

Penerapan Algoritma *Support Vector Machine* dalam Analisis Perubahan Tutupan Lahan Akibat Letusan Gunung Semeru Tahun 2021 (Studi Kasus : Kecamatan Pronojiwo)

Erika Azzahra, Husnul Hidayat, dan Filsa Bioresita
Departemen Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: hidayat@geodesy.its.ac.id

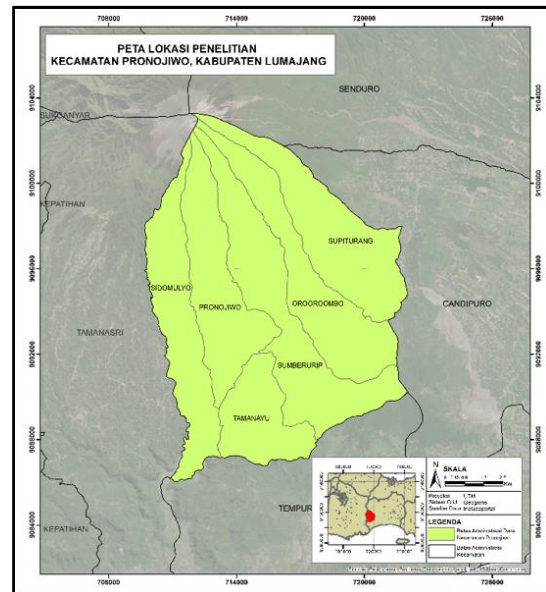
Abstrak—Pada 4 Desember 2021 terjadi letusan Semeru yang membawa perubahan lingkungan termasuk perubahan tutupan lahan di daerah letusan, salah satunya di Kecamatan Pronojiwo, Kabupaten Lumajang. Informasi mengenai perubahan tutupan lahan diperlukan untuk para pengambil kebijakan atau pemangku kepentingan terkait untuk pengelolaan sumber daya lahan berkelanjutan. Pemantauan perubahan tutupan lahan dapat dilakukan menggunakan teknologi penginderaan jauh dengan data multi-temporal Sentinel-2 Level 2A dan menggunakan berbagai cara, salah satunya dengan metode *supervised machine learning* dengan algoritma *Support Vector Machine* (SVM). Klasifikasi tutupan lahan yang diterapkan pada penelitian ini terdiri dari lima enam tutupan lahan, yaitu sungai, lahan terbuka, area terbangun, sawah, hutan lahan kering, dan perkebunan. Berdasarkan hasil uji akurasi dengan menggunakan *Confusion matrix* diperoleh nilai *overall accuracy* sebesar 88,11%. Algoritma *Support Vector Machine* (SVM) cukup baik digunakan untuk mengetahui perubahan tutupan lahan akibat letusan Gunung Semeru tahun 2021. Hasil penelitian menunjukkan terjadi penambahan luas pada kelas sungai, lahan terbuka, dan hutan lahan kering yaitu sebesar 2,293 km², 6,381 km², 6,499 km². Sedangkan untuk area terbangun mengalami penurunan luas sebesar 12,863 km², 2,495 km² dan 0,445 km².

Kata Kunci—Letusan Semeru, Perubahan Tutupan Lahan, *Random Forest*, *Support Vector Machine*, Sentinel-2.

I. PENDAHULUAN

GUNUNG Semeru merupakan gunung api aktif tipe-A yang kerap mengalami letusan hingga saat ini dengan catatan letusan pertama pada tahun 1818 dan sudah tercatat 90 kali mengalami letusan hingga saat ini. Letusan dari Gunung Semeru memiliki tipe *vulkanian-strombolian* yaitu letusan terjadi dengan interval 20 menit hingga 1 jam [1]. Letusan terakhir Gunung Semeru terjadi pada tahun 2007, kemudian Gunung Semeru mengalami letusan kembali pada 4 Desember 2021 pukul 15.20 WIB dengan banjir lahar yang disertai dengan hujan abu. Berdasarkan informasi dari Kepala Pusat Vulkanologi Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), jarak luncur awan panas guguran dari Gunung Semeru mencapai hingga 11 kilometer yang mengarah ke Curah Kobokan yang berada di Kecamatan Pronojiwo, Kabupaten Lumajang sehingga mengakibatkan banyak perubahan tutupan lahan pada daerah tersebut.

Tutupan lahan merupakan istilah yang digunakan untuk menyebutkan suatu kenampakan lahan secara fisik, baik kenampakan alami maupun kenampakan buatan manusia misalnya sawah, hutan, pemukiman, perkebunan, badan air, dan lahan kosong [2]. Lahan berubah secara dinamis sesuai

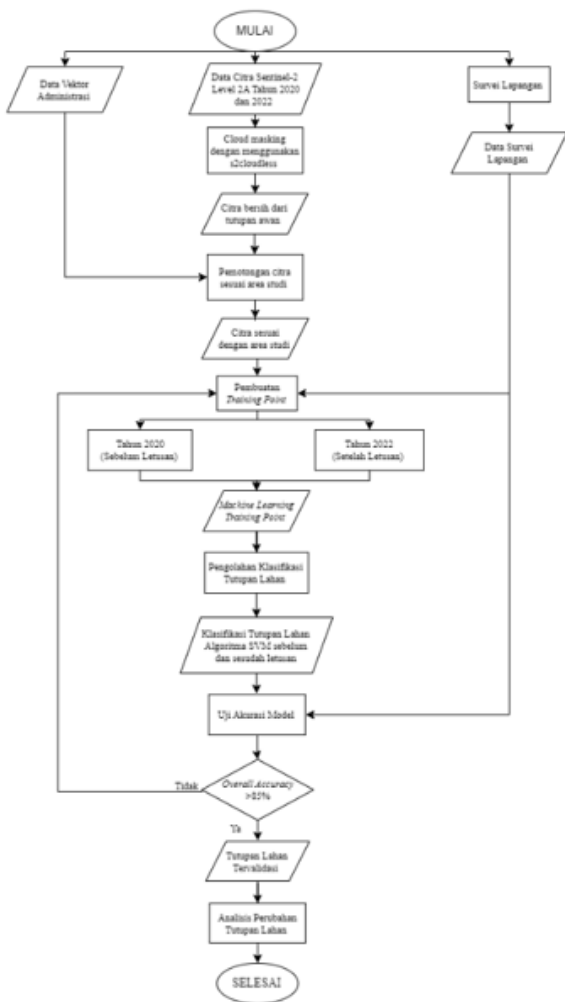


Gambar 1. Lokasi penelitian.

dengan kebutuhan manusia ataupun karena keadaan suatu alam baik yang sudah direncanakan ataupun tidak direncanakan. Kajian dan analisis mengenai perubahan tutupan lahan ini perlu dilakukan agar dapat memahami mengenai mekanisme perubahan dan modeling dampak perubahan bagi lingkungan dan ekosistemnya [3].

Teknologi penginderaan jauh melalui pengolahan data citra satelit dapat digunakan untuk melakukan kajian mengenai tutupan lahan dengan ketersediaan informasi mengenai keragaman spasial di permukaan bumi dengan cepat, luas, tepat, serta mudah [4]. Pengolahan data citra satelit untuk melakukan klasifikasi tutupan lahan dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya yaitu klasifikasi *supervised* menggunakan metode *machine learning*. Saat ini klasifikasi dengan *machine learning* banyak digunakan dan dianggap optimal dalam klasifikasi tutupan lahan [5].

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan analisis mengenai perubahan tutupan lahan akibat letusan gunung Semeru Tahun 2021 dengan metode *machine learning* menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM). *Support Vector Machine* merupakan klasifikasi terbimbing non-parametrik yang sering digunakan untuk mengelompokkan citra satelit yang diperuntukkan untuk berbagai macam pemetaan, *Support Vector Machine* bekerja dengan melakukan klasifikasi terhadap dua kelas atau lebih dengan mencari hyperlane terbaik yang memanfaatkan data pada titik



Gambar 2. Diagram alir penelitian.

pemisah (*super vector*) bahkan untuk jumlah sampel yang terbatas [6]. Pemilihan metode yang digunakan didasarkan oleh penelitian yang dilakukan oleh Wening Aisyah Fauziana Koman [7]. Melalui penelitiannya tentang Perbandingan Metode Otomatisasi *Supervised Machine Learning* terhadap Perubahan Tutupan Lahan, didapatkan kesimpulan bahwa metode *Support Vector Machine* (SVM) memiliki akurasi yang lebih baik untuk melakukan klasifikasi tutupan lahan dibandingkan *Random Forest* (RF) dan *Gaussian Mixture Model* (GMM) dengan menggunakan citra sentinel 2A – Level 2A.

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode *supervised machine learning* dengan algoritma *Support Vector Machine* untuk melakukan pemantauan perubahan tutupan lahan akibat letusan Gunung Semeru Tahun 2021 dengan menggunakan data Citra Sentinel-2 Level 2A sehingga diperoleh akurasi tinggi dan cepat untuk memberikan informasi mengenai perubahan tutupan lahan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Lokasi Penelitian

Wilayah penelitian berada di Kecamatan Pronojiwo, Kabupaten Lumajang yang ditunjukkan pada Gambar 1. Secara geografis, Kecamatan Pronojiwo terletak di antara $08^{\circ}06'30'' - 08^{\circ}15'43''LS$ dan $112^{\circ}54'09'' - 113^{\circ}01'09''BT$. Secara administratif, Kecamatan Pronojiwo ini memiliki luas wilayah $140,55 km^2$, yang terbagi menjadi

Tabel 1.
Confusion matrix

Klasifikasi	Referensi				Jumlah Baris	User's Accuracy
	A	B	C	D		
A	X_{ii}				X_{+k}	
B						
C						
D				X_{kk}		
Jumlah Kolom	X_{k+}				N	
Producer's Accuracy	$\frac{X_{kk}}{X_{k+}}$					
Accuracy	X_{k+}					

Keterangan :
 X_{ii} = nilai diagonal matriks kontingensi baris ke-i dan kolom ke-i
 X_{+k} = jumlah piksel dalam kolom ke-i
 X_{k+} = jumlah piksel dalam baris ke-i

Tabel 2.
Luas tutupan Lahan

Kelas Tutupan Lahan	Luas Tutupan Lahan (km^2)	
	Sebelum Letusan	Sesudah Letusan
Sungai	2,480	5,403
Lahan Terbuka	7,154	13,535
Area Terbangun	2,678	2,233
Sawah	35,967	23,103
Hutan Lahan Kering	82,896	89,395
Perkebunan	15,339	12,884

Tabel 3.
Confusion matrix metode SVM tahun 2022

Data Klasifikasi	Data Referensi						Total Baris	Total Pixel Benar
	A	B	C	D	E	F		
A	22	1	0	0	0	0	23	200
B	1	59	0	0	0	0	60	
C	0	4	25	0	0	1	30	
D	0	1	0	25	0	9	35	
E	0	0	0	2	52	1	55	
F	0	0	0	6	1	17	24	
Total Kolom	23	65	25	33	53	28	227	
Overall Accuracy	0,08811							

6 desa yaitu Desa Sidomulyo, Pronojiwo, Tamanayu, Sumberurip, Oro-oro Ombo, dan Supiturang.

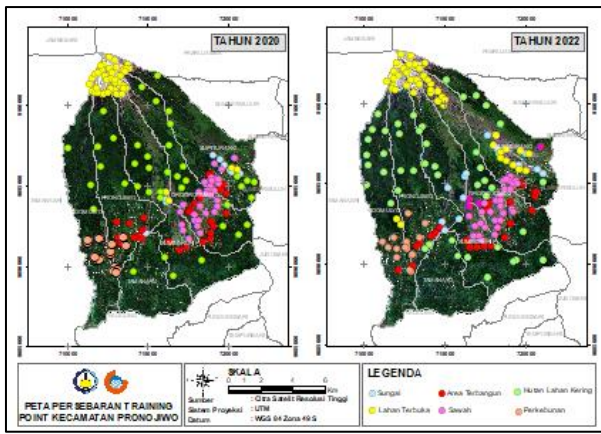
B. Data dan Peralatan

Adapun data yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu:

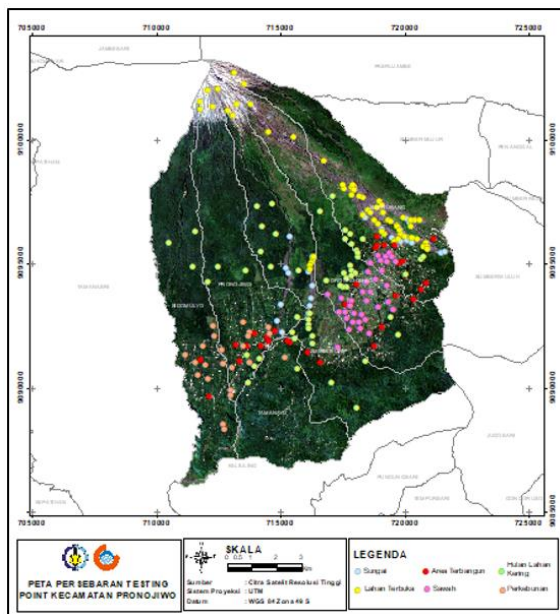
1. Data citra satelit Sentinel-2 Level 2A yang tersedia di *Google Earth Engine* dengan tanggal akuisisi 1 Januari – 31 Desember 2020 (sebelum letusan) dan 1 Januari – 31 Desember 2022 (setelah letusan).
2. Data *training* dalam format *shapefile* (.shp) tutupan lahan Kecamatan Pronojiwo yang di ambil berdasarkan hasil interpretasi manual serta data *testing* untuk validasi hasil klasifikasi yang diambil dengan melakukan survei secara langsung di lapangan.
3. Data batas administrasi Kecamatan Pronojiwo sebagai batas lokasi penelitian yang diperoleh dari *website inageoportal*.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Perangkat keras Laptop/PC untuk melakukan pengolahan dan *GPS handheld* untuk mengambil sampel di lapangan
2. Perangkat lunak *Cloud Computing Google Earth Engine* untuk melakukan analisis spasial
3. Perangkat lunak ArcMap 10.8 untuk melakukan analisis dan visualisasi hasil.



Gambar 3. Persebaran titik *training point*.



Gambar 4. Persebaran titik *testing*.

4. Perangkat lunak *Microsoft Office* untuk melakukan pengolahan kata dan angka

C. Tahapan Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *cloud Computing* yaitu *Google Earth Engine* (GEE) dengan tahapan pengolahan data ditunjukkan pada Gambar 2.

1) Pengumpulan Data

Tahap pertama yang dilakukan yaitu memilih data citra Sentinel-2 Level 2A dengan resolusi spasial 10 m untuk tahun 2020 (sebelum letusan) dan 2022 (setelah letusan) dengan tanggal akuisisi 1 Januari – 31 Desember pada masing-masing tahun. Selain itu juga dilakukan pengumpulan data vektor administrasi yang diperoleh dari web Inageoportals.

2) Cloudmasking dengan *S2cloudless*

Cloudmasking merupakan tahapan untuk menghilangkan tutupan awan pada citra yang dipilih. Untuk melakukan *cloudmasking* pada citra Sentinel-2 menggunakan masker awan yang dinamakan *s2cloudless*.

3) Pemotongan Citra Batas Studi

Pemotongan citra dilakukan dengan menggunakan data vektor administrasi Kecamatan Pronojiwo yang diperoleh dari website Inageoportals sehingga akan diperoleh citra sesuai dengan area studi .

Tabel 4. Nilai *user's accuracy* dan *producer's accuracy*

Kelas Tutupan Lahan	Algoritma Support Vector Machine (SVM)	
	<i>User's Accuracy</i> (%)	<i>Producer's Accuracy</i> (%)
Sungai	95,65	95,65
Lahan Terbuka	98,33	90,77
Area Terbangan	83,33	100
Sawah	71,43	75,76
Hutan Lahan Kering	94,55	98,11
Perkebunan	70,83	60,71

Tabel 5. Perubahan luas tutupan lahan dengan algoritma SVM

Kelas Tutupan Lahan	Luas Tutupan Lahan		Selisih Luas Tutupan Lahan km^2
	Tahun 2020 (km^2)	Tahun 2020 (km^2)	
Sungai	2,480	5,403	(+) 2,923
Lahan Terbuka	7,154	13,535	(+) 6,381
Area Terbangan	2,678	2,233	(-) 0,445
Sawah	35,967	23,103	(-) 12,863
Hutan Lahan Kering	82,896	89,395	(+) 6,499

Keterangan :
 (+) kenaikan penggunaan lahan pada masing-masing kelas
 (-) Penurunan penggunaan lahan pada masing-masing kelas

4) Pembuatan *Training Point*

Training point merupakan titik yang terdiri dari data *training* dan *testing* tutupan lahan. Data *training* digunakan sebagai pembuatan model klasifikasi sedangkan data *testing* digunakan sebagai data validasi hasil klasifikasi. *Training point* dibuat untuk 2 tahun pengamatan yaitu:

- Data training tahun 2020 yang diperoleh dari hasil interpretasi manual dengan acuan data tutupan lahan dari laman resmi Badan Informasi Geospasial (BIG) yang menyediakan data spasial secara resmi diakses melalui <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web>.
- Data training tahun 2022 diperoleh berdasarkan hasil interpretasi manual dan pengambilan data di lapangan dengan melakukan *geotagging* untuk memperoleh koordinat tutupan lahan.

Training point diambil sesuai dengan kelas klasifikasi yang telah ditentukan, dalam penelitian ini ada 6 kelas yaitu sungai, lahan terbuka, area terbangun, sawah, hutan lahan kering, dan perkebunan. Masing - masing kelas terdiri dari 15-50 titik training [8].

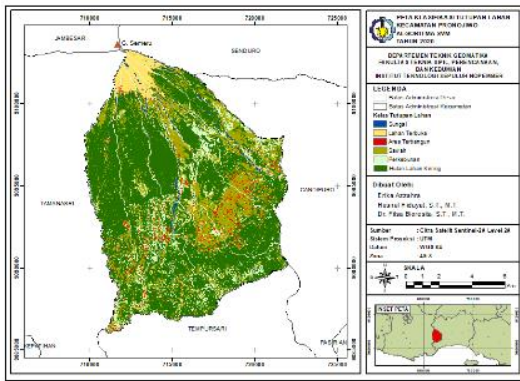
5) Pengolahan Klasifikasi Tutupan Lahan

Proses klasifikasi dilakukan menggunakan *Google Earth Engine* dengan menggunakan algoritma *Support Vector Machine* yang telah tersedia pada *Library Google Earth Engine* sehingga akan diperoleh hasil klasifikasi tutupan lahan dengan algoritma SVM untuk tutupan lahan sebelum dan sesudah terjadinya letusan Gunung Semeru Tahun 2021.

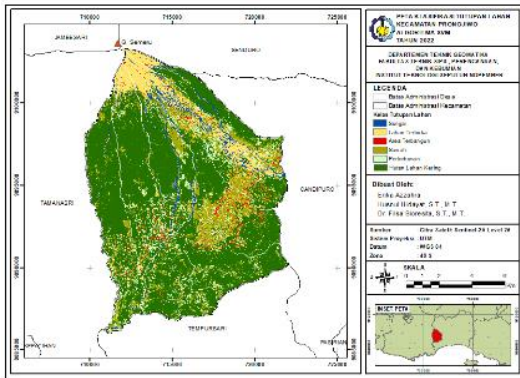
6) Uji Akurasi Model

Uji Akurasi model dilakukan dengan menggunakan uji akurasi kuantitatif dengan menggunakan metode statistika, *Confusion matrix* yang terdiri dari *overall accuracy*, *producer accuracy*, *user accuracy* seperti pada Tabel 1.

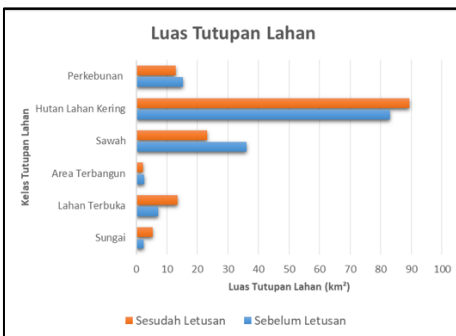
$$Overall Accuracy = \frac{\sum_{k=1}^q X_{ii}}{N} \times 100\%$$



Gambar 5. Klasifikasi tutupan lahan sebelum letusan.



Gambar 6. Klasifikasi tutupan lahan setelah letusan.



Gambar 7. Luas tutupan lahan tahun 2020.

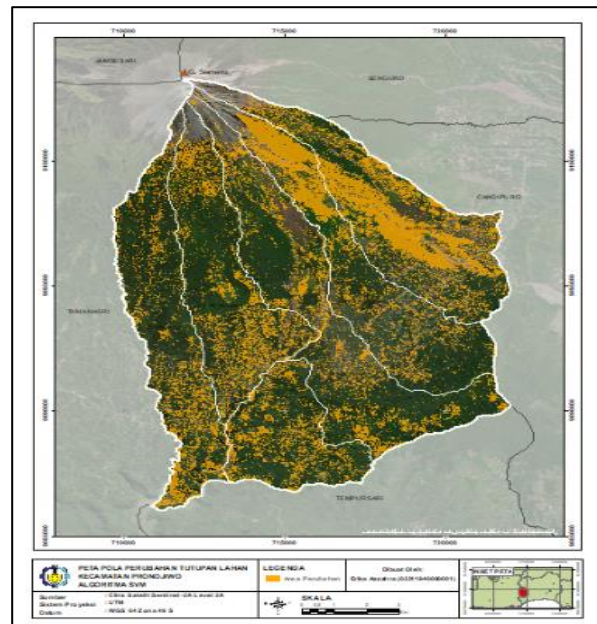
$$Producer's Accuracy = \frac{X_{kk}}{X_{k+}} \times 100\%$$

$$User's Accuracy = \frac{X_{kk}}{X_{+k}} \times 100\%$$

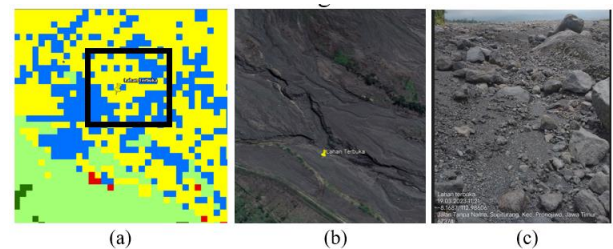
Overall accuracy adalah banyaknya jumlah piksel yang terklasifikasi secara benar pada tiap kelas dibanding jumlah sampel yang digunakan untuk uji akurasi pada semua kelas, dengan tingkat ketelitian klasifikasi (*overall accuracy*) sebesar 85% [9]. *Producer's accuracy* adalah peluang rata-rata (%) suatu piksel yang menunjukkan sebaran dari masing-masing kelas yang telah diklasifikasi di lapangan dan *user's accuracy* adalah peluang rata-rata (%) suatu piksel secara aktual yang mewakili kelas-kelas tersebut [10]. Uji akurasi kuantitatif dilakukan bertujuan untuk mengetahui tingkat kesalahan hasil klasifikasi sehingga dapat diketahui presentase tingkat ketelitian hasil klasifikasi.

7) Analisis Perubahan Tutupan Lahan

Dalam tahap ini dilakukan analisa mengenai perubahan luas tutupan lahan dari masing-masing kelas tutupan lahan



Gambar 8. Peta pola perubahan tutupan lahan.



Gambar 9. Perbandingan hasil klasifikasi pada kelas lahan terbuka tahun 2022 dengan (a) algoritma SVM (b) google earth (c) data lapangan.



Gambar 10. Perbandingan hasil klasifikasi pada kelas area terbangun tahun 2022 dengan (a) algoritma SVM (b) google earth (c) data lapangan.

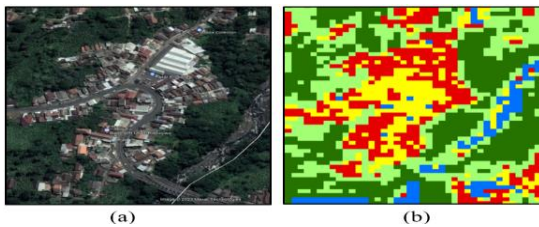
serta analisa mengenai pola perubahan tutupan lahan yang diakibatkan dari letusan Gunung Semeru tahun 2021.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Training Point

Pada proses klasifikasi citra membutuhkan *training point* yang terdiri dari data training dan data testing tutupan lahan yang digunakan sebagai acuan dalam klasifikasi. Hal tersebut dimaksudkan untuk mengurangi kesalahan dalam pemilihan objek sampel karena nilai suatu piksel pada *training point* hendak dipakai sebagai dasar dalam proses klasifikasi terbimbing. Ketelitian dalam pengambilan *training point* sebagai dasar pengkelasan selanjutnya sangat menentukan tingkat akurasi dari hasil klasifikasi.

Jumlah *training point* yang digunakan untuk masing-masing kelas yaitu sebanyak 15-50 sampel seperti pada Gambar 3. Perbandingan antara data *training* dan data *testing*



Gambar 12. Kesalahan klasifikasi dengan algoritma SVM tahun 2022 kelas area terbangun pada (a) Google Earth (b) Hasil klasifikasi.

yaitu 40 : 60 dimana 40% titik digunakan sebagai titik *training* dan 60% titik digunakan sebagai titik *testing*. Titik yang digunakan untuk data *training* berjumlah 160 titik untuk masing-masing tahunnya dan data *testing* berjumlah 240 untuk titik validasi tahun 2022. Untuk melihat persebaran titik *testing* yang digunakan sebagai titik validasi dapat dilihat pada Gambar 4.

B. Klasifikasi Tutupan Lahan

Hasil klasifikasi kelas tutupan lahan terdiri dari 6 kelas tutupan lahan yaitu sungai, lahan terbuka, area terbangun, sawah, hutan lahan kering, dan perkebunan. Untuk hasil klasifikasi tutupan lahan akibat letusan Gunung Semeru Tahun 2021 berdasarkan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Berdasarkan Gambar 5 dan Gambar 6 terlihat bahwa pada Kecamatan Pronojiwo, hutan lahan kering berwarna hijau tua. Untuk sungai berwarna biru, warna kuning untuk lahan terbuka, merah untuk area terbangun, hijau muda untuk sawah, dan hijau toska untuk perkebunan. Berdasarkan estimasi tutupan lahan yang diperoleh dapat dihitung luasan dari masing-masing kelas tutupan lahan yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil luas tutupan lahan dengan algoritma *Support Vector Machine*, terlihat bahwa sebelum dan sesudah terjadinya letusan, Kecamatan Pronojiwo di dominasi dengan kelas hutan lahan kering. Sedangkan untuk tutupan lahan dengan luas paling kecil yaitu kelas sungai dan area terbangun baik sebelum ataupun sesudah terjadinya letusan. Hal tersebut dikarenakan Kecamatan Pronojiwo merupakan kecamatan yang terletak di daerah pegunungan sehingga tidak terlalu banyak pemukiman dan sebagian besar wilayahnya merupakan hutan.

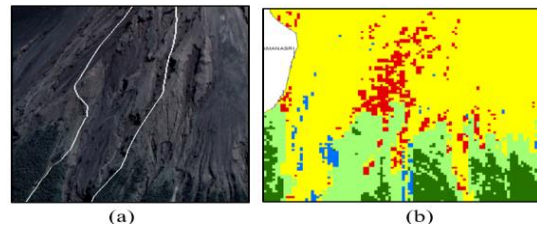
Berdasarkan grafik pada Gambar 7 terlihat bahwa warna orange merupakan luas tutupan lahan sebelum terjadi letusan dan warna biru merupakan luas tutupan lahan setelah terjadi letusan.

C. Uji Akurasi Kuantitatif

Uji akurasi kuantitatif diperoleh dengan menggunakan metode statistika *Confusion matrix* dimana diperoleh nilai *overall accuracy*, *user's accuracy*, dan *producer's accuracy*.

Pada Tabel 3 ditunjukkan hasil *confusion matrix* metode SVM tahun 2022 dengan data referensi yang digunakan adalah A = sungai, B = lahan terbuka, C = area terbangun, D = sawah, E = hutan lahan kuning, dan F = perkebunan.

Berdasarkan hasil uji akurasi dengan menggunakan *confusion matrix* untuk hasil klasifikasi diperoleh nilai *Overall Accuracy* yaitu 88,11% telah memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh *United States Geological Survey* (USGS) dimana nilai *overall accuracy* yang diperbolehkan yaitu sebesar 85%.



Gambar 11. Kesalahan klasifikasi dengan algoritma Support Vector Machine tahun 2022 kelas lahan terbuka pada (a) Google Earth (b) Hasil klasifikasi.

Nilai *user accuracy* (UA) yaitu akurasi pengguna merupakan kemungkinan sebuah piksel di dalam peta yang terwakilkan secara benar dengan kelas yang terdapat di lapangan. Sedangkan *producer's accuracy* (PA) merupakan sudut pandang klasifikasi yang telah dilakukan. Apabila nilai *user's accuracy* tinggi maka akan mencerminkan keakuratan tingkat klasifikasi yang telah dihasilkan. Berdasarkan hasil klasifikasi dengan algoritma SVM yang ditampilkan pada Tabel 4, diketahui bahwa nilai *user accuracy* untuk kelas tutupan lahan area terbangun, sawah, dan perkebunan kurang dari 85%. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan untuk kelas area terbangun memiliki *pixel* yang hampir sama dengan kelas lahan terbuka sehingga terjadi kesalahan dalam klasifikasi antara kedua kelas tersebut. Sedangkan untuk kelas sawah dan perkebunan memiliki kemiripan piksel yang cukup tinggi dikarenakan sama-sama area vegetasi sehingga banyak terjadi kesalahan klasifikasi dari kedua kelas tersebut.

D. Perubahan Tutupan Lahan

Analisis perubahan tutupan lahan ini mencakup 2 perubahan yaitu perubahan luas pada masing-masing kelas tutupan lahan sebelum dan sesudah terjadinya letusan Gunung Semeru tahun 2021 serta perubahan pola tutupan lahan. Berdasarkan hasil perhitungan luas tutupan lahan sebelum dan sesudah terjadinya letusan dengan menggunakan algoritma SVM terjadi perubahan luas yang cukup signifikan yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Perubahan kelas tutupan lahan Kecamatan Pronojiwo mengalami penambahan penggunaan lahan terbesar pada kelas hutan lahan kering dan lahan terbuka dengan perubahan masing-masing sebesar 6,499 km^2 dan 6,381 km^2 . Hal tersebut dapat terjadi diakibatkan karena adanya aliran lahar yang besar menyebabkan sungai yang awalnya memiliki lebar 1,5 meter berubah menjadi ratusan meter dan menjadikan area disekitarnya tertimbun material vulkanik sehingga terklasifikasi menjadi lahan terbuka. Sedangkan untuk kelas vegetasi rapat mengalami penambahan luas dapat dikarenakan curah hujan tinggi sehingga tanaman menjadi semakin lebat.

Kelas sawah mengalami penurunan luas sebesar 12,863 km^2 , penurunan tersebut dapat terjadi dikarenakan terjadinya kerusakan sawah yang ada di sekitar aliran sungai di Desa Supiturang, Kecamatan Pronojiwo yang mengakibatkan area persawahan mengalami kerusakan akibat adanya banjir lahar dan material vulkanik menimbun di area persawahan yang ada di sekitar sungai. Berdasarkan perubahan luas tutupan lahan tersebut, dapat digunakan untuk mengetahui pola perubahan tutupan lahan yang terjadi di Kecamatan Pronojiwo seperti pada Gambar 8.

Peta Pola Perubahan Tutupan Lahan dibuat dengan melakukan overlay hasil klasifikasi sebelum dan sesudah

terjadinya letusan dengan Algoritma SVM. Selanjutnya yaitu menentukan perubahan area dari semua kelas tutupan lahan sehingga akan diperoleh pola perubahan tutupan lahan. Perubahan tutupan lahan paling besar terlihat dari puncak menuju ke arah tenggara, dimana pada daerah tersebut merupakan sungai Curah Kobokan yaitu sungai utama tempat mengalirnya lahar dan lava. Oleh karena itu, kelas tutupan lahan sungai mengalami penambahan lebar akibat adanya aliran lahar dan lava sehingga seiring berjalannya waktu area tersebut berubah menjadi daerah dengan timbunan material vulkanik yang terklasifikasi sebagai lahan terbuka. Namun, untuk kedua sungai lain yang ada di Desa Sumberurip dan berada di sebelah barat daya dari puncak Gunung Semeru tidak mengalami perubahan tutupan lahan yang signifikan dikarenakan sungai tersebut bukan aliran utama lahar dan lava, serta daerah yang tidak searah dengan aliran erupsi.

Gambar 9 merupakan gambar dengan titik yang di ambil di area sungai yang ada di Desa Sapiturang, Kecamatan Pronojiwo dimana daerah tersebut menjadi daerah lahan terbuka dan terdapat banyak batuan-batuan akibat adanya aliran lahar dari letusan Gunung Semeru.

Untuk kelas area terbangun, tidak banyak mengalami perubahan akibat letusan Gunung Semeru Tahun 2021, akan tetapi pada daerah sekitar sungai Curah Kobokan, Desa Oro-oro Ombo yang dialiri oleh lahar dan lava mengalami banyak kerusakan pada tempat tinggal warga dikarenakan tertimbun oleh material vulkanik sehingga di sekitar area sungai tersebut terdapat banyak rumah warga yang masih ada bangunannya tetapi sudah tidak ada penghuninya. Untuk melihat perbandingan hasil klasifikasi dengan data validasi yang diambil secara langsung di lapangan untuk area terbangun yang mengalami kerusakan pada Gambar 10.

Selain disebabkan karena adanya letusan Gunung Semeru tahun 2021, perubahan luasan tutupan lahan juga dapat terjadi akibat adanya kesalahan klasifikasi dikarenakan nilai piksel yang dimiliki oleh kelas beberapa kelas hampir sama dan memiliki visualisasi serupa. Selain itu, penentuan *training point* juga mempengaruhi terjadinya kesalahan klasifikasi tutupan lahan dikarenakan cara kerja *supervised machine learning* yaitu dengan menggunakan *training dataset* untuk melakukan prediksi dan klasifikasi [11].

Berdasarkan Gambar 11 terlihat tutupan lahan tahun 2022 pada *google earth* merupakan area terbangun sedangkan hasil klasifikasi menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) masih terdapat beberapa *pixel* yang terklasifikasi sebagai kelas lahan terbuka di sekitar area terbangun. Hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya kesalahan klasifikasi dan perubahan luas yang cukup signifikan.

Kesalahan klasifikasi juga terjadi pada hasil klasifikasi tutupan lahan tahun 2020 sebelum terjadinya letusan. Dimana pada Gambar 12 terlihat bahwa pada area di sekitar puncak Gunung Semeru yang seharusnya merupakan area lahan terbuka pada *google earth* terklasifikasi menjadi area terbangun berdasarkan hasil klasifikasi dengan algoritma *Support Vector Machine*. Dengan terjadinya kesalahan klasifikasi tersebut, menjadikan kenaikan luas pada kelas tutupan lahan yang berkaitan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat

disimpulkan bahwa hasil uji akurasi dengan menggunakan *Confussion matrix* untuk diperoleh nilai *overall accuracy* sebesar 8%,11. Berdasarkan hasil tersebut, dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui perubahan tutupan lahan. Berdasarkan hasil klasifikasi, diperoleh perubahan tutupan lahan akibat letusan Gunung Semeru tahun 2021 pada masing-masing kelas tutupan lahan sungai, lahan terbuka, dan hutan lahan kering mengalami peningkatan luas berturut-turut sebesar 2,293 km^2 , 6,381 km^2 , dan 6,499 km^2 . Sedangkan untuk kelas sawah, perkebunan, dan area terbangun mengalami penurunan luas sebesar 12,863 km^2 , 2,495 km^2 dan 0,445 km^2 . Pola perubahan tutupan lahan sendiri dari puncak Gunung Semeru mengarah ke tenggara sehingga menyebabkan area di sekitar sungai mengalami perubahan tutupan lahan.

Apabila akan dilakukan penelitian serupa mengenai analisis perubahan tutupan lahan dengan menggunakan *machine learning*, penulis menyarankan agar memperhatikan penentuan letak *training point* (*data training* dan *testing*) agar diperoleh hasil klasifikasi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Z. Abidin, H. Andreas, M. Hendrasto, M. Gamal, and O. K. Suganda, "Penentuan Tinggi Orthometrik Gunung Semeru Berdasarkan Data Survei GPS dan Model Geoid EGM 1996," in *PROC. ITB Sains & Tek*, 2004, pp. 145–157. doi: 10.5614/itbj.sci.2004.36.2.4.
- [2] A. B. Suryo and T. Hariyanto, "Studi perubahan tutupan lahan das ciliwung dengan metode klasifikasi terbimbing citra landsat 7 ETM+ multitemporal tahun 2001 & 2008 (Studi Kasus: Bogor)," *Geoid*, vol. 9, no. 1, 2013, doi: 10.12962/j24423998.v9i1.732.
- [3] W. Rotinsulu, H. D. Walangitan, and A. Ahmad, "Analisis perubahan tutupan lahan Das Tondano, Sulawesi Utara selama periode tahun 2002 dan 2015," *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, vol. 8, no. 2, pp. 161–169, 2018, doi: 10.29244/jpsl.8.2.161-169.
- [4] J. Y. Liu, D. F. Zhuang, D. Luo, and X. Xiao, "Land-cover classification of China: Integrated analysis of AVHRR imagery and geophysical data," *Int J Remote Sens*, vol. 24, no. 12, pp. 2485–2500, Jan. 2003, doi: 10.1080/01431160110115582.
- [5] S. Talukdar *et al.*, "Land-use land-cover classification by machine learning classifiers for satellite observations-A review," *Remote Sensing*, vol. 12, no. 7. MDPI AG, p. 1135, Apr. 01, 2020. doi: 10.3390/rs12071135.
- [6] G. Zhu and D. G. Blumberg, "Classification using ASTER data and SVM algorithms: the case study of beer sheva, Israel," *Remote Sens Environ*, vol. 80, no. 2, pp. 233–240, 2002, doi: 10.1016/S0034-4257(01)00305-4.
- [7] W. Aisyah, F. Koman, A. Janur, F. Nisaul, I. D. Putri, and G. Pratiwi, "Perbandingan Metode Otomatisasi Supervised Machine Learning Terhadap Perubahan Tutupan Lahan," in *Prosiding FIT ISI*, 2021, pp. 301–307.
- [8] W. Siska, W. Widiatmaka, Y. Setiawan, and S. H. Adi, "Pemetaan perubahan lahan sawah Kabupaten Sukabumi menggunakan google earth engine," *TATALOKA*, vol. 24, no. 1, pp. 74–83, Apr. 2022, doi: 10.14710/tataloka.24.1.74-83.
- [9] R. Sampurno and A. Thoriq, "Klasifikasi tutupan lahan menggunakan citra landsat 8 operational land imager (OLI) di Kabupaten Sumedang," *Jurnal Teknotan*, vol. 10, no. 2, pp. 61–70, 2016, doi: 10.24198/jt.vol10n2.9.
- [10] S. Firmansyah, J. L. Gaol, and S. B. Susilo, "Perbandingan klasifikasi SVM dan decision tree untuk pemetaan mangrove berbasis objek menggunakan citra satelit sentinel-2B di Gili Sulat, Lombok Timur," *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, vol. 9, no. 3, pp. 746–757, Oct. 2019, doi: 10.29244/jpsl.9.3.746-757.
- [11] E. Retnoningsih and R. Pramudita, "Mengenal machine learning dengan teknik supervised dan unsupervised learning menggunakan python," *BINA INSANI ICT JOURNAL*, vol. 7, no. 2, pp. 156–165, Dec. 2020, doi: 10.51211/biict.v7i2.1422.