu jenis citra SAR yang dapat diunduh secara gratis sehingga pengamatan perubahan tutupan lahan dapat dilakukan secara murah. Disisi lain, Citra Sentinel-1 memiliki kekurangan seperti terdapat efek geometri dan efek *speckle* yang menurunkan kualitas interpretasi objek serta mampu menimbulkan kesalahan klasifikasi. Selain itu, keterbatasan Citra Sentinel-1 yang hanya memiliki dua jenis polarisasi menyulitkan interpretasi terhadap objek yang memiliki kesamaan fisik seperti pada analisis vegetasi. Oleh sebab itu, diperlukan analisis lebih lanjut

seperti dengan metode multitemporal SAR.

Multitemporal SAR merupakan metode pengolahan citra SAR yang menggunakan data multitemporal. Metode tersebut menggunakan banyak waktu akuisisi citra sehingga dapat dilihat fenomena dari perbedaan atau dinamika *backscatter* dari waktu ke waktu. Selain itu, dengan menggunakan data multitemporal informasi dari citra SAR menjadi lebih banyak sehingga interpretasi objek menjadi lebih akurat. Menurut Novie Indriesari (2021) dalam jurnal yang berjudul "Analisa Filter Spekel Single dan Multitemporal Data Sentinel-1A", penggunaan data multitemporal Sentinel-1 mampu meningkatkan hasil interpretasi yang lebih baik dibanding dengan menggunakan data Sentinel-1 tunggal.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana akurasi hasil klasifikasi lahan menggunakan data *multitemporal* Citra Sentinel-1 tahun 2018, 2019, dan 2020?
2. Bagaimana hasil analisis perubahan tutupan lahan Kecamatan Singorojo dari tahun 2018, 2019, dan 2020?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui akurasi hasil klasifikasi lahan menggunakan data *multitemporal* Citra Sentinel-1 tahun 2018, 2019, dan 2020.
2. Mengetahui hasil analisis perubahan tutupan lahan Kecamatan Singorojo dari tahun 2018, 2019, dan 2020.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian ini membahas mengenai analisis perubahan tutupan lahan akibat dari penebangan kebun karet di Kecamatan Singorojo, Kabupaten Kendal.
2. Menggunakan data Sentinel-1 GRDH dual pol yang mencakup wilayah Kecamatan Singorojo, Kabupaten Kendal.
3. Interval waktu akuisisi data Sentinel-1 dari Januari 2018 hingga Desember 2020.
4. *Pre-processing* citra Sentinel-1 GRDH menggunakan perangkat lunak SNAP.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Kecamatan Singorojo merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Kendal. Kecamatan Singorojo memiliki luas wilayah 119,31 km² atau 11,9% dari luas wilayah Kabupaten Kendal. Kecamatan Singorojo terletak pada bagian selatan Kabupaten Kendal yang memiliki elevasi 100-379 m diatas permukaan laut. Kondisi topografi yang berbukit dan terletak pada dataran tinggi serta masih terdapat banyak vegetasi menyebabkan udara di Kecamatan Singorojo cukup lembab dan memiliki curah hujan yang cukup tinggi mencapai rata-rata 2100 mm/tahun. Kondisi tersebut yang menyebabkan sektor perekonomian Kecamatan Singorojo didominasi oleh sektor pertanian yang mencakup 26,65% luas wilayah dan sektor perkebunan yang

mencakup 25,52% dari luas wilayah Kecamatan Singorojo.

Kecamatan Singorojo memiliki potensi untuk terjadi perubahan tutupan lahan. Hal ini dikarenakan wilayah Kecamatan Singorojo masih didominasi oleh lahan pertanian dan perkebunan. Selain itu, sektor perkebunan juga memiliki peluang besar untuk mengalami perubahan tutupan lahan yang dikarenakan perubahan jenis tanaman ataupun masa habisnya Hak Guna Usaha (HGU) pada wilayah perkebunan.

2.2 Tutupan Lahan

Tutupan lahan merupakan suatu lingkungan fisik yang terdiri atas iklim, relief, tanah, air, dan vegetasi serta benda yang di atasnya sepanjang ada pengaruhnya terhadap tutupan lahan (Arsyad, 1989). Sedangkan tutupan lahan adalah segala campur tangan manusia dengan tujuan untuk mencukupi kebutuhan baik material maupun spiritual, ataupun kebutuhan kedua-duanya (Ritihardoyo, 2002). Deteksi perubahan tutupan lahan dapat dilakukan dengan memanfaatkan data spasial, peta tutupan lahan, foto udara, ataupun data penginderaan jauh dari waktu yang berbeda (Wahyunto, Abidin, Priyono, & Sunaryo).

2.3 Synthetic Aperture Radar (SAR)

Synthetic Aperture Radar (SAR) merupakan salah satu teknik penginderaan jauh yang memanfaatkan sensor aktif yang memancarkan dan menerima kembali gelombang elektromagnetik dalam panjang gelombang mikroyang dapat menembus awan untuk merekam backscatter yang dipantulkan dari permukaan bumi (Shuai, et al., 2019). SAR memanfaatkan gelombang sinyal elektromagnetik sehingga didapat informasi mengenai intensitas, fase, amplitudo, polarisasi sinyal, panjang gelombang, dan lain sebagainya. Selain itu, SAR merekam kenampakan objek dengan *side-looking* untuk mengurangi *left-right ambiguity*.

Tekstur objek merupakan salah satu hal yang mempengaruhi interpretasi SAR dalam mendefinisikan suatu objek. Hal ini terjadi karena sinyal SAR memiliki respon yang berbeda ketika mengenai suatu objek (Aukema & Wilson, 2019). Terdapat polarisasi dalam pancaran sinyal SAR. Polarisasi merupakan informasi arah gelombang sinyal SAR saat dipancarkan dan dipantulkan balik. Polarisasi sinyal SAR juga menjadi landasan interpretasi objek menggunakan SAR karena polarisasi memiliki respon yang berbeda terhadap berbagai tekstur objek.

2.3.1 Efek Geometri

Perekaman secara *side-looking* pada SAR menyebabkan efek geometri. Efek ini terjadi ketika lokasi perekaman SAR pada area yang memiliki topografi yang beragam seperti area perbukitan, pegunungan, dan lembah. Terdapat tiga efek geometri, yaitu, *foreshortening*, *layover*, dan *shadow* (Aukema & Wilson, 2019).

2.3.2 Efek Speckle

Efek speckle merupakan efek yang diakibatkan dari interferensi antara pantulan gelombang SAR dari scattering mikroskopis saat memantul pada terain (Helmy & El-Taweel, 2010). Tekstur terain pada area perekaman yang beragam menyebabkan *multiple scattering* sehingga nilai piksel yang terbentuk dalam satu jenis tutupan lahan bisa berbeda (Government of Canada, 2015).

2.4 Sentinel-1

Sentinel-1 merupakan salah satu satelit SAR yang dikembangkan oleh European Space Agency (ESA). Sentinel-1 menyediakan data yang berkualitas, akuisisi data yang cepat, cakupan area yang luas, serta sebaran data yang memadai sehingga data ini cocok diaplikasikan untuk pengamatan perairan, pengamatan daratan, dan penggunaan darurat (ESA, 2021). Sentinel-1 diresmikan pada tahun 2014 dengan satelit. Jenis gelombang Sentinel-1 adalah C-band dengan panjang gelombang yaitu 5,6 cm sehingga cocok untuk analisis lahan. Sentinel-1 memiliki polarisasi dual pol HH-HV dan VV-VH.

2.4.1 Preprocessing Sentinel-1 GRD

Sentinel-1 GRD merupakan produk Sentinel-1 yang sudah dilakukan *multi-look* dan produk yang sudah terproyeksi, namun produk ini belum bisa langsung digunakan karena masih terdapat *noise* dan kesalahan. Oleh karena itu, perlu dilakukan *preprocessing* untuk mengurangi kesalahan dan *noise*. Terdapat beberapa langkah untuk melakukan *preprocessing*, diantaranya (Filipponi, 2019):

- Apply Orbit File*
- Thermal Noise Removal*
- Calibration*
- Speckle Filter*
- Terrain Correction*
- Linear form to dB*

2.5 Multitemporal SAR

Multi Temporal SAR merupakan salah satu metode pengolahan citra SAR yang memanfaatkan banyak waktu citra. Citra SAR memiliki jumlah informasi sedikit sehingga terkadang sulit untuk mengidentifikasi suatu objek ketika hanya menggunakan satu citra SAR saja. Oleh karena itu, diperlukan informasi tambahan yang bisa didapatkan dengan metode multi temporal SAR. Metode ini memiliki beberapa macam analisis seperti analisis dinamika backscatter dan ekstraksi fitur (Braun, 2020).

2.5.1 Analisis Dinamika Backscatter

Analisis dinamika *backscatter* merupakan salah satu metode analisis data SAR dengan memanfaatkan perbedaan epoch waktu akuisisi data SAR. Metode ini memanfaatkan perbedaan *backscatter* dari waktu ke waktu sehingga dapat dilihat perbedaan kenampakannya. Analisis dinamika *backscatter* juga dapat memberikan informasi lebih sehingga diketahui jenis lahan ataupun peristiwa yang sedang terjadi dari area yang diamati (Yusof, Muharam, Takeuchi, Darmawan, & Razak, 2017).

2.5.2 Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur merupakan tahapan untuk mengekstrak nilai piksel dari citra. Penerapan ekstraksi fitur pada data *multitemporal* SAR dilakukan untuk mengekstrak nilai piksel dari sekumpulan data citra SAR. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan informasi baru dari kumpulan data *multitemporal*. Informasi yang didapat dari proses ekstraksi ini dapat berupa nilai rata-rata, maksimum, minimum, dan standar deviasi dari sekumpulan data *multitemporal* SAR (Minh, Avtar, Mohan, Misra, & Kurasaki, 2019).

2.5.3 Komposit RGB Multitemporal

Komposit RGB multitemporal merupakan sebuah metode yang dapat memvisualisasikan fenomena yang terjadi pada suatu objek dengan mengkompositkan tiga citra SAR dengan waktu akuisisi yang berbeda. Visualisasi warna dalam komposit RGB multitemporal pada dasarnya sama konsep RGB, yang membedakan adalah besar kecilnya nilai

RGB ditentukan oleh nilai *backscatter* citra SAR. Visualisasi warna tersebut mampu menunjukkan ada atau tidaknya *backscatter* dari tiga waktu akuisisi data sehingga dapat diamati fenomena yang terjadi dari suatu kawasan (Podest, McCulum, Perez, & McCartney, 2020).

2.6 Analisis Slope

Slope atau kelerengan merupakan kenampakan permukaan bumi yang berupa naikan atau turunan (Brouwer, Goffeau, & Heibloem, 1985). Dalam pengolahan data SAR, faktor kelerengan dapat mempengaruhi kualitas citra dan mempersulit interpretasi objek citra SAR. Hal ini karena efek geometri yang ditimbulkan akibat dari kelerengan suatu daerah. Penambahan parameter *slope* sebagai penambahan band pada raster citra SAR mampu meningkatkan performa citra SAR (Robson, et al., 2015).

2.7 Klasifikasi Lahan

Pada dasarnya, data penginderaan jauh merupakan data raster yang berbentuk piksel. Piksel yang berisi nilai tersebut perlu dikelompokkan untuk memudahkan identifikasi objek. Klasifikasi tutupan lahan merupakan metode untuk menentukan nilai piksel (sekelompok piksel) menjadi informasi tutupan tutupan lahan (Arora, 2010).

2.7.1 Support Vector Machine (SVM)

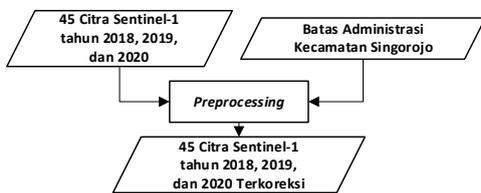
Support Vector Machine (SVM) merupakan algoritma klasifikasi yang berbasis *machine learning*. SVM didesain untuk mengkonstruksi *hyperplane* yang terpisah diantara kelas-kelas menggunakan *support vector* yang berada pada pinggiran domain kelas. SVM mengkalkulasikan *hyperplane* yang optimal yang dapat memisahkan kelas dari tiap masing-masing kelas dengan margin yang maksimum (Shi & Yang, 2015).

2.8 Uji Akurasi

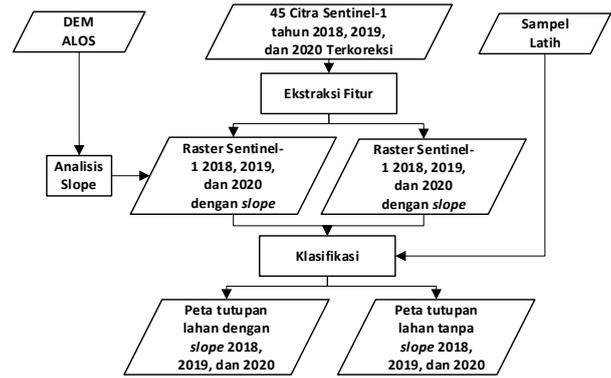
Uji akurasi merupakan metode untuk mendeteksi kesalahan-kesalahan hasil klasifikasi sehingga dapat diketahui tingkat akurasi dari hasil klasifikasi yang sudah dilakukan. Matriks konfusi merupakan metode yang biasa digunakan untuk menguji akurasi hasil klasifikasi. Matriks konfusi dilakukan dengan membandingkan data referensi (informasi objek sebenarnya) dan data uji (objek yang dipilih untuk uji akurasi).

3. Pelaksanaan Penelitian

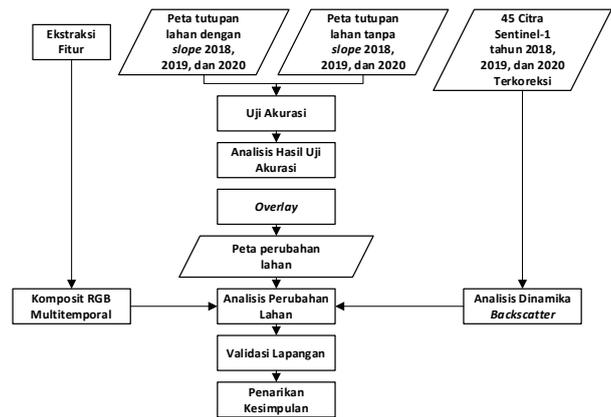
3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3-1 Diagram Alir Preprocessing



Gambar 3-2 Diagram Alir Pemrosesan



3.2 Alat dan Data Penelitian

3.2.1 Alat

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan satu unit laptop dan satu unit *handphone*. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah SNAP untuk melakukan *preprocessing* Citra Sentinel-1, QGIS untuk melakukan pengolahan Citra Sentinel-1, Microsoft Office Word 2020 untuk pengolahan data teks, Microsoft Office Excel 2020 untuk pengolahan data angka, dan Timestamps untuk validasi lapangan

3.2.2 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3-1 Data Penelitian

No	Data		
1	Sentinel-1		
	2018	2019	2020
	2-Jan-18	9-Jan-19	4-Jan-20
	7-Feb-18	2-Feb-19	28-Jan-20
	3-Mar-18	10-Mar-19	4-Mar-20
	27-Mar-18	3-Apr-19	9-Apr-20
	8-Apr-18	9-May-19	3-May-20
	2-May-18	21-May-19	27-May-20
	26-May-18	2-Jun-19	8-Jun-20
	19-Jun-18	8-Jul-19	2-Jul-20
	13-Jul-18	1-Aug-19	7-Aug-20
	6-Aug-18	13-Aug-19	31-Aug-20
	11-Sep-18	18-Sep-19	12-Sep-20
	5-Oct-18	24-Oct-19	6-Oct-20
29-Oct-18	17-Nov-19	30-Oct-20	
22-Nov-18	29-Nov-19	23-Nov-20	
28-Dec-18	23-Dec-19	29-Dec-20	
2	Planetscope		
	Mean Jul-Des 2018	Mean Jul-Des 2019	Mean Jul-Des 2020
3	DEM ALOS PALSAR RTC:		
	AP_25418_FBD_F7040_RT1.dem		

4	Batas Administrasi Wilayah Kabupaten Kendal skala 1:25.000
---	--

3.3 Tahap Preprocessing

Preprocessing Citra Sentinel-1A GRDH merupakan tahapan untuk melakukan koreksi sehingga citra Sentinel-1 GRDH dapat diproses lebih lanjut. Terdapat beberapa tahapan dalam preprocessing Citra Sentinel-1A GRDH, diantaranya adalah *apply orbit file*, *thermal noise removal*, *calibration*, *speckle filtering*, *terrain correction*, *conversion to dB*, dan *subset*.

3.4 Tahap Pemrosesan

Tahap pemrosesan merupakan tahapan untuk memproses hasil dari preprocessing Citra Sentinel-1 yang meliputi tahapan layer stacking, ekstraksi data Citra Sentinel-1 multitemporal, pembentukan band *timeseries*, dan klasifikasi tutupan lahan.

3.5 Tahap Analisis

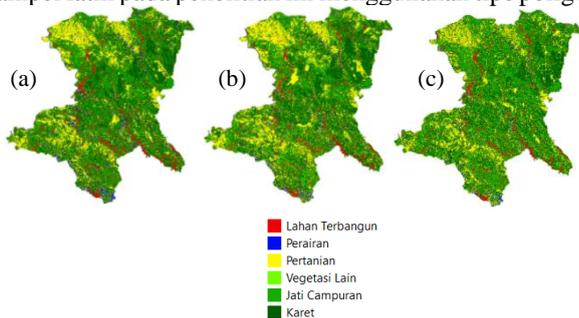
Tahap analisis merupakan tahapan untuk menganalisis hasil klasifikasi Citra Sentinel-1 multitemporal serta analisis perubahan tutupan lahan di Kecamatan Singorojo. Tahap analisis terdiri dari beberapa tahap, seperti, uji akurasi, validasi lapangan, dan analisis perubahan tutupan lahan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisis Hasil Klasifikasi Lahan Multitemporal Sentinel-1

4.1.1 Hasil dan Analisis Klasifikasi Lahan tanpa Parameter Slope

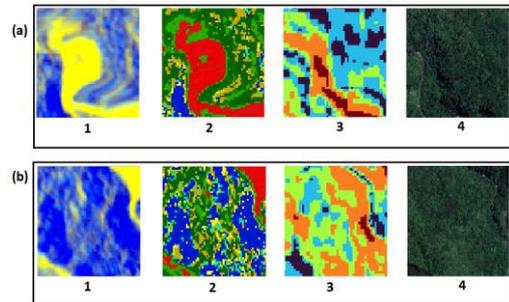
Klasifikasi tutupan lahan pada penelitian ini menggunakan beberapa kelas lahan, yaitu, lahan terbangun, perairan, pertanian, vegetasi lain, karet, dan jati campuran. Klasifikasi dilakukan menggunakan algoritma *Support Vector Machine (SVM)* yang merupakan klasifikasi supervised sehingga dibutuhkan pemilihan sampel latih yang tepat untuk mendapatkan hasil klasifikasi yang baik. Sampel latih digunakan untuk ketiga raster Sentinel-1 tahun 2018, 2019, dan 2020 sehingga pengambilan sampel latih perlu mempertimbangkan area mana yang tidak mengalami perubahan tutupan lahan. Sampel latih pada penelitian ini menggunakan tipe poligon.



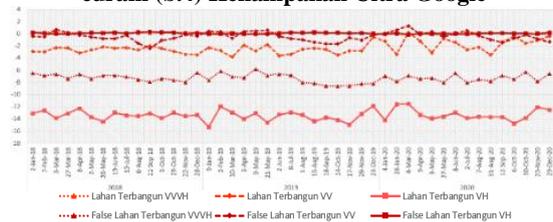
Gambar 4-1 Klasifikasi tutupan lahan Kecamatan Singorojo (a) 2018 (b) 2019 (c) 2020

Hasil klasifikasi menggunakan hasil ekstraksi data multitemporal Citra Sentinel-1 mendapatkan hasil yang kurang maksimal. Hal ini dikarenakan terdapat kesalahan klasifikasi yang disebabkan oleh beberapa faktor, seperti efek geometri, efek *speckle*, dan kesamaan nilai *backscatter* antar kelas. Area yang terdampak efek *layover* teridentifikasi sebagai area lahan terbangun, sedangkan area yang terdampak efek *shadow*

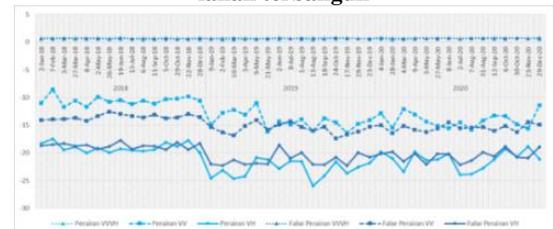
teridentifikasi sebagai area perairan. Hal ini dikarenakan area yang terdampak efek *layover* memiliki nilai *backscatter* yang tinggi, sedangkan efek *shadow* mengakibatkan nilai *backscatter* menjadi rendah.



Gambar 4-2 Perbandingan komposit, hasil klasifikasi, slope, dan citra optis. Kenampakan (a.1) Efek layover (a.2) Klasifikasi teridentifikasi pemukiman (a.3) Area berlereng curam (a.4) Kenampakan Citra Google (b.1) Efek shadow (b.2) Klasifikasi teridentifikasi perairan (b.3) Area berlereng curam (b.4) Kenampakan Citra Google

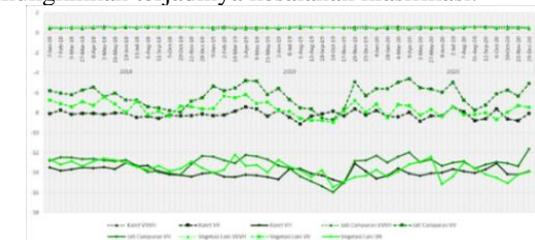


Gambar 4-3 Grafik timeseries lahan terbangun dan false lahan terbangun



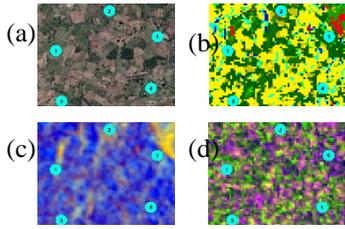
Gambar 4-4 Grafik timeseries perairan dan false perairan

Kesalahan klasifikasi juga terjadi pada kelas vegetasi lain, jati campuran, dan karet. Hal ini karena ketiga kelas ini memiliki nilai *backscatter* yang mirip sehingga memungkinkan terjadinya kesalahan klasifikasi.

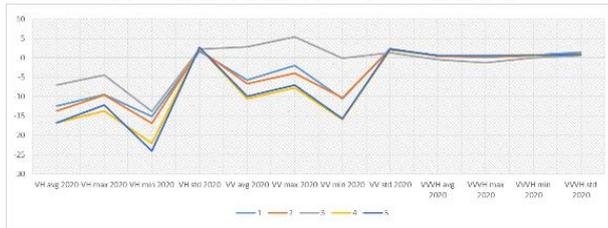


Gambar 4-5 Grafik timeseries kelas vegetasi lain, jati campuran, dan karet

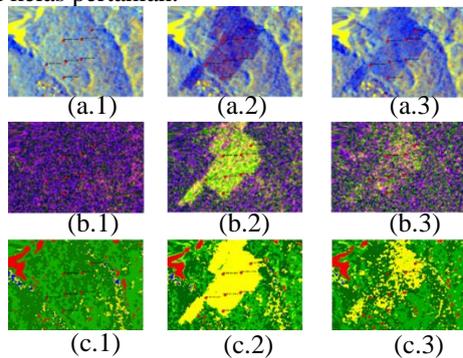
Efek *speckle* merupakan salah satu penyebab terjadinya kesalahan klasifikasi. Efek *speckle* menyebabkan nilai piksel pada satu jenis tutupan lahan tidak homogen. Hal tersebut terjadi akibat dari tekstur terain yang beragam sehingga menyebabkan *multiple scattering*.



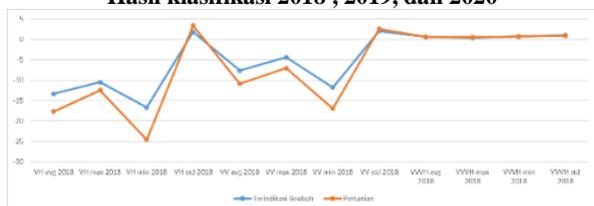
Gambar 4-6 Perbandingan antara (a) Citra Google Earth (b) Hasil klasifikasi lahan tahun 2020 (c) Komposit Citra Sentinel-1 nilai standar deviasi tahun 2020 (d) Komposit Citra Sentinel-1 nilai rata-rata tahun 2020



Gambar 4-7 Perbandingan nilai piksel akibat efek speckle
Selain itu, ada beberapa lahan yang teridentifikasi sebagai area pertanian namun pada kenyataannya area tersebut merupakan area perkebunan karet yang dilakukan penebangan. Hal tersebut terjadi karena pada area lahan karet tersebut dilakukan penebangan yang mengakibatkan nilai *backscatter* berubah secara signifikan tiap perekaman. Perubahan yang signifikan tersebut menjadikan nilai piksel pada area penebangan tidak berbeda jauh dengan wilayah pertanian sehingga lahan yang berubah teridentifikasi sebagai kelas pertanian.



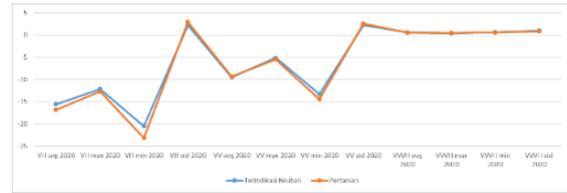
Gambar 4-8 Kenampakan (a.1, a.2, dan a.3) Komposit nilai rata-rata 2018, 2019, dan 2020 (b.1, b.2, dan b.3) Komposit nilai standar deviasi 2018, 2019, dan 2020 (c.1, c.2, dan c.3) Hasil klasifikasi 2018, 2019, dan 2020



Gambar 4-9 Nilai piksel lahan pertanian dan lahan berubah tahun 2018



Gambar 4-10 Nilai piksel lahan pertanian dan lahan berubah tahun 2019



Gambar 4-11 Nilai piksel lahan pertanian dan lahan berubah tahun 2020

4.1.2 Uji Akurasi Hasil Klasifikasi Lahan tanpa Parameter Slope

Tabel 4-1 Matrik Konfusi Tutupan Lahan Citra Sentinel-1 2018 tanpa Slope

	Lahan Terbangun	Perairan	Pertanian	Vegetasi Lain	Jati Campuran	Karet	Total	User Accuracy
Lahan Terbangun	4	0	3	14	1	4	26	15.38%
Perairan	0	2	4	8	0	2	16	12.50%
Pertanian	1	2	57	14	1	9	84	67.86%
Vegetasi Lain	1	0	2	8	0	0	11	73%
Jati Campuran	9	2	13	55	23	23	125	18.40%
Karet	10	2	24	39	6	54	135	40.00%
Total	25	8	103	138	31	92	397	
Producer accuracy	16%	25%	55.34%	5.80%	74.19%	58.70%		37.28%

Tabel 4-2 Matrik Konfusi Tutupan Lahan Citra Sentinel-1 2019 tanpa Slope

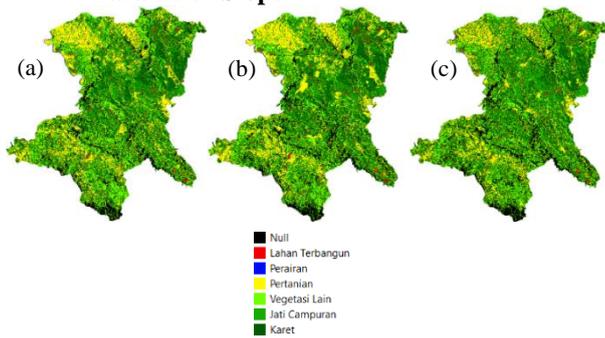
	Lahan Terbangun	Perairan	Pertanian	Vegetasi Lain	Jati Campuran	Karet	Total	User Accuracy
Lahan Terbangun	7	1	1	15	0	1	25	28.00%
Perairan	0	2	5	9	0	1	17	11.76%
Pertanian	2	3	55	14	0	9	83	66.27%
Vegetasi Lain	1	0	0	7	2	0	10	70%
Jati Campuran	9	2	13	57	23	23	127	18.11%
Karet	11	2	24	40	6	52	135	38.52%
Total	30	10	98	142	31	86	397	
Producer accuracy	23%	20%	56.12%	4.93%	74.19%	60.47%		36.78%

Tabel 4-3 Matrik Konfusi Tutupan Lahan Citra Sentinel-1 2020 tanpa Slope

	Lahan Terbangun	Perairan	Pertanian	Vegetasi Lain	Jati Campuran	Karet	Total	User Accuracy
Lahan Terbangun	6	0	3	14	0	2	25	24.00%
Perairan	0	4	3	10	0	0	17	23.53%
Pertanian	0	1	50	14	2	10	77	64.94%
Vegetasi Lain	0	1	2	8	1	0	12	67%
Jati Campuran	9	0	11	55	35	11	121	28.93%
Karet	8	1	15	55	13	53	145	36.55%
Total	23	7	84	156	51	76	397	
Producer accuracy	26%	57%	59.52%	5.13%	68.63%	69.74%		39.29%

Hasil uji akurasi menggunakan matriks konfusi dari hasil klasifikasi Citra Sentinel-1 tahun 2018, 2019, dan 2020 dapat dilihat pada Tabel 4-1, Tabel 4-2, dan Tabel 4-3. Hasil klasifikasi tiap tahun menunjukkan akurasi yang kurang baik dengan akurasi keseluruhannya adalah 37,28% pada tahun 2018, 36,78% pada tahun 2019, dan 39,29% pada tahun 2020. Hal ini terjadi akibat dari kesalahan klasifikasi yang disebabkan oleh efek geometri, efek *speckle*, dan kesamaan nilai piksel pada kelas vegetasi lain, jati campuran, dan karet.

4.1.3 Hasil dan Analisis Klasifikasi Lahan dengan Parameter Slope



Gambar 4-12 Hasil Klasifikasi dengan parameter slope (a) Tahun 2018 (b) 2019 (c) 2020

Gambar 4-12(a), Gambar 4-12(b), dan Gambar 4-12(c) menunjukkan bahwa penambahan parameter slope sebagai band tambahan pada raster Sentinel-1 mampu mendeteksi sebagian besar area yang terdampak efek geometri. Hal ini dikarenakan slope memberikan informasi kelerengn suatu area sehingga dapat mendeteksi area yang terdampak efek geometri. Selain itu, parameter slope mampu mendeteksi kelas lahan vegetasi lain lebih baik dibanding dengan tanpa parameter slope. Hal ini karena kelas lahan vegetasi lain umumnya terdapat pada area yang berlereng, namun hal tersebut juga menjadikan tutupan lahan karet dan jati campuran yang terletak pada area yang berlereng bisa terdeteksi sebagai vegetasi lain.

4.1.4 Uji Akurasi Hasil Klasifikasi Lahan dengan Parameter Slope

Tabel 4-4 Matrik Konfusi Tutupan Lahan Citra Sentinel-1 2018 dengan Slope

	Lahan Terbangun	Perairan	Pertanian	Vegetasi Lain	Jati Campuran	Karet	Total	User Accuracy
Lahan Terbangun	8	0	1	1	1	0	11	72.73%
Perairan	0	6	2	0	2	0	10	60.00%
Pertanian	1	3	65	9	1	9	88	73.86%
Vegetasi Lain	1	1	8	49	2	12	73	67%
Jati Campuran	3	0	10	13	29	15	70	41.43%
Karet	6	5	18	42	18	56	145	38.62%
Total	19	15	104	114	53	92	397	
Producer accuracy	42%	40%	62.50%	42.98%	54.72%	60.87%		53.65%

Tabel 4-5 Matrik Konfusi Tutupan Lahan Citra Sentinel-1 2018 dengan Slope

	Lahan Terbangun	Perairan	Pertanian	Vegetasi Lain	Jati Campuran	Karet	Total	User Accuracy
Lahan Terbangun	7	0	2	1	0	0	10	70.00%
Perairan	0	7	1	1	0	2	11	63.64%
Pertanian	1	1	58	12	1	10	83	69.88%
Vegetasi Lain	1	0	5	63	1	4	74	85%
Jati Campuran	4	4	5	25	26	12	76	34.21%
Karet	3	2	30	40	16	52	143	36.36%
Total	16	14	101	142	44	80	397	
Producer accuracy	44%	50%	57.43%	44.37%	59.09%	65.00%		53.65%

Tabel 4-6 Matrik Konfusi Tutupan Lahan Citra Sentinel-1 2018 dengan Slope

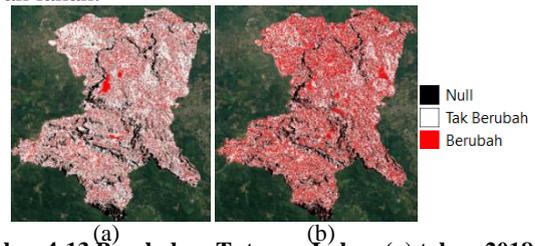
	Lahan Terbangun	Perairan	Pertanian	Vegetasi Lain	Jati Campuran	Karet	Total	User Accuracy
Lahan Terbangun	8	0	0	1	2	1	12	66.67%
Perairan	0	6	2	0	1	1	10	60.00%
Pertanian	2	3	52	10	2	7	76	68.42%
Vegetasi Lain	1	1	9	55	2	6	74	74%
Jati Campuran	5	0	10	23	27	13	78	34.62%
Karet	3	0	29	47	12	56	147	38.10%
Total	19	10	102	136	46	84	397	
Producer accuracy	42%	60%	50.98%	40.44%	58.70%	66.67%		51.39%

Penambahan parameter slope sebagai band raster Citra Sentinel-1 multi temporal terbukti mampu mendeteksi area yang terdampak efek geometri sehingga akurasi kelas lahan terbangun dan kelas perairan

meningkat. Hasil uji akurasi menggunakan matriks konfusi dari hasil klasifikasi Citra Sentinel-1 tahun 2018, 2019, dan 2020 dengan tambahan parameter slope dapat dilihat pada Tabel 4-4, Tabel 4-5, dan Tabel 4-6. Akurasi keseluruhan dari hasil klasifikasi tersebut adalah 53,63% pada tahun 2018, 53,65% pada tahun 2019, dan 51,39% pada tahun 2020.

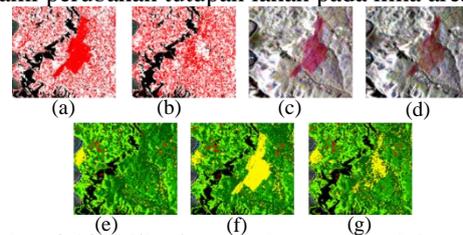
4.2 Analisis Perubahan tutupan lahan

Analisis perubahan tutupan lahan menggunakan Citra Sentinel-1 multitemporal dapat dilakukan dengan melakukan overlay hasil klasifikasi tutupan lahan tahun 2018, tahun 2019, dan tahun 2020 sehingga dapat dikelaskan mengenai area mana saja yang mengalami perubahan tutupan lahan.

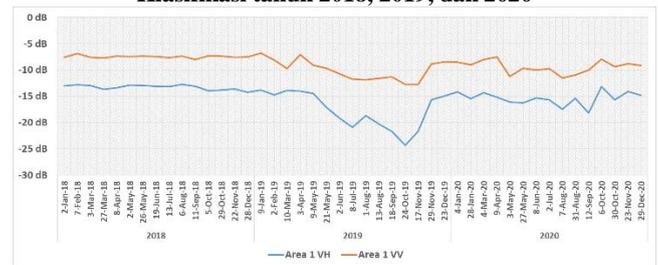


Gambar 4-13 Perubahan Tutupan Lahan (a) tahun 2018-2019 (b) tahun 2019-2020

Hasil analisis perubahan tutupan lahan menunjukkan hasil yang kurang baik. Gambar 4-13(a) dan Gambar 4-13(b) menunjukkan perubahan terjadi pada hampir seluruh wilayah Kecamatan Singorojo, namun pada fakta lapangnya hanya terjadi di beberapa bagian saja. Hal tersebut dikarenakan hasil klasifikasi yang kurang baik akibat dari efek speckle. Analisis perubahan tutupan lahan sulit dilakukan hanya dengan hasil overlay, sehingga perlu dilakukan metode lainya seperti dengan membandingkan dari interpretasi hasil klasifikasi tiap tahun, analisis dinamika backscatter, dan interpretasi dari hasil komposit RGB multitemporal Citra Sentinel-1. Hasil nalisis perubahan tutupan lahan pada Kecamatan Singorojo dapat diidentifikasi bahwa Kecamatan Singorojo terindikasi mengalami perubahan tutupan lahan pada lima area.



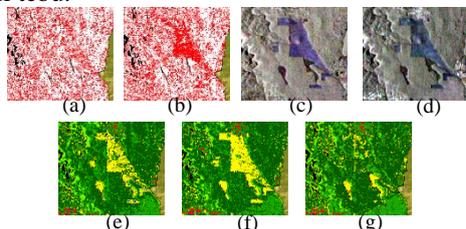
Gambar 4-14 Indikasi perubahan tutupan lahan area 1 Kenampakan (a) Overlay 2018-2019 (b) Overlay 2019-2020 (c dan d) Komposit RGB multitemporal VH dan VV (e, f, dan g) Klasifikasi tahun 2018, 2019, dan 2020



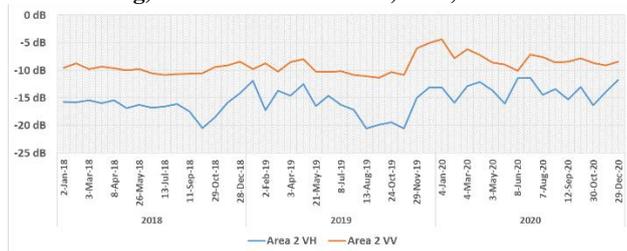
Gambar 4-15 Grafik dinamika backscatter area 1

Area 1 merupakan lahan yang terindikasi berubah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4-14. Fenomena yang mengindikasikan perubahan tutupan lahan dapat dilihat

melalui komposit RGB multitemporal yang dapat dilihat pada **Gambar 4-14(c)** dan **Gambar 4-14(d)**. Hasil komposit tersebut menunjukkan warna merah, yang berarti pada wilayah tersebut memiliki nilai *backscatter* yang tinggi pada tahun 2018 namun rendah pada tahun 2019 dan 2020. Selain itu, fenomena yang mengindikasikan perubahan tutupan lahan dapat melalui hasil klasifikasi Citra Sentinel-1 multitemporal tahun 2018, 2019, dan 2020. Hasil klasifikasi dari ketiga tahun tersebut menunjukkan perbedaan kelas yang mengindikasikan adanya perubahan tutupan lahan. Selain itu, dinamika *backscatter* pada area 1 menunjukkan adanya fenomena perubahan tutupan lahan yang dapat dilihat pada tahun 2018 nilai *backscatter* cenderung stabil, namun pada tahun 2019 hingga 2020 nilai *backscatter* berubah di setiap waktunya. Fenomena perubahan tutupan lahan pada area 1 menunjukkan bahwa pada area 1 terdapat perubahan tutupan lahan yang dikarenakan pergantian tanaman karet menjadi tebu.

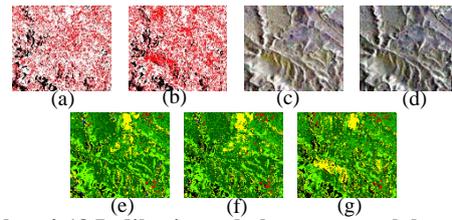


Gambar 4-16 Indikasi perubahan tutupan lahan area 2
Kenampakan (a) Overlay 2018-2019 (b) Overlay 2019-2020 (c dan d) Komposit RGB multitemporal VH dan VV (e, f, dan g) Klasifikasi tahun 2018, 2019, dan 2020



Gambar 4-17 Grafik dinamika *backscatter* area 2

Area 2 merupakan lahan yang terindikasi berubah sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 4-16**. Fenomena yang mengindikasikan perubahan tutupan lahan dapat dilihat melalui komposit RGB multitemporal yang dapat dilihat pada **Gambar 4-16(c)** dan **Gambar 4-16(d)**. Hasil komposit tersebut menunjukkan warna biru, yang berarti pada wilayah tersebut memiliki nilai *backscatter* yang tinggi pada tahun 2020 namun rendah pada tahun 2018 dan 2019. Selain itu, fenomena yang mengindikasikan perubahan tutupan lahan dapat melalui hasil klasifikasi Citra Sentinel-1 multitemporal tahun 2018, 2019, dan 2020. Hasil klasifikasi dari ketiga tahun tersebut menunjukkan perbedaan kelas yang mengindikasikan adanya perubahan tutupan lahan. Selain itu, dinamika *backscatter* pada area 1 menunjukkan adanya fenomena perubahan tutupan lahan yang dapat dilihat pada tahun 2018 nilai *backscatter* cenderung stabil, namun pada akhir tahun 2018 hingga 2020 nilai *backscatter* berubah di setiap waktunya. Fenomena perubahan tutupan lahan pada area 2 menunjukkan bahwa pada area 2 terdapat perubahan tutupan lahan yang dikarenakan pergantian tanaman karet menjadi tebu.

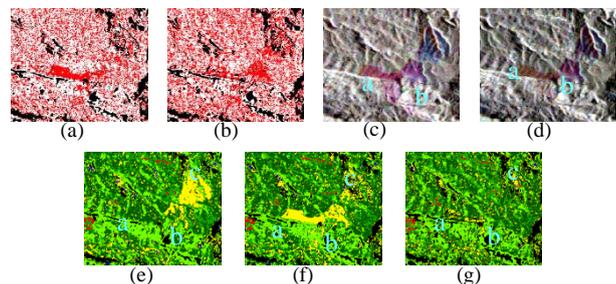


Gambar 4-18 Indikasi perubahan tutupan lahan area 3
Kenampakan (a) Overlay 2018-2019 (b) Overlay 2019-2020 (c dan d) Komposit RGB multitemporal VH dan VV (e, f, dan g) Klasifikasi tahun 2018, 2019, dan 2020

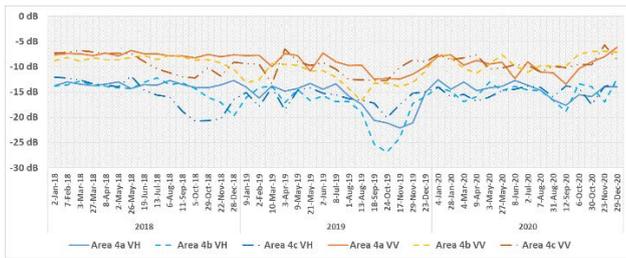


Gambar 4-19 Grafik dinamika *backscatter* area 3

Area 3 merupakan lahan yang terindikasi berubah sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 4-18**. Fenomena yang mengindikasikan perubahan tutupan lahan dapat dilihat melalui komposit RGB multitemporal yang dapat dilihat pada **Gambar 4-18(c)** dan **Gambar 4-18(d)**. Hasil komposit tersebut menunjukkan warna merah, yang berarti pada wilayah tersebut memiliki nilai *backscatter* yang tinggi pada tahun 2020 namun rendah pada tahun 2018 dan 2019. Selain itu, fenomena yang mengindikasikan perubahan tutupan lahan dapat melalui hasil klasifikasi Citra Sentinel-1 multitemporal tahun 2018, 2019, dan 2020. Hasil klasifikasi dari ketiga tahun tersebut menunjukkan perbedaan kelas yang mengindikasikan adanya perubahan tutupan lahan. Selain itu, dinamika *backscatter* pada area 3 menunjukkan adanya fenomena perubahan tutupan lahan yang dapat dilihat pada tahun 2018 nilai *backscatter* cenderung stabil, namun pada akhir tahun 2018 hingga 2020 nilai *backscatter* berubah di setiap waktunya. Fenomena perubahan tutupan lahan pada area 2 menunjukkan bahwa pada area 2 terdapat perubahan tutupan lahan yang dikarenakan pergantian tanaman karet menjadi tebu.

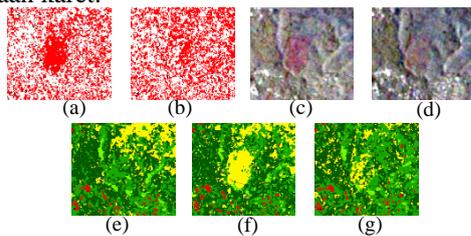


Gambar 4-20 Indikasi perubahan tutupan lahan area 4
Kenampakan (a) Overlay 2018-2019 (b) Overlay 2019-2020 (c dan d) Komposit RGB multitemporal VH dan VV (e, f, dan g) Klasifikasi tahun 2018, 2019, dan 2020

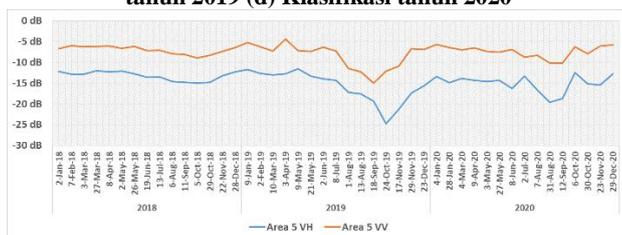


Gambar 4-21 Grafik dinamika backscatter area 4

Area 4 merupakan lahan yang terindikasi berubah sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 4-20** dan **Gambar 4-21**. Fenomena yang mengindikasikan perubahan tutupan lahan dapat dilihat melalui komposit RGB multitemporal yang dapat dilihat pada **Gambar 4-20(c)** dan **Gambar 4-20(d)**. Hasil komposit tersebut menunjukkan pada area 4.a berwarna merah, yang berarti pada wilayah tersebut memiliki nilai backscatter yang tinggi pada tahun 2018 namun rendah pada tahun 2019 dan 2020. Area 4.b menunjukkan warna keunguan yang berarti nilai backscatter tinggi pada tahun 2018 dan 2020 namun rendah pada tahun 2019. Area 4.c menunjukkan warna biru yang berarti nilai backscatter tinggi pada tahun 2020 namun rendah pada tahun 2018 dan 2019. Selain itu, fenomena yang mengindikasikan perubahan tutupan lahan dapat melalui hasil klasifikasi Citra Sentinel-1 multitemporal yang dapat dilihat pada **Gambar 4-20(e)**, **Gambar 4-20(f)**, dan **Gambar 4-20(g)**. Hasil klasifikasi tersebut menunjukkan bahwa pada area 4 memiliki indikasi perubahan tutupan lahan. Selain itu, dinamika backscatter pada area 4 menunjukkan adanya fenomena perubahan tutupan lahan yang dapat dilihat pada tahun 2018 nilai backscatter cenderung stabil, namun pada akhir tahun 2018 hingga 2020 nilai backscatter berubah di setiap waktunya. Analisis tersebut menunjukkan bahwa terdapat fenomena mengenai adanya indikasi perubahan tutupan lahan pada area 4, namun pada area 4 sebenarnya tidak mengalami perubahan tutupan lahan. Hal ini karena pada area empat fenomena penebangan karet dimaksudkan untuk peremajaan karet.



Gambar 4-22 Indikasi perubahan area 5
Kenampakan (a) Overlay 2018-2019 (b) Overlay 2019-2020
(c) Komposit RGB multitemporal VH (d) Komposit RGB multitemporal VV (e) Klasifikasi tahun 2018 (f) Klasifikasi tahun 2019 (g) Klasifikasi tahun 2020



Gambar 4-23 Grafik dinamika backscatter area 5

Area 5 merupakan lahan yang terindikasi berubah sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 4-22** dan **Gambar**

4-23. Fenomena yang mengindikasikan perubahan tutupan lahan dapat dilihat melalui komposit RGB multitemporal yang dapat dilihat pada **Gambar 4-22(c)** dan **Gambar 4-22(d)**. Hasil komposit tersebut menunjukkan warna kemerahan, yang berarti pada wilayah tersebut memiliki nilai backscatter yang tinggi pada tahun 2018 namun rendah pada tahun 2019 dan 2020. Selain itu, fenomena yang mengindikasikan perubahan tutupan lahan dapat melalui hasil klasifikasi Citra Sentinel-1 multitemporal yang dapat dilihat pada **Gambar 4-22(e)**, **Gambar 4-22(f)**, dan **Gambar 4-22(g)**. Hasil klasifikasi tersebut menunjukkan adanya indikasi perubahan. Area 5 pada awalnya merupakan wilayah perkebunan jati campuran, namun terjadi penebangan yang dimulai pada sekitar tahun 2019 hingga 2020. Area 5 belum tentu terjadi perubahan tutupan lahan karena pada area 5 merupakan wilayah jati campuran dimana masyarakat di Kecamatan Singorojo pada umumnya memanfaatkan lahan yang tak memiliki vegetasi tinggi seperti ladang jagung ataupun kopi untuk ditanami pohon jati, sehingga bisa diasumsikan bahwa fenomena yang terjadi pada area 5 merupakan masa panen jati yang sewaktu-waktu akan ditanami jati kembali.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil klasifikasi dari ekstraksi fitur Citra Sentinel-1 multitemporal menunjukkan hasil yang kurang maksimal. Hal tersebut diakibatkan oleh efek geometri yang menyebabkan pada area berlereng akan terklasifikasikan sebagai kelas lahan terbangun dan perairan. Efek *speckle* juga menyebabkan kesalahan klasifikasi karena efek *speckle* mengakibatkan nilai piksel pada satu jenis lahan tidak homogen. Selain itu, kesalahan klasifikasi terjadi pada kelas vegetasi lain, jati campuran, dan karet yang diakibatkan oleh kemiripan nilai *backscatter* dari ketiga kelas tersebut. Penambahan parameter *slope* sebagai *band* tambahan mampu mengeliminasi kesalahan klasifikasi pada kelas lahan terbangun dan perairan.
2. Analisis lahan terbangun menggunakan metode *overlay* klasifikasi dari ekstraksi fitur Citra Sentinel-1 multi temporal menunjukkan hasil yang kurang maksimal. Hal tersebut terjadi karena adanya efek *speckle* yang menyebabkan kesalahan klasifikasi yang berdampak pada analisis perubahan tutupan lahan. Disisi lain, penggunaan Citra Sentinel-1 multitemporal mampu memberikan gambaran mengenai wilayah yang diduga mengalami perubahan tutupan lahan dengan analisis tambahan seperti analisis dinamika *backscatter*, komposit RGB multitemporal, dan interpretasi hasil klasifikasi tutupan lahan antar tahun.

5.2 Saran

Saran mengenai penelitian selanjutnya yang memiliki tema yang sama adalah sebagai berikut:

1. Efek *speckle* pada citra SAR tidak akan bisa dihapus, oleh karena itu perlu dilakukan editing hasil klasifikasi guna meningkatkan akurasi hasil klasifikasi.
2. Kondisi topografi yang berbukit-bukit

menyebabkan hasil klasifikasi yang kurang maksimal, sehingga perlu memperhatikan lokasi penelitian dengan pemilihan jenis citra. Tidak dianjurkan menggunakan citra SAR pada wilayah penelitian yang berbukit-bukit.

3. Kesalahan klasifikasi dari kelas vegetasi lain, jati campuran, dan karet tidak dapat dihindari akibat kemiripan nilai backscatter antar kelas sehingga dianjurkan untuk menambah *Radar Vegetation Index* (RVI) sebagai tambahan parameter ataupun analisis wilayah vegetasi.

Daftar Pustaka

- Arora, M. K. (2010, 9 12). *Land Cover Classification from Remote Sensing Data*. Retrieved from Geospatial Word: [https://www.geospatialworld.net/article/land-cover-classification-from-remote-sensing-data/#:~:text=Digital%20image%20classification%20is%20the,\(fuzzy%20or%20soft%20classification\)](https://www.geospatialworld.net/article/land-cover-classification-from-remote-sensing-data/#:~:text=Digital%20image%20classification%20is%20the,(fuzzy%20or%20soft%20classification).).
- Arsyad, S. (1989). *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Aukema, J., & Wilson, S. (2019). *The Synthetic Aperture Radar (SAR) Handbook: Comprehensive Methodology for Forest Monitoring and Biomass Estimation*. NASA.
- Braun, A. (2020). *Sentinel-1 Toolbox Time-series analysis with Sentinel-1*. European Space Agency.
- Brouwer, C., Goffeau, A., & Heibloem, M. (1985). *Irrigation Water Management: Training Manual No. 1-Introduction to Irrigation*. Roma: FAO.
- ESA. (2021, September 14). *Sentinel-1*. Retrieved from The European Space Agency: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1>
- Filipponi, F. (2019). Sentinel-1 GRD Preprocessing Workflow. *MDPI*, 1-4.
- Government of Canada. (2015, 11 25). *Radar Images Properties*. Retrieved from Government of Canada: <https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-and-publications/satellite-imagery-and-air-photos/tutorial-fundamentals-remote-sensing/microwave-remote-sensing/radar-image-properties/9299>
- Helmy, A. K., & El-Taweel, G. S. (2010). Speckle Supression of Radar Images Using Normalized Convolution. *Journal of Computer Science* 6, 1154-1158.
- Lillesand, T., & Kiefer, R. (1990). *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra (Terjemahan)*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Minh, H. V., Avtar, R., Mohan, G., Misra, P., & Kurasaki, M. (2019). Monitoring and Mapping of Rice Cropping Pattern in Flooding Area in the Vietnamese Mekong Delta Using Sentinel-1A Data: A Case of An Giang Province. *International Journal of Geo-Information*, 1-22.
- Podest, E., McCulum, A., Perez, J. L., & McCartney, S. (2020, Mei 15). NASA ARSET: Time Series Analysis of Forest Change, Part 1/4.
- Ritihardoyo, S. (2002). *Penggunaan dan Tata Guna Lahan*. Yogyakarta: Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.
- Robson, B. A., Nuth, C., Dahl, S. O., Hobling, D., Strozzi, T., & Nielsen, P. R. (2015). Automated classification of debris-covered glaciers combining optical, SAR and topographic data in an object-based environment. *Remote Sensing Environment*, 372-387.
- Shi, D., & Yang, X. (2015). Support Vector Machin for Land Cover Mapping from Remote Sensor Imagery. *Research Gate*. 265-279.
- Shuai, G., Zhang, J., Bruno, B., Pan, Y., Zhu, X., Zhu, S., & Liu, H. (2019). Multi-temporal RADARSAT-2 polarimetric SAR for maize mapping supported by segmentations from high-resolution optical image. *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, Vol. 74, p. 1-15.
- Wahyunto, Abidin, M. Z., Priyono, A., & Sunaryo. (n.d.). STUDI PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DI SUB DAS CITARIK, JAWA BARAT DAN SUB DAS KALIGARANG, JAWATENGAH. *Prosiding Seminar Nasional Multifungsi Lahan Sawah*.
- Yusof, N. M., Muharam, F. M., Takeuchi, W., Darmawan, S., & Razak, M. H. (2017). Phenology and Classification of Abandoned Agricultural Land Based on ALOS-1 and 2 PALSAR Multi-Temporal Measurements. *International Journal of Digital Earth*, VOL. 10, NO. 2, 155–174.